

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»  
Институт новых материалов и технологий

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по науке  
А.В. Германенко  
2022 г.





**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов**

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Программа аспирантуры Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов	Код ПА 2.6.14.
Группа специальностей Химические технологии, науки о материалах, металлургия	Код 2.6.
Федеральные государственные требования (ФГТ)	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 г. № 951
Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)	Приказ «О введении в действие «Требований к разработке и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре УрФУ» от 31.03.2022 №315/03

Екатеринбург  
2022 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение	Подпись
1	Капустин Федор Леонидович	Д.т.н., профессор	Заведующий кафедрой	Кафедра материаловедения в строительстве	
2	Кашеев Иван Дмитриевич	Д.т.н., профессор	Профессор	Кафедра химической технологии керамики и огнеупоров	

**Рекомендовано учебно-методическим советом института новых материалов и технологий**

Председатель учебно-методического совета  
Протокол № 20220526-01 от 26.05.2022 г.



О.Ю. Корниенко

**Согласовано:**

Начальник ОПНПК



Е.А. Бутрина

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНОЛОГИЯ СИЛИКАТНЫХ И ТУГОПЛАВКИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ»

## 1.1. Аннотация содержания дисциплины

Дисциплина «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» (далее СиТНМ) относится к базовой части программы аспирантуры.

Цель дисциплины: получение аспирантами знаний по технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов – стекла, керамики, вязущих веществ, огнеупоров, теплоизоляционных материалов.

Изучение дисциплины предполагает выполнение следующих задач:

- изучение технологий производства широкой номенклатуры силикатных и тугоплавких неметаллических материалов;
- изучение физико-химических основ и технологических принципов наукоемких химических технологий, позволяющих решать проблемы ресурсосбережения и экологической безопасности силикатных материалов;
- приобретение новых научных знаний в области создания энергосберегающих и экологически чистых технологий получения силикатных и тугоплавких неметаллических материалов и изделий;
- формирование умений по разработке оптимальных технологических схем производства силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, в т.ч. в нанодисперсном состоянии.

## 1.2. Язык реализации дисциплины – русский.

## 1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

### **Знать:**

- структуру и основные свойства силикатных и тугоплавких неметаллических материалов;
- методы исследования силикатных и тугоплавких неметаллических материалов;
- физико-химические основы технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов;
- основные закономерности процессов технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов;
- технологии производства основных силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

### **Уметь:**

- использовать методы исследования силикатных и тугоплавких неметаллических материалов;
- пользоваться физико-химическими основами и основными закономерностями процессов при разработке технологий силикатных и тугоплавких неметаллических материалов;
- разрабатывать энерго-, ресурсосберегающие и экологически чистые технологии получения силикатных и тугоплавких неметаллических материалов и изделий.

### **Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):**

- современными методами исследования силикатных и тугоплавких неметаллических материалов;
- энерго-, ресурсосберегающими и экологически чистыми технологиями получения силикатных и тугоплавких неметаллических материалов;
- управлять процессами формирования структуры и заданных свойств силикатных и тугоплавких неметаллических материалов;
- навыками работы с научной литературой с целью определения направления исследования и решения специализированных задач.

#### 1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины в 6 семестре (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
3.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	104	1	104
4.	Промежуточная аттестация	104	1	Экзамен
5.	Общий объем по учебному плану, час.	108	6	108
6.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

#### 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
P1	Общая характеристика SiТНМ	Место и роль SiТНМ в экономике и научно-техническом прогрессе. Роль отечественных ученых и научных школ в создании и развитии материаловедения и научных основ технологии SiТНМ. Классификация SiТНМ: по химической природе, по структуре слагающих фаз, по особенностям технологии, строению, функциональному назначению, размерным параметрам. Основные принципы системного проектирования SiТНМ и их технологий.
P2	Структура и свойства SiТНМ	Структура тугоплавких простых и сложных оксидов, углерода, карбидов, нитридов и других бинарных соединений. Особенности структуры кристаллических силикатов. Кремнекислородные мотивы в структурах силикатов. Структура силикатов с крупными катионами. Явления полиморфизма и изоморфизма в SiТНМ. Изоморфные замещения в силикатах. Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы. Механические и упругие свойства кристаллических и стеклообразных тел. Пластическая и упругая деформация. Хрупкое разрушение: основные теории, стадии, механизмы. Коэффициент интенсивности напряжений. Влияние микроструктуры и текстуры материалов на их разрушение. Термические напряжения: причины возникновения и виды. Устойчивость материалов к воздействию термических напряжений. Теории термостойкости. Способы повышения стойкости к разрушению SiТНМ. Статическая усталость. Вязкое течение. Теплофизические, электрофизические и магнитные свойства SiТНМ. Влияние на них состава, природы химической связи, кристаллической структуры и текстуры материала. Вязкость, поверхностное натяжение и смачивающая способность силикатных расплавов, влияние на них температуры и состава. Стеклообразное состояние, строение и свойства стекол. Свойства силикатных стекол. Химические свойства SiТНМ, их устойчивость к воздействию твердых, жидких и газообразных реагентов различной химической природы.
P3	Методы исследования SiТНМ	Теоретические основы, сущность, возможности, погрешности, аппаратное оформление важнейших методов исследования структуры и свойств SiТНМ. Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы. Спектроскопические методы: ИК-спектроскопия, флуоресцентный рент-

		<p>геноспектральный анализ, рентгеноспектральное микронзондирование. Электронный парамагнитный и ядерный магнитный резонанс. Калориметрический анализ, дифференциальный термический и термогравиметрический анализы. Световая микроскопия, петрографический анализ, электронная микроскопия, растровая электронная микроскопия. Новые методы исследования: туннельная и силовая сканирующая микроскопия, использование синхротронного излучения.</p> <p>Определение плотности, вязкости, поверхностного натяжения, микротвердости, а также упругих, прочностных, электрических, магнитных, технических и технологических свойств СИТНМ.</p>
P4	Физико-химические основы технологии СИТНМ	<p>Закон Гесса и его применение для определения тепловых эффектов образования соединений, взаимодействия, плавления и кристаллизации, растворения, гидратации, полиморфных превращений в системах СИТНМ. Определение свойств веществ и термодинамических параметров реакций в системах СИТНМ. Компьютерные базы термодинамических данных. Энергия кристаллической решетки СИТНМ.</p> <p>Основные закономерности формирования фазового состава СИТНМ. Установление термодинамической вероятности протекания процессов и последовательности фазовых преобразований в системах СИТНМ. Механизмы и кинетика твердофазных реакций. Термодинамические условия достижения равновесия при твердофазных реакциях. Общие понятия о термодинамике необратимых процессов при диффузионном массопереносе. Поведение сырьевых материалов при нагревании. Физико-химическая сущность процессов гидратации и твердения вяжущих материалов. Гидратированные силикаты, алюминаты и ферриты кальция. Водорастворимые силикаты и фосфатные вяжущие. Влияние химического и фазового состава и эксплуатационные характеристики СИТНМ.</p>
P5	Основные закономерности процессов технологии СИТНМ	<p>Классификация и характеристика основных и вспомогательных сырьевых материалов. Физико-механическая подготовка сырьевых материалов. Сущность и кинетика процессов измельчения твердых материалов. Закономерности классификации порошков, их технологическая характеристика. Новые методы измельчения. Особенности получения высокодисперсных и нанопорошков.</p> <p>Методики расчетов составов сырьевых смесей. Составление и контроль однородности сырьевых смесей. Технологические свойства и характеристики сырьевых смесей (полусухих масс, суспензий, шликеров, шламов, паст). Строение и реологические свойства дисперсных систем, их связь с процессами формования. Основные способы формования изделий в технологии СИТНМ. Важнейшие технологические характеристики процессов формования и способы управления ими.</p> <p>Процессы сушки в технологии СИТНМ. Процессы тепло- и массообмена, протекающие при сушке. Параметры и режимы сушки, основы расчета оптимальных режимов, способы управления процессом сушки. Современные методы сушки. Сушильные агрегаты: типы, методы расчета. Разновидности и сущность процессов термообработки материалов и изделий. Обжиг, параметры и режимы. Условия и способы теплопередачи при обжиге. Влияние условий обжига на качество изделий. Основные типы тепловых агрегатов различного назначения, особенности теплообмена в них. Расчет основных параметров и тепловых балансов печей.</p> <p>Процессы спекания, их классификация, стадии спекания. Сущность, признаки, движущая сила, механизмы, кинетика процессов спекания и рекристаллизации, влияние газовой среды. Активированное спекание, физические основы. Режимы и условия получения гомогенных расплавов в технологии стекла и ситаллов; условия теплообмена на различных стадиях получения стекломассы. Способы и процессы получения оксидных расплавов. Кристаллизация расплавов. Кинетика и механизмы образования центров кристаллизации и роста кристаллов. Особенности процессов роста кристаллов из слабо и сильно пересыщенных распла-</p>

		<p>вов. Формирование текстуры отливок в процессе кристаллизации. Термические напряжения в отливках. Термообработка отливок. Новые процессы получения СИТНМ. Выращивание нитевидных кристаллов, плазмохимическое получение порошков и покрытий, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, импульсное высокоэнергетическое воздействие.</p> <p>Общие принципы построения технологий СИТНМ: научная обоснованность выбора исходных материалов, технологических операций и их параметров, научная организация труда, ресурс- и энергосбережение, механизация и автоматизация технологических процессов, управляемость технологии, безопасность труда и экологическая безопасность. Технические требования и управление качеством продукции. Тенденции развития технологий СИТНМ. Основное технологическое оборудование. Принципы действия, конструктивные особенности, критерии выбора, методы расчета производительности.</p>
<b>Р6</b>	<b>Химическая технология стекла и стеклоизделий</b>	
Р6.1	Стеклообразное состояние и кристаллизация стекла	<p>Основные критерии стеклообразования: отношение радиусов ионов металла и кислорода, отношение заряда катиона к его координационному числу, электроотрицательность, соотношение между типом связи и стеклообразованием, строение внешней электронной оболочки, критерии прочности и направленности связи. Основные гипотезы строения стекла. Особенности строения жидкостей и кристаллов. Природа связей в стеклообразном и кристаллическом состояниях вещества. Ближний порядок в жидкостях и стеклах. Основные структурные мотивы сетки. Кристаллитная гипотеза Лебедева. Понятие о кристаллах. Значение и недостатки кристаллитной гипотезы. Гипотеза неупорядоченной сетки. Понятие о стеклообразователях и модификаторах. Полимерная гипотеза строения стекла и ее опытное подтверждение. Микронеоднородное строение стекла. Основные опытные факты микронеоднородного строения стекла. Структурные факторы, влияющие на строение и свойства стекла: степень связности кремнекислородного каркаса, координационное состояние катионов, основные координационные эффекты в стеклах (алюмный, борный и алюмноборный эффекты, координационный эффект титана). Координация катионов-модификаторов. Поляризация ионов в стеклах.</p> <p>Роль процессов кристаллизации в технологии стекла. Закономерности образования новой фазы. Применение правила фаз и порядок кристаллизации. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Скорость образования центров кристаллизации. Линейная скорость роста кристаллов. Механизм роста кристаллов: послойный и спиральный. Методы исследования кристаллизации стекла. Закономерности роста кристаллической фазы при объемной и поверхностной кристаллизации. Кристаллизация кремнезема и силикатных стекол. Контролируемая кристаллизация в процессах получения специальных стекол и ситаллов. Катализаторы зародышеобразования: металлические (образование коллоидных частиц, фоточувствительные реакции), оксидные. Кинетические критерии стеклообразования – заторможенность процессов образования центров кристаллизации и линейного роста кристаллов.</p> <p>Явление ликвации в стеклах. Стабильная и метастабильная ликвация. Термодинамика процесса ликвации. Применение теории регулярных растворов. Построение бенодали и спинодали. Особенности ликвации в бинодальной и спинодальной областях. Изменение структуры ликвирующего стекла со временем. Ликвация в силикатных стеклах и ее причины: несовместимость структурных составляющих стекла и ионные взаимодействия. Влияние состава стекла на его ликвацию и методы подавления и устранения ликвационных явлений. Роль ликвации в процессах контролируемой кристаллизации. Практическое применение явлений ликвации в технологии стекла и ситаллов.</p>

Р6.2	Процессы переноса вещества в стеклах и расплавах	<p>Диффузные процессы в стеклах и расплавах. Механизмы диффузии в стеклах и их связь со структурой стекла и его дефектами. Дефекты по Френкелю и Шоттки и их концентрация в стекле. Зависимость коэффициента диффузии от концентрации диффундирующего вещества и температуры. Методы расчета коэффициентов диффузии: уравнение Стокса-Эйнштейна, Нернста-Эйнштейна. Основные методы измерения коэффициентов диффузии в стеклах и стеклообразующих расплавах: методы послойного анализа, диффузия из пластин с одной непроницаемой границей; электрохимические методы: вращающегося дискового электрода и хромопотенциометрический. Диффузия катионов-стеклообразователей и модификаторов в стеклообразующих расплавах. Особенности диффузии катионов в твердых стеклах: влияние радиуса катиона, концентрации диффундирующего вещества, состава стекла и температуры. Роль диффузии в процессах технологии упрочнения стекла при производстве композиционных материалов с участием стекла.</p> <p>Электропроводность стекол и стеклообразующих расплавов. Ионный характер проводимости стекол. Стекла со смешанным типом проводимости. Основные закономерности переноса ионов в стеклах. Числа переноса, влияние концентрации щелочных, щелочноземельных и других элементов на электропроводности силикатных стекол. Влияние различных стеклообразующих катионов на электропроводность. Полищелочной эффект. Электронная проводимость в стеклах и ее причины. Стекла с полупроводниковыми покрытиями. Поверхностная проводимость стекол. Электропроводность ситаллов. Диэлектрическая проницаемость стекол и ее составляющие, влияние химического состава и температуры. Электрическая прочность, виды электрического пробоя. Методы измерения электрических свойств стекол.</p> <p>Поверхностные явления в стеклообразующих расплавах. Поверхностное натяжение. Методы измерения поверхностного натяжения оксидных расплавов: веса капель, максимального давления в газовом пузырьке, неподвижной капли, отрыва кольца (цилиндра). Зависимость поверхностного натяжения от состава расплава и температуры. Расчет поверхностного натяжения стеклообразующих расплавов. Смачивание расплавами стекол твердых тел и адгезия фаз. Расчет работы адгезии. Капиллярное давление. Движение расплава стекла в капиллярах. Влияние поверхностных явлений на службу огнеупоров при производстве стекла. Растекание расплавленных стекол по твердой поверхности. Кинетика растекания и пропитки пористых тел оксидными расплавами. Влияние поверхностных явлений на размеры пузырей, отрывающихся от твердой поверхности.</p> <p>Физико-химические свойства стеклообразующих расплавов. Вязкость – структурно-чувствительное свойство силикатных стекол. Вязкость стекла и ее значение в технологии. Методы измерения вязкости стекла в расплавленном состоянии и при температурах размягчения и отжига. Метод падающего шарика. Метод вытягивания шарика. Метод вращающегося цилиндра. Методы удлинения нити, закручивания стержня и вдавливания индентора. Влияние стеклообразователей, модификаторов и катионов промежуточного типа на вязкость. Влияние ионного радиуса катионов-модификаторов. Температурная зависимость вязкости и ее физико-химическая интерпретация. Методы расчета вязкости. Скорость затвердевания стекол. Физико-химические процессы взаимодействия стеклообразующих расплавов с другими фазами. Растворение твердых тел в оксидных расплавах. Диффузионный и кинетический режим процесса. Влияние температуры и состава расплава на скорость растворения. Применение метода вращающегося диска. Взаимодействие оксидных расплавов с газами. Растворение кислорода.</p> <p>Растворение водяных паров и механизм этого процесса. Влияние гидроксильных групп на свойства стекла. Растворение двуокиси углерода и</p>
------	--	---

		сернистых газов в стекле. Механизм процесса. Растворение азота и инертных газов в стекле. Влияние растворенных газов на вязкость и поверхностное натяжение стеклообразующих расплавов. Физико-химия процессов взаимодействия металлов со стеклами. Коррозия металлов в оксидных расплавах. Электрохимический механизм процесса. Анодное растворение металлов в стеклообразующих расплавах. Механизм процесса. Пассивация металлов оксидными пленками. Механизм анодного растворения запассивированных металлов. Электрохимическая обработка стекла с целью его поверхностного окрашивания и происходящие при этом процессы.
Р6.3	Теоретические основы стекловарения	<p>Силикатообразование. Превращение отдельных компонентов шихт при нагревании. Термодинамика и особенности реакций взаимодействия в двухкомпонентных смесях кремнезема с содой, сульфатами, карбонатами и нитратами. Последовательность и особенности реакций в трехкомпонентных содовых и сульфатных шихтах. Кинетика реакций силикатообразования в стекольных шихтах, ее значение и влияние на нее различных факторов.</p> <p>Стеклообразование. Механизм растворения кислотных и щелочных оксидов в силикатных расплавах. Стеклообразование как гетерогенная химическая реакция растворения кремнезема в щелочно-силикатном расплаве. Влияние температуры и химических ускорителей варки на режим реакции растворения кремнезема. Влияние технологических факторов на скорость стеклообразования в стекольных шихтах. Осветление стекломассы и задачи стадии осветления. Источники газов в стекломассе. Направления движения газов при осветлении. Гидродинамика и кинетика осветления стекломассы. Возможность использования диаграмм осветления. Термодинамика взаимодействия газов печной атмосферы со стекломассой. Динамика осветления стекломассы в промышленных печах. Практические приемы ускорения осветления.</p> <p>Гомогенизация стекломассы. Однородность стекломассы и ее влияние на качество изделий и производительность печей. Методы определения и оценка степени однородности стекла. Влияние однородности стекла и конвекционных потоков в стекловаренных печах на степень однородности стекломассы. Деформация свилей при наличии градиента скорости потока. Ускорение гомогенизации стекломассы путем бурления и перемешивания. Студка стекломассы. Задачи стадии студки. Студочный потенциал стекловаренных печей. Способы повышения термической однородности стекломассы. Проблемы повышения термической однородности стекломассы. Проблемы повышения производительности и экономичности стекловаренных печей. Новые способы подготовки стекольных шихт. Повышение температур варки и оптимизация температурных режимов варки. Новые составы стекол. Применение стекольного боя. Перспективы применения электроподогрева и электроварки.</p>
Р6.4	Основы термической обработки стекла	<p>Внутренние напряжения первого, второго и третьего рода. Временные и остаточные термические напряжения в стеклах. Природа временных термических напряжений и вычисление их величины в зависимости от физических свойств стекла, толщины стенки, скорости охлаждения для одно- и двухстороннего охлаждения листового стекла и полых изделий. Распределение напряжений по сечению пластинки стекла при нагревании и охлаждении. Определение допустимых скоростей нагревания и охлаждения стеклянных изделий. Релаксация временных и остаточных напряжений в стеклах. Уравнения Адамса и Вильямсона. Образование остаточных термических напряжений как результат релаксации временных напряжений и замораживания температурных деформаций. Температурный интервал образования остаточных напряжений. Вычисление остаточных напряжений в стеклах в зависимости от физических свойств стекла, толщины стенки, скорости охлаждения для одно- и двухстороннего охлаждения листового стекла и полых изделий. Распределение</p>



		<p>напряжений по сечению стенки. Вычисление допустимых скоростей охлаждения.</p> <p>Закалка стекла. Распределение напряжений в закаленном стекле. Вычисление закалочных напряжений. Влияние температуры, химического состава, толщины стенки и скорости охлаждения на величину остаточных напряжений в закаленном стекле. Влияние остаточных напряжений на техническую прочность закаленного стекла. Механизм повышения прочности. Отжиг стекла и его задачи. Этапы отжига. Влияние продолжительности обработки стекол на каждом этапе. Две стадии закалки. Сравнение закалки и отжига и целесообразность их использования в технологии. Контроль напряжений в стекле при отжиге и закалке. Явление двойного лучепреломления в стеклах. Вычисление напряжений по величине двойного лучепреломления.</p>
P6.5	Технология эмали и эмалевых покрытий	<p>Определение эмалей. Преимущества эмалей по сравнению с другими видами покрытий. ГОСТ на силикатные эмали. Типы эмалей. Процессы, протекающие при варке эмалей. Физические процессы: плавление, полиморфные превращения, унос шихтовых материалов. Физико-химические процессы: реакции разложения и диссоциации, реакции взаимодействия компонентов шихты, растворение компонентов шихты в расплаве, улетучивание компонентов шихты. Температурные режимы варки эмалей различных составов.</p> <p>Выработка эмалей. Методы грануляции эмалей: грануляция на воду, грануляция водной струей, грануляция способом вальцовки. Помол эмали. Мокрый и сухой способы помола. Введение мельничных добавок (суспензирующих и заправочных средств). Влияние тонины помола на технологические и эксплуатационные свойства эмалевого покрытия. Методы определения тонины помола. Метод Лисенко, метод Сабанина.</p> <p>Приготовление шликера. Свойства шликера: плотность, консистенция, кроющая способность, методы их контроля. Отличие шликера от ньютоновских жидкостей, структурная вязкость шликера, уравнение Бингама, предельные напряжения сдвига. Соотношение между предельным напряжением сдвига и структурной вязкостью и влияния их на покровные свойства шликера. Тиксотропные превращения в шликере. Факторы, влияющие на свойства шликера: природа глинистого материала, дисперсность частиц эмалевого шликера, концентрация частиц, температура, выщелачивание составных частей фритты, действие заправочных средств. Обеспечение постоянства характеристик шликера, его ранение и старение. Шликерная технология нанесения эмалей. Метод окунания или облива. Автоматы для нанесения эмали методом окунания и облива. Метод пульверизации. Ручные и стационарные пульверизационные установки. Факторы, влияющие на качество покрытия методом пульверизации. Преимущества и недостатки метода пульверизации. Электростатические методы нанесения. Нанесения бортовой эмали на посудные изделия.</p> <p>Сушка эмалевого покрытия. Виды сушки. Сушка в потоке горячего воздуха. Пудровый способ эмалирования. Температурный режим обжига изделий. Процессы, протекающие при обжиге грунтовой эмали. Процессы в объеме грунтового эмалевого слоя. Процессы на границе газ-металл. Процессы на границе металл-расплав грунтовой эмали. Процессы на границе эмаль-газ. Процессы в объеме металла. Процессы, протекающие при обжиге покровной эмали. Процессы на границе раздела грунтовая эмаль-покровная эмаль и образование переходной зоны. Процессы на границе раздела покровная эмаль-газ. Совместный обжиг грунтовой и покровной эмали в одной конвейерной печи и его экономическая эффективность. Совершенствование процесса обжига и снижение его температуры.</p> <p>Металлы для эмалирования. Сталь. Диаграммы состояния железо-углерод. Превращения в критических точках стали. Требования, предъ-</p>

		<p>являемые к эмалировочным сталям. Марки сталей для эмалирования. Подготовка поверхности к эмалированию. Обезжиривание поверхности: термическое, химическое. Травление поверхности кислотами. Характеристика травильных реагентов и их растворов. Промышленные установки для обезжиривания и травления. Чугун. Составы и макроструктура. Требования, предъявляемые к чугуну для эмалирования. Подготовки чугунных изделий к эмалированию. Алюминий, цветные и драгоценные металлы и их сплавы. Физико-химическая характеристика металлов. Требования, предъявляемые к металлам. Влияние химического состава на способность к эмалированию. Подготовка поверхности металлов к эмалированию. ГОСТ на металлы для эмалирования. Требования к эмалям по стали.</p> <p>Назначение и особенности составов грунтовых эмалей. Влияние состава, температуры и атмосферы печи на качество сцепления грунта с металлом. Покровные эмали. Назначение и требования к покровным эмалям. Влияние химического состава на эксплуатационные характеристики покровных эмалей. Белые и цветные эмали. Фтористые эмали, особенности составов, технология варки. Титановые, сурьмяные эмали. Химически устойчивые покровные эмали. Составы кислотоустойчивых эмалей. Роль различных компонентов эмали в образовании защитной пленки. Щелочеустойчивые эмали. Влияние мельничных добавок на устойчивость к щелочным растворам.</p> <p>Изготовление черновой посуды. ГОСТы и технические условия на изготовление черновой посуды. Стадии обработки металла: вырубка заготовок, холодная штамповка, закатка бортов, нанесение зига и раскатка. Подготовка черновой посуды к эмалированию. Механизированное нанесение шликера грунтовой, покровной и бортовой эмали. Обжиг эмали. Свойства эмалевых покрытий. Напряжения в покрытиях. Факторы, определяющие величину напряжений. Роль толщины слоя и формы изделия. Пути снижения напряжений. Многослойные покрытия. Прочность эмалевого покрытия на изгиб. Прочность на удар. Химическая устойчивость. Реакции взаимодействия эмали с водой, водными растворами. Водостойкость, кислото- и щелочеустойчивость.</p> <p>Методы определения свойств эмалевых покрытий. Пороки и контроль качества эмалевых покрытий. Требования к бездефектности эмалевого покрытия. Причины возникновения пороков. Роль качества фритты, качества металла и его поверхности для образования бездефектного покрытия. Основные виды пороков: отскакивание эмали, трещины, пузыри и поры, нетоварный вид эмалевого покрытия. Водородная теория порока «рыбья чешуя». Влияние тонины помола фритты на склонность эмали к образованию пороков. Методы контроля качества покрытия. Размалирование, его экономическая целесообразность.</p>
P7	<b>Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе</b>	<p>История возникновения и развития производства вяжущих материалов. Роль цементной промышленности и других вяжущих материалов и изделий на их основе в развитии человеческого общества. Принципы классификации вяжущих веществ и сырьевых материалов для их производства. Новые виды вяжущих материалов. Производство цемента, извести, гипса и других вяжущих материалов и изделий из них в России и других странах. Роль отечественных ученых в развитии науки и производства вяжущих материалов.</p>
P7.1	Гидравлические вяжущие вещества	<p>Гидравлические вяжущие вещества – портландцемент и его разновидности, глиноземистый, высокоглиноземистый и сульфоалюминатный цементы.</p> <p>Портландцемент. Состав, способы получения. Свойства. Характеристика химического состава и модулей портландцементного клинкера. Анализ диаграммы состояния <math>\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3</math>, <math>\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2</math>, <math>\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-MgO}</math>. Структурные и кристаллохимические характеристики клинкерных фаз. Классификация клинкера по содержанию окислов, ми-</p>

	<p>неральному составу и модульным характеристикам. Расчет минерального состава портландцементного клинкера.</p> <p>Сырьевые материалы для производства портландцемента. Физические свойства, минеральный состав и кристаллическая структура сырьевых материалов. Корректирующие, каталитические и модифицирующие добавки. Их разновидности, назначения и механизм действия. Примеси в сырье и их роль. Доменные лаки и другие отходы промышленности как сырье для производства портландцемента. Теоретические основы расчета сырьевой смеси.</p> <p>Переработка сырьевых материалов. Сухой и мокрый способы производства. Их технико-экономические преимущества. Теория и технология процесса дробления сырьевых материалов. Механизм тонкого измельчения и технология процесса помола сырьевых материалов. Теоретические основы и способы интенсификации процесса помола. Гранулометрический состав, функция распределения.</p> <p>Свойства сырьевых смесей. Строение шлама как дисперсной системы. Роль частиц глины и известняка в создании его структуры. Коллоидная природа шлама. Поверхностные явления в системе. Технологические и структурно-механические свойства шлам, пути их оптимизации. Влияние природы сырьевых материалов на структуру и свойства сырьевых смесей. Механизм грануляции сырьевой муки. Структура и свойства сырьевых гранул.</p> <p>Обжиг портландцементного клинкера. Процессы, протекающие при нагревании компонентов и обжиге сырьевой смеси. Образование и роль первичных, промежуточных и неравноценных фаз. Термическая деструкция природных материалов. Влияние дисперсности, состава и структуры известкового, кремнеземистого и глинистого компонентов на кинетику реакции клинкерообразования. Многокомпонентные системы с участием окислов магния, натрия, калия, фосфора, серы, хрома и других элементов. Реакции в твердой фазе и их температурные границы и кинетика. Термохимия и термодинамика процессов. Первичные кристаллические фазы. Жидкая фаза, ее состав, строение и основные свойства. Кислотно-основное равновесие в расплаве. Растворение <math>C_2S</math>, <math>CaO</math> и других фаз в расплаве. Скорость диффузии ионов в расплаве. Образование <math>C_3S</math> в твердой фазе и кристаллизацией из расплава. Физические изменения обжигаемого материала.</p> <p>Спекание клинкера. Влияние температуры и продолжительного обжига на кинетику усвоения извести и кристаллическую структуру клинкера. Охлаждение клинкера и его влияние на кристаллическую структуру клинкера и свойства цемента. Катализ химических реакций при обжиге. Катализаторы (минерализаторы), их роль и механизм действия. Модификаторы, их назначение и механизм действия. Полиморфизм клинкерных материалов. Фазы двухкальциевого силиката, трехкальциевого силиката, трехкальциевого алюмината и твердых растворов алюмоферритов кальция. Стекловидная фаза. Явление стабилизации и стабилизаторы полиморфных форм. Плавленный портландцемент и способы его получения. Быстрый и медленный обжиг и структура клинкера. Обжиг в кипящем слое и во взвешенном состоянии. Пути оптимизации процесса обжига сырьевых смесей в клинкер. Печи для обжига клинкера, их разновидности, особенности. Процесс обжига клинкера во вращающихся печах. Использование тепла в различных зонах вращающейся печи. Охлаждение клинкера, его эффективность. Теплообменные устройства, их эффективность. Унос пыли из печей, пылеулавливание и пути утилизации пыли. Футеровка печей. Пути увеличения срока службы футеровки.</p> <p>Измельчение клинкера. Физические и физико-химические процессы, протекающие при дроблении и измельчении клинкера. Размалываемость клинкеров и ее связь с их кристаллической структурой и пористостью.</p>
--	--

		<p>Варианты способов помола клинкера. Гранулометрический состав, удельная поверхность цементов, их значения. Пути и физико-химические основы интенсификации процесса помола цементов.</p> <p>Твердение портландцемента. Системы <math>\text{CaO-H}_2\text{O}</math>, <math>\text{MgO-H}_2\text{O}</math>, <math>\text{CaSO}_4\text{-H}_2\text{O}</math>; <math>\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}</math>; <math>\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}</math>; <math>\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}</math>; <math>\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}</math>. Растворимость клинкерных минералов в воде, механизм и кинетика процессов растворения. Гидратация и гидролиз клинкерных минералов. Продукты гидратации, скорость гидратации. Математическое описание процесса гидратации. Многообразие процессов, протекающих при гидратации; первичные и вторичные процессы. Взаимосвязь процессов гидратации и твердения цемента. Основные гипотезы по теории твердения вяжущих веществ и их развитие в свете современных экспериментальных исследований.</p> <p>Активность отдельных клинкерных минералов и фаз. Кристаллизация гидратов. Условия их существования, разрушения и перекристаллизации. Связь со свойствами цементного камня. Прочность цемента и кинетика ее нарастания. Математические выражения процесса твердения. Значение дисперсности цемента, водоцементного отношения, температуры и состава среды твердения. Роль тонкодисперсных минеральных добавок. Способы и механизм интенсификации процессов твердения. Температурная зависимость процессов гидратации и твердения. Тепловая обработка цементов, ее разновидность и влияние на состав и свойства продуктов гидратации. Катализаторы и замедлители процессов схватывания и твердения цементов. Физическая структура цементного камня. Образование и роль ее отдельных составляющих (кристаллических продуктов, гелей и поровой структуры). Методы исследования процессов и продуктов гидратации и твердения цемента.</p> <p>Коррозия портландцемента. Виды и признаки коррозии. Химические и физические процессы, протекающие в цементном камне в условиях воздействия агрессивных сред. Механизм коррозионного разрушения цементного камня. Роль минералогического состава цемента. Способы борьбы с коррозией.</p> <p>Основные свойства портландцемента. Требования ГОСТ. Теория прочности цементов. Гидратационная активность цемента. Явление спада прочности цемента и его причины. Явление ложного схватывания цемента и его причины. Области применения портландцемента.</p> <p>Специальные цементы. Особенности их состава, технологии производства, физико-химические особенности гидратации твердения и коррозии в отличие от портландцемента. Основные свойства и области применения. Портландцементы: быстротвердеющий, высокопрочный, для асбестоцементных изделий, кремнеземистый, железистый, пластифицированный, гидрофобный, белый и цветные, низкотермичный, дорожный, тампонажный, расширяющийся для жароупорного бетона, пуццолановый, с микронаполнителями, шлакопортландцемент. Другие виды цементов: глиноземистый, высокоглиноземистый, сульфаталюминатный, расширяющиеся и напрягающие, пуццолановый бесклинкерный, цемент для жароупорного бетона, кислотостойкий, щелочестойкие полимерные, фосфатные и другие. Полимерные вяжущие вещества. Цементы кислотно-основного взаимодействия: фосфатные, цинковые, металлоорганические и другие.</p>
P7.2	Изделия из гидравлических вяжущих веществ	<p>Физико-химические особенности твердения вяжущих веществ в изделиях по сравнению с их твердением в чистом виде. Влияние технологических факторов производства вяжущих веществ на технологические условия производства и качество изделий.</p> <p>Асбестоцементные изделия. Сырьевые материалы: цемент, асбест, вода, добавки. Асбест, его химический и минералогический состав, кристаллическая структура, свойства. Система асбест-цемент-вода: строение реологические свойства суспензий и паст. Механизм и кинетика процес-</p>

		<p>сов фильтрования и вакуумного обезвоживания разбавленных и концентрированных суспензий. Роль отдельных компонентов смеси в формировании свойств композиционных асбестоцементных материалов. Адгезия цемента к асбесту. Ориентация волокон асбеста в асбестоцементе и управление текстурой волокон в материале. Приготовление асбестоцементной смеси и ее свойства. Теория и практика процессов формирования асбестоцементных изделий на круглосеточных машинах, прокаткой, экструзией, прессованием и др. Особенности гидратации и твердения цемента в присутствии асбеста: механизм, кинетика, состав гидратных фаз, их кристаллическая структура.</p> <p>Особенности твердения асбестоцемента. Механизм разрушения асбестоцемента. Теория и практика применения композиционных материалов. Асбестоцементные материалы, их классификация, особенности производств, основные свойства и области применения. Экономическая эффективность производства и применения композиционных асбестоцементных материалов.</p> <p>Бетоны и растворы. Физико-химические особенности гидратации и твердения цемента в песчаных растворах и бетоне. Влияние технологических особенностей производства цемента, его качества, разновидностей цемента на свойства бетонов. Сырьевые материалы для изготовления цементных растворов и бетонов и требования к ним. Свойства бетонной смеси: однородность, вязкость, пластичность и другие. Теории формирования бетонных пластичных масс. Добавки к бетонам и механизм их влияния на изменение различных свойств изделий. Адгезия и когезия цементного камня и заполнителя. Природа контактных зон, механизмы и сила сцепления матрицы с заполнителем. Капиллярно-пористая структура бетона. Формы связи воды в бетоне. Гелекристаллическая структура цементного камня в бетоне. Плотность бетонов. Теория прочности бетона и механизм его деформации и разрушения. Ползучесть. Пути регулирования свойств бетона. Проектирование состава бетона. Технологические схемы производства различных бетонных и железобетонных изделий. Классификация бетонов и растворов, основные их свойства и области применения.</p> <p>Особенности применения фосфатных, глиноземистых полимерцементных вяжущих для производства бетонов. Армирование и пропитка бетонов мономерами.</p>
P7.3	Воздушные вяжущие вещества и изделия из них	<p>Отличия в составе, технологии производства и основных свойствах гидравлических и воздушных вяжущих веществ. Известковые вяжущие материалы, их подразделение по гидравлическому модулю. Характеристика класса карбонатов, особенности их физических и оптических свойств. Требования к сырью. Процессы термической обработки сырьевых материалов. Температура начала реакции в стандартных условиях и фактическая зависимость <math>\text{CaCO}_3</math> от температуры при декарбонизации. Температура обжига. Примеси в сырье, их значение. Кинетика диссоциации углекислого кальция и факторы, ее определяющие. Влияние свойств сырья на качество извести. Кристаллическая структура. Влияние свойств сырья на качество извести. Кристаллическая структура <math>\text{CaO}</math> и ее влияние на свойства извести. Технология обжига извести и пути ее оптимизации. Обжиг во взвешенном состоянии и в кипящем слое. Физико-химические процессы, происходящие при гидратации окиси кальция. Особенности состава, технологии производства и свойств магнезистой извести, карбонатной извести. Теория и практика твердения извести и известковых растворов. Применение воздушной извести. Гидравлическая известь, ее производство, свойства и применение.</p> <p>Гипсовые вяжущие вещества. Сырьевые материалы. Кинетика и термодинамика процессов, протекающих при термической обработке гипса. Модификации сернокислого кальция, их кристаллохимия. Строительный, формовочный и высокопрочный гипс. Теория и практика их произ-</p>

		<p>водства. Система сульфат кальция–вода. Теории твердения полуводного гипса. Структура затвердевшего гипса и ее связь со свойствами изделий. Катализ химических реакций гидратации гипса. Свойства строительного, формовочного и высокопрочного гипса и их применение. Ангидритовые вяжущие. Высокообжиговый гипс. Другие виды гипсовых вяжущих. Гипсоцементопуццолановое вяжущее. Условия их получения, свойства и области применения.</p> <p>Магнезиальные вяжущие вещества. Сырьевые материалы: магнезит, доломит, растворы хлористых и сернокислых солей. Механизм и кинетика диссоциации сырья магнезита и доломита. Кристаллизация оксида магния. Каустические магнезит и доломит, технология получения и основные свойства. Механизм и кинетика гидратации MgO в водных растворах солей. Оксихлориды магния. Области применения магнезиальных вяжущих веществ.</p> <p>Изделия на основе воздушных вяжущих веществ. Особенности применения различных видов воздушных вяжущих. Изделия на основе извести. Физико-химические особенности взаимодействия оксида кальция с кварцевым песком и другими кремнеземистыми компонентами (трепел, перлит, зола и др.) при различных температурах и давлениях в силикатном кирпиче, силикатном бетоне, газосиликатном бетоне и других. Теория гидротермального синтеза гидратных фаз. Транспортные реакции. Разновидности гидросиликатов кальция: мономерные, полимерные, низкоосновные, высокоосновные и другие. Кристаллизация гидросиликатов в виде игл и нитевидных кристаллов. Основы технологии получения известково-кремнеземистых изделий. Известково-кремнеземистое вяжущее для условий гидротермального твердения. Физическая структура композиционного материала. Теория прочности изделий. Долговечность изделий. Классификация изделий, основные их свойства и области применения.</p> <p>Изделия на основе гипса. Гидратация и твердения гипсовых вяжущих веществ в изделиях: сухой гипсовой штукатурке, плитах, панелях, архитектурно-декоративных изделиях и других. Армирование гипсовых изделий органическими и неорганическими волокнами. Технология производства. Ячеистые изделия и особенности технологии их производства. Теплоизоляционные гипсовые материалы. Изделия из смешанных гипсоцементных вяжущих и особенности технологии их производства. Классификация изделий, основные их свойства и области применения.</p> <p>Изделия на основе магнезиальных вяжущих веществ. Особенности твердения магнезиальных вяжущих веществ при производстве ксилолита и фибролита. Механизм армирования матрицы, теория упрочнения. Технологические процессы производства. Физическая структура изделий, основные их свойства и области применения.</p>
P8	<b>Технология огнеупорных материалов и изделий</b>	Роль огнеупоров в промышленном производстве. История развития огнеупорной промышленности России. Размещение огнеупорной промышленности по основным экономическим регионам. Расход огнеупоров на единицу продукции. Классификация огнеупорных материалов.
P8.1	Свойства огнеупорных материалов	Макроструктура огнеупоров. Виды пористости, размер и распределение пор. Типы структур. Удельная поверхность пор. Газопроницаемость. Методы исследования структуры материалов. Прочностные свойства огнеупоров. Прочность и модуль упругости при комнатной температуре, их зависимость от пористости. Прочность при высоких температурах, температура деформации под нагрузкой, крип. Долговечность как функция деформативности, усталости и ползучести. Огнеупорность. Абляция.
		Теплофизические свойства. Теплоемкость. Теплопроводность. Температуропроводность. Коэффициент черноты огнеупоров. Эксергия. Испарение оксидов и их систем. Термомеханические свойства огнеупоров. Термическая стойкость. Теории термостойкости, критерии 1 и 2 родов.

		Молекулярно-кинетическая теория прочности С.Н. Журкова и других. Старение огнеупоров. Зависимость термической стойкости от структуры огнеупоров. Химическая стойкость огнеупоров. Ее критериальная оценка (критерии: термодинамический, объемно-энергетический, электрохимический, поверхностно-энергетический, электронно-структурный). Характеристика реагентов: жидких, твердых, газообразных. Капиллярные явления: смачивание, растекание и пропитка огнеупоров жидкими реагентами. Диффузионные процессы: зависимость от градиента концентраций (1 и 2 законы Фика) и градиента химического потенциала (уравнение Даркена с поправкой Эйнштейна). Металлоустойчивость огнеупоров. Устойчивость к промышленным газам. Взаимодействие огнеупоров с углеродом и окисью углерода.
Р8.2	Процессы технологии огнеупорного производства	<p>Обогащение огнеупорного сырья. Способы обогащения глин, магнезита и хромита. Химические методы обогащения магнезита. Дробление и измельчение огнеупорных материалов. Теории измельчения. Аморфизация и «наклеп» в процессе измельчения. Слои Бейльбли. Кинетика измельчения и размолоспособность. Аутогезия порошков. Методы характеристики дисперсности. Помольные характеристики. Уравнение типа Колмогорова. Нормальные и логарифмические распределения дисперсности. Мода. Медиана. Средние. Хранение порошков в бункерах. Классификация порошков. Теория распада. Технологическая характеристика машин и аппаратов для дробления и измельчения. Смешение, увлажнение, введение добавок, получение шихт и огнеупорных масс. Теории смешения. Размер средней пробы. Критерии равномерности смешения. Смешение и десмешение. Смесительные машины и аппараты. Циклограммы смешения. Получение товарных бетонных масс и шихт.</p> <p>Прессование, формование. Теория полусухого прессования. Уравнение Бальшина, Баландина, Бережного и Попильского. Технологическая характеристика прессов. Циклограммы прессования. Пластическое прессование. Реологические свойства масс. Шликерное литье. Теория и практика приготовления шликеров. Термопластическое прессование. Прессование горячее, пневмо- и гидростатическое, взрывом. Технология получения крупных бетонных блоков. Способы получения огнеупорных изделий с переменной пористостью. Литье из расплавов. Технология получения волокнистых материалов.</p> <p>Термообработка огнеупоров. Сушка сырца. Процессы при сушке. Характеристика конвективных сушил. Сушка кусковых материалов. Сушка инфракрасными лучами. Теория спекания огнеупоров (диффузионная, обобщенная, реологическая, электронная, реакционное спекание). Обжиг огнеупорных материалов во вращающихся печах. Обжиг изделий. Физико-химические основы получения огнеупоров с прямой связью кристаллов.</p>
Р8.3	Физико-химические основы технологии производства отдельных видов огнеупоров	<p>Динасовые огнеупоры. Физико-химические основы производства. Полиморфизм кремнезема. Диаграмма Феннера и Прянишникова. Сырье. Технология производства. Специальные технологии различных видов динасовых изделий. Кварцевые массы. Динасовый бетон. Свойства изделий. Теплоизоляционные и алюмосиликатные изделия. Каолиновая вата и изделия из нее. Свойства. Алюмосиликатные бетоны на фосфатных и других связках Мертели и области применения. Корундовые огнеупоры. Диаграммы состояния и плавкости оксида алюминия с другими тугоплавкими оксидами. Получение и свойства оксида алюминия. Электроплавленный корунд. Технология корундовых изделий из электроплавленного корунда и технического глинозема, их свойства и применение.</p> <p>Глиноземоизвестковые огнеупоры. Получения глиноземистого и высокоглиноземистого цемента. Свойства. Применение глиноземоизвестковых цементов в производстве огнеупорных бетонов. Периклазовые ог-</p>

		<p>неупоры. Физико-химические основы производства. Сырье. Получение оксида магния из морской воды. Обогащение сырья. Технология производства, свойства и применение периклазовых огнеупоров. Периклазовые порошки. Области применения периклазовых огнеупоров. Периклазоизвестковые огнеупоры. Физико-химические основы производства. Твердые растворы системы оксидов кальция и магния. Доломит. Технология доломитовых изделий на углеродистых связках. Десульфуризирующие свойства оксида кальция. Области применения. Стабилизированные доломитовые изделия. Расчет состава шихт. Перспективные применения стабилизированных изделий. Известковые огнеупоры. Свойства оксида кальция. Технологии производства изделий из оксида кальция, свойства и применения.</p> <p>Магнезиальношпинелидные огнеупоры. Физико-химические основы производства. Сырье. Обогащение хромитов. Технология производства периклазохромитовых, хромитопериклазовых, хромитовых, периклазошпинелидных, периклазошпинельных, шпинельных огнеупоров. Их свойства и области применения. Магнезиально-силикатные огнеупоры. Физико-химические основы производства. Сырье. Расчет состава шихт форстеритовых огнеупоров. Технология производства, свойства и применение периклазофорстеритовых, форстеритовых, форстеритохромитовых изделий.</p> <p>Цирконистые огнеупоры. Физико-химические основы производства. Сырье. Технология производства: бадделентовых, бадделентокорундовых и цирконовых огнеупоров. Свойства. Области применения. Оксидные огнеупоры. Диаграммы состояния М-О, где М – барий, магний, кальций, алюминий, хром, РЗЭ, иттрий, скандий, стронций, олово, цирконий, гафний, торий, уран, цезий и другие. Технология производства. Свойства. Применение. Углеродистые огнеупоры. Физико-химические основы производства. Сырье. Технология производства графитированных, угольных, углеродсодержащих огнеупоров. Свойства. Применение. Огнеупоры системы оксид-углерод, физико-химические основы их производства.</p> <p>Карбидокремниевые огнеупоры. Физико-химические основы производства. Получение карбида кремния. Технология производства карбидокремниевых изделий на различных связках. Реакционное спекание. Свойства. Области применения. Физико-химические основы производства карбидокремниевых огнеупоров на специальных связках. Бескислородные огнеупоры. Структура нитридов, ферритов, карбидов, силицидов, сиалонов. Технология производства, свойства и применение огнеупоров.</p>
P8.4	Защите огнеупорных материалов в службе	Защита огнеупорных материалов в службе. Пути снижения термомеханических напряжений в кладке. Торкретирование. Водяное охлаждение. Теплоизоляция. Снижение коррозионного действия со стороны агрессивных сред.
P9	<b>Технология строительной и тонкой керамики</b>	
P9.1	Технология строительной керамики	<p>Классификация строительной керамики по структуре, по назначению. Основные виды строительной керамики. Кирпич глиняный обыкновенный, лицевой кирпич, керамическая плитка для полов, облицовочная плитка для внутренней облицовки стен, фасадная керамика, санитарно-техническая керамика, канализационные трубы, керамзитовый и аглопоритовый гравий, прочие виды строительной керамики.</p> <p>Сырье в производстве строительной керамики. Глины и каолины, их основные свойства. Краткая характеристика глин и каолинов отдельных месторождений (глины: Часовьярская, Дружковская, Нижнеуфельская; каолины: Просяновский, Глуховецкий, Алексеевский, Журавлиный Лог и другие). Пластичность глин, поведение глины при нагревании. Основные требования ГОСТ к глинам и каолинам. Реологические свойства глин. Отощающие материалы и плавни, их назначение. Полевошпато-</p>



	<p>вые и кварцсодержащие материалы, тальк, парофиллит, волластонит. Технология и основные свойства отдельных видов строительной керамики. Предварительная обработка, дробление и помол сырьевых компонентов. Подготовка шихт.</p> <p>Методы формования изделий (пластическое формование, полусухое прессование, литье водных глинистых шликеров в гипсовые формы). Получение пресспорошка в башенных распылительных сушках. Сушка и обжиг изделий строительной керамики. Основные физико-химические процессы, происходящие при сушке и обжиге отдельных видов строительной керамики. Спекание керамических материалов и изделий. Основные процессы при спекании. Твердофазовое и жидкостное спекание. Сушка и печи в производстве строительной керамики. Туннельные и щелевые роликовые газовые печи.</p> <p>Производство обыкновенного глиняного кирпича пластическим и полусухим способом. Сырьевые материалы (глины, отощители). Хранение и предварительная обработка сырья. Приготовление шихт (масс), формование (прессование) изделий. Факторы, влияющие на качество сырья. Сушка и обжиг кирпича. Основные процессы при сушке. Обжиг кирпича, физико-химические процессы при обжиге. Краткая технологическая характеристик оборудования, печей и сушил, используемых в технологии строительного кирпича. Особенности технологии лицевого кирпича. Свойства кирпича (механическая прочность, плотность, морозостойкость, теплофизические свойства и другие).</p> <p>Производство канализационных труб. Сырье и требования к нему. Подготовка глины. Заменители шамота в массах. Методы обработки сырьевых материалов и шихт. Формование труб. Сушка, глазурирование и обжиг изделий. Физико-химические процессы при сушке и обжиге. Краткая технологическая характеристика используемого оборудования. Требования ГОСТ к канализационным трубам (механическая прочность, водонепроницаемость, плотность и другие). Производство санитарно-технической керамики. Сырье и требования к нему. Глины, каолины, отощающие материалы и плавки. Подготовка сырьевых материалов. Прессовый и беспрессовый шликер для литья изделий. Методы формования изделий (шликерное литье и гипсовые формы). Формование на конвейерах и на механизированных стендах. Глазурирование изделий. Сушка и обжиг изделий. Основные процессы при сушке и обжиге. Свойства и требования ГОСТ к санитарно-техническим изделиям.</p> <p>Технология производства керамических плиток для полов. Сырье, составы масс для скоростного и традиционного способа производства. Особенности технологии получения пресспорошка. Полусухое прессование плиток. Факторы, влияющие на свойства сырца и готовых изделий. Сушка и обжиг изделий при использовании традиционного способа производства и автоматизированных поточно-конвейерных линий. Получение крупноразмерной плитки для полов. Производство декорированной плитки для полов. Свойства плиток и требования ГОСТ к ним. Технология плиток для внутренней облицовки стен. Сырьевые материалы, их обработка, требования ГОСТ. Использование местных видов сырья и отходов промышленности в технологии производства плиток для внутренней облицовки стен. Получение и требования к шликеру. Получение пресспорошка в башенных распылительных сушилках и требования к нему по влажности и гранулометрическому составу. Прессование изделий. Факторы, влияющие на свойства сырца и изделий. Сушка, глазурирование и обжиг плиток на автоматизированных поточно-конвейерных линиях. Требования к глазурям в производстве керамических плиток для внутренней облицовки стен. Фасадная керамика. Восьмищелевой кирпич, фасадная облицовочная плитка. Сырьевые материалы, их назначение, требования к ним. Составы шихт, предварительная обработка сырья. Методы формования изделий. Физико-химические</p>
--	---

		<p>процессы, происходящие при сушке и обжиге изделий. Основные свойства изделий и требования ГОСТ.</p> <p>Производство керамзита и аглопотита. Сырье и требования к нему. Обработка сырья. Процессы при вспучивании глин. Влияние химического состава и свойств сырья на процесс вспучивания. Требования к готовым материалам. Новые методы получения керамзита.</p>
P9.2	Производство тонкой и специальной керамики	<p>Классификация кислотоустойчивой керамики. Сырье и требования к нему. Обработка сырья. Методы формования изделий: пластическое формование, полусухое прессование, шликерное литье. Сушка и обжиг изделий. Физико-химические процессы при сушке и обжиге. Характеристика изделий: механическая прочность, химическая стойкость, термостойкость. Свойства кислотоупорной керамики и требования к ней ГОСТ.</p> <p>Технология хозяйственного и художественного фарфора и фаянса. Сырье и требования к нему ГОСТ. Характеристика глин и каолинов, отощающих материалов и плавней, применяемых в технологии тонкой керамики, их назначение в составе масс. Технология производства фарфора и фаянса. Обработка сырья. Получение масс. Методы формования изделий: пластическое формование, полусухое прессование, литье в гипсовые формы, прочие методы формования. Прессовый и беспрессовый шликер для формования изделий из фарфора и фаянса. Утильный и политой обжиг, их особенности и назначение в производстве фарфора и фаянса. Основы технологии глазурей для фарфора и фаянса. Основные компоненты шихт и их назначение. Подбор состава и методы расчета глазурей. Необходимость производства фриттованных глазурей. Методы глазурования изделий.</p> <p>Пористая проницаемая керамика. Основные свойства керамики, методы получения пористой керамики с заданной величиной пор и пористости. Виды связок наполнителей. Технологии получения масс. Методы формования изделий. Сушка и обжиг изделий. Требования к готовой продукции.</p> <p>Технология специальной керамики. Классификация керамических изделий для электро- и радиотехники по Н.П. Богородицкому и И.Д. Фридбергу. Основные требования к изделиям. Назначение изделий. Производство радиотехнической керамики. Сырье в производстве радиотехнической керамики и требования к нему (диоксид титана, карбонаты кальция, бария, стронция, глинозем, диоксид циркония, глины, каолины, тальк и прочие сырьевые материалы). Особенности технологии радио-керамики. Предварительный синтез, «термический синтез», метод соосаждения, их назначение и условия проведения. Свойства керамики для радиоэлектроники (радиотехники): диэлектрическая проницаемость, диэлектрические потери, электрическая прочность, электросопротивление. Влияние температуры на свойства радио-керамики. Механическая прочность радио-керамики. Теория Гриффитса. Плотность керамики и методы получения беспористой (малопористой) керамики. Установочная керамика (высокоглиноземистая, УФ-46, ЦМ-4, стеатитовая керамика СК-1, форотеритовая, шпинельная и периклазовая керамика).</p> <p>Сырьевые материалы в производстве отдельных видов установочной керамики, требования к ним. Тонкий помол в технологии специальной керамики. Методы формования изделий: пластическое формование, полусухое прессование, горячее литье под давлением, прочие методы формования. Литье пленок, основные факторы, влияющие на качество пленки. Конденсаторная керамика. Составы масс, их получение. Методы получения керамики с заданными значениями диэлектрической проницаемости и ее температурного коэффициента. Твердые растворы, их виды и технология получения в производстве конденсаторной керамики (а также сегнето- и пьезо-керамики). Основы технологии, основные процессы при обжиге. Виды конденсаторной керамики (Т-80, Т-20, Т-150 и</p>

		<p>другие). Методы обработки готовых (обожженных) изделий: металлизация, эмалирование, прочие методы. Свойства и требования ГОСТ к конденсаторной керамике. Влияние основных технологических факторов на свойства конденсаторной керамики. Производство низкочастотной конденсаторной керамики. Сырье: титанат бария и другие соединения. Синтез основного соединения. Формование. Обжиг. Свойства и требования к изделиям.</p> <p>Производство сегнето- и пьезокерамики. Назначение данного вида керамики, ее основные свойства. Сырье, применяемое в производстве сегнето- и пьезокерамики. Особенности технологии. Значение процесса поляризации в технологии пьезокерамики.</p> <p>Основы технологии ферритов. Классификация ферритов: магнитомягкие и магнитожесткие материалы. Основное сырье, применяемое в их производстве (оксида железа, никеля, карбонаты марганца, бария и другие). Требования к сырью. Производство никельцинковых ферритов. Основные технологические процессы и параметры производства. Методы формования изделий. Основные свойства и требования к готовым изделиям. Процесс ферритизации. Назначение, условия проведения. Реакции в твердой фазе и их влияние на свойства ферритов. Кинетика образования ферритов. Роль технологических факторов. Структура ферритов. Шпинель, ее характеристика. Влияние состава и структуры на свойства ферритов. Формула Нееля и ее применение для определения намагниченности. Производство марганец-цинковых ферритов. Сырье и требования к нему. Методы формования изделий. Условия обжига ферритов. Производство бариевых ферритов. Сырьевые материалы. Примерный состав шихт. Технологии обработки, формования, обжиг изделий. Основные свойства и требования к готовым изделиям.</p> <p>Тонкая техническая керамика. Области применения. Сырьевые материалы и технология производства тонкой технической керамики. Структура и свойства данного вида керамики. Обработка керамики. Инструменты для обработки керамики. Керамика как материал для инструментов, применяемых для механической обработки металлов и сплавов. Применение керамики в качестве материала для изготовления деталей машин. Термостойкая, жаропрочная и жаростойкая керамика. Использование ионной проводимости керамики. Использование светопрозрачности керамики.</p> <p>Методы получения, физические и технологические свойства тугоплавких неметаллических нанопорошков. Особенности процессов формования и спекания керамики с использованием добавок тугоплавких неметаллических нанопорошков. Направления развития нанотехнологий в керамической промышленности.</p> <p>Бескислородная керамика. Способы синтеза. Технология. Свойства керамики.</p> <p>Технология керамики с высокотемпературной сверхпроводимостью.</p> <p>Перспективы развития керамического производства в России.</p>
--	--	---

### **3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

#### **3.1. Практические занятия**

Не предусмотрено.

#### **3.2. Примерная тематика самостоятельной работы**

##### **3.2.1. Примерный перечень тем рефератов**

Тематика рефератов должна рассматривать аналитический обзор научно-технической и патентной литературы по проблеме, решаемой аспирантом при работе над кандидатской диссертацией.

1. Физико-химия синтеза, технологии производства, состав, свойства и применение сульфатоминатного цемента.

2. Физико-химия синтеза, технологии производства, состав, свойства и применение периклазовых огнеупоров.

3. Физико-химия синтеза, технологии производства, состав, свойства и применение цветного стекла.

Объем реферата 20-25 страниц машинописного текста формата А-4.

### 3.2.2. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

## 4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 1)

### 4.1. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

Применяются утвержденные в Институтах новых материалов и технологий и физико-технологическом критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## 4.2. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

### 4.2.1. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено.

### 4.2.2. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Классификация SiТНМ: по химической природе, по структуре слагающих фаз, по особенностям технологии, строению, функциональному назначению, размерным параметрам.
2. Структура тугоплавких простых и сложных оксидов, углерода, карбидов, нитридов и других бинарных соединений. Особенности структуры кристаллических силикатов. Кремнекислородные мотивы в структурах силикатов. Структура силикатов с крупными катионами.
3. Явления полиморфизма и изоморфизма в SiТНМ. Изоморфные замещения в силикатах. Нестехиометрические твердые тела.
4. Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы. Направления развития нанотехнологий в керамической промышленности.
5. Механические и упругие свойства кристаллических и стеклообразных тел. Пластическая и упругая деформация. Хрупкое разрушение: основные теории, стадии, механизмы. Коэффициент интенсивности напряжений. Влияние микроструктуры и текстуры материалов на их разрушение.
6. Термические напряжения: причины возникновения и виды. Устойчивость материалов к воздействию термических напряжений. Теории термостойкости. Способы повышения стойкости к разрушению SiТНМ.
7. Теплофизические, электрофизические и магнитные свойства SiТНМ. Влияние на них состава, природы химической связи, кристаллической структуры и текстуры материала.
8. Вязкость, поверхностное натяжение и смачивающая способность силикатных расплавов, влияние на них температуры и состава. Стеклообразное состояние, строение и свойства стекол. Свойства силикатных стекол.
9. Химические свойства SiТНМ, их устойчивость к воздействию твердых, жидких и газообразных реагентов различной химической природы.
10. Теоретические основы, сущность, возможности, погрешности, аппаратное оформление важнейших методов исследования структуры и свойств SiТНМ. Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы.
11. Спектроскопические методы: ИК-спектроскопия, флуоресцентный рентгеноспектральный анализ, рентгеноспектральное микрозондирование. Электронный парамагнитный и ядерный магнитный резонанс.
12. Калориметрический анализ, дифференциальный термический и термогравиметрический анализы. Световая микроскопия, петрографический анализ, электронная микроскопия, растровая электронная микроскопия.
13. Определение плотности, вязкости, поверхностного натяжения, микротвердости, а также упругих, прочностных, электрических, магнитных, технических и технологических свойств SiТНМ.
14. Закон Гесса и его применение для определения тепловых эффектов образования соединений, взаимодействия, плавления и кристаллизации, растворения, гидратации, полиморфных превращений в системах силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (SiТНМ).
15. Определение свойств веществ и термодинамических параметров реакций в системах SiТНМ. Энергия кристаллической решетки SiТНМ.
16. Основные закономерности формирования фазового состава SiТНМ. Установление термодинамической вероятности протекания процессов и последовательности фазовых преобразований в системах SiТНМ.
17. Механизмы и кинетика твердофазных реакций. Термодинамические условия достижения равновесия при твердофазных реакциях. Общие понятия о термодинамике необратимых процессов при диффузионном массопереносе. Поведение сырьевых материалов при нагревании.
18. Физико-химическая сущность процессов гидратации и отверждения вяжущих материалов. Гидратированные силикаты, алюминаты и ферриты кальция.
19. Влияние химического и фазового состава и эксплуатационные характеристики SiТНМ.

20. Классификация и характеристика основных и вспомогательных сырьевых материалов. Физико-механическая подготовка сырьевых материалов.

21. Сущность и кинетика процессов измельчения твердых материалов. Закономерности классификации порошков, их технологическая характеристика. Новые методы измельчения. Особенности получения высокодисперсных и нанопорошков.

22. Методики расчетов составов сырьевых смесей. Составление и контроль однородности сырьевых смесей. Технологические свойства и характеристики сырьевых смесей (полусухих масс, суспензий, шликеров, шламов, паст).

23. Строение и реологические свойства дисперсных систем, их связь с процессами формирования. Основные способы формирования изделий в технологии СИТНМ. Важнейшие технологические характеристики процессов формирования и способы управления ими.

24. Процессы сушки в технологии СИТНМ. Процессы тепло- и массообмена, протекающие при сушке. Параметры и режимы сушки, основы расчета оптимальных режимов, способы управления процессом сушки. Современные методы сушки. Сушильные агрегаты: типы, методы расчета.

25. Разновидности и сущность процессов термообработки материалов и изделий. Обжиг, параметры и режимы. Условия и способы теплопередачи при обжиге. Влияние условий обжига на качество изделий. Основные типы тепловых агрегатов различного назначения, особенности теплообмена в них. Расчет основных параметров и тепловых балансов печей.

26. Процессы спекания, их классификация, стадии спекания. Сущность, признаки, движущая сила, механизмы, кинетика процессов спекания и рекристаллизации. Активированное спекание, физические основы.

27. Режимы и условия получения гомогенных расплавов в технологии стекла и ситаллов; условия теплообмена на различных стадиях получения стекломассы. Способы и процессы получения оксидных расплавов.

28. Кристаллизация расплавов. Кинетика и механизмы образования центров кристаллизации и роста кристаллов. Особенности процессов роста кристаллов из слабо и сильно пересыщенных расплавов. Формирование текстуры отливок в процессе кристаллизации. Термические напряжения в отливках. Термообработка отливок.

29. Общие принципы построения технологий СИТНМ: научная обоснованность выбора исходных материалов, технологических операций и их параметров, научная организация труда, ресурсо- и энергосбережение, механизация и автоматизация технологических процессов, управляемость технологии, безопасность труда и экологическая безопасность. Технические требования и управление качеством продукции. Тенденции развития технологий СИТНМ.

30. Технологии стекла, ситаллов и эмали. Классификация промышленных стекол. Основные стадии технологии. Особенности технологии оптического и кварцевого стекла, стекловидных и стеклокристаллических покрытий. Стекло в промышленном и гражданском строительстве, технике, науке и быту.

31. Основные виды керамических материалов и стадии их технологии. Технология функциональной керамики. Керамика в промышленном и гражданском строительстве, технике, науке и быту.

32. Классификация огнеупоров и технологии их производства. Применение огнеупоров.

33. Основные виды вяжущих материалов. Основные стадии и производства. Вяжущие материалы в промышленном и гражданском строительстве, технике, науке и быту.

34. Технология высокотемпературных конструкционных и композиционных материалов. Основные виды, стадии технологий, перспективные области применения.

35. Классификация теплоизоляционных материалов и изделий, основные стадии их технологии. Способы формирования поровых и волокнистых структур.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Рекомендуемая литература

#### 5.1.1. Основная литература

1. Сулименко, Л.М. Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов / Л.М. Сулименко, И.А. Тихомирова. – М.: РХТУ, 2000.
2. Урьев, Н.Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов / Н.Б. Урьев. – М.: Химия, 1988.
3. Бутт, Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов / Ю.М. Бутт, М.М. Сычев, В.В. Тимашев. – М.: Высшая школа, 1980. – 472 с.
4. Химическая технология керамики / Под ред. И.Я. Гузмана. М.: Стройматериалы, 2003. 496 с.
5. Кащеев, И.Д. Химическая технология огнеупоров / И.Д. Кащеев, К.К. Стрелов, П.С. Мамыкин. – М.: Интермет Инжиниринг, 2007. – 752 с.
6. Кащеев, И.Д. Технология неформованных огнеупоров / И.Д. Кащеев, К.Г. Земляной. – Москва; Вологда: Инфа-Инженерия, 2022. – 424 с.
7. Гулоян, Ю.А. Физико-химические основы технологии стекла / Ю.А. Гулоян. – Владимир: Транзит-ИКС, 2008. – 736 с.

#### 5.1.2. Дополнительная литература

1. Стрекаловский, В.Н. Оксиды с примесной разупорядоченностью. Состав, структура, фазовые превращения / В.Н. Стрекаловский, Ю.М. Полежаев, С.Ф. Пальгуев. – М.: Наука, 1987.
2. Сулименко, Л.М. Агломерационные процессы в производстве строительных материалов / Л.М. Сулименко, Б.С. Альбац. – М.: ВНИИЭСМ, 1994. – 296 с.
3. Бабушкин, В.И. Термодинамика силикатов / В.И. Бабушкин, Г.М. Матвеев. – М.: Стройиздат, 1986. – 386 с.
4. Химическая технология стекла и ситаллов / Под ред. Н.М. Павлушкина. – М.: Стройиздат, 1983. – 432 с.
5. Маневич, В.Е. Сырьевые материалы, шихта и стекловарение / В.Е. Маневич, К.Ю. Субботин, В.В. Ефременков. – М.: Стройматериалы, 2008. – 224 с.
6. Пащенко, А.А. Вяжущие материалы / А.А. Пащенко, В.П. Сербин, Е.А. Старчевская. – Киев: Высшая школа, 1985. – 440 с.
7. Тейлор, Х. Химия цементов / Х. Тейлор. – М.: Мир, 1996. – 550 с.
8. Осокин, А.П. Модифицированный портландцемент / А.П. Осокин, Ю.Р. Кривобородов, Е.Н. Потапова. – М.: Стройиздат, 1993. – 328 с.
9. Пьячев, В.А. Производство и применение клинкерных цементов / В.А. Пьячев, Ф.Л. Капустин. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – 322 с.
10. Кузнецова, Т.В. Специальные цементы / Т.В. Кузнецова, М.М. Сычев, А.П. Осокин и др. – С.-Пб.: Стройиздат, 1997. – 314 с.
11. Стрелов, К.К. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов / К.К. Стрелов, И.Д. Кащеев. – М.: Metallurgy, 1996. – 608 с.
12. Стрелов, К.К. Технология огнеупоров / К.К. Стрелов, И.Д. Кащеев, П.С. Мамыкин. – М.: Metallurgy, 1988.
13. Кащеев, И.Д. Оксидноуглеродистые огнеупоры / И.Д. Кащеев. – М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – 265 с.
14. Кащеев, И.Д. Свойства и применение огнеупоров / И.Д. Кащеев, К.К. Стрелов. – М.: Теплотехник, 2004. – 352 с.
15. Хорошавин, Л.Б. Магнезиальные бетоны / Л.Б. Хорошавин. – М.: Metallurgy, 1993.
16. Химическая технология керамики / Под ред. И.Я. Гузмана. М.: Стройматериалы, 2003. 496 с.
17. Балкевич, В.Л. Техническая керамика / В.Л. Балкевич. – М.: Стройиздат, 1984. – 256 с.
18. Канаев, В.К. Новая технология строительной керамики / В.К. Канаев. – М.: Стройиздат, 1990. – 264 с.

19. Масленникова, Г.Н. Керамические материалы / Г.Н. Масленникова, Р.А. Мамаладзе. – М.: Стройиздат, 1991. – 320 с.

20. Крупа, А.А. Химическая технология керамических материалов / А.А. Крупа, В.С. Городов – Киев: Высшая школа, 1990. – 399 с.

21. Тонкая техническая керамика: Под ред. Х. Янагиды. – М.: Металлургия, 1986. – 278 с.

### **5.2. Методические разработки**

Не используются.

### **5.3. Программное обеспечение**

1. Microsoft office (Word, Excel, Power point);

2. Adobe Reader.

### **5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>;

2. Web of Science: <http://apps.webofknowledge.com>;

3. Scopus: <http://www.scopus.com>;

4. Reaxys: <http://reaxys.com>;

5. Поисковая система EBSCO Discovery Service <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=141>;

6. Федеральный институт промышленной собственности <http://www1.fips.ru>;

7. Интеллектуальная поисковая система Нигма.РФ . режим доступа: <http://www.nigma.ru>.

### **5.5. Электронные образовательные ресурсы**

1. Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru>;

2. Каталоги библиотеки <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=76>;

3. Электронный каталог <http://opac.urfu.ru>;

4. Электронно-библиотечные системы <http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2330>;

5. Электронные ресурсы свободного доступа <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=75>;

6. Электронные ресурсы по подписке <http://lib.urfu.ru/mod/data/view.php?id=1379>.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием**

Уральский федеральный университет имеет специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования.