

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
к проведению практических занятий по дисциплине
«Материаловедение и химические технологии»**

Донецк
2021

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

КАФЕДРА «ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
к проведению практических занятий по дисциплине
«Материаловедение и химические технологии»**

для обучающихся по направлению подготовки
18.03.01 «Химическая технология»
всех форм обучения

РАССМОТРЕНО
на заседании кафедры
прикладной экологии и охраны
окружающей среды
Протокол № 6 от 21.01.2021 г.

УТВЕРЖДЕНО
на заседании учебно-издательского
совета ДОННТУ
Протокол № 2 от 24.02.2021 г.

Донецк
2021

УДК 620.22+66.01(076)
М54

Составители:

Прилипко Юлий Степанович – кандидат технических наук, профессор кафедры прикладная экология и охрана окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ»;

Беломеря Николай Иосифович – кандидат технических наук, профессор кафедры прикладная экология и охрана окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ».

М54 Методические рекомендации проведению практических занятий по дисциплине «Материаловедение и химические технологии»: для обучающихся по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» всех форм обучения/ ГОУВПО «ДОННТУ», каф. прикладной экологии и охраны окружающей среды; сост.: Ю.С. Прилипко, Н.И. Беломеря. – Донецк : ДОННТУ, 2021. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Загл. с титул. экрана.

Методические рекомендации для проведения практических занятий студентов разработаны с целью оказания помощи обучающимся в получении практических навыков по дисциплине «Материаловедение и химические технологии». Содержит задания для проведения практических занятий и решения практических задач по курсу.

УДК 620.22+66.01(076)

СОДЕРЖАНИЕ

Общие положения.....	5
1.1 Роль практических занятий в освоении дисциплины.....	5
1.2 Задачи, решаемые на практических занятиях.....	5
2. Рассмотрение структуры и содержания технологических регламентов.....	5
2.1 Расчет смеси исходных компонентов (шихты) при получении порошковых материалов методом твердофазного взаимодействия смеси оксидов и карбонатов.....	6
2.2 Расчет смеси исходных компонентов (шихты) при получении порошковых материалов методами растворной химии.....	9
3. Составление материального баланса различных производств функциональных материалов.....	10
3.1 Технологии растворной химии.....	10
3.2 Технология твердофазного взаимодействия смеси оксидов и карбонатов.....	16
3.3 Ежегодные нормы расхода сырья и материалов на единицу продукции.....	20
4. Контрольные вопросы.....	21
5. Рекомендуемая литература.....	22

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Роль практических занятий в освоении дисциплины

Современный инженер-технолог должен в совершенстве владеть способами направленного синтеза новых материалов, методами прогнозирования их свойств и проектирования технологии получения.

Цель практических занятий заключается в систематизации, углублении, закреплении теоретических знаний по курсу «Материаловедение и химические технологии» путем приобретения навыков составления технологических регламентов, расчетов: химических составов материалов заданных различными формулами, смесей исходных компонентов (шихт) при реализации принципиально различных технологий, материальных балансов каждой технологической стадии и ежегодных норм расходования сырьевых компонентов на единицу продукции. Без владения такими навыками невозможен направленный синтез новых материалов и их научно - обоснованное применение на практике.

1.2 Задачи, решаемые на практических занятиях

Основная задача – научить студентов нюансам создания технологических производств материалов различного функционального назначения путем изучения структуры и содержания технологических регламентов, аппаратурного оформления каждой стадии для успешной реализации физико-химических процессов.

2. РАССМОТРЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СОДЕРЖАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТОВ

Главным документом любого производства является технологический регламент – маршрутная карта конкретного производства. Типичное содержание регламента по производству порошковых материалов следующее:

I. Общая характеристика производства

Приводится полное наименование производства и его мощность, метод производства, организации - разработчик, генеральный проектировщик.

II. Характеристика производимой продукции.

Техническое наименование продукта, требования ТУ или ГОСТа, внешний вид, структура, пожароопасность, химическая формула, область применения, правовая защита.

III. Характеристика исходного сырья, материалов и полупродуктов

Приводятся данные, характеризующие сырье, материалы и полупродукты в виде таблицы, где дается наименование сырья, ГОСТ или ТУ на него; показатели, обязательные для проверки, регламентируемые показатели.

IV. Описание технологического процесса

Рассматривается сущность технологического процесса в виде подробного описания каждой стадии с указанием технологических параметров.

V. Материальный баланс

Постадийно, в виде таблиц, приводится баланс (расход – приход) каждой технологической операции.

VI. Ежегодные нормы расхода сырья и материалов на единицу продукции

Рассчитываются на основании данных материального баланса с учетом технологических потерь.

VII. Ежегодные нормы образования отходов производства

Приводятся в виде таблицы с указанием мероприятий по их утилизации

VIII. Нормы технологического режима

Приводятся в виде таблицы с указанием каждой технологической операции и параметров технологического процесса (продолжительность, температура, давление, количество загружаемых компонентов и прочие показатели).

IX. Контроль производства и управление технологическим процессом

X. Возможные неполадки, причины и способы их устранения

XI. Охрана окружающей среды

XII. Основные правила безопасной эксплуатации производства

XIII. Перечень обязательных инструкций

XIV. Чертеж технологической схемы производства

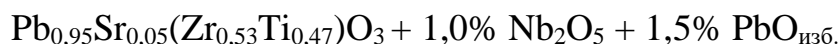
XV. Спецификация основного технологического оборудования

2.1 Расчет смеси исходных компонентов (шихты) при получении порошковых материалов методом твердофазного взаимодействия смеси оксидов и карбонатов

Пример 1.

Шихта для изготовления пьезокерамического материала составляется из сырьевых компонентов в соотношении, которое определяется пересчетом молярных в массовые проценты с учетом содержания основного вещества в каждом компоненте.

Для примера проведем расчет шихты материала ЦТС – 19, имеющего следующий стехиометрический состав:



Расчет исходных компонентов производится в молярных количествах на 1

моль готового продукта по формуле:

$$N_i = M_i \cdot X_i,$$

где N_i - содержание i -го сырьевого компонента в 1 моле продукта; M_i – молекулярная масса i – го компонента; X_i - содержание i – го компонента в стехиометрическом составе продукта в молярных долях.

Таким образом, молярные количества каждого компонента в числовом выражении для состава ЦТС – 19 будут следующими:

$$N_{\text{PbO}} = 223,20 \cdot 0,95 = 212,04,$$

$$N_{\text{SrO}} = 103,62 \cdot 0,05 = 5,181,$$

$$N_{\text{ZrO}_2} = 123,22 \cdot 0,53 = 65,3066,$$

$$N_{\text{TiO}_2} = 79,90 \cdot 0,47 = 37,553.$$

Сумма молярных количеств:

$$N_{\text{общ.}} = \sum N_i = 320,0806.$$

Избытки оксидов ниобия и свинца рассчитывают, исходя из стехиометрического состава:

$$N_{\text{Nb}_2\text{O}_5} = 1,0\% \text{ от } 320,0806 = 3,2008,$$

$$N_{\text{PbO}_{\text{изб.}}} = 1,5\% \text{ от } (N_{\text{общ.}} + 3,2008) = 0,015 \cdot 323,2814 = 4,8492.$$

Общее количество оксида свинца:

$$N_{\text{PbO}_{\text{общ.}}} = 212,04 + 4,8492 = 216,8892.$$

Сумма молярных количеств с учетом $N_{\text{PbO}_{\text{общ.}}}$ и $N_{\text{Nb}_2\text{O}_5}$ составит 328,1306.

Пересчет молярных количеств в массовые проценты производится из соотношения:

$$\% \text{ содержание компонента} = N_i / N_{\text{общ.}} \cdot 100\%,$$

Расчетные количества исходных компонентов в материале ЦТС – 19 составят:

$$\text{PbO} = \frac{216,8892}{328,1306} \cdot 100\% = 66,10\%$$

$$\text{SrO} = \frac{5,181}{328,1306} \cdot 100\% = 1,58\%$$

$$\text{ZrO}_2 = \frac{65,3}{328,1306} \cdot 100\% = 19,90\%$$

$$\text{TiO}_2 = \frac{37,553}{328,1306} \cdot 100\% = 11,44\%$$

$$\text{Nb}_2\text{O}_5 = \frac{3,2008}{328,1306} \cdot 100\% = \underline{0,98\%}$$

$$\Sigma 100,00\%$$

Расчет навесок исходных компонентов (в кг) для получения X кг материала, кг.

$$P_{\text{н}} = \frac{\% \text{-ное содержание компонента} \cdot X \text{ (кг)}}{\% \text{-ное содержание основного вещества}}$$

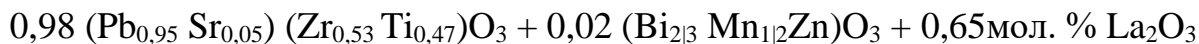
где $P_{\text{н}}$ - масса навески исходного компонента для получения X кг материала, кг.

Все компоненты взвешиваются в количествах согласно произведенному расчету и сыплются в усреднитель.

Составление шихты – важнейшая операция в технологии керамики. Если расчет шихты и взвешивание выполнены грубо, то проведение последующих операций, с какой бы то ни было повышенной точностью окажется бесполезным.

Пример 2.

Аналогично проводятся расчеты шихты более сложных систем твердофазных растворов. Ниже приводится расчет состава сегнетожесткого пьезокерамического материала ЦТСС_Т – 3, нашедшего широкое применение в ультразвуковых преобразователях.



Расчет молярных количеств каждого компонента	%-ный состав
1	2
$\text{PbO} = 0,98 \cdot 0,95 \cdot 223,2 = 207,7992$	64,6543
$\text{SrO} = 0,98 \cdot 0,05 \cdot 103,62 = 5,0774$	1,5797
$\text{ZrO}_2 = 0,98 \cdot 0,53 \cdot 123,22 = 64,0005$	19,9130
$\text{TiO}_2 = 0,98 \cdot 0,47 \cdot 79,9 = 36,8019$	11,4504
$\text{B}_2\text{O}_3 = 0,02 \cdot 465,96 \cdot 2/3 \cdot 1/2 = 3,1064$	0,9665
$\text{MnO}_2 = 0,02 \cdot 86,938 \cdot 1/2 = 0,8694$	0,2705
$\text{ZnO} = 0,02 \cdot 81,38 \cdot = 1,6276$	0,5064
$\text{La}_2\text{O}_3 = 0,65 \cdot 325,82 / 100 = 2,1178$	0,6589
$\Sigma \quad 321,4002$	100,00

Расчет навесок компонентов производится аналогично первому примеру только для большего количества компонентов.

Каждая новая партия диоксида циркония или диоксида титана, поступившего в производство, подлежит проверке путем изготовления 3 пробных партий материала с молярными соотношениями между ZrO_2 и TiO_2 , сдвинутыми против расчетного на 0,5 мол. %. Необходимость изготовления «пробников» вызвана тем, что при анализе диоксида циркония и диоксида титана возможны ошибки в

определении основного вещества. Кроме того, электрофизические свойства материалов ЦТС очень чувствительны к молярному соотношению ZrO_2 / TiO_2 , т.е. зависят от положения состава в морфотропной области. На пробных партиях проверяются электрофизические параметры материала. Сырье может быть применено в производстве только после получения положительных результатов хотя бы на одной из пробных партий.

2.2 Расчет смеси исходных компонентов (шихты) при получении порошковых материалов методами растворной химии

Технологии получения порошковых материалов методами растворной химии основаны на том, что исходную смесь (шихту) для термообработки приготавливают путем выделения соединений из растворов за счет различных химических реакций, мгновенном испарении воды при распылении легкоразлагающихся солей в токе горячего воздуха, замораживании при температуре от -40 до -90 °С растворов и т. д.

В частности, метод совместного осаждения основан на взаимодействии щелочных агентов с водными растворами солей, содержащих катионы разных металлов в том соотношении, которое необходимо получить в готовом материале. В качестве осадителей применяют растворы щелочей соды, гидроксида аммония и его смесей с карбонатом аммония и др. Условия осаждения подбирают так, чтобы гарантировалось количественное выделение соединений металлов из водных растворов. Образовавшиеся при этом труднорастворимые соединения отделяют от маточника и подвергают термообработке.

Зачастую состав материалов задают процентным содержанием оксидов элементов, образующих твердый раствор. В этом случае порядок проведения расчетов процесса осаждения компонентов будет следующим.

Пример 3.

Порошковый материал титанат- цирконат-олова-лантана имеет следующий химический состав:

$$ZrO_2 = 45 \%, TiO_2 = 35 \%, SnO_2 = 18 \%, La_2O_3 = 2\%$$

Для приготовления смеси исходных растворов необходимо произвести пересчет процентного содержания каждого компонента в молярное по формуле:

$$m_i = \%_i : M_i,$$

где m_i - количество молей i – го компонента;

$\%_i$ - процентное содержание i – го компонента;

M_i – молекулярная масса i – го компонента.

В данном случае численные значения молей указанных компонентов будут следующими:

$$\begin{aligned} m_{ZrO_2} &= 45 : 123,22 &= 0,3652 \\ m_{TiO_2} &= 35 : 79,90 &= 0,4380 \\ m_{SnO_2} &= 18 : 150,71 &= 0,1194 \\ m_{La_2O_3} &= (2 : 325,811) \cdot 2 &= 0,0123 \\ \Sigma m &= 0,9349 \end{aligned}$$

Расчет объемов растворов исходных компонентов (в л) для приготовления смеси при изготовлении X кг материала проводится следующим образом:

$$V_i = \frac{\text{количество молей } i\text{-го компонента } (m_i) \cdot X \text{ (кг)}}{\text{концентрация } i\text{-го раствора (моль/л)}} .$$

При осаждении указанного материала используют растворы следующих солей: $ZrOCl_2$, $TiCl_4$, $SnCl_4$, $La(NO_3)_3$.

Количество осадителя (раствора гидроксида аммония) рассчитывают по формуле:

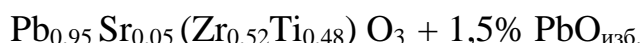
$$V_{\text{осад.}} = \frac{\Sigma m \cdot 4,5 \cdot X \text{ (кг)}}{\text{концентрация осадителя (мол./л)}} ,$$

где 4,5- избыточный коэффициент осадителя

В случае задания состава в виде формулы технологические расчеты стадии совместного осаждения будут нижеследующими.

Пример 4.

Состав пьезокерамического материала ЦТС–23-1 выражается следующей формулой:



Расчет совмещает примеры расчетов 1,3 и для компактности сведен в таблицу.

Расчет молярных количеств компонентов	%-ное содерж.	Кол-во молей
$PbO=223,2 \cdot 0,95= 212,04+4,7947=216,8347$	66,830	0,2994
$SrO=103,62 \cdot 0,05= 5,1810$	1,597	0,0154
$ZrO_2=123,22 \cdot 0,52=64,0744$	19,753	0,1602
$TiO_2= 79,9 \cdot 0,47=38,3520$	11,820	0,1479
$\Sigma 319,6474$		
$+1,5\% PbO_{\text{изб.}} \quad 4,7947$		
$\Sigma 324,4421$	100,000	0,6229

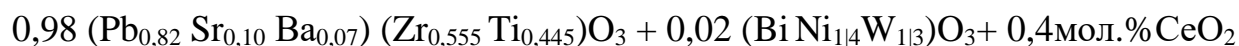
Расчет количеств сливаемых растворов и осадителя аналогичен примеру 3.

3. СОСТАВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

3.1 Технологии растворной химии

Составление материального баланса проведен на примере технологического процесса производства сегнетомягкого материала ЦТС₁БС-1 полукерамическим методом . Сущность технологии заключается в следующем. Растворы нитратов свинца и модифицирующих добавок бария, стронция, висмута, церия осаждают на

суспендированную в растворе карбоната аммония твердую фазу, состоящую из диоксидов циркония, титана и оксида никеля. В результате взаимодействия нитратных солей с карбонатом аммония образуется смесь карбонатов и оксидов металлов. Полученная суспензия фильтруется на нутч-фильтре, сушится и прокаливается при температуре 880-900 °С в течение 4-х часов. Синтезированный твердый раствор подвергается дроблению, тонкому измельчению, усреднению и анализу. Порошковый материал имеет следующую формулу, также процентный и мольный состав.



Расчет молярных количеств компонентов	%-ный состав	Кол-во мол.
$\text{PbO} = 0,98 \cdot 0,82 \cdot 223,20 = 179,3635$	58,0073	0,259
$\text{SrO} = 0,98 \cdot 0,10 \cdot 103,62 = 10,1548$	3,2841	0,031
$\text{BaO} = 0,98 \cdot 0,07 \cdot 153,34 = 10,5191$	3,4019	0,022
$\text{ZrO}_2 = 0,98 \cdot 0,555 \cdot 123,22 = 67,0194$	21,6745	
$\text{TiO}_2 = 0,98 \cdot 0,445 \cdot 79,9 = 34,8444$	11,2689	
$\text{B}_2\text{O}_3 = 0,02 \cdot 465,96/2 = 4,6596$	1,5069	0,003
$\text{Ni}_2\text{O}_3 = 0,02 \cdot 165,42/2 \cdot 4 = 0,4136$	0,1338	
$\text{WO}_3 = 0,02 \cdot 231,85/3 = 1,5457$	0,4999	0,002
$\text{CeO}_2 = 0,65 \cdot 325,82 / 100 = 0,6885$	0,2227	
Σ 309,2085	100,00	Σ 0,317

Расчеты навесок оксидов и количеств растворов и осадителя рассмотрены в примерах 1-4.

Материальный баланс на 1 т готового продукта

1. Растворение нитрата свинца

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
1. Соль нитрата свинца, в т.ч.:	987,8	1.Раствор нитрата свинца, в т. ч.	3614
а) нитрат свинца	978	а) нитрат свинца	959
б) примеси	9,8	б) вода дистиллированная	2655
2. Вода дистиллированная	2708	2. Потери, в т. ч.:	81,8
		а) примеси	9,8
		б) мех. потери нитрата свинца	19
		в) вода	53
Итого:	3695,8	Итого:	3695,8

2. Растворение нитрата бария

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
1. Соль нитрата бария, в т.ч.	66,4	1. Раствор нитрата бария, в т. ч.	709,5
а) нитрат бария	65,8	а) нитрат бария	64,5
б) примеси	0,6	б) вода дистиллированная	645
2. Вода дистиллированная	65,8	2. Потери, в т. ч.:	14,9
		а) примеси	0,6
		б) мех. потери нитрата бария	1,3
		в) вода	13
Итого:	724,4	Итого:	724,4

3. Растворение нитрата стронция

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
1. Соль нитрата стронция, в т.ч.	75,5	1. Раствор нитрата стронция, в т. ч.	367,5
а) нитрат стронция	75	а) нитрат стронция	73,5
б) примеси	0,5	б) вода дистиллированная	294
2. Вода дистиллированная	300	2. Потери, в т. ч.:	8,0
		а) примеси	0,5
		б) мех. потери нитрата стронция	1,5
		в) вода	6,0
Итого:	375,5	Итого:	375,5

4. Растворение нитрата висмута

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
1. Соль нитрата висмута, в т.ч.	33,4	1. Раствор нитрата висмута, в т. ч.	160
а) нитрат висмута	32,6	а) нитрат висмута	32
б) примеси	0,8	б) вода дистиллированная	115
2. Вода дистиллированная	117,3	в) азотная кислота	13
3. Азотная кислота	13,2	2. Потери, в т. ч.:	3,9
		а) примеси	0,8
		б) мех. потери нитрата висмута	0,6
		в) вода	2,3
		г) кислота	0,2
Итого:	163,9	Итого:	163,9

5. Растворение аммония паравольфрамОВОкислого

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
1. Соль аммония паравольфрамОВОкислого, в т.ч.	10,8	1.Раствор аммония паравольфрамОВОкислого, в т. ч.:	435
а)аммоний паравольфрамОВОкислый	10,8	а)аммонийпаравольфрамОВОкислый	10,6
2. Вода дистиллированная	389,6	б) вода дистиллированная	382
3. Аммиак, 25% раствор	43,2	в) аммиак	42,4
		2. Потери, в т. ч.:	8,6
		б) механические потери аммония паравольфрамОВОкислого	0,2
		в) вода	7,6
		г) аммиак	0,8
Итого:	443,6	Итого:	443,6

6. Растворение нитрата церия

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
1. Соль нитрата церия, в т.ч.	4,6	1.Раствор нитрата церия, в т. ч.	66,0
2. Вода дистиллированная	65,4	а) нитрат церия	4,5
		б) вода дистиллированная	61,5
		2. Потери, в т. ч.:	4,0
		а) мех. потери нитрата церия	0,1
		б) вода	3,9
Итого:	70,0	Итого:	70,0

7. Растворение карбоната аммония

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
1. Карбонат аммония	762,5	1.Раствор карбоната аммония, в т.ч.	3678,5
2. Аммиак, 25% раствор	305,0	а) карбонат аммония	747,5
3. Вода дистиллированная	2682,0	б) вода дистиллированная	2931,0
		2. Потери, в т. ч.:	71,0
		а) мех. потери карбоната аммония	15,0
		б) вода	56,0
Итого:	3749,5	Итого:	3749,5

8. Подготовка сырьевых компонентов

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
1. Соли, оксиды, в т. ч. :	2257,5	1. Соли, оксиды, в т. ч. :	2213,0
а) нитрат свинца	959,0	а) нитрат свинца	940,0
б) нитрат бария	64,5	б) нитрат бария	63,0
в) нитрат стронция	73,5	в) нитрат стронция	72,0
г) добавки	49,0	г) добавки	48,0
д) диоксид циркония	236,5	д) диоксид циркония	232,0
е) диоксид титана	127,5	е) диоксид титана	125,0
ж) карбонат аммония	747,5	ж) карбонат аммония	733,0
2. Вода дистиллированная	7180,3	2. Вода дистиллированная	7040,0
		3. Потери, в т. ч.	184,8
		а) нитрат свинца	19,0
		б) нитрат бария	1,5
		в) нитрат стронция	1,5
		г) добавки	1,0
		д) диоксид циркония	4,5
		е) диоксид титана	2,5
		ж) карбонат аммония	14,5
		з) вода дистиллированная	140,3
Итого:	9437,8	Итого:	9437,8

9. Совместное осаждение

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
1. Соли, оксиды, в т. ч. :	2213,0	1. Суспензия, в т. ч. :	9072,0
а) нитрат свинца	940,0	а) оксиды и карбонаты	1255,0
б) нитрат бария	63,0	б) нитрат аммония	296,0
в) нитрат стронция	72,0	в) вода	7521,0
г) добавки	48,0	2. Потери, в т. ч.	
д) диоксид циркония	232,0	а) карбонат свинца	14,6
е) диоксид титана	125,0	б) карбонат бария	0,8
ж) карбонат аммония	733,0	в) карбонат стронция	0,8
2. Вода дистиллированная	7040,0	г) добавки	0,6
		д) диоксид циркония	5,4
		е) диоксид титана	2,8
		ж) нитрат аммония	6,0
		з) вода	150,0
Итого:	9253,0	Итого:	9253,0

10. Фильтрация

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
1. Суспензия, в т. ч. :	9072,0	1. Влажный осадок (паста), в т. ч.:	1885,0
а) оксиды и карбонаты	1255,0	а) оксиды и карбонаты	1230,0
б) нитрат аммония	296,0	б) нитрат аммония	20,0
в) вода	7521,0	в) вода	635,0
		2. Маточный раствор, в т. ч.:	7007,0
		а) нитрат аммония	270,0
		в) вода	6737,0
		2. Потери, в т. ч.	180,0
		а) оксиды и карбонаты	25,0
		б) нитрат аммония	6,0
		в) вода	149,0
Итого:	9072,0	Итого:	9072,0

11. Сушка материала

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
1. Паста, в т. ч. :	1885,0	1. Высушенный материал, в т. ч.:	1305,0
а) сухой остаток с нитратом аммония	1250,0	а) сухой остаток с нитратом аммония	1240,0
б) влага	635,0	б) влага	65,0
		2. Водяной пар	560,0
		3. Потери, в т. ч.	20,0
		а) сухой материал	10,0
		в) влага	10,0
Итого:	1885,0	Итого:	1885,0

12. Синтез твердых растворов

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
1	2	3	4
1. Высушенный материал, в т. ч.:	1305,0	1. Прокаленный материал, в т. ч.:	1060,0
а) сухой остаток с нитратом аммония	1240,0	2. Водяной пар	55,0
б) влага	65,0	3. Продукты разложения, в т. ч. :	170,0
		а) углекислота	150,0
		б) оксиды азота, вода	20,0
		4. Потери, в т. ч. :	20,0
		а) синтезированный материал	10,0
		б) влага	10,0
Итого:	1305,0	Итого:	1305,0

13. Вибропомол материала

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
1. Синтезированный материал	1060	1. Измельченный материал	1040
		2. Потери	20
Итого:	1060	Итого:	1060

14. Магнитная сепарация

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
1. Измельченный материал	1040	1. Отсепарированный материал	1020
		2. Потери	20
Итого:	1040	Итого:	1040

15. Усреднение и расфасовка материала

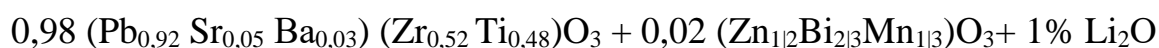
Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
1. Отсепарированный материал	1020	1. Расфасованный материал	1000
		2. Потери	20
Итого:	1020	Итого:	1020

3.2. Технология твердофазного взаимодействия смеси оксидов и карбонатов

Составление материального баланса будет проведено на примере получения твердого раствора ЦТС_тБС-6.

Метод производства основан на приготовлении смеси карбонатов свинца, стронция, бария и оксидов циркония, титана, висмута, марганца, лития в заданном соотношении с последующим ее усреднением и диспергированием, высокотемпературным синтезом, дроблением и виброизмельчением твердого раствора, магнитной сепарацией и усреднением материала.

Указанный порошковый материал имеет следующую формулу и расчетный состав



Расчет молярных количеств компонентов	%-ный состав
$\text{PbO} = 0,98 \cdot 0,92 \cdot 223,20 = 201,2371$	63,68
$\text{SrO} = 0,98 \cdot 0,10 \cdot 103,62 = 5,0774$	1,61
$\text{BaO} = 0,98 \cdot 0,07 \cdot 153,34 = 4,5082$	1,43
$\text{ZrO}_2 = 0,98 \cdot 0,555 \cdot 123,22 = 62,7929$	19,87
$\text{TiO}_2 = 0,98 \cdot 0,445 \cdot 79,9 = 37,5850$	11,89
$\text{ZnO} = 0,02 \cdot 81,38/2 = 0,8138$	0,26
$\text{B}_2\text{O}_3 = 0,02 \cdot 465,96 \cdot 2/3 \cdot 2 = 4,6596$	0,98
$\text{MnO}_2 = 0,02 \cdot 86,94/3 = 0,5796$	0,18
$\text{Li}_2\text{O} = 29,88 / 100 = 0,2988$	0,10
$\Sigma 315,9992$	$\Sigma 100,00$

Расчет навесок исходных компонентов для составления шихты производится аналогично примеру 1.

Материальный баланс на 100 кг готового продукта

1. Сушка и просев сырья

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
1. Карбонат свинца	88,58	1. Карбонат свинца (сухой)	87,58
		потери	1,0
Итого:	88,58	Итого:	88,58
2. Карбонат стронция	2,80	2. Карбонат стронция (сухой)	2,70
		потери	0,10
Итого:	2,80	Итого:	2,80
3. Карбонат бария	2,29	3. Карбонат бария	2,19
		потери	0,10
Итого:	2,29	Итого:	2,29

1. Усреднение сырьевых компонентов

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кгП
1. Карбонат свинца (сухой)	87,58	1. Карбонат свинца (усредненный)	86,58
		потери	1,0
Итого:	87,58	Итого:	87,58
2. Карбонат стронция (сухой)	2,70	2. Карбонат стронция (усредненн.)	2,60
		потери	0,10
Итого:	2,70	Итого:	2,70
3. Карбонат бария (сухой)	2,19	3. Карбонат бария (усредненный)	2,09
		потери	0,10
Итого:	2,19	Итого:	2,19
4. Диоксид циркония	23,06	4. Диоксид циркония (усредненн.)	22,56
		потери	0,50
Итого:	23,06	Итого:	23,06
5. Диоксид титана	14,00	5. Диоксид титана (усредненный)	13,50
		потери	0,50
Итого:	14,00	Итого:	14,00

2. Взвешивание сырьевых компонентов и усреднение шихты

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
1	2	3	4
Сырьевые компоненты шихты:	129,22	Усредненная шихта	128,72
карбонат свинца	86,58	потери	0,50
карбонат стронция	2,60		
карбонат бария	2,09		
диоксид циркония	22,56		

Продолжение табл. 3

1	2	3	4
диоксид титана	13,50		
оксид цинка	0,30		
оксид висмута	1,11		
диоксид марганца	0,21		
карбонат лития	0,27		
Итого:	129,22	Итого:	129,22

4. Вибропомол шихты

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
Усредненная шихта	128,72	Измельченная шихта	126,72
		потери	2,00
Итого:	128,72	Итого:	128,72

5. Магнитная сепарация шихты

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
Измельченная шихта	126,72	Отсепарированная шихта	123,72
		потери	3,00
Итого:	126,72	Итого:	126,72

6. Усреднение измельченной шихты

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
Отсепарированная шихта	123,72	Отсепарированная шихта	123,22
		потери	0,50
Итого:	123,72	Итого:	123,72

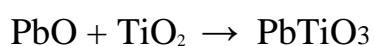
7. Высокотемпературный синтез

Высокотемпературный синтез осуществляется в туннельной печи с карбидокремниевыми нагревателями. В процессе синтеза происходит ряд химических превращений, которые учитываются при составлении материального баланса.

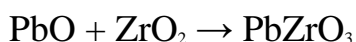
До 500 °С происходит термическое разложение карбонатов, содержащихся в шихте по схеме:



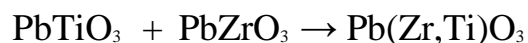
При более высоких температурах оксиды свинца и титана начинают взаимодействовать с образованием титаната свинца:



Оксид циркония вступает в реакцию с оксидом свинца при температуре выше 680 °С с образованием цирконата свинца:



По мере повышения температуры (850 – 900 °С) и длительности обжига (2-4 ч.) образуется цирконат-титанат свинца:



Оксиды стронция, бария взаимодействуют с основными компонентами, занимая место свинца в кристаллической решетке перовскита, а модификаторы – в междоузлиях.

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
Отсепарированная шихта	123,22	Синтезированный материал	106,50
		Потери в т. ч.:	16,72
		летучие	14,72
Итого:	123,22	Итого:	123,22

8. Дробление и измельчение синтезированного твердого раствора

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
Синтезированный материал	106,50	Измельченный материал	103,50
		потери	3,00
Итого:	106,50	Итого:	106,50

9. Магнитная сепарация

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
Измельченный материал	103,50	Отсепарированный материал	101,50
		потери	2,00
Итого:	103,50	Итого:	103,50

10. Усреднение материала

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
Отсепарированный материал	101,50	Усредненный материал	101,00
		потери	0,50
Итого:	101,50	Итого:	101,50

11. Контроль качества материала

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
Усредненный материал	101,00	Расфасованный материал	100,00
		потери	1,00
Итого:	101,00	Итого:	101,00

При защите квалификационных работ бакалавра и магистра приводить постадийный материальный баланс не целесообразно ввиду большого объема. В этом случае обычно приводят сводную таблицу, из которой более наглядно видно технологические издержки при выполнении отдельных технологических операций.

Сводная таблица материального баланса производства материала ЦТС_тБС-6 на 100кг продукции

Приход		Расход	
Наименование	кг	Наименование	кг
Сырьевые компоненты:		1. Расфасованный материал	100,00
карбонат свинца	88,58	Потери сырья, в т. ч.:	
карбонат стронция	2,80	карбонат свинца	2,00
карбонат бария	2,29	карбонат стронция	0,20
диоксид циркония	23,06	карбонат бария	0,20
диоксид титана	14,00	диоксид циркония	0,50
оксид цинка	0,30	диоксид титана	0,50
оксид висмута	1,11	Потери шихты	0,50
диоксид марганца	0,21	Потери шихты при помоле	2,00
карбонат лития	0,27	Потери шихты при сепарации	3,00
		Потери шихты при усреднен.	0,50
		Потери при синтезе в	16,72
		в т.ч. летучих	14,72
		Потери при дроблении и помоле	3,00
		Потери при сепарации материала	2,00
		Потери при усреднении и фасовке	1,50
		Σ потерь	32,62
Итого:	132,62	Итого:	132,62

Анализ сводного баланса позволяет выявить узкие места технологии и принять решения по оптимизации технологии.

3.3 Ежегодные нормы расхода сырья и материалов на единицу продукции

На основании составленного материального баланса рассчитываются ежегодные нормы расхода сырья, а также вспомогательных материалов исходя из практических потребностей и сводятся в таблицу.

Таблица. Ежегодные нормы расхода сырья и материалов на единицу продукции

№/№ п/п	Наименование сырья, материалов и энергоресурсов	ГОСТ, ТУ, отраслевой стандарт и т. д.	Ед. Измер.	Нормы

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем принципиальное различие получения материалов по методам растворной химии и по методу твердофазного взаимодействия механически приготовленной смеси?
2. Охарактеризуйте достоинства и недостатки указанных методов.
3. Перечислите методы растворной химии и в чем их принципиальное различие?
4. Какие требования предъявляются к сырьевым компонентам при получении порошковых материалов по керамической технологии?
5. Роль дисперсности исходной шихты в формировании свойств функциональных материалов и ее влияние на технологические параметры.
6. Перечислите факторы, влияющие на условия получения твердых растворов.
7. В чем отличие между функциональными и конструкционными материалами? Приведите примеры.
8. Чем характеризуется полнота синтеза твердых растворов и ее роль при изготовлении изделий?
9. Какие методы диспергирования твердых растворов Вам известны и в чем их отличия?
10. Какова роль аппаратного оформления при проведении технологических процессов?
11. Охарактеризуйте взаимосвязь между условиями получения порошковых материалов и компактных изделий.
12. Перечислите методы оформления полуфабрикатов.
13. В чем своеобразие и особенности морфотропной области фазового перехода?
14. Перечислите основные технологические стадии керамической технологии.
15. Требования к печному оборудованию для спекания изделий.
16. Влияние кислородной атмосферы на качество одноосноспрессованной керамики.

5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ткаченко А.В. Материаловедение и технология : учебное пособие по направлению подготовки 54.03.02 «Декоративно-прикладное искусство и народные промыслы», профиль «Художественная керамика»; квалификация (степень) выпускника «бакалавр» / Ткаченко А.В., Ткаченко Л.А.. — Кемерово : Кемеровский государственный институт культуры, 2021. — 142 с. — ISBN 978-5-8154-0606-3. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/121319.html>

2. Романова К.А. Квантово-химическое моделирование лантаноидсодержащих координационных соединений : учебное пособие / Романова К.А., Галяметдинов Ю.Г.. — Казань : Издательство КНИТУ, 2020. — 88 с. — ISBN 978-5-7882-2964-5. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/120991.html>

3. Материаловедение. Технология конструкционных материалов : учебник / А.А. Воробьев [и др.].. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 541 с. — ISBN 978-5-4497-0590-7. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/96273.html>

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
к проведению практических занятий по дисциплине
«Материаловедение и химические технологии»

Составители:

Прилипко Юлий Степанович – кандидат технических наук, профессор кафедры прикладная экология и охрана окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ»;

Беломеря Николай Иосифович – кандидат технических наук, профессор кафедры прикладная экология и охрана окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ».

Ответственный за выпуск:

Шаповалов Валерий Васильевич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная экология и охрана окружающей среды» ГОУВПО «ДОННТУ».