

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 |
| Разработка состава металлizationной пасты для фарфора на основе тугоплавких металлов |

УДК 666.3.056.5:666.5

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|----------------------------|---|----------|
| 4Г21 | Чуйков Алексей Анатольевич |  | 04.06.16 |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------------------|------------------------|--|----------|
| Доцент | Дитц Александр Андреевич | к.т.н. |  | 07.06.16 |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|------------------------|---|------------|
| Доцент | Верховская М.В. | к.э.н. |  | 06.06.2016 |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|------------------------|---|------------|
| Доцент | Анищенко Ю.В. | к.т.н. |  | 04.06.2016 |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Зав. кафедрой | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|-------------------------------|------------------------|---|----------|
| ТСН | Погребенков Валерий Матвеевич | д.т.н. |  | 07.06.16 |

Томск – 2016 г.

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

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|----------------------------|---|------------|
| 4Г21 | Чуйков Алексей Анатольевич |  | 23.03.2016 |

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

Институт Физики Высоких Технологий
 Направление подготовки (специальность) 18.03.01 «Химическая технология»
 Уровень образования Бакалавриат
 Кафедра Технологии Силикатов и Наноматериалов
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

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

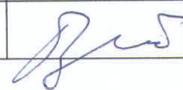
Срок сдачи студентом выполненной работы: 08.06.2016

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

Составил преподаватель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------------------|------------------------|---|-----------|
| Доцент | Дитц Александр Андреевич | к.т.н. |  | 23.03.16. |

СОГЛАСОВАНО:

| Зав. кафедрой | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|-------------------------------|------------------------|---|----------|
| Профессор | Погребенков Валерий Матвеевич | д.т.н. |  | 23.03.16 |

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

Институт Физики Высоких Технологий
 Направление подготовки (специальность) 18.03.01 - Химическая технология
 Кафедра Технологии Силикатов и Наноматериалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

Гроздьевский В.М.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|--|
| Бакалаврской работы |
| (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации) |

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|------------------------------|
| 4Г21 | Чуйкову Алексею Анатольевичу |

Тема работы:

| | |
|---|--------------------|
| Исследование процесса окисления компактного нитрида алюминия | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | 23.03.2016, 2267/с |

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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

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

Студенту:

| | |
|---------------|------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 4Г21 | Чуйкову Алексею Анатольевичу |

| | | | |
|----------------------------|-------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 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 для раздела
«Социальная ответственность»**

Студенту:

| | |
|--------|------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 4Г21 | Чуйкову Алексею Анатольевичу |

| | | | |
|---------------------|-------------|---------------------------|--------------------------------|
| 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 – металлizationная паста для фарфора на основе вольфрама. 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: недостаточная освещенность; повышенная температура воздуха рабочей зоны; высокая концентрация вредных веществ. Опасные факторы: токсическое воздействие на организм человека; электрический ток; движущиеся машины и механизмы; повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов. |
| 2. Экологическая безопасность: | Используемые в работе вещества не оказывают вредного воздействия на окружающую среду. Единственной необходимой мерой безопасности является очистка запыленного воздуха в пылеуловителях. |
| 3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: | Возможные виды ЧС: пожар, взрыв при работе с электрооборудованием, в частности с электропечами. |
| 4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: | Правовые нормы трудового законодательства. Мероприятия по компоновке рабочей зоны. |

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

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|-----------|----------------------------|------------------------|-----------------|--------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Доцент | Анищенко Юлия Владимировна | К.Т.Н | <i>Анищенко</i> | 23.03.2016г. |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|--------|----------------------------|---------------|--------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 4Г21 | Чуйков Алексей Анатольевич | <i>Чуйков</i> | 23.03.2016г. |

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|----------------------------|---|--------------|
| 4Г21 | Чуйков Алексей Анатольевич |  | 23.03.2016г. |

Оглавление

| | |
|--|----|
| Введение | 10 |
| Глава 1. Обзор литературы | 11 |
| 1.1 РБК, области применения, конструкция, требования | 11 |
| 1.2 Выбор органической части металлизационных паст | 13 |
| 1.3 Способы нанесения мателлизации..... | 14 |
| Глава 2. Методы исследования и материалы..... | 25 |
| 2.1 Цели и задачи | 25 |
| 2.2. Методы исследования | 25 |
| 2.2.1 Рентгенофлуоресцентный анализ..... | 25 |
| 2.2.2. Растровый электронный микроскоп (РЭМ) | 27 |
| 2.2.3. Гидростатическое взвешивание..... | 29 |
| 2.3 Материалы | 29 |
| 2.3.1 Порошок вольфрама | 29 |
| 2.3.2 Фарфор спечённый..... | 33 |
| 2.3.3 Нанопорошок вольфрама | 36 |
| Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 39 |
| 4.1 Анализ конкурентных технических решений..... | 39 |
| 4.2. Планирование научно-исследовательских работ | 40 |
| 4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования | 40 |
| 4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ | 41 |
| 4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования | 42 |
| 4.2.4. Бюджет научно-технического исследования | 47 |
| 4.2.4.1. Материальные затраты..... | 47 |
| 4.2.4.2. Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ..... | 47 |
| 4.2.4.3.Основная заработная плата исполнителей темы..... | 48 |
| 4.2.4.4.Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)..... | 49 |
| 4.2.4.5. Накладные расходы | 50 |
| 4.2.4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта | 50 |
| 4.3. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования | 51 |
| Глава 5. Социальная ответственность..... | 54 |
| 5.1. Производственная безопасность | 54 |
| 5.1.1.Анализ вредных факторов производственной среды | 55 |
| 5.1.2. Анализ опасных факторов производственной среды | 57 |

| | |
|--|----|
| 5.2. Экологическая безопасность | 59 |
| 5.2.1. Защита селитебной зоны | 59 |
| 5.2.2. Защита атмосферы | 60 |
| 5.2.3. Защита гидросферы..... | 60 |
| 5.2.4. Защита литосферы..... | 60 |
| 5.3.Безопасность в чрезвычайных ситуациях | 60 |
| 5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности..... | 61 |
| Список использованной литературы | 63 |

ВВЕДЕНИЕ

Значительная часть технической керамики применяется главным образом в радио – и электронной технике, на последней стадии производства изделий подвергается металлизации, а в некоторых случаях последующей пайке с металлоконструкциями. Таковы, например, керамические конденсаторы различных типов, керамические непроволочные сопротивления, пьезоэлементы, отдельные детали электровакуумной радио–и электротехнической аппаратуры и др.

Металлизацию производят с целью:

1. создания токопроводящего металлического слоя на части поверхности изделия, служащего электродом, к которому припаивают вывод, соединяющий его с электрической цепью;
2. создания прочного, в некоторых случаях вакуумно – плотного, соединения металлической и керамической деталей путем их пайки, т.е. создания металлокерамического узла или конструкции;
3. нанесения тонкослойных металлических компонентов электронной схемы на керамические основания, подложки и другие изделия.

Актуальность исследования.

В последние годы отмечается интенсивное развитие новых прогрессивных направлений в электро- и радиотехнике, электротехнике и приборостроении. Современные промышленные агрегаты работают в условиях вакуума, повышенных давлений и температур, в различных агрессивных средах и мощных потоках ионизирующих излучений. В связи с этим необходимость в герметичном и вакуумплотных сочетаниях таких разнородных материалов как керамические материалы и металлы приобрела особо важное значение.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 РБК, области применения, конструкция, требования

Бетатрон-циклический, но не резонансный ускоритель электронов с фиксированной равновесной орбитой, ускорение в котором происходит с помощью вихривого электрического поля. Предельно достижимая энеогия в бетатроне: ≤ 500 МэВ [1].

Принцип работы бетатрона - при питании катушки возбуждения синусоидальным током в окружающем её пространстве образуется переменный магнитный поток. Изменение во времени магнитного потока приводит, к появлению индуцированного вихревого электрического поля, силовые линии которого всегда замкнуты. Это вихревое поле и ускоряет электроны. Частицы увеличивают свою энергию, двигаясь в нарастающем во времени магнитном поле по круговой орбите постоянного радиуса r_0 , совпадающей с одной из силовых линий. Магнитное поле нарастает от нуля до максимального значения за четверть периода, а направление вихревого электрического поля в течение этого промежутка времени не меняется. Поэтому длительность ускорения электронов в бетатроне не превышает четверти периода. За это время электрон успевает сделать огромное (до нескольких миллионов) число оборотов. Хотя энергия, приобретаемая им за один оборот, невелика, конечное значение энергии оказывается очень большим [1].

Ускорение электронов осуществляется в вакуумной камере, в которой находятся инжектор электронов и мишень. В течение короткого промежутка времени в начале цикла ускорения частицы из инжектора направляются на орбиту и по окончании цикла смещаются с нее при помощи специальных устройств и попадают на мишень. При торможении электронов в мишени возбуждается жесткое рентгеновское излучение. Электроны также могут быть выведены из камеры наружу. Бетатрон по принципу работы похож на обычный трансформатор. Катушка, называемая обмоткой возбуждения,

соответствует первичной обмотке трансформатора, а роль вторичной обмотки выполняет пучок электронов. Таким образом, ускорение электронов в бетатроне осуществляется вихревым электрическим полем в нарастающем во времени магнитном поле.

Ускорение электронов осуществляется в вакуумной камере тороидальной формы (рисунок 1.1). Её изготавливают из стекла или фарфора. Она может быть выполнена отпаянной или работающей при непрерывной откачке.

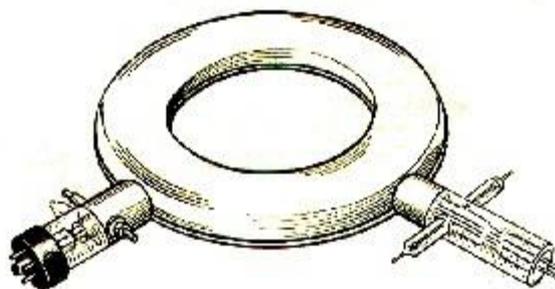


Рисунок 1.1 - Внешний вид вакуумной камеры бетатрона

При движении в вакуумной камере электроны за один цикл ускорения проходят огромные расстояния. В результате часть электронов рассеивается на частицах газа и теряется, оседая на стенках камеры. Для нормальной работы ускорителя давление остаточного газа в вакуумной камере должно быть не выше 10^{-6} мм рт. Ст [1]. Повышение давления приводит к резкому сокращению числа частиц, достигших конца цикла.

Бетатронные установки используются в ряде таких наукоёмких высокотехнологических процессов, как рентгеновская компьютерная томография, лучевая интраоперационная терапия, промышленная интроскопия. Бетатрон является составной частью досмотровых систем, массовое производство которых особенно важно из-за возросшей вероятности террористических актов в транспортных системах, и, связанной с этим, необходимостью оперативного контроля содержимого закрытых транспортных контейнеров и багажа пассажиров.

1.2 Выбор органической части металлизационных паст

В зависимости от способа нанесения металлизации в качестве органического связующего и растворителей применяются различные органические вещества.

В качестве органического связующего для нанесения пасты методом трафаретной печати был выбран раствор этилцеллюлозы в α -терпинеоле. Данное органическое связующее просто в изготовлении, обладает малой зольностью, хорошо смачивает поверхность керамики и металлических порошков.

В качестве растворителя применялся этиловый спирт, обеспечивающий равномерность распределения органической и неорганической частей пасты, а также придающий ей необходимую текучесть для нанесения через трафарет.

Вязкость пасты, являющаяся важным реологическим свойством, обеспечивается введением в ее состав органического связующего.

В данной работе вязкость органического связующего на основе α -терпинеола с различным добавлением этилцеллюлозы замерялась с помощью ротационного вискозиметра фирмы Brookfield. Полученные данные представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Результаты определения вязкости органического связующего

| Количество этилцеллюлозы в терпинеоле, масс. % | Частота вращения шпинделя 52, об/мин | Вязкость, η , мПа \times с |
|--|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 0 | 12 | 36,2 |
| | 10 | 36,3 |
| | 20 | 36,3 |
| | 30 | 36,3 |
| | 50 | 36,3 |
| | 60 | 36,3 |

| Количество этилцеллюлозы в терпинеоле, масс. % | Частота вращения шпинделя 52, об/мин | Вязкость, η , мПа \times с |
|--|---|-----------------------------------|
| 5 | 3,0 | 196,2 |
| | 6,0 | 189,7 |
| | 12,0 | 177,5 |
| 10 | 0,3 | 2300 |
| | 0,5 | 2040 |
| | 1,0 | 1880 |
| | 1,5 | 1814 |

Из полученных данных видно, что α -терпинеол представляет собой ньютоновскую жидкость, вязкость которой зависит от температуры и не зависит от скорости деформации. С увеличением количества растворённой в терпинеоле этилцеллюлозы вязкость полученного раствора повышается. Для составов с содержанием этилцеллюлозы вязкость уменьшается с увеличением скорости оборотов шпинделя. Данное реологическое свойство должно быть учтено при выборе скорости нанесения металлизационных паст.

1.3 Способы нанесения металлизации

Способы металлизации проще всего классифицировать по технологическим приемам получения покрытия, вернее, по принципам, лежащим в основе этих приемов. Таким образом, среди известных способов металлизации можно выделить три основных класса [2]:

- 1) Механические способы металлизации, когда покрытие формируется заранее и только после этого крепится к покрываемой поверхности.
- 2) Физические, когда металл вначале превращают в пар или жидкость, наносимое на покрываемую поверхность, где они опять превращаются в компактный твёрдый металл, образуя покрытие.
- 3) Химические, когда металл образуется в ходе химической реакции и, оседая на покрываемую поверхность, даёт металлическое покрытие.

Каждый способ металлизации отличается своими возможностями. У каждого свои требования к металлизируемой пластмассе, свое оборудование. С течением времени прослеживается явная тенденция к применению таких способов металлизации, которые позволяют наносить на пластмассы все более тонкие покрывающие слои металлов. Если, используя самые первые, "старинные", способы механической металлизации пластмасс, для покрытия использовали миллиметровые металлические пластины, то современные способы химической и физической металлизации позволяют получать очень тонкие нанометровые слои, в предельных случаях выполняющие лишь роль пигмента, придающего изделию металлический вид.

Рассмотрим каждый способ отдельно.

Механические способы металлизации самые старые и наиболее простые. Как только люди научились делать из металла пластины и листы, они стали покрывать ими боевые щиты, колесницы, орудия труда и т. д. Теперь и на пластмассы иногда надевают металлические щитки, прикрепляя их гвоздями, заклепками или шурупами. Металлические пластины можно крепить, обтягивая со всех сторон или огибая ими края изделия (рис 1.2, 1-3).

Этот способ довольно широко используется для металлизации пластмасс. Множество различных пуговиц, ручек, декоративных элементов из пластмассы покрыто металлом именно этим способом. На них надеты металлические колпачки, крышки, пластинки. Эти виды механической металлизации, хотя и трудоемки, но довольно удобны при изготовлении небольших деталей. Кроме того, в производстве таких изделий можно использовать пластмассы более низкого качества - вторичной, третичной или еще более многократной переработки. Основной недостаток этих методов - большой расход металла как на само целевое покрытие, так и на неизбежные и никому не нужные отходы. Кроме того, такие покрытия требуют обычных для металлических изделий трудоемких приемов отделки шлифованием и полировкой для получения продукции с хорошим товарным видом.

Среди изделий, получаемых путем механической металлизации, наиболее широко распространены фольгированные пластики [22]. Их производят следующим образом. На листы стеклотекстолита, асботекстолита, гетинакса (рис 2, 4) толщиной от 0,1 до нескольких миллиметров клеями БФ-4, БФР-4, ВС-10Гнаклеивают металлическую, обычно медную, фольгу толщиной 35-50 мкм.

Среди фольгированных металлом изделий особое место занимают изделия, фольгированные сусальным золотом, толщина которого всего около 0,1 мкм. Таким способом издавна золотят различные художественные изделия, переплеты книг и церковные купола. Несмотря на небольшой расход золота (2 г/м^2), для металлизации современных пластмасс он применяется исключительно редко. Пластмассу предпочитают металлизировать более доступными и дешевыми металлами.

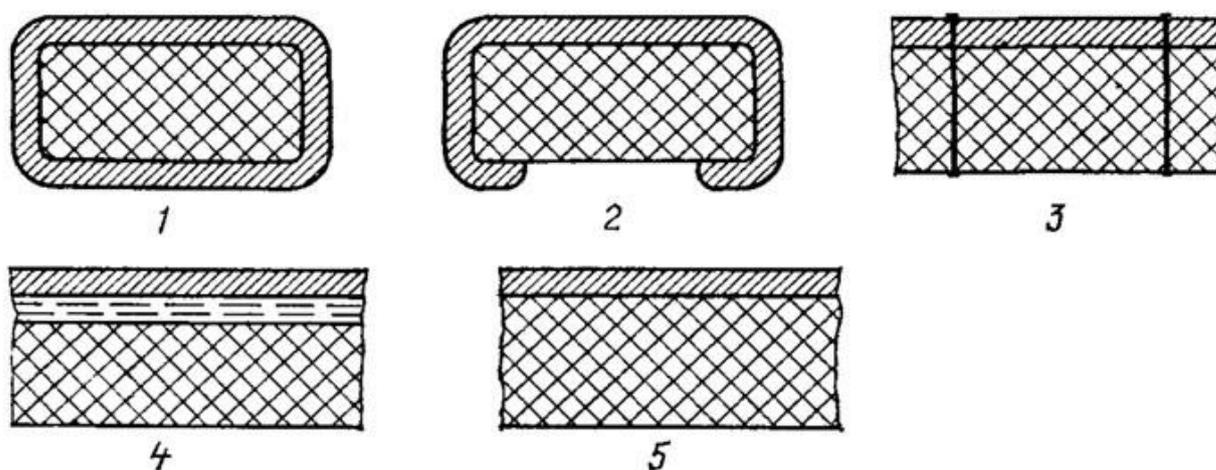


Рисунок 1.2 - Механические способы крепления металлического покрытия к пластмассе: 1 - обволакиванием, 2 - огибанием, 3 - заклепыванием, 4 - склеиванием, 5 - горячим тиснением или заливкой (сваркой)

Физические способы металлизации (рис 1.3) более сложны, чем механические, и требуют специального оборудования [22]. Правда, для самых простых способов физической металлизации окунанием или намазыванием жидким металлом или амальгамами, конечно, нет необходимости иметь какое-то сложное оборудование, но эти простые методы практически не используются. Для их осуществления нужны

пластмассы, хорошо смачиваемые расплавами металлов и устойчивые к воздействию высоких температур. Эти способы физической металлизации применяют в основном для нанесения слоев металла на другие металлы (золота на бронзу, олова и цинка на сталь), на керамику и стекло.

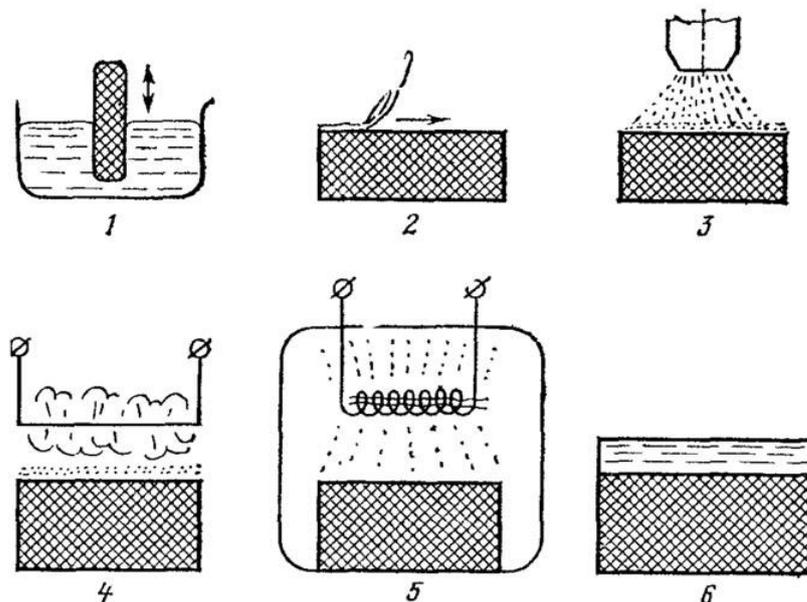


Рисунок 1.3 - Физические способы нанесения металлических покрытий: 1 - окунанием, 2 - намазыванием, 3 - обрызгиванием, 4 - взрыванием, 5 - напылением (напариванием), 6 – окрашиванием

Изобретенный способ металлизации обрызгиванием жидким металлом применяют для металлизации пластмасс и тканей. Алюминий, цинк, свинец, медь, никель, олово, а также различные их сплавы расплавляют в пламени газовой горелки, в электрической дуге или в потоке плазмы и сжатым воздухом или газом разбрызгивают на покрываемую поверхность. Частицы жидкого металла величиной около 60 мкм по пути к поверхности охлаждаются до 200-800°С и вследствие кратковременности действия и дальнейшего быстрого охлаждения лишь оплавливают поверхность, прилипая к ней. При металлизации обрызгиванием обычно получают шероховатые и относительно толстые покрытия - 10-1000 мкм. Конечно, такие покрытия не во всех случаях пригодны. Этим способом удобно металлизировать большие плоские поверхности, например, для художественной отделки интерьеров,

или крупногабаритные пластмассовые изделия для защиты их от вредных внешних воздействий.

Для металлизации обрызгиванием отечественная промышленность выпускает специальные аппараты: МГУ-2, МГУ-5 (газопламенные); УТЩ-4, УПН-6, УПН-8 (порошковые); МТИ-1-1 (тигельный); ЭМ-3, ЭМ-3А, ЭМ-6, ЭМ-9, ЭМ-10, ЭМ-12, ЭМ-14, МЭС-1-57 (электродуговые); МВЧ-1, МВЧ-2, МВЧ-3 (высокочастотные); УПУ-3М, УМП-5 (плазменные).

Своеобразным вариантом металлизации обрызгиванием является металлизация взрывом [21]. Для этого через тонкую проволоку пропускается электрический ток такой большой силы, что проволока мгновенно нагревается до плавления и металл со взрывом разбрызгивается. Поставленная рядом металлизированная поверхность покрывается слоем металла. Такой метод мгновенной металлизации применяется довольно редко из-за отсутствия опыта и необходимой аппаратуры, однако его быстрдействие и простота привлекают последователей и со временем он может получить более широкое распространение.

Наиболее широко в последнее время применяется напыление и напаривание металла в вакууме 0,06-1 Па. Эти методы называют также вакуумной металлизацией [22]. Испарение металла из молибденового и графитового тигля или вольфрамовой спирали проводят в вакууме (~0,06 Па) для того, чтобы увеличить длину свободного пути для атомов металла и по возможности исключить столкновения с посторонними молекулами. При катодном напылении, когда металл распыляется бомбардировкой потока положительных ионов, можно работать и при менее глубоком вакууме (1 Па). Промежуточный интервал неглубокого вакуума используют при ионном внедрении, когда образовавшиеся в газовом разряде ионы металла ускоряются и, бомбардируя покрываемую поверхность, застревают в ней.

Технология металлизации в вакууме отличается универсальностью, безвредностью для окружающей среды и обслуживающего персонала. Однако для ее осуществления необходимо иметь довольно сложную

аппаратуру и специально подготавливать поверхность пластмассы, а после металлизации наносить защитный слой лака. Таким образом, наносимый за 10-30с тонкий (0,01-0,1 мкм) слой металла, обычно алюминия, исполняет лишь роль своеобразного пигмента, и металлизированная поверхность не имеет металлических свойств.

При осуществлении всех физических видов металлизации исходят из уже готовых полученных из руд металлов или их сплавов, преобразуемых затем в металлические покрытия и сопутствующие им отходы. На это уходят дополнительные энергетические затраты, на отдельных производствах незначительные, но в глобальном масштабе составляющие значительный вклад в наши ежедневные энергетические потери. Поэтому более предпочтительны химические методы металлизации, которые позволяют прямо из соединений металлов получать металлические покрытия с меньшими энергетическими потерями, а часто и с меньшими потерями самого металла.

Химические способы металлизации удобно классифицировать по типу металлогенных реакций, лежащих в их основе (рис 1.4).

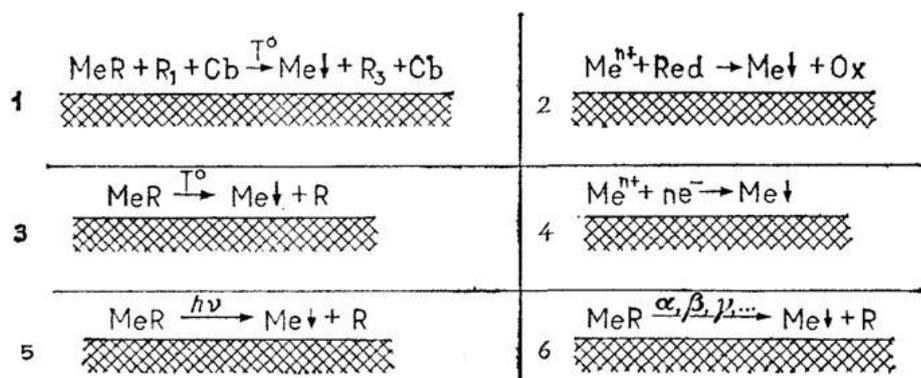


Рисунок 1.4 -Химические способы получения металлических покрытий: 1 - вжиганием, 2 - восстановлением, 3 - разложением, 4 - электролизом, 5 - фотолизом, 6 – радиолитом

Самым древним из химических способов металлизации является *металлизация вжиганием*, при помощи которой покрывали золотом или серебром стекло и фарфор. Для этого на отдельные места наносили

специальные составы - люстры. Раскрашенное ими изделие обжигали при довольно высоких температурах (до 1000°C). Люстры содержат соль металла, органические и легкоплавкие неорганические вещества. При нагревании (иногда уже при 100°C) органические соединения восстанавливают металл и сами улетучиваются, а неорганические спекаются с основой, образуя прочно связанный, блестящий металлом слой. В настоящее время металлизация вжиганием применяется в производстве радиоэлектронной аппаратуры для получения токопроводников на керамике [2]. Для металлизации пластмасс метод вжигания еще не применяется, так как не разработаны подходящие для этого составы люстров.

Восстановление является общим методом для получения металлов. Для получения металлических покрытий можно использовать все металлогенные реакции, протекающие в газовой фазе, в растворах и даже в твердой фазе. При этом желательно, чтобы реакция восстановления имела явно выраженный автокаталитический характер. Это позволяет получить слой металла лишь на покрываемой поверхности, не загрязняя аппаратуры металлическим шламом, который может образоваться во всем объеме реакционной смеси, и не покрывая металлом те места, которые не нужно металлизировать [22].

Для химического осаждения металлических покрытий из газовой фазы в качестве восстановителя чаще всего используют водород, и реакцию восстановления проводят при высокой, порядка несколько сот градусов температуре [11]. Таким способом удается получить покрытия из довольно большого числа металлов, однако необходимость иметь специальную аппаратуру для подогрева и дозирования газовых смесей ограничивает широкое применение метода. Металлизацию в газовой среде используют в тех случаях, когда другие способы не позволяют получить покрытие из желаемого металла.

Для металлизации в газовой фазе чаще всего используют реакции *термического разложения*. Наиболее подходящими соединениями

для этой цели являются карбонилы металлов. В ходе реакции при определенных условиях они разлагаются, оставляя на покрываемой поверхности металл и высвобождая окись углерода, которую опять можно использовать для получения карбонила металла. То есть СО играет роль реагента-переносчика металла. Это не только удобно в производственном отношении, но и сводит к минимуму непроизводительные затраты вспомогательных реактивов, исключает загрязнение окружающей среды. В настоящее время с помощью карбонильной металлургии производят как металлические покрытия, так и порошки металлов - железа, никеля, кобальта, вольфрама, хрома.

Иногда реакции разложения проводят и в растворах. Например, путем разложения комплексных гидридов алюминия, растворенных в органических растворителях, можно наносить алюминиевые покрытия на различные диэлектрики, в том числе и на пластмассы. Однако из-за малой доступности комплексных гидридов алюминия и из-за неудобства работы с органическими растворителями этот способ металлизации не нашел широкого применения.

Для металлизации в водных растворах, как правило, применяют реакции восстановления, используя такие восстановители, как гипофосфит натрия, формальдегид, борогидриды и их производные, а в некоторых случаях и саму металлизированную поверхность, по аналогии с давно известным способом осаждения более благородных металлов на менее благородные так называемыми иммерсионными способами [11]. Оказывается, что такими способами можно осадить серебро, платину, палладий и некоторые другие благородные металлы и на пластмассы (фенолформальдегидные смолы, сополимеры стирола типа АБС). Причем их поверхность травят и покрывают тонким слоем металла одновременно, что весьма удобно для антистатической обработки или для получения катализаторов, прикрепленных к пластмассовым носителям.

Наиболее широкое применение имеют электрохимические, или гальванотехнические, способы осаждения металлов из расплавов или водных растворов электролитов путем электролиза. Но при металлизации диэлектриков приходится предварительно специально подготавливать их поверхность. Об этом подробнее мы расскажем в дальнейшем. Отметим лишь, что гальванический способ металлизации наиболее развит и технически обеспечен. Среди других способов он выделяется как гигант своей технической мощью. Гальванотехнику обслуживают мощные химические и механические предприятия, производящие как химические реактивы и композиции для составления и корректирования электролитов, так и оборудование и вспомогательные устройства. Поэтому не удивительно, что для металлизации пластмасс стараются применять именно гальванотехнические приемы.

Для разложения соединений металла с целью получения его в элементарном состоянии в виде покрытия применяют и другие физические воздействия. В процессе *фотолиза*, разлагая соединения металла светом, можно получить скрытое металлическое изображение с заданной толщиной покрывающего слоя. Этот метод часто применяют для нанесения на пластмассу соединительной сети электропроводников электронных схем. Фотолизом можно получить металлические покрытия из серебра, золота, меди. Такие покрытия можно еще и "усилить", наращивая на них слои металла химическим или электрохимическим путем получения металлических покрытий можно использовать и другие виды излучения, разложение которыми называют *радиолизом*. Облучая альфа- и бета-частицами, быстрыми электронами или гамма-лучами, можно получать металлические покрытия не только из благородных металлов, но и из олова, свинца, вольфрама, молибдена, рения, ниобия, довольно широко применяющиеся в современной электронной технике при изготовлении

активных и пассивных ее элементов¹. Применение радиационных способов получения металлических пленок особенно удобно тем, что позволяет селективно с высокой разрешающей способностью (2-5 А) осаждать металл на избранных участках. Кроме того, с их помощью легко получить и легированные пленки.

Методы фотолиза и радиолиза применяются еще относительно мало и в основном для специальных целей, достижение которых другими способами невозможно. Это объясняется малой производительностью и большими энергетическими затратами на получение металла, а также необходимостью использовать дорогостоящую и довольно сложную аппаратуру. Кроме того, эти процессы еще слишком мало исследованы, чтобы ими можно было свободно пользоваться и легко управлять.



Рисунок 1.5 -Классификация способов металлизации

Следует отметить, что приведенная здесь классификация (рис 1.5) является весьма условной и неполной. Кроме того, в ней содержатся и некоторые противоречия, связанные с принятой теперь терминологией, а именно: химическими способами металлизации называют способы восстановления и разложения без применения активных физических воздействий [22]. Таким образом, способы металлизации электролизом, фотолизом и радиолизом следовало бы называть физико-химическими и

¹(См.: Вишняков Б. А., Осипов К. А. *Электронно-лучевой метод получения тонких пленок из химических соединений*. М., Наука, 1970.)

выделить в отдельную группу. Но из соображений простоты и симметрии они отнесены к общей группе химических способов.

Можно полагать, что в будущем появятся и совершенно новые способы металлизации, а старые будут модифицированы и усовершенствованы.

ГЛАВА 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛЫ

2.1 Цели и задачи

Основной целью данной работы является разработка состава металлизационной пасты для фарфора на основе тугоплавких металлов.

Были поставлены задачи:

1. Исследование свойств исходных материалов.
2. Определеине условий подготовки порошков вольфрама.
3. Исследование влияния режима вжигания на формирование металлизационного слоя.
4. Анализ полученных данных.

2.2. Методы исследования

2.2.1 Рентгенофлуоресцентный анализ

Рентгенофлуоресцентный анализ один из современных спектроскопических методов исследования вещества с целью получения его элементного состава, то есть его элементного анализа. С помощью него могут анализироваться различные элементы от бериллия (Be) до урана (U) [4]. Метод РФА основан на сборе и последующем анализе спектра, полученного путём воздействия на исследуемый материал рентгеновским излучением. При облучении атом переходит в возбуждённое состояние, сопровождающееся переходом электронов на более высокие квантовые уровни. В возбуждённом состоянии атом пребывает крайне малое время, порядка одной микросекунды, после чего возвращается в спокойное положение (основное состояние). При этом электроны с внешних оболочек либо заполняют образовавшиеся вакантные места, а излишек энергии испускается в виде фотона, либо энергия передается другому электрону из внешних оболочек (оже-электрон). При этом каждый атом испускает фотоэлектрон с энергией строго определённого значения, например железо при облучении рентгеновскими лучами испускает фотоны $K\alpha = 6,4$ кэВ [6].

Далее соответственно по энергии и количеству квантов судят о строении вещества.

В качестве источника излучения могут использоваться как рентгеновские трубки, так и изотопы каких-либо элементов. Поскольку каждая страна имеет свои требования к ввозу и вывозу излучающих изотопов, в производстве рентгенофлуоресцентной техники в последнее время стараются использовать, как правило, рентгеновскую трубку. Трубки могут быть как с родиевым так и с медным, молибденовым, серебряным или другим анодом. Анод трубки, в некоторых случаях, выбирается в зависимости от типа задачи (элементов, требующих анализа), для решения которой будет использоваться данный прибор. Для разных групп элементов используются различные значения силы тока и напряжения на трубке. Для исследования лёгких элементов вполне достаточно установить напряжение 10 кВ, для средних 20-30 кВ, для тяжелых — 40-50 кВ [6]. Кроме того, при исследовании лёгких элементов большое влияние на спектр оказывает атмосфера, поэтому камеру с образцом либо вакуумируют либо заполняют гелием. После возбуждения спектр регистрируется на специальном детекторе. Чем лучше спектральное разрешение детектора, тем точнее он сможет отделять друг от друга фотоны от разных элементов, что в свою очередь скажется и на точности самого прибора. В настоящее время наилучшей возможной разрешающей способностью детектора является 123 эВ [6].

После попадания на детектор фотоэлектрон преобразовывается в импульс напряжения, который в свою очередь подсчитывается счётной электроникой и наконец передается на компьютер. Ниже приведён пример спектра, полученный при анализе корундовой ступки (содержание Al_2O_3 более 98 %, концентрации Ca, Ti порядка 0,05 %). По пикам полученного спектра можно качественно определить, какие элементы присутствуют в образце. Для получения точного количественного содержания необходимо обработать полученный спектр с помощью специальной программы

калибровки (количественной градуировки прибора). Калибровочная программа должна быть предварительно создана с использованием стандартных образцов, чей элементный состав точно известен. Упрощённо, при количественном анализе спектр неизвестного вещества сравнивается со спектрами полученными при облучении стандартных образцов, таким образом получается информация о количественном составе вещества [6].

Рентгенофлуоресцентный метод широко используется в промышленности, научных лабораториях. Благодаря простоте, возможности экспресс-анализа, точности, отсутствию сложной пробоподготовки, сферы его применения продолжают расширяться.

2.2.2. Растровый электронный микроскоп (РЭМ)

Растровый электронный микроскоп является вакуумным прибором, так как при нормальном атмосферном давлении электронный пучок сильно рассеивается и поглощается, что делает невозможным его фокусировку. Поэтому рабочий вакуум в камере микроскопа должен быть 10^{-5} тор. , или лучше. Схема основных узлов растрового микроскопа (рис 2.1). Электронный пучок от источника электронов специальной конденсорной системой формируется в виде хорошо сфокусированного зонда и проходит через систему управляющих электродов или электромагнитов, которые перемещают пучок по поверхности образца по траектории, образующей растр, аналогичный телевизионному растру [7].

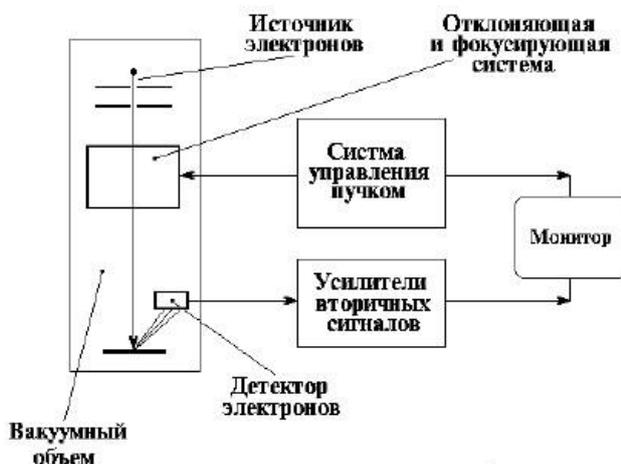


Рисунок 2.1 - Упрощённая схема, иллюстрирующая работу РЭМ

Перемещение зонда по поверхности образца должно происходить с очень высокой точностью и будет, в конечном счете, наряду с размером зонда, определять величину разрешения прибора. В результате взаимодействия пучка электронов с поверхностью образца возникает ответная реакция [7], которая регистрируется соответствующими датчиками. Регистрируемый датчиками сигнал используется в дальнейшем для модуляции яркости электронного пучка в электронно-лучевой трубке монитора. Величина этого вторичного сигнала будет зависеть от физических свойств поверхности образца и может меняться от точки к точке. В результате на экране монитора образуется изображение поверхности образца, отображающее топографию соответствующего физического свойства исследуемого образца. Таким образом можно исследовать топографию неоднородностей дефектов и состояния поверхности: например, топологию поверхности (границы зерен, поры, трещины, неоднородности состава и др.) - в отраженных или вторичных электронах; распределение элементного состава по поверхности образца - в характеристическом рентгеновском излучении; распределение донорных или акцепторных центров - по величине поглощенного тока; топографию магнитной доменной структуры - во вторичных электронах и пр.

Коэффициент увеличения изображения в РЭМ определяется отношением линейных размеров раstra, освещаемого зондом, на поверхности образца d и на экране монитора D , т.е. $M = D/d$ [5].

Разрешение, достигаемое в РЭМ, ограничено эффективным размером элемента изображения, или, другими словами, размером области в образце, возбуждаемой электронным зондом, имеющим диаметр d_z . С другой стороны величина тока сфокусированного электронного пучка, взаимодействующего с поверхностью образца, определяет интенсивность вторичных сигналов. Поэтому электронно-оптическая система, формирующая зонд, должна обеспечивать получение максимально возможного тока при минимально возможном размере зонда.

2.2.3. Гидростатическое взвешивание

Метод определения плотности, использующий закон Архимеда. Определение плотности (ρ_1) методом гидростатического взвешивания осуществляют по результатам двух измерений массы исследуемого предмета. Сначала в воздушной среде, затем в жидкости, с известной собственной плотностью (ρ_2). Чаще всего в качестве жидкости используют воду. Первое взвешивание позволяет определить массу предмета (m_1), а второе, по разности обоих взвешиваний, позволяет вычислить объём: $V = \frac{m_1 - m_2}{\rho_2}$ [3]. Плотность исследуемого предмета вычисляется по формуле: $\rho_1 = \frac{m_1}{V}$ [3].

В зависимости от требуемой точности, гидростатическое взвешивание производят на различных весах, например, технических, аналитических, образцовых. При массовых измерениях используют менее точные весы, но обеспечивающие большую скорость, например, весы Мора, названные по имени сконструировавшего их в 1847 году, немецкого химика К. Ф. Мора (нем. К. Ф. Mohr) [4]. Используются также и современные, компьютеризированные и специально предназначенные для этой цели весы, рассчитывающие искомую плотность автоматически [5].

Метод гидростатического взвешивания широко используют в народном хозяйстве и является одним из стандартов способов определения плотности материалов.

2.3 Материалы

2.3.1 Порошок вольфрама

В работе был использован порошок вольфрама марки W 9,5, произведенный компанией ООО "Метотехника" согласно ТУ 48-19-417-86.

Средний размер диаметра зерна исходного порошка по Фишеру составляет 8,5-10,5 мкм, после лабораторного помола – 8,00-9,5 мкм. Насыпная плотность вольфрамового порошка лежит в пределах 5,69-6,91 г/см³.

Химический состав вольфрамового порошка согласно ТУ представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.2– Химический состав порошка вольфрама по ТУ 48-19-417-86

| Наименование компонентов | Массовая доля, % |
|----------------------------|------------------|
| Железо | 0,020 |
| Алюминий | 0,002 |
| Кремний | 0,005 |
| Кальций | 0,010 |
| Никель | 0,010 |
| Сера | 0,010 |
| Молибден | 0,045 |
| Углерод | 0,010 |
| Калий | 0,010 |
| Натрий | 0,010 |
| Медь | 0,005 |
| Магний | 0,002 |
| Олово | 0,002 |
| Кислород и влага, не более | 0,040 |
| Вольфрам, не менее | 99,9 |

По данным рентгенофазового анализа, выполненного на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD-7000S, на рентгенограмме имеется четыре рефлекса (рис 2.2). Согласно данным расшифровки по картотеке ICDD порошок вольфрама представлен единственной фазой, так как все четыре рефлекса принадлежат вольфраму (PDF 000-01-1203).

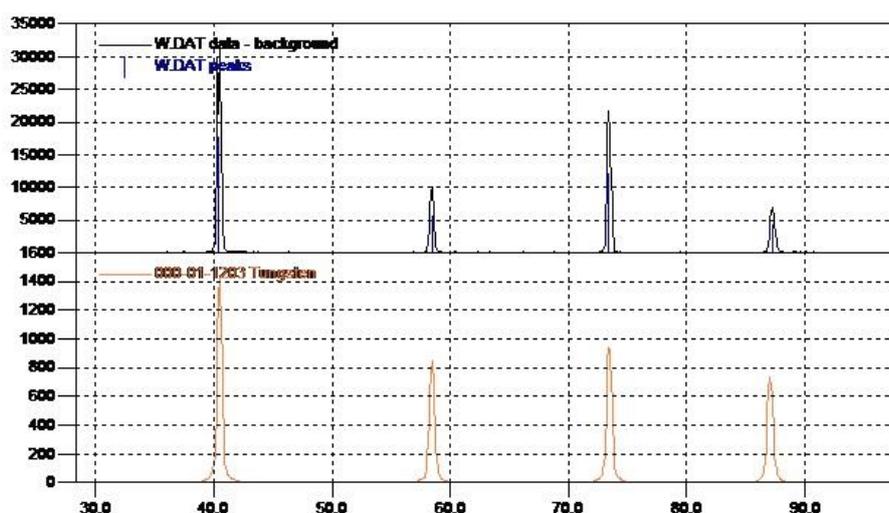


Рисунок 2.2 - Расшифровка рентгенограммы вольфрамового порошка

Гранулометрический анализ порошка вольфрама был проведен на приборе Analysette 22 MicroTecPlus (фирмы Fritsch) в среде этилового спирта [9].

Распределение частиц порошка по размерам в интегральной и дифференциальной формах представлено на рисунке 2.3.

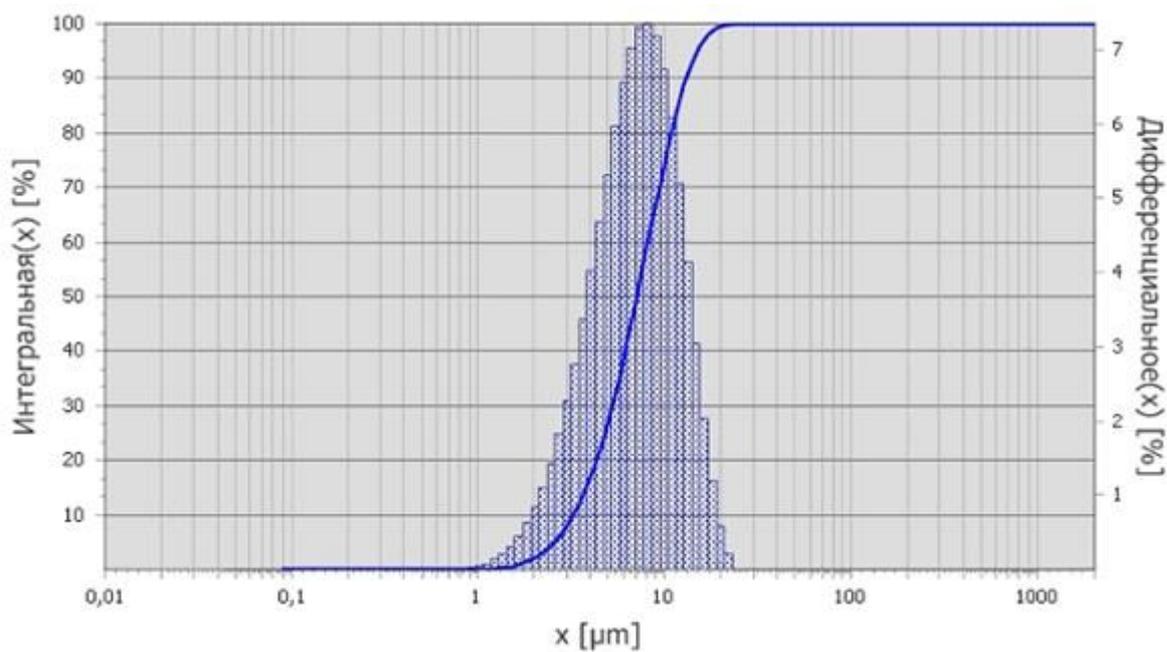


Рисунок 2.3 – Гранулометрический состав порошка вольфрама

В таблице 2.2 представлен гранулометрический состав порошка.

Таблица 2.2 – Данные лазерной гранулометрии порошка вольфрама

| Размер частиц, мкм | | | |
|--------------------|-----------------|-----------------|---------|
| D ₁₀ | D ₅₀ | D ₉₀ | Modal D |
| 3,3 | 7,2 | 13,2 | 7,8 |

Гранулометрический анализ порошка вольфрама показал, что 10 % объема всей пробы составляют частицы размером менее 3,3 мкм. 50 % объема всей пробы занимают частицы, размер которых менее 7,2 мкм. 90 % объема пробы состоит из частиц размером до 13,2 мкм. Средний объемный диаметр частиц порошка составляет 7,8 мкм.

На рисунках 2.4 представлены данные растровой электронной микроскопии вольфрамового порошка, сделанные на микроскопе JEOL JCM–6000 при увеличениях $\times 1000$, $\times 2000$ и $\times 3000$ крат.

Как видно из микроснимков, исходный порошок вольфрама агрегирован. Средний размер агрегатов составляет порядка 15-20 мкм. Однако встречаются и более крупные агрегаты, диаметр которых может достигать до 60-80 мкм.

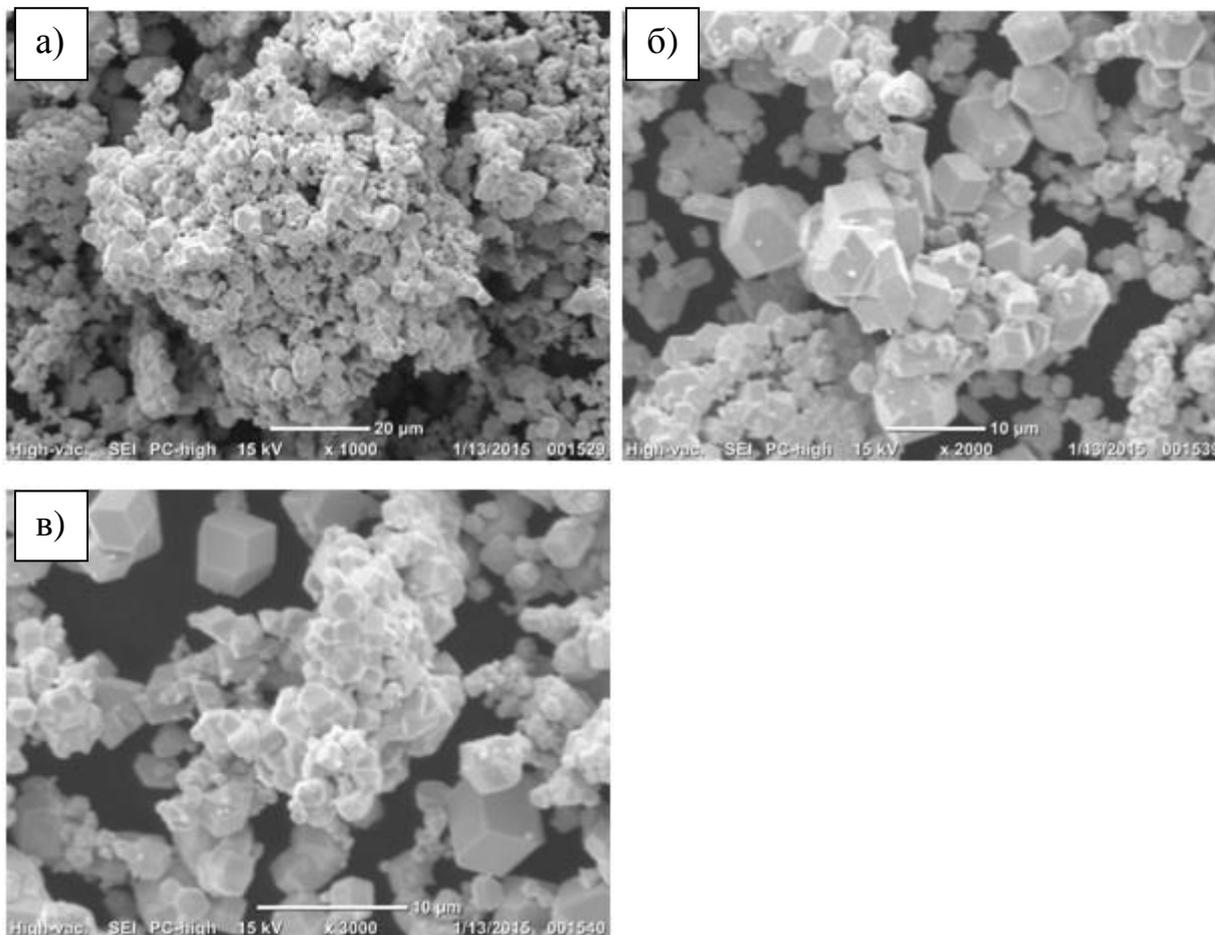


Рисунок 2.4– Микрофотографии порошка вольфрама а) $\times 1000$; б) $\times 2000$; в) $\times 3000$

Отдельные зерна порошка вольфрама представлены частицами изометрической формы. Частицы порошка имеют хорошо ограниченную форму. Размеры отдельных частиц могут варьировать от 1 до 10 мкм. В среднем порошок вольфрама представлен частицами 2-5 мкм.

Среднее значение удельной поверхности исходного порошка вольфрама, определенное методом БЭТ, составляет $0,165 \text{ м}^2/\text{г.}$, Следовательно, средний диаметр частиц порошка равен

$$D_{\text{ср}} = 6/S_{\text{уд}} \cdot \rho = 6/0,165 \cdot 19,25 = 1,889 \text{ мкм.}$$

Следует иметь в виду, что такой расчет основан на допущениях о сферической форме частиц и об отсутствии пористости. Поэтому во многих случаях данный метод расчета может дать заниженные результаты.

2.3.2 Фарфор спечённый

В данной работе в качестве основы для нанесения металлизации был использован фарфор, полученный из керамической массы Южноуральского арматурно-изоляторного завода (ОАО «ЮАИЗ», г. Южноуральск, Челябинская область). Химический состав данной фарфоровой массы представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Химический состав фарфоровой массы в оксидном выражении в массовых процентах

| iO_2 | l_2O_3 | e_2O_3 | iO_2 | aO | gO | $_2O$ | a_2O | $m_{прк}$ | умма |
|--------|----------|----------|--------|------|------|-------|--------|-----------|-------|
| 0,51 | 7,53 | ,79 | ,29 | ,46 | ,24 | ,14 | ,33 | ,71 | 00,00 |

Фарфоровые подложки, предназначенные для нанесения металлизации [11], формовались методом литья термопластичных шликеров и подвергались двукратному обжигу. Первый обжиг (утильный) проводился при 950-980°C с целью удаления связки (парафина). Операция окончательного обжига проводилась при конечной температуре обжига 1240°C [11].

Рентгенограмма спеченного фарфора, выполненная на дифрактометре Shimadzu XRD-7000S, представлена на рисунке 2.5.

Согласно данным расшифровки в программе Crystallographica Search-Match по картотеке ICDD, рентгенограмма спеченного фарфора представлена преимущественно рефлексами двух основных фаз: кварца (PDF 000-33-1161) и муллита (PDF 000-15-0776).

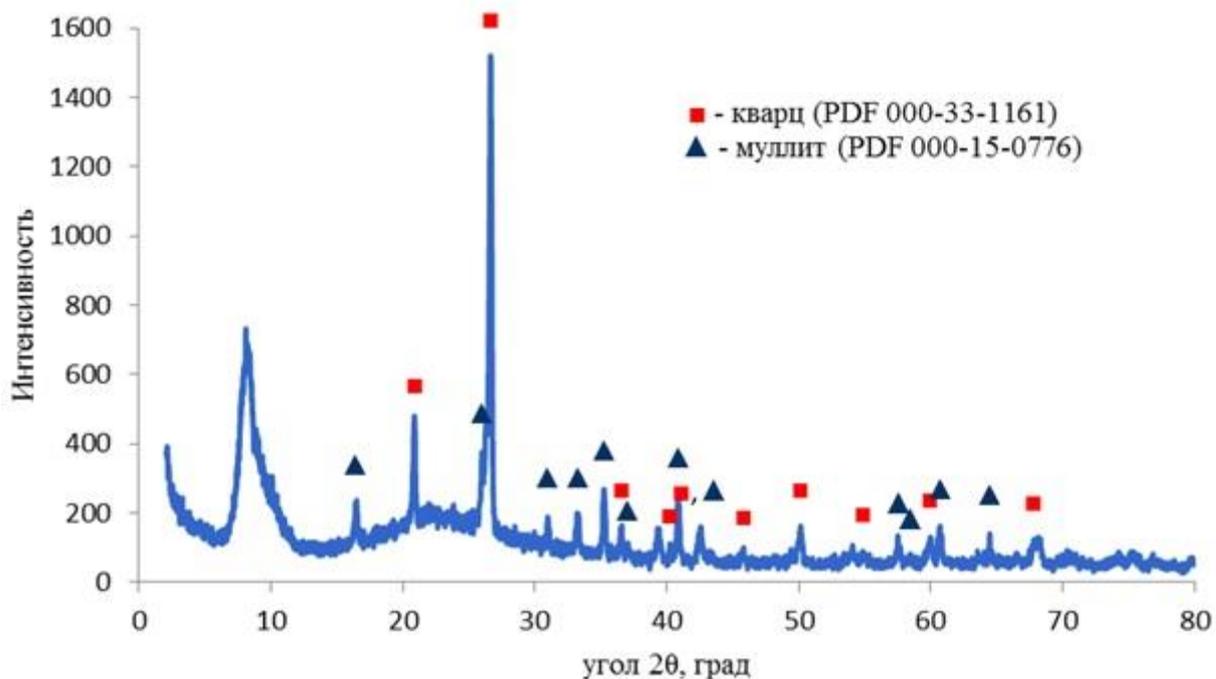


Рисунок 2.5 – Данные рентгенофазового анализа фарфора

Данные комплексного термического анализа спеченного фарфора, полученные на приборе STA 449 F3 Jupiter в диапазоне температур от 40 до 1300 °С, представлены в таблице 2.4, термограмма представлена на рисунке 2.6.

Таблица 2.4 – Данные синхронного термического анализа фарфора

| Термический эффект | Характеристические температуры | | | Δm, % |
|------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|-------|
| | T _H , °C | T _П , °C | T _К , °C | |
| Эндотермический эффект | 793,7 | 839,6 | 874,0 | 0,19 |
| Экзотермический эффект | 1143,4 | 1247,4 | – | |

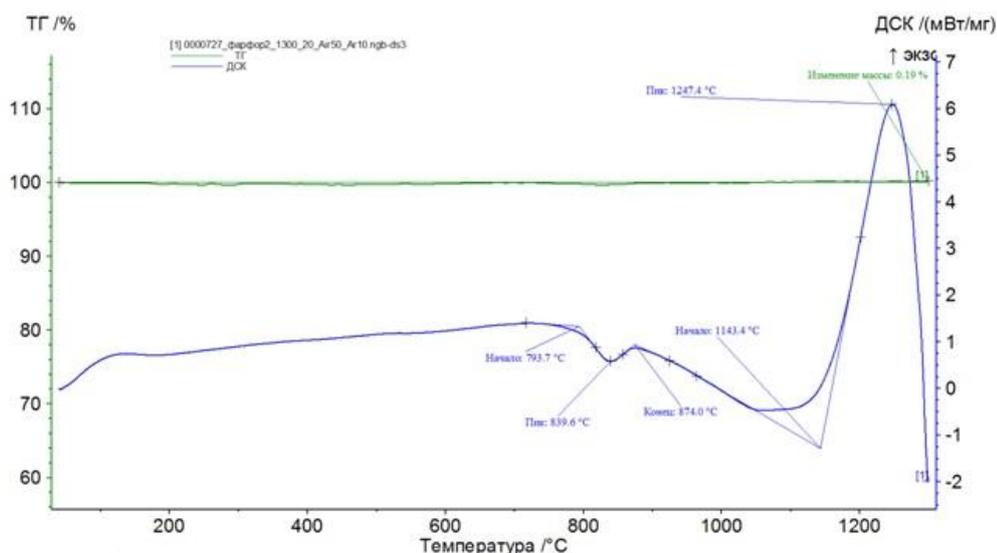


Рисунок 2.6– Термограмма спеченного фарфора

На термограмме присутствует небольшой эндотермический эффект, пик которого наблюдается при температуре 839,6 °С. Начало экзотермического эффекта соответствует температуре 1143,4 °С, пик приходится на 1247,4 °С.

Результаты определения коэффициента линейного термического расширения фарфора на dilatометре Dil 402 PC в интервале температур от 30 до 1000 °С со скоростью нагрева 2 °С/мин представлены на рисунке 2.7. Согласно данным dilatометрии КТЛР спеченного фарфора составляет $5,51 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

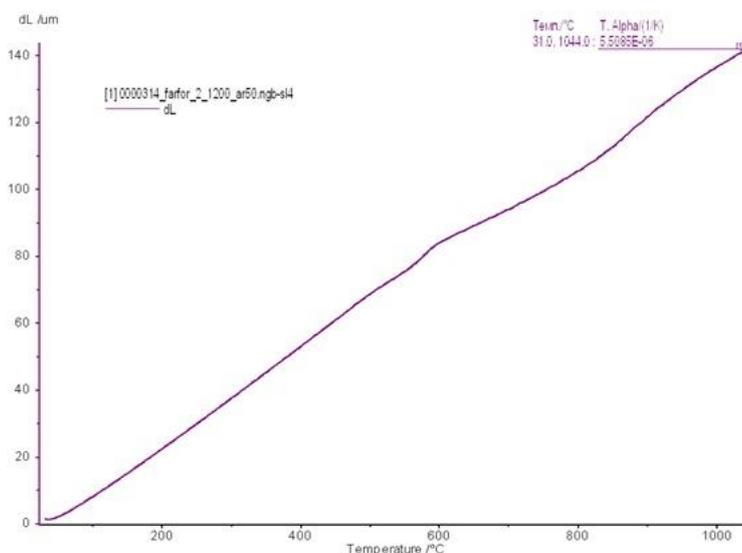


Рисунок 2.7–Результаты определения КТЛР фарфора

На рисунке 2.8 представлены данные растровой электронной микроскопии излома спеченного фарфора, сделанные на микроскопе JEOL JSM-6000.

На микроснимке излома видно, что фарфор не имеет зеренной структуры и выделить отдельные фазы при использовании данного прибора не представляется возможным. В структуре спеченного фарфора присутствуют закрытые поры сферической формы, размер которых колеблется в пределах 5-10 мкм [12].

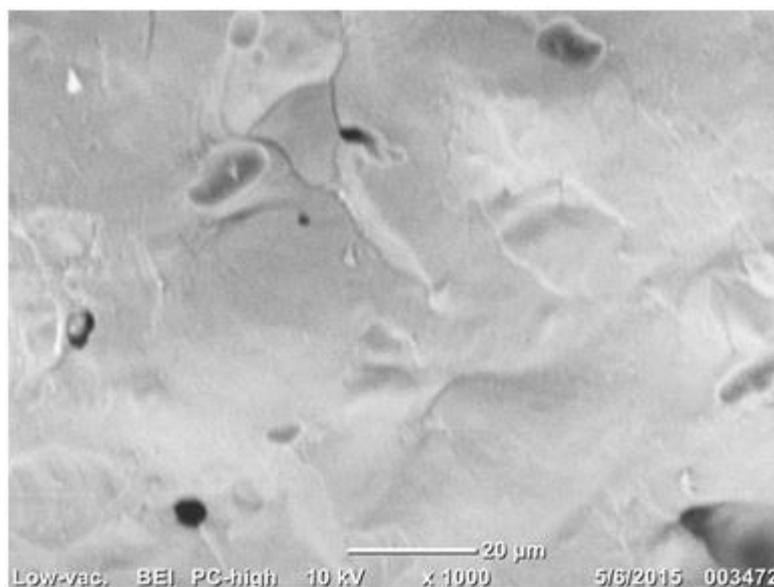


Рисунок 2.8 –Микрофотография излома фарфора при увеличении $\times 1000$

2.3.3 Нанопорошок вольфрама

В работе в качестве добавки использовался нанопорошок вольфрама, полученный электровзрывным способом в лаборатории №12 (ИФВТ, ТПУ).

Данные растровой электронной микроскопии нанопорошка вольфрама представлены на рисунке 2.9.

Из данных микроскопии видно, что нанопорошок вольфрама представлен пушистыми частицами с размерами в доли микрона, а также сферическими частицами размером 1-2 мкм. Частицы нанопорошка вольфрама соединены в достаточно крупные агрегаты. Размер агрегатов варьируется от 30 до 100 мкм [8].

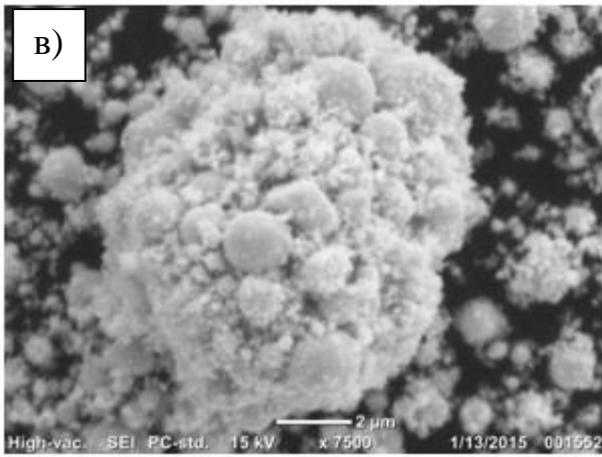
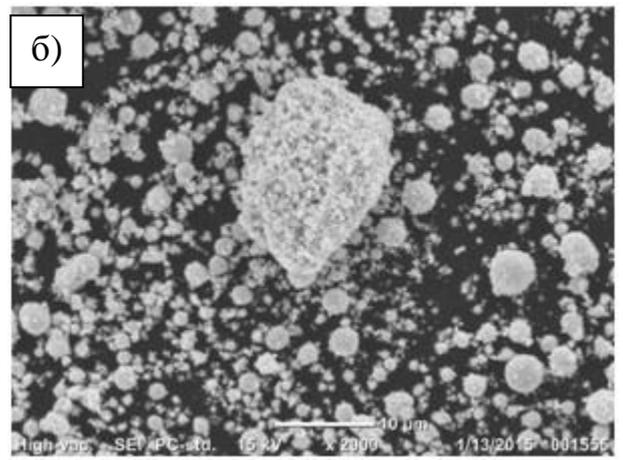
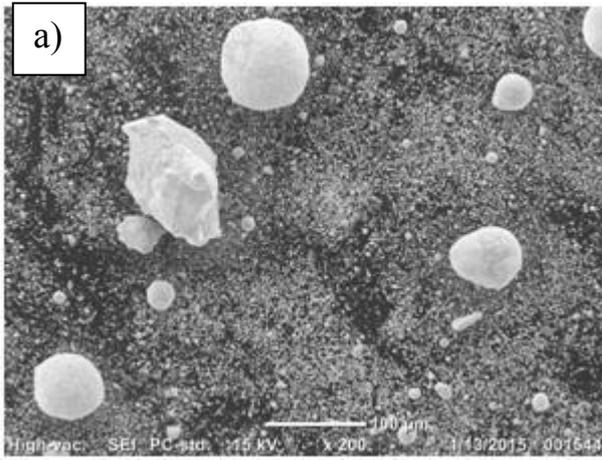


Рисунок 2.9 –Микрофотографиинанопорошка вольфрамаа) $\times 200$; б) $\times 2000$; в) $\times 7500$

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

| | |
|---------------|------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 4Г21 | Чуйкова Алексея Анатольевича |

| | | | |
|----------------------------|-------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 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 | Премиальный 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. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|---------------|----------------------------|----------------|-------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 4Г21 | Чуйков Алексей Анатольевич | | |

ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Анализ конкурентных технических решений

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

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

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | | Конкурентоспособность | | |
|---|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| | | Б _ф | Б _{к1} | Б _{к2} | К _ф | К _{к1} | К _{к2} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | | | |
| 1. Повышение производительности труда пользователя | 0,05 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей) | 0,05 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 |
| 3. Помехоустойчивость | 0,01 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| 4. Энергоэкономичность | 0,04 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 |
| 5. Надежность | 0,05 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| 6. Уровень шума | 0,05 | 5 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 7. Безопасность | 0,02 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 8. Потребность в ресурсах памяти | 0,02 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| 9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности) | 0,01 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 10. Простота эксплуатации | 0,04 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| 11. Качество интеллектуального интерфейса | 0,03 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| 12. Возможность подключения в сеть ЭВМ | 0,02 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| Экономические критерии оценки эффективности | | | | | | | |
| 1. Конкурентоспособность продукта | 0,03 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 2. Уровень проникновения на рынок | 0,02 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| 3. Цена | 0,05 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 4. Предполагаемый срок эксплуатации | 0,03 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5. Послепродажное обслуживание | 0,02 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 6. Финансирование научной разработки | 0,05 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 7. Срок выхода на рынок | 0,05 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 |
| 8. Наличие сертификации разработки | 0,05 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

| | | | | | | | |
|-------|---|----|----|----|----|----|----|
| Итого | 1 | 92 | 87 | 86 | 91 | 80 | 84 |
|-------|---|----|----|----|----|----|----|

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_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, |

| Основные этапы | №раб | Содержание работ | Должность исполнителя |
|--|------|---|------------------------|
| | 4 | Календарное планирование работ по теме | Руководитель, бакалавр |
| 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:

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

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

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

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

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

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

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

$t_{ожі}$ – 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:

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

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:

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

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

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

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

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

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

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

Таблица 4.3 - Временные показатели проведения научного

исследования

| № | Название работ | Трудоёмкость 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 | 0,5 2 | 0,5 2 | Р | 0,2 6 | 0,2 6 | 0,4 | 0,4 |
| | | 0,2 | 0,2 | 1 | 1 | 0,5 2 | 0,5 2 | Б | 0,2 6 | 0,2 6 | 0,4 | 0,4 |
| 2 | Выбор направления исследований | 0,5 | 0,5 | 2 | 2 | 1,1 | 1,1 | Р | 0,5 5 | 0,5 5 | 0,8 | 0,8 |
| | | 0,5 | 0,5 | 2 | 2 | 1,1 | 1,1 | Б | 0,5 5 | 0,5 5 | 0,8 | 0,8 |
| 3 | Подбор и изучение материалов | 5 | 5 | 11 | 11 | 7,4 | 7,4 | Р | 3,7 | 3,7 | 5,5 | 5,5 |
| | | 5 | 5 | 11 | 11 | 7,4 | 7,4 | Б | 3,7 | 3,7 | 5,5 | 5,5 |
| 4 | Календарное планирование работ по теме | 1 | 1 | 2 | 2 | 1,4 | 1,4 | Р | 0,7 | 0,7 | 1,0 | 1,0 |
| | | 1 | 1 | 2 | 2 | 1,4 | 1,4 | Б | 0,7 | 0,7 | 1,0 | 1,0 |
| 5 | Проведение теоретических расчетов и обоснований | 3 | 3 | 5 | 5 | 3,8 | 3,8 | Б | 1,9 | 1,9 | 2,8 | 2,8 |
| 6 | Проведение экспериментов | 6 | 6 | 8 | 8 | 6,8 | 6,8 | Б | 3,4 | 3,4 | 5,0 | 5,0 |
| 7 | Сопоставление результатов с 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 |
| 10 | Разработка технологии | 2 | 2 | 3 | 3 | 2,4 | 2,4 | Б | 1,2 | 1,2 | 1,8 | 1,8 |

| № | Название работ | Трудоёмкость 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 | | | | | |
| 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 |

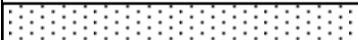
Р – руководитель; Б – бакалавр.

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 | Руководитель, бакалавр | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Выбор направления исследований | Руководитель, бакалавр | 0,8 | | | | | | | | | | | | |
| Подбор и изучение материалов | Руководитель, бакалавр | 5,5 | | | | | | | | | | | | |
| Календарное планирование работ | Руководитель, бакалавр | 1,0 | | | | | | | | | | | | |
| Проведение теоретических расчетов и обоснований | Руководитель, бакалавр | 2,8 | | | | | | | | | | | | |
| Проведение экспериментов | Бакалавр | 5,0 | | | | | | | | | | | | |
| Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями | Бакалавр | 3,8 | | | | | | | | | | | | |
| Оценка полученных результатов | Руководитель, бакалавр | 4,6 | | | | | | | | | | | | |

| Вид работы | Исполнители | T_{ki} , дней | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|-----------------|---------|---|------|---|---|--------|---|---|-----|---|--|--|
| | | | февраль | | март | | | апрель | | | май | | | |
| | | | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | | |
| Определение целесообразности проведения ВКР | Руководитель, бакалавр | 3,4 | | | | | | | | | | | | |
| Разработка технологии | Бакалавр | 1,8 | | | | | | | | | | | | |
| Приготовление опытных образцов | Руководитель, бакалавр | 14,5 | | | | | | | | | | | | |
| Испытания опытных образцов | Руководитель, бакалавр | 4,3 | | | | | | | | | | | | |
| Составление пояснительной записки | Бакалавр | 10,5 | | | | | | | | | | | | |

| Руководитель | Бакалавр |
|--|---|
|  |  |

4.2.4. Бюджет научно-технического исследования

4.2.4.1. Материальные затраты

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

Таблица 4.5 - Затраты на материалы

| Наименование | Единица измерения | Количество | Цена за ед., руб. | Затраты на материалы, Z_M , руб. |
|---------------------|-------------------|------------|-------------------|------------------------------------|
| Порошок вольфрама | кг | 1,5 | 7000 | 10500 |
| Изопропиловый спирт | л | 5,0 | 96 | 480 |
| Итого | | | | 10980 |

4.2.4.2. Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

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

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

Где C_n – первоначальная стоимость оборудования;

H_a – норма амортизации, %;

n – число проработанных месяцев;

k – количество месяцев в году.

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

Таблица 4.6 - Расчет амортизации оборудования

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

4.2.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы

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

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

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

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

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

$$Z_{осн} = Z_{он} \cdot T_p, \quad (4.8)$$

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

$Z_{он}$ – среднедневная заработная плата работника, руб;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{он} = \frac{Z_m \cdot M}{F_о}, \quad (4.9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_о$ – 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:

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

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 4.8.

Таблица 4.8 - 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 | 27411 | 0,3 | 0,2 | 1,3 | 53451 | 2264 | 32,5 | 73580 |
| Бакалавр | Лаборант | 0,3 | 10720 | 0,3 | 0,2 | 1,3 | 20904 | 454 | 62 | 28148 |
| Итого $Z_{осн}$ | | | | | | | | | | 101728 |

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 4.9.

Таблица 4.9 - Общая заработная плата исполнителей

| Исполнитель | $Z_{осн}$, руб. | $Z_{доп}$, руб. | $Z_{зп}$, руб. |
|--------------|------------------|------------------|-----------------|
| Руководитель | 73580 | 8830,0 | 82410 |
| Бакалавр | 28148 | 3377,0 | 31525 |

4.2.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается по следующей формуле:

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

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

Таблица 4.10 – Отчисления во внебюджетные фонды

| Исполнитель | Основная заработная плата, руб. | Дополнительная заработная плата, руб. |
|----------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| Руководитель проекта | 73580 | 8830,0 |

| | | |
|--|---------|--------|
| Бакалавр | 28148 | 3377,0 |
| Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды | 0,305 | |
| Итого: | 34751,0 | |

4.2.4.5. Накладные расходы

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

Величина накладных расходов определяется по формуле:

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

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

$$Z_{\text{накл}} = 222404 \cdot 0,16 = 35584,6 \text{ руб}$$

4.2.4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Таблица 4.11 - Расчет бюджета затрат НТИ

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

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается

$$\text{как: } I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.13)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

Интегральный показатель ресурсоэффективности рассчитывается как:

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

где I_{ri} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Таблица 4.12 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

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

Таблица 4.13- Сравнительная эффективность разработки

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

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

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

Задание для раздела «Социальная ответственность»

Студенту:

| | |
|---------------|------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 4Г21 | Чуйкову Алексею Анатольевичу |

| | | | |
|---------------------|-------------|---------------------------|--------------------------------|
| 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 вольфрамма. Область применения – электроника, электротехника, микроэлектроника. |
|---|--|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Доцент | Анищенко Юлия Владимировна | к.т.н | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|---------------|----------------------------|----------------|-------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 4Г21 | Чуйков Алексей Анатольевич | | |

ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

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

Объект исследования – паста на основе фольфрамового порошка.

Область применения включает электронику, электротехнику и микроэлектронику. Для осуществления экспериментальной части работы применялось следующее оборудование: шахтная печь, планетарная мельница, магнитная мешалка.

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[13]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для выбранных объектов исследования представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке состава металлизационной пасты для фарфора на основе вольфрама

| Источники факторов | Факторы по ГОСТ 12.0.003-74 | | Нормативные документы |
|---|--|--|---|
| | Вредные | Опасные | |
| 1. Металлизационная паста; 2. Этиловый спирт; 3. Шахтная печь; 4. Планетарная мельница; 5. Магнитная мешалка; | 1. Повышенная концентрация вредных веществ в воздухе; 2. Повышенная температура воздуха рабочей зоны; | 1. Токсическое воздействие на организм человека; 2. Электрический ток; 3. Движущиеся машины и механизмы; 4. Повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов. | 1. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [15]; 2. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования [17] безопасности 3. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробез- |

| Источники факторов | Факторы по ГОСТ 12.0.003-74 | | Нормативные документы |
|--------------------|-----------------------------|---------|---|
| | Вредные | Опасные | |
| | | | опасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [16]; 4. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности [18;] 5. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [19]. |

5.1.1. Анализ вредных факторов производственной среды

5.1.1.1. Недостаточная освещенность

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы. Создание благоприятных условий для работоспособности включает рациональное освещение, которое достигается совмещением искусственного и естественного освещения. Днем лаборатория освещается прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода. Для времени суток, когда недостаточно естественного света, предусмотрено искусственное освещение, создаваемое электрическими источниками - светильниками с люминесцентными лампами. Освещение нормируется СНиП 23.05-95 «Естественное и искусственное освещение» [17], по которому лаборатория по освещенности относится к IV разряду (работа со средней точностью), наименьший размер объекта различения свыше 0,5-1,0 мм, величина нормируемой освещенности равна 200 лк общего освещения. Размеры помещения 12x7.5x4 м, потолок в лаборатории имеет светлую окраску, стены и пол - темную. Способ размещения светильников в лаборатории - симметричный, это обеспечивает равномерное освещение оборудования и рабочих мест.

5.1.1.2. Повышенная температура воздуха рабочей зоны

Технология разработки состава маталлизационной пасты в данной работе включает обжиг фарфоровых подложек с нанесённой пастой в шахтных печах при температурах, превышающих 1000°C, что приводит к повышению температуры воздуха в помещении за счет выделения тепла печными установками.

Нормирование метеорологических условий рабочей зоны производственных помещений производят согласно ГОСТ 12.1.005-88 [15]. «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 – Ia | 18 – 20 | 23 | 17 |
| Теплый | Средней тяжести - IIa | 21 – 23 | 27 | 18 |

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

5.1.2. Анализ опасных факторов производственной среды

5.1.2.1 Токсическое воздействие на организм человека

В качестве растворителя при обработки образцов перед окислением в печи используется этиловый 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 . Этиловый спирт обладает наркотическим действием. Отравление возможно при вдыхании паров при превышении ПДК [20]. Серьёзное токсическое воздействие на здорового взрослого человека при попадании внутрь организма может быть достигнуто при дозах порядка 50 мл и более. Этанол при приеме внутрь метаболизируется в печени под действием алкоголь-дегидрогеназы в ацетон, что обуславливает его токсическое действие.

Чтобы предотвратить токсическое воздействие этанола 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 установленные в ГОСТ 12.1.038–82 [16]:

- 1) Соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей;
- 2) Ограждение токоведущих частей;

3) Применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств с целью предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;

4) Применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;

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

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

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

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

5.1.2.3. Движущиеся машины и механизмы

Источником опасного фактора является планетарная мельница со стальными барабанами. При работе на данном оборудовании необходимо быть предельно внимательным и аккуратным, так как существует возможность получения травм рук при внесении их в опасную зону.

Перед работой необходимо проверять исправность оборудования на холостом ходу. Не должно присутствовать посторонних звуков. Требования безопасности во время работы:

- Необходимо быть внимательным, не отвлекаться на посторонние дела и разговоры;
- Спецодежда должна быть полностью застегнута и убраны волосы;

5.1.2.4. Повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов.

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

Аппараты с повышенной температурой поверхности защищены специальными заградительными корпусами. При работе с таким оборудованием необходимо исключить их непосредственный контакт с кожными покровами, для этого используются специальные 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. В процессе проведения экспериментальной части работы материалы проходят механическую, химическую и тепловую обработку.

5.2.1. Защита селитебной зоны

Технология получения пасты является достаточно чистым производством, так как любое запыление может повлиять в дальнейшем на работу изделия. В связи с этим применения таких средств защиты селитебной зоны, как санитарно-защитная зона, не является необходимым. Особых требований защиты к зданию, технологическому процессу и оборудованию

также не предъявляется, кроме поддержания чистоты рабочего места и работы вентиляции для очистки воздуха от пыли.

5.2.2. Защита атмосферы

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

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

5.2.3. Защита гидросферы

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

5.2.4. Защита литосферы

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

5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

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

Основными и наиболее частыми причинами ЧС подобного рода являются:

- 1) Нарушение элементарных правил пожарной безопасности;
- 2) Неисправность электрооборудования, электросетей и нарушение электротехнических правил;
- 3) Самовозгорание, статическое электричество, грозовые разряды;

4) Неудовлетворительная постановка инструктажа, плохая дисциплина.

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

Установка не должна загрождать пути эвакуации в случае ЧС и закрывать собой предупредительные знаки и сигналы. Около каждой установки должен быть автомат аварийного отключения электроэнергии, а в электрической цепи присутствовать устройство защитного отключения. Так как при повреждении изоляции соединительных проводов возможно возгорание проводки, то рядом с оборудованием должен находиться исправный огнетушитель.

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

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

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

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

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

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бетатроны: монография / В.А. Москалев, В.Л. Чахлов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 267 с.
2. В.И. Ильин. Металлизация диэлектриков.Л, Изд-во Машиностроение, 1977. – 80 с.
3. Гаузнер С. И., Кивилис С. С., Осокина А. П., Павловский А. Н. Измерение массы, объема и плотности. М.: Изд-во Стандартов, 1972. –623 с.
4. Мора весы — статья из Большой советской энциклопедии.
5. Гидростатическое взвешивание. Определяем плотность образцов.
// Сайт Novo-massa.ru
6. Курзина И.А., Годымчук А.Ю., Качаев А.А. Рентгенофазовый анализ нанопорошков – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 14 с.
7. Гоулдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., Джой Д., Фиори Ч., Лифшин Ф. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: в двух книгах. Пер. с англ. — М.: Мир, 1984. 303 с.
8. Пат. 514797 СССР. М. Кл. С 04 В 41/14. Паста для металлизации керамики / Ю.В. Васильев, Л.В. Козловский. Заявлено 08.07.74; Оpubл. 25.05.76, Бюл. № 19
9. Пат. 1498743 СССР. С 04 В 41/88. Состав для металлизации муллитокорундовой керамики / Е.О. Смирнова, Н.Г. Березкина, Ф.Я. Харитонов и А.Г.Ведерак. Заявлено 25.12.87; Оpubл. 07.08.89, Бюл. № 29
10. Пат. 1789520 СССР. С 04 В 41/88. Состав для металлизации керамики / В.Ю. Зелинский, М.С. Жуков и О.Ю. Жукова. Заявлено 19.03.91; Оpubл. 23.01.93, Бюл. № 3
11. Пат. 597747 СССР. М. Кл. С 25 D 5/56. Способ металлизации диэлектрической подложки / В.В Свиридов, Г.А. Броницкий и В.Г Соколов. Заявлено 07.05.76, Бюл. № 10

12. Л.И Дворкин, О.Л.Дворкин. Справочник по строительному материаловедению. – М: Инфа-Инженерия, 2010.- 143-145 С.
13. ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1976. – 4 С.
14. ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – М.: МГС Стандартиформ, 2015. – 24 С.
15. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Стандартиформ, 1989. – 49 С.
16. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1983. – 7 С.
17. СНиП 23.05-95 «Естественное и искусственное освещение» Строительные нормы и правила, 1995. – 6 С.
18. ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 1992. – 11 С.
19. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. - М.: Информационно-издательский центр Минздрав России, 1997. – 20 С.
20. ГН 2.2.5.1313 – 03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – М.: Информационно-издательский центр Минздрав России, 2003. – 131 С.
21. Бартенев С. С, Федько Ю. П., Григоров А. И. Детонационные покрытия в машиностроении. Л., Машиностроение, 1982. - 216 С.
22. Ставницер И. И., Эичис А. П. Металлизация пластмасс термическим испарением в вакууме. Киев, Техника, 1970.- 250 С.
23. Вишняков Б. А., Осипов К. А. Электронно-лучевой метод получения тонких пленок из химических соединений. М., Наука, 1970. С. - 75-76.

