

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 влияния состава шликера на его свойства

УДК __ 666.6 __

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Карбышев Игорь Сергеевич		27.05.16

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дитц Александр Андреевич	К.Т.Н.		8.06.16

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

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.		15.06.16

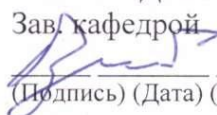
Томск – 2016 г.

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) Химическая технология
Кафедра Технологии Силикатов и Наноматериалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой


(Подпись) (Дата) (Погребенков В.М)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:	Бакалаврская работа
Студенту:	
Группа	ФИО
4Г21	Карбышев Игорь Сергеевич
Тема работы:	
Исследование влияния состава шликера на его свойства	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	22.03.2016, 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; Заключение по работе

Перечень графического материала	Презентация в MS PowerPoint
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Литературный обзор; Методы исследования; Экспериментальный анализ	Дитц А.А.
Финансовый менеджмент	Верховская М.В.
Социальная ответственность	Анищенко Ю.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дитц А.А.	к.т.н., профессор		23.03.16.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Карбышев Игорь Сергеевич		23.03.16.

**ПЛАНИРУЕМЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ
ПО ООП 180301 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий
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.
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

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) 180301 «Химическая технология»
Кафедра Технология силикатов и наноматериалов
Уровень образования – бакалавр
Период выполнения – осенний/весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

квалификационная работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

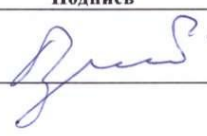
Срок сдачи студентом выполненной работы:	8.06.2016
--	-----------

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

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень	Подпись	Дата
Доцент кафедры ТСН	Дитц А.А.	К.Т.Н		23.03.16

СОГЛАСОВАНО:

Зав. Кафедрой	ФИО	Учёная степень	Подпись	Дата
Профессор кафедры ТСН	Погребенков В.М	Д.Т.Н		23.03.16

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит _____ 94 _____ с., _____ 9 _____ рис., _____ 21 _____ табл., _____ 16 _____ источников, _____ прил.

Ключевые слова: нитрид алюминия, шликер, керамика, материалы, добавки, литьевая машина.

Объектом исследования является исследование влияния состава шликера на его свойства.

Цель работы – использование различных составов с целью исследования различных свойств шликера.

В процессе исследования проводились эксперименты по приготовлению различных шликеров, отливанию ленты на литьевой машине.

В результате исследования были получены данные, с помощью которых можно увидеть влияние состава шликера на его свойства.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: очень высокая теплопроводность, высокие электроизоляционные характеристики, низкий коэффициент теплового расширения, хорошая способность к металлизации.

Степень внедрения: Проводится НИОКР.

Область применения: производство светодиодов, материал для высокотеплопроводной керамики.

В будущем планируется: довести технологию до промышленного образца.

Оглавление

Введение.....	9
Глава 1. Литературный обзор.....	10
1.1 Свойства нитрида алюминия.....	10
1.1.1 Строение.....	10
1.1.2 Основные свойства.....	12
1.1.3 Электрические свойства AlN.	20
1.2 Области применения	20
1.3 Шликерное литье	23
1.3.1 Растворители.....	24
1.3.2 Связки.....	25
1.3.3 Пластификаторы.....	28
Глава 2. Методы и материалы.....	29
2.1 Цели и задачи	29
2.2 Методы.....	29
2.2.1 Растровый электронный микроскоп (РЭМ).....	29
2.2.2 Определение вязкости.....	30
2.2.3 Определение устойчивости	31
2.3 Материалы.....	32
2.3.1 Порошок AlN	32
2.3.2 Связка	33
2.3.3 Растворитель	34
2.3.4 Пластификатор	36
Глава 3. Экспериментальная часть.....	38
3.1 Описание установки для изучения кинетики испарения растворителя Ошибка! Закладка не определена.	
3.2 Влияние состава шликера на его реологические свойства Ошибка! Закладка не определена.	
3.3 Кинетика испарения растворителя из шликера от времени..... Ошибка! Закладка не определена.	

3.4	Влияние толщины отливаемой ленты от вязкости	.Ошибка! Закладка не определена.
3.5	Выводы	Ошибка! Закладка не определена.
Глава 4.	Финансовый менеджмент	39
4.1	Анализ конкурентных технических решений	41
4.2	Планирование научно-исследовательских работ	43
4.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	43
4.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	45
4.2.3	Разработка графика проведения научного исследования	45
4.2.4	Бюджет научно-технического исследования	52
4.3	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	57
Глава 5.	Социальная ответственность	59
5.1	Производственная безопасность	60
5.1.1	Анализ вредных факторов	62
5.1.2	Анализ опасных факторов	64
5.2	Экологическая безопасность	66
5.2.1	Защита селитебной зоны	66
5.2.2	Защита атмосферы	67
5.2.3	Защита гидросферы	67
5.2.4	Защита литосферы	67
5.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	68
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	69
Заключение		Ошибка! Закладка не определена.
Список литературы		71
Список публикаций студента		73

Введение

Нитрид алюминия не встречается в природе. Он был впервые получен в 1862 г. путем нагревания алюминия в атмосфере азота при температуре 973 К. Позднее он был препарирован при более высокой температуре, однако наблюдалось несоответствие многих свойств, таких, как цвет и стойкость к окислению. Его коэффициент теплового расширения соответствует кремнию. Ширина запрещенной зоны $E_g = 6,2$ эВ позволяет использовать AlN в качестве материала для светодиодов для фиолетовой и ультрафиолетовой областей спектра. Нитрид алюминия используется как криостойкое покрытие, стойкое к ударным нагрузкам. Для его синтеза используются методы магнетронного и диодного распыления.

Этот метод позволяет изготавливать текстурированные покрытия из нитрида алюминия с волокнистой структурой на любых типах подложек. Покрытия AlN на кремниевых подложках имеют высокое сопротивление и используются в качестве диэлектрического материала в интегральных схемах. Интерес к диэлектрическим свойствам системы «покрытия нитрида алюминия на кремниевой подложке» возрастает благодаря тому, что существуют точечные дефекты, такие, как вакансии азота и атомы кремния.

Глава 1. Литературный обзор

1.1 Свойства нитрида алюминия

1.1.1 Строение

Нитрид алюминия может кристаллизироваться в структуры типа вюрцита или сфалерита. Нитрид алюминия с гексагональной структурой вюрцита при комнатной температуре имеет запрещенную зону с $E_g = 6,2$ эВ и прямыми переходами. Нитрид алюминия с кубической структурой сфалерита имеет запрещенную зону с непрямыми переходами. AlN со структурой вюрцита является стабильной кристаллической структурой при комнатной температуре, имеет постоянные решетки: $a = 0,31106$ нм и $c = 0,4982$ нм, тогда как параметр решетки AlN со структурой сфалерита равен $a = 0,438$ нм.

Нитрид алюминия с гексагональной структурой представляет интерес благодаря прочности материала. Он является одним из нескольких неметаллических твердых веществ с высокой теплопроводностью, практически равной теоретическим значениям 320 Вт/(мК) (табл.1.2).

В таблице 1.1 также представлены некоторые другие свойства AlN. Высокая теплопроводность делает AlN подходящим материалом для предотвращения нагрева пластин в кремниевой технологии при производстве микросхем, в частности, для изготовления устройств с изолированными затворами, например, полевых транзисторов со структурой металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-резистор).

Таблица 1.1 - Основные свойства нитрида алюминия

Свойство	Значение
Ширина запрещенной зоны E_g , эВ	6,3
Плотность ρ , г/см	3,3
Прочность, кг/мм	2,0
Теоретическая теплопроводность, Вт/(мК)	320
Коэффициент теплового расширения α , $1/K$	5,3-Ю-6

Свойство	Значение
Напряженность критического поля E_p , мВ/см	6-20
Коэффициент отражения, n	2,15
Скорость поверхностной акустической волны v , м/с	5500-5650

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, наоборот, для пленок нитрида алюминия с ориентацией (100) и (110) ось c является параллельной плоскости поверхности и неплотноупакованным плоскостям, состоящим из одинакового количества атомов алюминия и азота.

В таблице 1.2 представлены основные параметры для некоторых типов подложек, применяемых для нитрида алюминия.

Свойства нитрида алюминия представляют интерес для применения в микроэлектронных устройствах.

Широкая запрещенная зона позволяет использовать AlN как диэлектрический материал в электронных устройствах на основе соединений GaAs и InP.

Его высокая прочность, теплопроводность, устойчивость к высоким температурам и едким веществам в сочетании с температурой, приемлемой для Si и GaAs, также делает AlN подходящим материалом для защиты электронных схем. Его пьезоэлектрические свойства при ориентации по оси c и высокая скорость продольной акустической волны также делают AlN подходящим материалом для резонаторов объемных акустических волн.

Таблица 1.2 - Типы подложек, применяемых при нанесении пленок нитрида алюминия.

Материал	Период решетки, нм	Несоответствие решеток, %	Коэффициент термического расширения, 10 ⁻⁶ /K	Термическое несоответствие, %
AlN	a = 0,3112 c = 0,4982	-	aa = 4,20 ac = 5,30	-
GaN	a = 0,3189 c = 0,5185	-2,40 -3,90	aa = 5,59 ac = 3,17	-2,50 6,70
Сапфир	a = 0,4758 c = 1,2991	-34,60 -61,65	aa = 7,50 ac = 8,57	-44,00 -38,10
SiC-6H	a = 0,3082 c = 1,5112	0,98 -67,00	aa = 4,20 ac = 4,68	0 13,25
ZnO	a = 0,3250 c = 0,5207	-4,20 -4,30	aa = 4,75 ac = 2,90	-11,60 82,70
Si (куб.)	a = 0,5430	-42,70	aa = 3,59	17,00

1.1.2 Основные свойства

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 [1].

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.

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 [2].

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:

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

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

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

г) Кажущаяся пористость $\Pi_{\text{к}}$ - объем пор, заполняемых водой при кипячении, выраженный в % к общему объему материала.

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

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

ж) 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) 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:

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

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 плотнотспекшейся керамики из окислов Al, Mg, Be и SiC лежит в пределах $4-3 \cdot 10^6 \text{ кГ/см}^2$, для промышленных огнеупоров $2-3 \cdot 10^6 \text{ кГ/см}^2$.

Теоретическая прочность кристаллических тел, подсчитанная по величине их межатомных связей, примерно равна $1-10 \cdot 10^5 \text{ кГ/см}^2$ 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/см^2 . 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, 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.

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.

На величину теплопроводности при низких 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. [3]

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.

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 расплавления все керамические материалы можно подразделить на четыре группы:

- а) Легкоплавкие, расплавляющиеся при температуре не выше 1300 °С
- б) Тугоплавкие, расплавляющиеся при температуре не выше 1580 °С
- в) Огнеупорные с огнеупорностью в пределах 1580 - 2000 °С
- г) 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 нагревания 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 [4].

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

плотнospекшейся 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, характеризующего скорость распространения температуры в материале. Следовательно, при одинаковых условиях нагрева и охлаждения чем больше теплопроводность материала, тем меньше будут перепады температур в нем.

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.

1.1.3 Электрические свойства AlN.

AlN – прямозонный материал с большой шириной запрещенной зоны.

Подвижность: $\mu_p = 14 \text{ см}^2 / \text{В} \cdot \text{с}$ при $T=290 \text{ К}$

Нитрид алюминия является весьма полезным материалом для использования его при высоких температурах. Он слабо подвержен окислению на воздухе при температурах выше 600°C , а также устойчив к воздействию кислот, расплавленных металлов и водяных паров. Таким образом, AlN может применяться в высокотемпературных полупроводниковых устройствах [5].

1.2 Области применения

Актуальным и перспективным является использование нитрида алюминия (AlN) в качестве модификатора электроизоляционных пропиточных лаков. Применение нитрида алюминия открывает новые возможности повышения надежности и эффективности асинхронных двигателей, так как этот материал обладает уникальным сочетанием физических и электрических характеристик: высокой теплопроводностью, хорошими электроизоляционными характеристиками, умеренным коэффициентом α теплового расширения, высокой огнеупорностью и химической стойкостью при относительно невысокой стоимости [6].

Из всех существующих в настоящее время усилителей СВЧ-сигнала в диапазоне частот от единиц до десятков ГГц наиболее широкополосным прибором, с полосой усиливаемых частот от десятков процентов до двух-трех октав, является лампа бегущей волны с замедляющей системой на спирали. В разных конструкциях ЛБВ неизменным является наличие трех или четырех диэлектрических опор (обычно это стержни разного профиля), которые служат как для закрепления спирали, так и для отвода тепла от нее. Чем выше выходная мощность электронного потока, рассеиваемая на последних витках спирали в выходной секции ЛБВ, тем большее количество тепла необходимо отвести от спирали из внутривакуумной части прибора наружу. Если при этом не обеспечить хороший теплоотвод, то возможно не только выгорание последних витков спирали, но и расплавление в этом месте диэлектрических опор, что приводит к выходу из строя всего прибора. Поэтому для материала опор самым важным параметром является высокая теплопроводность.

В мощных спиральных ЛБВ для увеличения теплоотвода от последних витков спирали в выходной секции между основными диэлектрическими опорами располагают дополнительно три-четыре стержня с высокой теплопроводностью длиной около 10 – 15 мм. Материалом для них служат как разнообразная вакуумплотная керамика, так и искусственный алмаз, несмотря на его высокую стоимость. В таком случае, однако, из-за увеличения количества диэлектрика на выходном участке спирали возрастают высокочастотные потери и, как следствие, выходная мощность уменьшается на 5 – 10% в зависимости от г. и материала дополнительных опор. Для того чтобы потери выходной мощности были минимальными, материал диэлектрических опор, как основных, так и дополнительных, должен иметь небольшие значения ε и $\operatorname{tg}\delta$. В ЛБВ средней и большой мощности наиболее подходящими материалами, удовлетворяющим этим требованиям являются материалы на основе оксида бериллия, такие как керамика ВБ-100-1. Она применяется уже достаточно долго, и это несмотря

на ее меньшую, чем у корундовых керамик, прочность и чрезвычайно высокую токсичность – при работе с деталями из керамики ВБ-100-1 необходимо соблюдать те же меры предосторожности, что и при работе с радиоактивными материалами.

Проведенный выше анализ керамических материалов позволяет сделать вывод, что керамика из AlN не уступает традиционной для СВЧ-приборов корундовой керамике из оксида алюминия (22ХС, сапфиру и поликору), особенно в области температур выше 450°C. При этих температурах диэлектрические потери ($\epsilon \times \text{tg} \delta$) в ней такие же, как у керамики 22ХС, а теплопроводность – как у бериллиевой керамики ВБ-100-1 и в четыре-пять раз выше, чем у корундовых керамик. Поэтому уже сейчас, с достигнутыми на настоящее время диэлектрическими и конструктивными характеристиками, применение керамики из нитрида алюминия в СВЧ-приборах в качестве диэлектрических опор для спирали более предпочтительно, чем использование корундовых керамик.

В настоящее время фирмы передовых стран мира, разрабатывающие приборы и устройства электронной и СВЧ-техники, проводят комплекс мероприятий и работ по замене токсичных материалов из оксида бериллия на экологически чистые и нейтральные для окружающей среды. Так, например, фирмы SiennaTechnologies. Inc. и L-3 CommunicationElectronDevices провели совместную работу по замене алюмооксидной и бериллиевой керамики в сверхмощных приборах (20 – 100 МВт) на керамику из нитрида алюминия. Фирма L-3 CommunicationElectronDevices провела испытания окон вывода энергии из керамики AlN на своих мощных клистронах. Полученные результаты подтвердили, что керамику AlN можно использовать в качестве материала окон выводов энергии в мощных и сверхмощных приборах СВЧ.

В НИИ «Орион» и ИСМ НАНУ (г. Киев) были проведены совместные работы по замене изоляторов из алюмооксидной керамики 22ХС на керамику из нитрида алюминия в коллекторном узле широкополосной ЛБВ (УВ-009) с выходной непрерывной мощностью до 30 Вт в полосе частот 8 – 18 ГГц.

Замена изолятора из керамики 22ХС на керамику из AlN (при тех же ее размерах) позволила уменьшить перепад температуры на 40°С в первой ступени коллектора и на 18°С во второй. Мощность электронного потока, рассеиваемая в первой ступени коллектора, составляла 160 Вт, во второй – 80 Вт. Снижение перепада температур в первой и второй ступенях коллектора привело к облегчению теплового режима всей ЛБВ, охлаждаемой потоком воздуха с температурой +85°С, и, как следствие, к повышению надежности и долговечности работы ЛБВ. В ИСМ НАНУ на изоляторы из керамики AlN, применяемые в ЛБВ (УВ-009), были составлены технические условия – ТУ 88 УССР 90.1256-91 «Изоляторы из материала ЭЛАНТИНИТ», в соответствии с которыми коэффициент теплопроводности материала изоляторов должен быть не менее 120 Вт/(м·К), плотность материала 3.26 г/см³, значения коэффициента термического расширения (2,8; 4.5; 4.9; 4,6)·10⁻⁶ К⁻¹ при температуре 293, 673, 1073, 1273 К соответственно.

1.3 Шликерное литье

Шликерное литье позволяет получать изделия сложной формы различных размеров и высокой равноплотности, не требует значительных капитальных затрат. К недостаткам метода относятся низкая производительность, потребность в больших производственных площадях, мощном сушильном оборудовании. В производственных условиях для массового литья крупногабаритных изделий используют литейные конвейеры и механизированные стенды.

Готовый шликер перед литьем подвергается вакуумированию для удаления газовых пузырьков из объема жидкой массы. При вакуумировании заметно снижается температура шликера. Это происходит за счет интенсивного испарения толуола и этилового спирта. Вязкость шликера возрастает.

Обычно литье ленты происходит при температуре 22-25°С и вязкости шликера 60-80 Пуаз. Экспериментально установлено, что такие условия

являются оптимальными точки зрения технологичности процесса литья и качества тонких керамических пленок.

Литье пленки осуществляется на литьевой машине. Обычно пленку получают толщиной $0,2 \pm 0,02$ мм и $0,3 \pm 0,02$ мм. Толщина отливаемой пленки регулируется скоростью движения ленты-подложки и зазором между фильерой и подложкой-носителем.

Через регулируемую щель фильеры шликер из дозирующего резервуара вытекает на подвижную подложку (ленту-носитель) из полitereфталата. Лента-носитель, перемещаясь внутри вдоль литьевой машины, проходит последовательно несколько зон, в которых происходит превращение разлитого шликера в пленку:

1 зона: зона интенсивного испарения легких фракций органической части шликера.

2 зона: зона сушки. В ней растворители удаляются не только с поверхности, но и из внутренних слоев шликера. Этим создаются условия, предотвращающие образование трещин при дальнейшей сушке ленты.

3 зона: зона вентиляторной сушки.

Пройдя через все три зоны, пленка хорошо отделяется от ленты-носителя и наматывается на бобину. Пленка на бобине, упакованная в полиэтилен, может храниться длительное время (4-6 месяцев), не теряя своих свойств.

1.3.1 Растворители

Растворители и разбавители—летучие органические жидкости, применяемые для растворения пленкообразующих веществ. В производственных помещениях должны быть приняты меры по технике безопасности: приточновытяжная вентиляция, герметизация технологических процессов во избежание превышения допустимых концентраций паров растворителей в воздухе.

Различают следующие группы растворителей, применяемых в лакокрасочной промышленности: алифатические углеводороды – уайт-спирит, бензин; ароматические углеводороды – бензол, толуол, ксилол, сольвент; резены – скипидар; спирты – этиловый и бутиловый; кетоны – ацетон, метилэтилкетон, циклогексанон; эфиры простые и сложные – этилцеллозольв, этил-ацетат, бутилацетат; хлорзамещенные углеводороды – хлорбензол, дихлорэтан. Кроме того, существует широкий ассортимент составных промышленных растворителей в виде различных смесей (645, 646, 647, Р-4, Р-5, Р-14, РЭ и другие марки) [7].

1.3.2 Связки

Большинство применяемых для производства технической керамики исходных веществ является непластичными, например оксиды, некоторые силикаты, шпинели, титанаты, цирконаты, ферриты и др. Чтобы сформовать из порошков непластичных материалов изделие, необходимо придать им связность, т.е. ввести технологическую связку. Такая связка может быть впоследствии удаляемой, т.е. выполнять свою функцию только на стадии формования изделия, выгорая полностью при обжиге и не оставляя вредной для свойств изделия зольности. Такого подавляющее большинство технологических связок органического состава.

Органические вещества или их растворы, которые придают керамическим массам свойства формуемости определенную пластичность, часто называют пластификаторами, а процесс и результат их воздействия – пластификацией, что не совсем точно. Технологическая связка также может выполнять свою функцию на стадии формования, но оставлять в изделии неорганический остаток, который влияет при обжиге на формирование фазового состава изделия и соответственно на его свойства. Таковую связку следует рассматривать как частично удаляемую. К такому типу связок следует отнести увлажненную глину, раствор фосфатов, кремнеорганические соединения, зола и тела неорганических соединений, некоторые

органические и металлоорганические соединения и другие вещества. Как тот, так и другой тип связок применяют в производстве изделий технической керамики. Однако наибольшее распространение имеют временные технологические связки первого типа органического состава, так как они позволяют сохранить исходную чистоту изготавливаемой технической керамики, что является в ряде случаев решающим обстоятельством.

Кроме прямой задачи – связывания разрозненных частиц формуемых непластичных порошков в однообразное по структуре тело вводимые органические и неорганические связки могут выполнять и другие функции, например способствовать удержанию воды, проявлять антистатические и пеногасящие свойства. Известно, что некоторый тип бактерий способствует повышению пластичности и связности малопластичных масс. Органические добавки, временно вводимые в массы, применяются также для стабилизации водных шликеров и глазурей и улучшения их литейных свойств, улучшения прессовочных свойств порошковых масс полусухого прессования в целях интенсификации помола исходных материалов, обеспечения необходимой прочности отформованных заготовок во влажном и сухом состоянии и требуемой структуры пористой керамики за счет пено- или газообразования.

К временным технологическим связкам (какое бы они ни имели назначение) предъявляется ряд требований. Связки должны выгорать, не оставляя в изделии остатка (зола) или оставлять его в минимальных (безвредных) количествах. Связка также должна обладать способностью смачивать минеральные частицы керамического порошка, образуя при этом на поверхности частиц сорбционные пластично-вязкие оболочки. Связка должна иметь минимальную адгезию к поверхности металлических форм, не должна быть токсичной (и продукты ее разложения) и отравлять окружающую воздушную среду.

При введении временной связки в увлажненную пастообразную керамическую массу она обволакивает, каждую частицу твердой фазы, образуя коагуляционную структуру, в которой связь между твердыми

частицами образуется за счет молекулярных (ван-дер-ваальсовых) и ионных сил. Прослойка между твердыми частицами благоприятствует их взаимному передвижению, т. е. подвижности. При этом, если органическая связка имеет полярные молекулы, которые адсорбируются на твердых частицах, смачивание может улучшаться. В результате введения временной технологической связки у такой массы появляется пластичность. Пластичность массы – свойство структурированной дисперсной системы из твердой и жидкой фаз принимать под влиянием внешнего воздействия желаемую форму и сохранять эту форму после прекращения внешнего воздействия. Введенная в массу определенной структуры связка придает присущие дисперсным системам структурно-механические свойства: прочность, упругость, вязкость, пластичность, – позволяющие формовать из них изделия.

В настоящее время известно большое количество различных по составу и действию связок. Однако независимо от того, к какому классу соединений относится технологическая связка, какой имеет состав и какие физико-химические процессы происходят при ее введении в керамическую массу (а они различны), ее основное назначение остается всегда неизменным – придать массе свойства формуемости при изготовлении изделия и механической прочности, достаточные для дальнейших операций с отформованным изделием.

По своей химической природе и свойствам технологические связки могут быть водорастворимыми или растворимыми только в органических жидкостях, быть твердыми или жидкими, иметь природное или синтетическое происхождение. Большинство применяемых в производстве керамики технологических связок органического состава является твердыми водорастворимыми веществами. Связующие свойства они приобретают, будучи растворены в воде и соответственно в органических жидкостях. Таким образом, воду также можно рассматривать как компонент технологической связки [8].

1.3.3 Пластификаторы

Пластификаторы—органические продукты, придающие лакокрасочным пленкам (покрытиям) необходимую эластичность, повышенную стойкость к действию света, теплоты или холода. К пластификаторам предъявляют следующие требования: низкая летучесть, бесцветность, отсутствие запаха, хорошая совместимость со смолами, коллоксилином и растворителями, нейтральность [9].

Пластификаторы регулируют физико-механические свойства покрытий, а также снижают температуру и продолжительность формирования покрытий. Используют жидкие пластификаторы (дибутилфталат, диоктилфталат, гликолевый и пентаэритритовый эфиры синтетических жирных кислот и др.) и твердые (трифенилфосфат, дифенилфталат, β -нафтол, салициловая кислота и др.)

Глава 2. Методы и материалы

2.1 Цели и задачи

Цель работы: исследовать влияние состава шликера на свойства отливок.

Задачи:

1. Провести литературный обзор.
2. Исследовать свойства исходных материалов.
3. Определить зависимость свойств шликера (вязкость) от его состава.
4. Определить зависимость свойств отлитой пленки (толщины) от состава шликера.
5. Исследовать процесс испарения растворителя.

2.2 Методы

2.2.1 Растровый электронный микроскоп (РЭМ)

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 [10].

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 [11].

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.

2.2.2 Определение вязкости

Вискозиметры Brookfield – это ротационные вискозиметры, принцип работы которых основан на измерении закручивания калиброванной пружины при вращении шпинделя в тестируемой жидкости с постоянной скоростью. Шпиндель вращается в жидкости, помещенной в контейнер с помощью мотора, помещенного в корпус через калиброванную пружину. Вязкое трение жидкости о шпиндель определяется по закручиванию калиброванной пружины, которое измеряется датчиком угла вращения. Закручивание пружины отражается на дисплее, либо выводится на печать.

Вискозиметр DV-II+Pro компании (Brookfield) предназначен для измерения вязкости жидкости при заданных скоростях сдвига. Благодаря возможности использования различных скоростей и шпинделей возможно измерение вязкости в различных диапазонах. Диапазон измерения вязкости жидкости зависит от скорости вращения шпинделя, его размеров и формы, а также от размеров и формы контейнера с жидкостью, в которой вращается шпиндель, и линейного диапазона момента кручения калиброванной пружины. Момент кручения для калиброванной пружины в модели – RVDV-II+ Pro составляет $0,7187 \text{ мН}\cdot\text{м}$ (или $7187,0 \text{ Дин}\cdot\text{см}$). Вискозиметр DV-II+ Pro предлагает различные режимы контроля, включая традиционное автономное

управление, автоматическое управление через программу, загружаемую в прибор с компьютера, или полное управление через ПК с использованием программы Brookfield Rheocalc32.

Данные измерений, выводимые на дисплей: 1. Вязкость отображается в миллипаскаль-секундах ($\text{мПа}\cdot\text{с}$, индикация « $\text{mPa}\cdot\text{s}$ ») или сантипуазах (сПз , индикация « сР »). 2. Напряжение сдвига отображается в ньютонах на квадратный метр (Н/м^2 , индикация « N/m^2 ») или в динах на квадратный сантиметр (Дин/см^2 , индикация « D/sm^2 »). 3. Скорость сдвига отображается в обратных секундах ($1/\text{с}$, индикация « $1/\text{SEC}$ »). 4. Процент закручивания калиброванной пружины отображается в процентах от полного диапазона (индикация « $\%$ »).

Выбор шпинделя Вискозиметр RVDV-II+ Pro поставляется с набором из 6 шпинделей и широкой защитной рамкой. Измерительный шпиндель устанавливается в вискозиметр наворачиванием на нижний вал. При наворачивании шпинделя нижний вал должен быть зафиксирован и слегка приподнят одной рукой. Поверхность гайки шпинделя и соответствующая поверхность нижнего вала должны быть гладкими и чистыми во избежание эксцентричного вращения шпинделя. Измерительные шпиндели идентифицируются по номеру на боковой поверхности соединительной гайки шпинделя. Вискозиметр DV-II Pro+ для расчета значений вязкости, напряжения сдвига и скорости сдвига требует значение кода шпинделя (Spindle Entry Code). В энергонезависимой памяти прибора хранятся параметры всех стандартных измерительных шпинделей Brookfield, включая специальные шпиндели, и двухзначные коды для каждого шпинделя [12].

2.2.3 Определение устойчивости

В процессе длительной выдержки без перемешивания однородность керамического шликера нарушается. При этом изменяется не только послойное соотношение «Т:Ж», но и наблюдается некоторое изменение зернового состава шликерной массы.

Указанное явление отрицательно сказывается на однородности отливок по плотности и вещественному составу. Единой методики оценки устойчивости шликера до сих пор не существует. Условно можно выделить два основных варианта - один из них базируется на измерении объема слоя отделившейся временной связки от основной массы при ее хранении (метод расслоения), другой - на определении относительного количества содержания связки или наполнителя в различных по высоте слоях шликера после определенного времени выстаивания (метод разделения) [13].

2.3 Материалы

2.3.1 Порошок AlN

В качестве основного порошка был выбран порошок нитрид алюминия производства фирмы H.C. StarckgradeB

Внешний вид: Представляет собой порошкообразную массу от белого до серого цвета.

Таблица 2.1 - Нормы показателей в порошке AlN

Наименование показателя	Норма
Фазовый состав	AlN
Массовая доля азота, %, не менее	32,5
Массовая доля кислорода, %, не более	1,1
Массовая доля железа, %, не более	0,002
Массовая доля кремния, %, не более	0,005
D10, μm	0,61-0,72
D50, μm	2,18-2,51
D97, μm	3,76-4,46

Область применения: Предназначается для изготовления керамики с теплопроводностью до 200 Вт/м.к., производство светодиодов

Требования безопасности: Алюминия нитрид в соответствии с ГОСТ 12.1.007 относится к 4 классу – классу малоопасных веществ; ПДК в воздухе рабочей зоны 6 мг/м³ Алюминия нитрид пожаро- взрывобезопасен.

Упаковка: Мешки полиэтиленовые или пакеты полиэтиленовые разной вместимостью.

Транспортирование: Транспортируют мелкими отправлениями всеми видами транспорта в соответствии с правилами перевозок грузов на данном виде транспорта.

Меры предосторожности в работе: Применять средства защиты как в работе с пылью. Использовать респираторы.

Хранение: Хранят в крытых складских помещениях.

Гарантийный срок хранения – 6 месяцев со дня изготовления.

2.3.2 Связка

Поливинилбутираль (ПВБ) получают путем конденсации поливинилового спирта с масляным альдегидом в присутствии соляной кислоты.

Технологический процесс получения поливинилбутираля (двухванный метод) состоит из следующих стадий: растворение поливинилового спирта, ацеталирование ПВС, проминка ПВБ, стабилизация ПВБ, удаление из ПВБ влаги (центрифугированием и сушкой), просеивание ПВБ и измельчение отсева.

Ацеталирование проводят при перемешивании и медленном нагревании реакционной массы сначала до 30°C (в течение 8 ч), а затем до 55°C. Процесс заканчивают при содержании масляного альдегида в маточнике не выше 0.4%. Общая продолжительность процесса 12 – 13 ч.

Далее ПВБ промывают 0.02%-ным водным раствором едкого натра (стабилизация).

После стабилизации из суспензии ПВБ отжимается влага ПВБ, содержащий 30 – 40% влаги, сушат при температуре не выше 50°C до остаточного содержания влаги 3%. Высушенный продукт просеивают и мелкую фракцию упаковывают в мешки. Отсев (остаток на сите) измельчают на молотковой микромельнице и снова просеивают. Для получения гранул порошок полимера направляют в гранулятор, куда вводят пигменты и другие добавки.

2.3.3 Растворитель

Толуол $C_6H_5CH_3$ - прозрачная жидкость, не содержащая посторонних примесей и воды, является токсичным продуктом, по степени воздействия на организм человека относится к 3-му классу опасности и при высоких концентрациях пары действуют наркотически. Толуол горюч и пожароопасен. Пары толуола образуют с воздухом взрывоопасную смесь.

Его получают из нефтяных фракций и каменноугольной смолы или в процессах каталитического риформинга бензиновых фракций и пиролиза.

По растворяющей способности толуол подобен бензолу, однако в отличие от него не растворяет природные смолы шеллак и копал, а также сложные эфиры целлюлозы.

Применяется для растворения тощих алкидов, кремнийорганической смолы, полистиролов. В качестве основной добавки применяется в смесевых растворителях для растворения эпоксидных, виниловых и акрилатных полимеров, хлоркаучука. Также толуол применяется в качестве сырья для органического синтеза, высокооктанового компонента моторных топлив, растворителя [14].

Этанол— одноатомный спирт с формулой C_2H_5OH , эмпирическая формула C_2H_6O , при стандартных условиях летучая, горючая, бесцветная прозрачная жидкость.

Этиловый спирт также используется как топливо, в качестве растворителя, как наполнитель в спиртовых термометрах и как дезинфицирующее средство (или как компонент его).

Физические свойства

Внешний вид: в обычных условиях представляет собой бесцветную летучую жидкость с характерным запахом и жгучим вкусом. Этиловый спирт легче воды. Является хорошим растворителем других органических веществ. Следует избегать популярной ошибки: часто смешивают свойства 95,57 % спирта и абсолютизированного. Их свойства почти одинаковы, но величины начинают различаться, начиная с 3 – 4-й значащей цифры.

Таблица 2.2 - Свойства этилового спирта

Свойство	Значение
Молекулярная масса	46,069
Температура плавления	–114,15°C
Температура кипения	78,39°C
Критическая точка	241°C (при давлении 6,3 МПа)
Растворимость	смешивается с бензолом, водой, глицерином, диэтиловым эфиром, ацетоном, метанолом, уксусной кислотой, хлороформом
Показатель преломления	1,3611 (температурный коэффициент показателя преломления $4,0 \cdot 10^{-4}$, справедлив в интервале температур 10 – 30°C)
Стандартная энтальпия образования ΔH	–234,8 кДж/моль (г) (при 298 К)
Стандартная энтропия	281,38 Дж/моль·К (г) (при 298 К)

Свойство	Значение
образования S	
Стандартная мольная теплоёмкость C_p	1,197 Дж/моль·К (г) (при 298 К)
Энтальпия плавления $\Delta H_{пл}$	4,81 кДж/моль
Энтальпия кипения $\Delta H_{кип}$	839,3 кДж/моль

Горюч. Легко воспламеняется. При достаточном доступе воздуха горит (за счёт его кислорода) светлым голубоватым пламенем, образуя терминальные продукты окисления – диоксид углерода и воду [15].

2.3.4 Пластификатор

Пластификатор ДБФ(дибутилфталат) предназначен для пластификации поливинилхлоридных смол в производстве ПВХ - пластиков, пленочных и листовых материалов, искусственных кож, резинотехнических изделий и для других целей.

Пластификатор ДБФ (дибутилфталат) транспортируют всеми видами транспорта в крытых транспортных средствах в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на данном виде транспорта.

Хранят в таре изготовителя или в герметично закрытых алюминиевых емкостях, а также в емкостях из нержавеющей стали. При хранении пластификатора обеспечить защиту от попадания влаги и воздействия прямых солнечных лучей.

Гарантийный срок хранения пластификатора - 6 месяцев в металлической упаковке, а упакованный в стеклянные бутылки - 1 год со дня изготовления.

Пластификатор ДБФ (дибутилфталат) добавляется в эпоксидную смолу в небольших количествах, в среднем 10% от массы эпоксидной смолы. Точное количество пластификатора подбирается опытным путем. В результате, готовые стеклопластиковые изделия, при сохранении формы и

каркаса приобретают необходимую пластичность (изделие не растрескивается).

Пластификатор ДБФ (дибутилфталат) достаточно плохо реагирует с эпоксидной смолой, для достижения результата смолу с пластификатором ДБФ (дибутилфталат) необходимо «варить», т.е. медленно нагревая до 50-60°C, интенсивно перемешивать в течении 2-3 часов [16].

Глава 3. Экспериментальная часть

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Г21	Карбышеву Игорю Сергеевичу

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 Витальевна	к. э. н.		23.03.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Карбышев Игорь Сергеевич		23.03.2016

Глава 4. Финансовый менеджмент

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, "СeraмTec Russia" (Московская область).

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

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
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:

$$K = \sum B_i \cdot B_j, \quad (2)$$

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

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр
	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

Определение ожидаемой (средней) трудоемкости выполнения:

$$t_{\text{ожі}} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{maxi}}}{5}, \quad (3)$$

где $t_{\text{ожі}}$ – наиболее вероятное время в течение, которого должна быть выполнена работа, чел-дни; t_{mini} – минимальное время для выполнения данного этапа при благоприятном стечении обстоятельств, чел-дни; t_{maxi} – максимальное время для выполнения данного этапа при неблагоприятном стечении обстоятельств, чел-дни.

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

$$T_{\text{pi}} = \frac{t_{\text{ожі}}}{\text{Ч}_i}, \quad (4)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дней; $t_{\text{ожі}}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной 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:

$$T_{\text{ki}} = T_{\text{pi}} \cdot k_{\text{кал}} \quad (5)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (6)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 105 - 14} = 1,48$$

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

Таблица 4.3–Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работ	Трудоемкость работ						Исполнители	Т _р , раб. дн.		Т _{кi} , кал.дн.	
		t _{min} , чел-дн.		t _{max} , чел-дн.		t _{ож} , чел-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	0,52	0,52	Р	0,26	0,26	0,4	0,4
		0,2	0,2	1	1	0,52	0,52	Б	0,26	0,26	0,4	0,4
2	Выбор направления исследований	0,5	0,5	2	2	1,1	1,1	Р	0,55	0,55	0,8	0,8
		0,5	0,5	2	2	1,1	1,1	Б	0,55	0,55	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

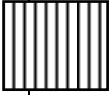
№	Название работ	Трудоемкость работ						Исполнители	Т _р , раб. дн.		Т _{кi} , кал.дн.	
		t _{min} , чел-дн.		t _{max} , чел-дн.		t _{ож} , чел-дн.						
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
	Проведение теоретических расчетов и обоснований	3	3	5	5	3,8	3,8	Б	1,9	1,9	2,8	2,8
6	Проведение экспериментов	6	6	8	8	6,8	6,8	Б	3,4	3,4	5,0	5,0
7	Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	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 целесообразности 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

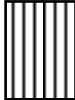
№	Название работ	Трудоемкость работ						Исполнители	Т _р , раб. дн.		Т _{кi} , кал. дн.	
		t _{min} , чел-дн.		t _{max} , чел-дн.		t _{ож} , чел-дн.						
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
10	Разработка технологии	2	2	3	3	2,4	2,4	Б	1,2	1,2	1,8	1,8
11	Приготовление опытных 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
13	Составление пояснительной записки	13	13	16	16	14,2	14,2	Б	7,1	7,1	10,5	10,5

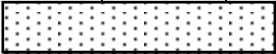
Р – руководитель; Б – бакалавр.

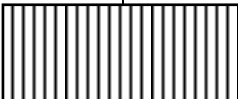
На основе таблицы 4.3 был построен календарный план-график в виде диаграммы Ганта.

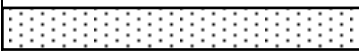
Таблица 4.4 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

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

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

Вид работы	Исполнитель и	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	Руководитель	14,5						 				

опытных образцов	ль, бакалавр											
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	0,4	20000	8000
Поливинилбутираль	кг	0,025	590	15
Дибутилфталат	л	0,024	300	7,2
Этанол	л	0,125	180	22,5
Толуол	л	0,063	56	3,5
Олеиновая кислота	кг	0,004	120	0,5
Итого				8049

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:

$$A = \frac{C_n \cdot H_a \cdot n}{100 \cdot k} \quad (7)$$

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	C_n , руб	H_a , %	A , руб
Весы аналитические Веста В153	15000	10	216
Мельница лабораторная шаровая МШЛ-1	80 000	8	923
Вискозиметр Брукфильда DV-II+PRO	300000	12	5190
Насос вакуумный мембранный	20000	12	346
Литьевая машина САМ-L252	4500000	12	77850
Итого			84525

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:

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (8)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

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

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (9)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_o}, \quad (10)$$

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 должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p, \quad (11)$$

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

k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{mc});

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

k_p – районный коэффициент, для Томска равный 1,3.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.7.

Таблица 4.7. Расчет основной заработной платы

Исполнители	Категория	k_T	$Z_{тс},$ руб.	k_{np}	k_d	k_p	$Z_m,$ руб	$Z_{дн},$ руб.	$T_p,$ раб. Дн.	$Z_{осн},$ руб.
-------------	-----------	-------	-------------------	----------	-------	-------	---------------	-------------------	-----------------------	--------------------

Руководитель	Доцент , к.т.н.	0,3	24759	0,3	0,2	1,3	48280	2045	32,5	66462
Бакалавр	Лаборант	0,3	14544	0,3	0,2	1,3	28360	616	62	38192
Итого $Z_{\text{осн}}$										104654

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 4.8.

Таблица 4.8 - Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{\text{осн}}$, руб.	$Z_{\text{доп}}$, руб.	$Z_{\text{зн}}$, руб.
Руководитель	66462	7975	74437
Бакалавр	38192	4583	42775

4.2.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (12)$$

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

Таблица 4.9 –Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	66462	7975
Бакалавр	38192	4583
Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,305	
Итого:	35749	

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:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (13)$$

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

$$З_{\text{накл}} = 245535 \cdot 0,16 = 39285,6 \text{ руб}$$

4.2.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчет бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 4.10.

Таблица 4.10–Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп.1	Исп.2	
1.Материальные затраты НТИ	8049		табл. 4.4
2.Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	84525		табл. 4.5
3.Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	66462	38192	табл. 4.7
4.Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7975	4583	табл. 4.8
5.Отчисления во внебюджетные фонды	35749		табл. 4.9

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп.1	Исп.2	
6.Накладные расходы	39285.6		16 % от суммы ст. 1-5
7.Бюджет затрат НТИ	284820.6		Сумма ст. 1-6

Как видно из таблицы 4.10 основные затраты НТИ приходятся на основную заработную плату исполнителей темии оборудование.

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

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается

как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (14)$$

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 как:

$$I_{\text{pi}} = \sum a_i \cdot b_i \quad (15)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Таблица 4.11 – 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

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

Таблица 4.12 - 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	Карбышеву Игорю Сергеевичу

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. 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: возгорание, 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.		13.03.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Карбышев Игорь Сергеевич		13.03.2016

Глава 5. Социальная ответственность

Цель данной главы – выявление вреда и опасностей, 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: валковая лабораторная мельница, вакууметр, вискозиметр, литьевая машина.

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. 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. Порошок нитрида алюминия; 2. Дибутилфталат;	1. Повышенная запыленность воздуха рабочей	1. Токсическое воздействие на организм человека;	1. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей

Источники факторов	Факторы по ГОСТ 12.0.003-74		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
3. Поливинилбутираль; 4. Этанол; 5. Толуол; 6. Литьевая машина; 7. Валковая лабораторная мельница;	зоны;	2. Электрический ток; 3. Движущиеся машины и механизмы; 4. Повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов.	зоны 2. ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности 3. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. 4. ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. 5. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

5.1.1 Анализ вредных факторов

5.1.1.1 Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны

Основные материалы, используемые в работе – порошкообразные вещества. Порошкообразные вещества повышают запыленность воздуха в помещении при работе с ними. В работе использовались порошки нитрида алюминия и поливинилбутираль.

Проникновения данных веществ в организм человека возможно при вдыхании 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, не только химических веществ.

Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны используемых в работе порошкообразных веществ приведена в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – ПДК веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	Формула	Величина ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Особенности действия на организм
Нитрид алюминия	AlN	-/6	4	Ф
Поливинилбутираль	C ₈ H ₁₄ O ₂	-/8	3	Ф

Как видно из представленных данных, порошкообразные вещества, используемые в работе, не относятся к веществам высокого и чрезвычайного классов опасности. Тем не менее, превышение ПДК приводит к фиброгенному воздействию на организм человека.

Загрязнение атмосферного воздуха пылью вызывает необходимость его очистки в приточных системах вентиляции.

К средствам индивидуальной защиты от запыленности рабочей зоны относятся респираторы фильтрующего типа, а также спецодежда, не допускающая попадания пыли на кожные покровы.

5.1.1.2 Повышенная температура воздуха рабочей зоны

При выполнении данной работы не были использованы тепловые установки.

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

Экспериментальная часть работы проводилась как в теплое, так и в холодное время года. 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

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

5.1.2.1 Токсическое воздействие на организм человека

В качестве увлажнителя при прессовании образцов на керамическом прессе используется изопропиловый спирт. Это вещество по степени воздействия на организм относится к веществам 3-го класса опасности (умеренно опасные вещества). 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. Серьезное 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 алкогольдегидрогеназы 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, в том числе для защиты 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 является гидравлический пресс. При работе на прессе необходимо быть предельно внимательным и аккуратным, так как существует возможность получения травм рук при внесении их в опасную зону и ног при падении пресс-форм со стола.

Перед работой необходимо проверять исправность прессы на холостом ходу. Подвижная часть прессы в крайнем верхнем положении не должна опускаться под собственным весом. Требования безопасности во время работы:

1. Необходимо быть внимательным, не отвлекаться на посторонние дела и разговоры;

2. Спецодежда должна быть полностью застегнута и убраны волосы;

3. Опускать пресс только после того, как пресс-форма будет правильно установлена, а руки выведены из опасной зоны;
4. Выполняя работы совместно с несколькими лицами, нужно согласовывать свои действия с действиями других рабочих.

5.1.2.4 Повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов.

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

Аппараты с повышенной температурой поверхности защищены специальными ограждающими корпусами. При работе с таким оборудованием необходимо исключить их непосредственный контакт с кожными покровами, для этого используются специальные захваты 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.

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 возможны по двум причинам. Часть выбросов в атмосферу происходят при выгорании органической связки, но они минимальны. Другая часть связана с сухой переработкой порошкообразного сырья, что неминуемо вызывает запыленность рабочей зоны, воздух из которой выводится наружу. Защитить воздушный бассейн можно с помощью применения эффективных очистных аппаратов или посредством местных отсосов вытяжкой вентиляционной системы с последующей очисткой запыленного воздуха в аппаратах пылеуловителях.

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 – добавлялся в сухую смесь в небольших количествах для увлажнения, не оказывая вредного воздействия на гидросферу.

5.2.4 Защита литосферы

Твердые отходы, которые могли бы привести к загрязнению литосферы - отсутствуют. Брак при прессовании может использоваться вторично, вводится в состав основной массы после соответствующего измельчения.

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:

- нарушение элементарных правил пожарной безопасности;
- неисправность электрооборудования, электросетей и нарушение электротехнических правил;
- самовозгорание, статическое электричество, грозовые разряды;
- неудовлетворительная постановка инструктажа, плохая дисциплина.

Для предупреждения возникновения ЧС подобного рода необходимо осуществления комплекса превентивных мер. Прежде чем приступать к работе с оборудованием, являющимся потенциальным источником чрезвычайной ситуации, работник обязан пройти инструктаж по технике безопасности. Установка не должна загромождать 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 и надзор и общественный контроль за соблюдением законодательства по охране труда.

Кроме того, важным аспектом являются организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны. Рабочее место на гидравлическом прессе 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 литературы

- 1 Радиокерамика / под ред. В. В. Пасынкова. - Л. - Госэнергоиздат. - 1963, 553с.
- 2 Калатур Е. С. Влияние пористости на структурно-фазовое состояние, деформацию и разрушение пористой керамики.
- 3 Керамические материалы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа [www.URL:http://allrefs.net/c12/43qvb/p7/](http://allrefs.net/c12/43qvb/p7/)
- 4 Промахов В. В. Структурно-фазовые изменения в керамике ZrO_2 -MgO при термических воздействиях и ее механ. свойства.
- 5 Гусейнов М. К. Получение твердых растворов $(SiC)_{1-x}(AlN)_x$ методом магнетронного распыления и исследование их свойств.
- 6 Ягунов А. И. Технология модифицирования нитридом алюминия электроизоляционных материалов.
- 7 Лакокрасочные материалы и покрытия на их основе: Методическое пособие по выполнению практических заданий для студентов специальности 320700, 250100 / Сост. Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов, В.Т. Новиков, Н.А. Алексеев. - Томск: Изд. ТПУ, 2002. - 41 с.
- 8 Технологические связи [Электронный ресурс]. – Режим доступа [www.URL: http://phasad.ru/51.php](http://phasad.ru/51.php)
- 9 Лакокрасочные материалы и покрытия на их основе: Методическое пособие по выполнению практических заданий для студентов специальности 320700, 250100 / Сост. Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов, В.Т. Новиков, Н.А. Алексеев. - Томск: Изд. ТПУ, 2002. - 41 с.
- 10 Б.А. Калинин, Н.В. Волков, В.И. Польский Растровая электронная микроскопия.
- 11 Н.В. Волков, В.И. Скрытный, В.П. Филиппов, В.Н. Яльцев. Методы исследования структурно-фазового состояния материалов.

- 12 В.Е. Крупенникова, В.Д. Раднаева, Б.Б. Танганов, Определение динамической вязкости на ротационном вискозиметре Brookfield RVDV-II+ Pro. 2011г.
- 13 Погребенков В.М. Седельникова М.Б. Определение свойств шликерных масс, 28 с.
- 14 Описание толуола [Электронный ресурс]. – Режим доступа [www.URL: http://www.chellak.ru/prod/rastvoriteli/toluol/](http://www.chellak.ru/prod/rastvoriteli/toluol/)
- 15 Свойства этанола –[Электронный ресурс]. - Режим доступа [www.URL: http://www.chemport.ru/chemical_substance_3.html](http://www.chemport.ru/chemical_substance_3.html)
- 16 Рахматуллина Ф.Т. Усовершенствование промышленного процесса гидрирования фурфурола и масляных альдегидов и утилизация кубового остатка производства бутиловых спиртов.

Список публикаций студента