

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Н. Филатов

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Химическая технология керамики»**

**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология**

**Профиль – «Химическая технология керамики»**

**Квалификация «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**  
на заседании Методической комиссии  
РХТУ им. Д.И. Менделеева  
«25» мая 2022 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров

**Москва 2022**

Программа составлена заведующим кафедрой Химической технологии керамики и огнеупоров Н.А. Макаровым и доцентом кафедры Химической технологии керамики и огнеупоров Д.О. Лемешевым.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химической технологии керамики и огнеупоров РХТУ им. Д.И. Менделеева «15» апреля 2022 г., протокол № 10.

## 1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (ФГОС ВО), рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой Химической технологии керамики и огнеупоров РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Химическая технология керамики» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области неорганического материаловедения, в частности в области технологии высокотемпературных силикатных материалов.

**Цель дисциплины** – приобретение обучающимися знаний основных процессов керамических производств, технологий основных видов керамических изделий (технической керамики, огнеупоров, строительной и хозяйственной керамики) и их физико-химических свойств (структурных, механических, термомеханических, теплофизических, электрофизических, магнитных, оптических и др.).

**Задачи дисциплины** – формирование представлений об основах технологии керамики, методах исследования керамических материалов; ознакомление с процессами изготовления керамических материалов и изделий основных видов; ознакомление с методами проведения стандартных испытаний по определению свойств керамических материалов.

Дисциплина «Химическая технология керамики» преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

**Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-1 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции.</p>	<p>ПК-1.1 Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса.</p> <p>ПК 1.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции.</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н,</p>

				Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Обеспечение полного технологического цикла научно-технической разработки и испытаний наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами. Изготовление изделий из функциональных конструкционных материалов для высокотехнологичных отраслей промышленности.	Химическое, химико-технологическое производство  Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов).	ПК-5. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования тугоплавких неметаллических и силикатных материалов.	ПК-5.1. Знает физико-химические основы получения тугоплавких неметаллических и силикатных композиционных материалов.	Профессиональный стандарт 25.053 Специалист по разработке неметаллических композиционных материалов и покрытий в ракетно-космической промышленности (утв. приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 03.09.2018 № 573н.) G/03.6 Анализ результатов входного контроля неметаллических композиционных материалов специализированного назначения, используемых для производства ракетно-космических комплексов и систем высокой надежности, причин несоответствия требованиям технологической документации при изготовлении деталей и
			ПК-5.2. Умеет производить поисковые работы для разработки новых методов производства тугоплавких неметаллических и силикатных композитов.	
			ПК-5.3. Владеет методами получения композиционных материалов.	

				<p>сборочных единиц из неметаллических композиционных материалов</p> <p>Профессиональный стандарт 26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов (утв. приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 08.09.2015 № 604н.)</p> <p>В/04.6 Организация проведения испытаний технологических и функциональных свойств наноструктурированных композиционных материалов</p> <p>Профессиональный стандарт 40.103 Специалист формообразования изделий из наноструктурированных керамических масс (утв. приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 15.09.2015 № 639н.)</p> <p>Обобщенная трудовая функция С. Обеспечение технологии формообразования и обработки изделий из наноструктурированных керамических масс</p>
--	--	--	--	---

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- технологические процессы получения основных видов керамики и огнеупоров;
- методы теоретического проектирования и экспериментального исследования структуры и свойств основных видов керамики и огнеупоров;
- основные требования стандартов на сырьевые материалы и готовую продукцию;
- основы охраны труда, техники безопасности, противопожарной безопасности и защиты окружающей среды при организации и управлении производствами керамики и огнеупоров.

*Уметь:*

- применять теоретические знания по химии и технологии керамических и огнеупорных материалов в курсовом и дипломном проектировании, а также при прохождении производственной практики;
- устанавливать требования к технологическим процессам с целью снижения материалоемкости, энергоемкости и создания малоотходных технологий;
- определять свойства различных видов керамических материалов;
- проводить анализ научно-технической литературы.

*Владеть:*

- знаниями о взаимосвязи состава, структуры, свойств и технологии основных видов керамических материалов;
- знаниями о технологическом процессе производства керамических материалов как единой цепочке последовательных взаимосвязанных стадий;
- методами организации и осуществления контроля свойств готовой продукции, способами поиска и анализа научно-технической литературы.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>8</b>	<b>288</b>	<b>216</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,67</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>0,89</i>	<i>32</i>	<i>32</i>
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
Лабораторные работы (ЛР)	0,89	32	24
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>0,89</i>	<i>32</i>	<i>32</i>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>4,33</b>	<b>156</b>	<b>117</b>
Контактная самостоятельная работа	4,33	-	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		156	117
<b>Вид контроля:</b>			
<b>Экзамен</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Экзамен</b>		

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов					
		Всего	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	<i>в т.ч. в форме пр. подг.</i>	Сам. работа
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Введение.</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Процессы технологии керамики.</b>	<b>98</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>56</b>
2.1	Измельчение и зерновой состав порошков.	15	2	3	-	-	10
2.2	Смешивание и подготовка масс.	16	2	2	4	4	8
2.3	Методы формования полуфабриката.	21	2	3	8	8	8
2.4	Сушка керамического полуфабриката.	16	2	2	4	4	8
2.5	Обжиг керамического полуфабриката.	16	2	2	-	-	12
2.6	Дополнительные виды обработки керамических изделий.	14	2	2	-	-	10
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Строение и свойства керамики</b>	<b>138</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>92</b>
3.1	Фазовый состав, макро- и микроструктура, пористость и плотность керамики.	14	2	2	-	-	10
3.2	Механические и упругие свойства керамики.	24	4	2	8	8	10
3.3	Теплофизические свойства керамики.	18	2	2	4	4	10
3.4	Огнеупорность и деформационные свойства керамики при повышенных температурах.	16	2	2	-	-	12

3.5	Электрофизические свойства керамики.	14	2	2	-	-	10
3.6	Пьезокерамические материалы.	13	2	1	-	-	10
3.7	Магнитные свойства керамики.	12	1	1	-	-	10
3.8	Оптические свойства керамики.	14	2	2	-	-	10
3.9	Химические свойства керамики.	13	1	2	-	-	10
	<b>ИТОГО</b>	<b>252</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>156</b>
	<b>Экзамен</b>	<b>36</b>					
	<b>ИТОГО</b>	<b>288</b>					

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### Раздел 1. Введение

Краткие сведения по истории керамики, современный уровень и перспективы развития.

Обобщенная схема технологического процесса производства керамики и огнеупоров и характеристика основных переделов.

Основные характеристики, используемые для описания упаковки твердой фазы и соотношения между твердой, жидкой и газообразной фазами.

Основные типы структур керамических материалов. Плотнospекшаяся керамика, керамика зернистого строения, пористая проницаемая керамика, керамика из ультрадисперсных порошков.

### Раздел 2. Процессы технологии керамики.

#### 2.1 Измельчение и зерновой состав порошков.

Взаимосвязь структуры керамических материалов с дисперсностью исходных порошков. Методы представления и характеристики зернового состава. Классификация и характеристика методов диспергирования. Механизмы диспергирования. Агрегаты, используемые для измельчения, и области их применения.

Тонкий помол. Основные способы тонкого помола. Методы защиты измельчаемых материалов от загрязнения.

Особенности измельчения пластичных материалов.

Разделение порошков по крупности. Подбор зернового состава порошков. Характеристика упаковки моно- и полифракционных порошков. Прерывные и непрерывные зерновые составы.

#### 2.2. Смешивание и подготовка масс.

Требования к однородности масс, способы ее оценки. Типовые схемы приготовления формовочных масс для полусухого прессования, пластического формования, шликерного литья. Строение формовочных масс.

Временные технологические связи и их роль при формовании и сушке, компоненты связок, требования к связкам.

#### 2.3. Методы формования полуфабриката.

Полусухое прессование. Сущность метода. Классификация способов прессования по направлению усилий, скорости и режиму нагружения. Феноменологическое описание одноосного прессования в жесткой матрице. Поведение твердой, жидкой и газообразной фаз при прессовании. Влияние давления и времени прессования на плотность полуфабриката. Взаимосвязь уплотняемости и плотности полуфабриката с давлением прессования и содержанием связки. Понятия критических влажности, плотности и давления. Распределение давления и плотности по высоте заготовки. Способы повышения равномерности. Двустороннее и ступенчатое одноосное прессование, прессование в «плавающих» формах.

Изостатическое прессование и его варианты.

Гидродинамическое, электрогидродинамическое и взрывное прессование.

Вибрационное формование. Варианты метода. Влияние основных факторов на плотность полуфабриката.

Пластическое формование и его варианты. Деформационные свойства пластичных масс. Методы оценки пластичности. Влияние основных факторов (содержания дисперсионной среды, дисперсности твердой фазы, газовых включений) на свойства пластичных масс.

Формование заготовок выдавливанием. Особенности деформации массы в шнековых и поршневых прессах.

Формование методом раскатки. Основные факторы, определяющие протекание процесса. Формы для изготовления изделий и предъявляемые к ним требования.

Метод допрессовки.

Формование методом обточки.

Литье керамических шликеров. Классификация методов литья. Требования к литьевым суспензиям. Литье из водных суспензий. Способы регулирования свойств шликера и полуфабриката. Интенсификация литья.

Литье полуфабриката из неводных суспензий. Пленочное литье.

Литье из термопластичных шликеров. Основные особенности и варианты метода. Способы регулирования свойств шликера. Основные особенности удаления временной технологической связки.

#### 2.4. Сушка керамического полуфабриката.

Удаление временной технологической связки как процесс внутреннего и внешнего массообмена. Усадочные явления в процессе сушки. Максимально допустимая скорость сушки. Методы оценки сушильных свойств полуфабриката и длительности сушки. Основные методы сушки керамического полуфабриката и способы ее интенсификации.

#### 2.5. Обжиг керамического полуфабриката.

Основные процессы, происходящие при обжиге. Изменение свойств полуфабриката в обжиге. Спекание как основной процесс, происходящий при обжиге. Основные стадии спекания. Способы оценки и характеристики спекания.

Твердофазное спекание. Влияние основных факторов. Способы интенсификации.

Реакционное спекание.

Жидкофазное спекание. Основные стадии процесса. Влияние основных факторов и способы интенсификации. Жидкофазное спекание при взаимодействии твердой и жидкой фаз.

2.6. Дополнительные виды обработки керамических изделий: шлифовка, полировка, металлизация, пайка, декорирование.

### **Раздел 3. Строение и свойства керамики.**

#### 3.1. Фазовый состав, макро- и микроструктура, пористость и плотность керамики.

Распределение кристаллической и стекловидной фаз и пор. Виды пор, проницаемость к флюидам и ее связь с поровой структурой. Параметры, характеризующие поровую структуру, распределение пор по размерам. Методы исследования фазового состава, микроструктуры и пористости.

#### 3.2. Механические и упругие свойства керамики.

Упругие свойства керамики, механизмы разрушения керамики. Прочность керамики при различных видах механических воздействий. Трещиностойкость керамики и способы ее повышения. Твердость и износостойкость керамики. Методы определения механических и упругих свойств керамики. Зависимость свойств от структуры материала и температуры.

#### 3.3. Теплофизические свойства керамики.

Теплоемкость, термический коэффициент линейного расширения, теплопроводность и температуропроводность керамики, их зависимость от состава и температуры. Методы оценки. Термические напряжения в материале и изделиях, термостойкость керамики. Факторы, определяющие термостойкость. Методы ее оценки. Пути повышения термостойкости. Морозостойкость керамики.

3.4. Огнеупорность и деформационные свойства керамики при повышенных температурах.

Огнеупорность и определяющие ее факторы. Ползучесть (крип) керамики. Методы оценки. Влияние структуры, пористости, температуры. Длительная прочность керамики.

#### 3.5. Электрофизические свойства керамики.

Проводимость керамики, ее механизмы и температурная зависимость. Керамические проводники, сверхпроводники, полупроводники и диэлектрики. Поляризация керамики, ее виды и связь с диэлектрической проницаемостью.

Температурная и частотная зависимость диэлектрической проницаемости керамики. Диэлектрические потери, их виды и связь с химическим, фазовым составом и структурой керамики. Температурная и частотная зависимости диэлектрических потерь. Электрическая прочность керамики, виды и механизмы пробоя. Методы измерения электрических свойств.

### 3.6. Пьезокерамические материалы.

Основные показатели. Влияние состава и структуры на пьезосвойства.

### 3.7. Магнитные свойства керамики.

Основные сведения о природе ферромагнетизма керамики, намагниченность, магнитная проницаемость, коэрцитивная сила. Температура Кюри. Магнитомягкие и магнито жесткие ферриты. Влияние структуры на магнитные свойства.

### 3.8. Оптические свойства керамики.

Взаимодействие керамики со светом, рассеяние, поглощение и отражение света. Керамика как полупрозрачное тело, белизна керамики и методы ее оценки. Влияние примесей на оптические свойства керамики.

### 3.9. Химические свойства керамики.

Факторы, определяющие сопротивление коррозии: химическая инертность главных и второстепенных составляющих керамики, поверхностная текстура и пористость, образование защитного слоя, температура. Поведение различных видов керамики в коррозионных средах. Шлако- и стеклоустойчивость, устойчивость керамики к действию воды и ее паров (влажностное расширение), кислот, щелочей, газовых сред, биосовместимость керамики. Каталитические свойства керамики.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	<b>Знать:</b>			
1	– технологические процессы получения основных видов керамики и огнеупоров;	+	+	
2	– методы теоретического проектирования и экспериментального исследования структуры и свойств основных видов керамики и огнеупоров;	+		+
3	– основные требования стандартов на сырьевые материалы и готовую продукцию;		+	+
4	– основы охраны труда, техники безопасности, противопожарной безопасности и защиты окружающей среды при организации и управлении производствами керамики и огнеупоров.		+	
	<b>Уметь:</b>			
5	– применять теоретические знания по химии и технологии керамических и огнеупорных материалов в курсовом и дипломном проектировании, а также при прохождении производственной практики;		+	
6	– устанавливать требования к технологическим процессам с целью снижения материалоемкости, энергоемкости и создания малоотходных технологий;		+	
7	– определять свойства различных видов керамических материалов;			+
8	– проводить анализ научно-технической литературы.	+	+	+
	<b>Владеть:</b>			
9	– знаниями о взаимосвязи состава, структуры, свойств и технологии основных видов керамических материалов;	+		+
10	– знаниями о технологическом процессе производства керамических материалов как единой цепочке последовательных взаимосвязанных стадий;		+	
11	– методами организации и осуществления контроля свойств готовой продукции, способами поиска и анализа научно-технической литературы;		+	

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>профессиональные компетенции</i> и <i>индикаторы их достижения</i> :					
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>			
12	– ПК-1 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции.	– ПК-1.1 Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса.	+		+
13		– ПК 1.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции.	+	+	+
14		– ПК-1.3 Владеет навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.	+	+	
15	– ПК-5. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования тугоплавких неметаллических и силикатных материалов.	– ПК-5.1. Знает физико-химические основы получения тугоплавких неметаллических и силикатных композиционных материалов.		+	+
16		– ПК-5.2. Умеет производить поисковые работы для разработки новых методов производства тугоплавких неметаллических и силикатных композитов.	+	+	+
17		– ПК-5.3. Владеет методами получения композиционных материалов.		+	

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	Основные принципы производства керамических изделий и огнеупоров, а также их классификация.	2
2	Раздел 2	Стеновые материалы. Керамический кирпич, стеновые камни и особенности их технологии.	2
3	Раздел 2	Технологии плиток для стен и полов. Технология универсальных плиток.	2
4	Раздел 2	Технологии хозяйственно-бытовой керамики.	2
5	Раздел 2	Технологии изделий из фаянса и фарфора.	2
6	Раздел 2	Требования к огнеупорным материалам и теплоизоляционным материалам Особенности производства.	2
7	Раздел 2	Волокнистые теплоизоляционные материалы. Особенности технологии.	2
8	Раздел 2	Перспективы совершенствования технологии керамических материалов.	2
9	Раздел 3	Классификации и отличительные особенности технической керамики.	2
10	Раздел 3	Керамика из простых и сложных тугоплавких оксидов.	2
11	Раздел 3	Керамика на основе силикатов и алюмосиликатов.	2
12	Раздел 3	Керамика на основе диоксида титана, титаната бария и других соединений с высокой диэлектрической проницаемостью.	2
13	Раздел 3	Керамические конденсаторы, сегнетозлектрики, пьезокерамика. Ферромагнитная керамика.	2
14	Раздел 3	Машиностроительная керамика.	2
15	Раздел 3	Сверхпроводящая керамика. Оптически прозрачная керамика.	2
16	Раздел 3	Керамическая броня. Биоактивная и биоинертная керамика.	2

### 6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Химическая технология керамики», а также дает знания о методиках основных переделов производства керамики и определения эксплуатационных свойств керамических изделий и требованиям к выполнению методик, обеспечивающих достоверность получаемых результатов.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 30 баллов (максимально по 5 баллов за каждую работу – 2 за решение задачи по тематике лабораторной работы, 2 за допуск к выполнению лабораторной и 1 – за защиту выполненной лабораторной работы). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

## Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Трудоемкость, акад. ч.	Наименование лабораторных работ
1	1	4	Определение пористости, водопоглощения и средней плотности керамических материалов
2	3	4	Определение модуля упругости керамических материалов
3	2	4	Изучение прессуемости керамических порошков
4	3	8	Определение термической стойкости и механической прочности керамики
5	2	4	Определение числа пластичности формовочной массы
6	2	8	Изучение разжижаемости, набора массы и водоотдачи глинистых шликеров

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- оформление лабораторного журнала, решение задач и подготовку к выполнению и защите лабораторного практикума (6 семестр) по дисциплине;
- подготовку к сдаче экзамена (6 семестр).

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 30 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 30 баллов) и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

### 8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Реферативно-аналитическая работа по дисциплине не предусмотрена.

### 8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрена 2 контрольные работы (1 контрольная работа для 1 и 2 раздела и 1 – для раздела 3). Максимальная оценка за контрольную работу № 1 составляет 16 баллов, 14 баллов отводятся на контрольную работу № 2.

**Раздел 1 и 2. Примеры вопросов к контрольной работе №1. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 4 балла за каждый вопрос.**

**Вариант 1.**

1. Какое количество глины с влажностью 17% необходимо добавить к 11 м<sup>3</sup> водной суспензии с влажностью 42% для доведения влажности суспензии до 33,0%? Плотность сухой глины 2,47 г/см<sup>3</sup>. Рассчитайте начальное и конечное объемное содержание воды в суспензии и ее массу.

2. Постройте кривую распределения частиц по размерам, если параметры уравнения Андресена:  $n = 0,15$  и  $D_{\max} = 1,3$  мм.

3. Можно ли на образцах диаметром 50 и высотой 20 мм моделировать прессование заготовок размером 45\*70\*150 мм? Какую форму образцов Вы можете предложить?

4. Горячее литье заготовок. Факторы, определяющие технологические свойства литейных шликеров.

**Вариант 2.**

1. Составьте рецепт загрузки шаровой мельницы объемом 10 дм<sup>3</sup> для приготовления суспензии корунда, если полезная загрузка мельницы по объему 0,50, соотношение шары: корунд: связка по объему 1:1:1, а плотность шаров, материала и парафина 7,80, 3,95 и 0,768 г/см<sup>3</sup>, соответственно.

2. Постройте кривые распределения по размерам частиц по следующим зависимостям:

$$y_i = 0,32 + 0,75 (d_i/2,0)^{0,5} \text{ и } y_i = (d_i/2,0)^{0,4}$$

3. Оцените минимальное время сушки фарфоровой заготовки толщиной 2,5 мм от начальной относительной влажности 16% до конечной влажности 2,5%, если допустимый влагосъем составляет 1770 г/м<sup>2</sup>\*час, а плотность влажной заготовки 2,2 г/см<sup>3</sup>, сушка двусторонняя. Рассчитайте исходное и конечное объемное содержание воды в заготовке и количество воды испаряемой из заготовки объемом 100 см<sup>3</sup>.

4. Виброформование. Основные варианты метода.

**Вариант 3.**

1. Какое количество глины с влажностью 21% необходимо добавить к 15 т водной суспензии с влажностью 42,0% для доведения влажности суспензии до 33,0%? Плотности сухой глины 2,47 г/см<sup>3</sup>. Рассчитайте начальное и конечное (массовое и объемное) содержание воды в суспензии, а также начальное и конечное количество глины и воды в смесителе.

2. Оцените скорость оседания и силы, действующие на частицу диоксида титана размером 4 мкм в водном растворе поливинилового спирта с плотностью 1,05 г/см<sup>3</sup>, вязкостью 25 пз и пределом текучести 13 Па. Плотность диоксида титана 4,20 г/см<sup>3</sup>. Рассчитайте критерий Рейнольдса для осаждения такой частицы.

3. Какое время необходимо для набора стенки толщиной 6 мм при шликерном литье, если стенка толщиной 2,8 мм формируется за 25 мин?

4. Факторы, определяющие технологические свойства водных литейных шликеров. Виды брака при шликерном литье.

**Вариант 4.**

1. Выведите формулу для расчета количества воды, которое необходимо ввести в заданный объем суспензии для изменения ее влажности от одного значения до другого.

2. Постройте кривую распределения по размерам частиц (выход по минусу) по следующей зависимостям:

$$y_i = 0,32 + 0,75 (d_i/2,0)^{0,5} \text{ и } y_i = (d_i/1,2)^{0,6}$$

3. Оцените скорость оседания и число Рейнольдса для корундовых частиц диаметром 0,2 мм в водной суспензии корундовых частиц размером 1 мкм при влажности суспензии 50%, приняв суспензию тонкомолотого корунда за дисперсионную среду. Для расчета вязкости суспензии используйте уравнение Кургаева:

$$\eta = \eta_0 * [1 + 2 * C_v(1 + C_v)/(1 - C_v)]$$

где  $\eta_0$  – вязкость воды;  $C_v$  – объемное содержание твердой фазы.

Сравните результат при случая расчета вязкости по уравнению Майклза:

$$\eta = \eta_0 * \{1 + [(1,25 * C_v)/(1 - C_v/0,74)]\}$$

4. Оцените минимальное время сушки фарфоровой заготовки толщиной 12 мм от начальной относительной влажности 17,5% до конечной влажности 3,6%, если допустимый влагосъем составляет 1560 г/м<sup>2</sup>\*час, а плотность влажной заготовки 2,32 г/см<sup>3</sup>. Рассчитайте исходное и конечное объемное содержание воды и количество испаряемой влаги, если начальная масса заготовки 18 кг. Сушка двусторонняя.

5. Физико-химические основы шликерного литья. Способы управления технологическими свойствами водных шликеров из оксидов.

### Вариант 5.

1. Выведите формулу для расчета критической плотности и критического содержания жидкой фазы при полусухом прессовании заготовок.

2. Постройте кривую распределения частиц по размерам, если параметры уравнения Андресена:  $n = 0,35$  и  $D_{max} = 2,5$  мм.

3. Оцените минимальное время сушки фарфоровой заготовки толщиной 2 мм от начальной относительной влажности 14% до конечной влажности 1,5%, если допустимый влагосъем составляет 1700 г/м<sup>2</sup>\*час, плотность влажной заготовки 2,2 г/см<sup>3</sup>, сушка односторонняя. Рассчитайте исходное и конечное объемное содержание воды в заготовке массой 50 г.

4. Методы литья заготовок из глиносодержащих масс. Способы интенсификации.

### Вариант 6.

1. Рассчитайте пористость засыпки шаров, упакованных с координационными числами 8 и 6.

2. Определите плотность двухфазной смеси фенолформальдегидной смолы и кварца при массовом соотношении компонентов 1:1, если плотности смолы и кварца равны 1,30 и 2,65 г/см<sup>3</sup>, соответственно.

3. Рассчитайте высоту засыпки прессформы, если насыпная плотность пресспорошка 1,45 г/см<sup>3</sup>, плотность заготовки 2,20 г/см<sup>3</sup>, а ее высота 7,5 мм.

4. Полусухое прессование. Сравнительная характеристика методов.

### Вариант 7.

1. Выведите уравнение для расчета количества воды (массового и объемного), которое необходимо добавить для доведения влажности суспензии от одного значения до другого.

2. Постройте кривые распределения частиц по размерам по следующим данным:

Номер сита	2	1	08	063	05	045	035	020	проход
Остаток, г	1,0	2,3	4,3	5,6	7,2	6,3	4,5	8,9	3,5

Подберите параметры регрессионного уравнения.

3. Оцените минимальное время сушки заготовки толщиной 3 см от начальной относительной влажности 19,5% до конечной влажности 2%, если допустимый влагосъем составляет 0,24 г/см<sup>2</sup>\*час, плотность влажной заготовки 1,75 г/см<sup>3</sup>. Сушка двусторонняя.

4. Изостатическое прессование. Сравните метод с прессованием в жесткую форму и виброформованием.

### Вариант 8.

1. Выведите точное соотношение между объемной и линейной усадками, если усадка изотропная. Оцените усадку заготовки и относительную погрешность расчетов по точной и упрощенной формулам при спекании от начальной пористости 24% до теоретической плотности и до остаточной пористости 5%.

2. Постройте кривую распределения по размерам частиц по следующим зависимостям:

$$y_i = (d_i/3,5)^{0,5} \text{ и } y_i = 0,15 + 0,885*(d_i/3,5)^{0,5}$$

3. Можно ли на образцах диаметром 45 и высотой 45 мм моделировать процесс двустороннего прессования корундовых изделий размером 65\*125\*260 мм? Предложите свой вариант модельных образцов.

4. Способы описания и определения дисперсности порошков. Области применения.

### Вариант 9.

1. Выведите формулу для расчета суммарной плотности трехкомпонентной системы в зависимости от объемного и массового содержания фаз.

2. Постройте функции распределения частиц по размерам.

Номер сита	2	1	085	06	05	04	025	015	<015
Масса, г	6,8	10,2	11,4	10,5	14,0	12,2	15,0	14,0	3,5

Подберите параметры регрессионного уравнения.

3. В стальной прессформе при одностороннем прессовании (давление 100 МПа) отформованы 2 вида заготовок высотой 60 мм диаметром 30 и 60 мм. Оцените пористости на глубине 40 мм и у поверхности прессующего пунсона, если параметры уравнения Бережного  $a=50$  и  $b=15$ , коэффициент внешнего трения 0,30, а бокового распора - 0,17. Сравните значения пористости образцов и их значения при двустороннем прессовании.

4. Причины образования трещин при прессовании. Способы предотвращения.

### Вариант 10.

1. Определите возможную максимальную плотность упаковки твердой фазы в заготовке при массовом содержании временной технологической связки 5,8%, если плотности твердой фазы и связки 5,27 и 1,05 г/см<sup>3</sup>, соответственно.

2. Какое количество водной суспензии кварца с плотностью 1,84 г/см<sup>3</sup> необходимо добавить к 20 дм<sup>3</sup> суспензии с плотностью 1,10 г/см<sup>3</sup>, чтобы получить суспензию с влажностью 35%? Плотность кварца 2,54 г/см<sup>3</sup>. Рассчитайте начальное и конечное (объемное и массовое) содержание воды в суспензии. Какой объем займет эта суспензия, какова ее плотность?

3. Каким должен быть размер прессформы для изготовления цилиндрических образцов диаметром 30,0 мм, если усадки в сушке и обжиге изотропные, составляют соответственно 2,5 и 6,0%, а упругое расширение заготовки после прессования - 1,5%?

4. Горячее литье заготовок. Влияние технологических факторов на их свойства. Виды брака и способы его предотвращения.

**Примеры вопросов к контрольной работе №2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 7 баллов за каждый вопрос.**

### Вариант 1

1. Механическая прочность керамических материалов. Теоретическая и реальная прочность. Зависимость механической прочности от пористости, размера и формы пор, фазового состава.

2. Морозостойкость. Классификация пор с позиций морозостойкости. Методы определения.

### **Вариант 2**

1. Механическая прочность. Теоретическая и реальная прочность. Зависимость прочности материалов различной природы от температуры.
2. Электропроводность. Зонная теория проводимости. Виды носителей электрического заряда.

### **Вариант 3**

1. Трещиностойкость. Определение трещиностойкости. Модуль Вейбулла. Способы оценки и физический смысл модуля Вейбулла.
2. Электропроводность. Температурная зависимость проводимости. Собственная и примесная проводимость.

### **Вариант 4**

1. Модули упругости I и II рода. Коэффициент Пуассона. Связь между модулями упругости. Зависимость модуля упругости от фазового состава, пористости.
2. Электропроводность. Основное уравнение электропроводности. Влияние различных факторов на электропроводность.

### **Вариант 5**

1. Температура деформации под нагрузкой. Факторы, влияющие на температуру деформации под нагрузкой. Характерные точки на кривой деформация – температура.
2. Диэлектрическая проницаемость. Абсолютная и относительная проницаемость. Поляризация. Поляризуемость. Понятие о локальном поле диэлектрика.

### **Вариант 6**

1. Ползучесть аморфных и кристаллических тел. Факторы, влияющие на ползучесть.
2. Механизмы поляризации.

### **Вариант 7**

1. Кривоустойчивость. Стадии ползучести. Ползучесть Кобла и Набарро – Херринга. Общее представление о картах деформации.
2. Диэлектрическая проницаемость. Поляризация. Поляризуемость. Частотная зависимость поляризуемости.

### **Вариант 8**

1. Теплоемкость. Виды теплоемкости Температурная зависимость теплоемкости. Температура Дебая.
2. Диэлектрическая проницаемость. Группы материалов по диэлектрической проницаемости. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости.

### **Вариант 9**

1. Температурный коэффициент линейного и объемного расширения. Связь между ними. Средний и истинный ТКЛР. Влияние структуры кристаллической решетки на ТКЛР. ТКЛР многофазных материалов.
2. Диэлектрические потери. Виды потерь. Частотная и температурная зависимости диэлектрических потерь.

### **Вариант 10**

1. Теплопередача. Теплопроводность. Фононная теория теплопроводности. Температурная зависимость теплопроводности. Температура Дебая.
2. Пробой диэлектрика. Пробивное напряжение. Механизмы пробоя.

### **Вариант 11**

1. Факторы, влияющие на теплопроводность. Теплопроводность многофазных материалов.
2. Сегнетоэлектрики. Петля сегнетоэлектрического гистерезиса. Характерные точки. Сегнетожесткие и сегнетомягкие материалы.

### **Вариант 12**

1. Термостойкость. Теория максимальных напряжений. Критерии термической стойкости  $R^0$ ,  $R^I$ ,  $R^{II}$ , их физический смысл. Способы повышения термической стойкости.
2. Пьезоэффект. Электрострикция. Параметры, характеризующие пьезоэлектрические свойства материалов.

### **Вариант 13**

1. Термостойкость. Теория двух стадий. Критерии термической стойкости  $R^{III}$ ,  $R^{IV}$ , их физический смысл. Способы повышения термической стойкости.
2. Сегнетоэлектрический эффект. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры для сегнетоэлектриков на примере  $BaTiO_3$ . Температура Кюри.

### **Вариант 14**

1. Термическая стойкость. Влияние хрупкости на термическую стойкость. Критерии сопротивления. Способы создания термостойких структур.
2. Магнитный момент. Природа магнитного поля. Магнетон Бора. Кривая магнитного гистерезиса, характерные точки. Магнитожесткие и магнитомягкие материалы.

### **Вариант 15**

1. Понятия: фазовый состав; общая, открытая, закрытая пористость; относительная, средняя и истинная плотность. Связь между указанными характеристиками.
2. Теплоемкость. Виды теплоемкости. Изменение теплоемкости при фазовых переходах I и II рода.

### **Вариант 16**

1. Оценка термической стойкости методами теплосмен, максимального температурного перепада, по потере прочности материала.
2. Длительная прочность. Способы оценки длительной прочности.

### **Вариант 17**

1. Классификация пор в керамических материалах по К. К. Стрелову.
2. Оценка огнеупорности керамики: требования к образцам, оборудованию, условия проведения эксперимента.

### **Вариант 18**

1. Зонная теория электропроводности. Классификация материалов с точки зрения электропроводности.
2. Пьезоэлектрические характеристики керамических материалов.

### **Вариант 19**

1. Оптические свойства керамики. Взаимодействие керамики со светом, рассеяние, поглощение и отражение света.
2. Виды пор в керамике. Классификация керамических материалов по величине пористости.

### **Вариант 20**

1. Основные сведения о природе ферромагнетизма. Строение магнитных шпинелей.
2. Керамика как полупрозрачное тело. Белизна керамики и методы ее оценки.

### **Вариант 21**

1. Термическая стойкость. Оценка термической стойкости керамики методом “полого цилиндра”. Достоинства и недостатки метода.
2. Химическая стойкость керамики. Факторы, определяющие сопротивление коррозии.

### **Вариант 22**

1. Понятие биоинертных и биоактивных керамических материалов. Биосовместимость керамики.

2. Длительная прочность керамических материалов и способы ее оценки.

**Вариант 23**

1. Каталитические свойства керамики.
2. Газопроницаемость керамических материалов и способы ее оценки.

**Вариант 24**

1. Параметры, характеризующие поровую структуру керамических материалов. Распределение пор по размерам.
2. Твердость керамических материалов. Способы оценки твердости.

**Вариант 25**

1. Износостойкость керамических материалов. Способы оценки износостойкости.
2. Электрическая прочность керамики, виды и механизмы пробоя диэлектрика.

**Вариант 26**

1. Методы исследования фазового состава керамики.
2. Виды диэлектрических потерь в керамических материалах. Температурная и частотная зависимости диэлектрических потерь.

**Вариант 27**

1. Фрагментарная теория термической стойкости. Пути повышения термической стойкости керамических материалов.
2. Собственная и примесная проводимость керамики. Температурная зависимость электропроводности. Энергия активации проводимости.

**Вариант 28**

1. Влияние хрупкости керамики на термическую стойкость. Мера хрупкости. Критерии сопротивления.
2. Природа ферромагнетизма. Понятие о магнитном гистерезисе ферритов. Характерные точки петли гистерезиса.

**Вариант 29**

1. Упругие свойства керамики. Модули упругости I и II рода, взаимосвязь между ними. Влияние различных факторов на модуль упругости.
2. Пористость. Методы исследования пористости керамических материалов.

**Вариант 30**

1. Поляризация керамики, ее виды и взаимосвязь с диэлектрической проницаемостью.
2. Теоретическая и реальная прочность твердых тел. Влияние пористости, размера и формы пор на механическую прочность.

### **8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины**

Максимальное количество баллов за экзамен (6 семестр) – 40 баллов. Экзаменационный билет содержит 3 теоретических вопроса и 1 задачу. Первый вопрос охватывает разделы 1-2 рабочей программы, вопросы 2-3 относятся к разделу 3 рабочей программы. Каждый из вопросов оценивается в 10 баллов. Решение задачи оценивается в 10 баллов.

#### **Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (6 семестр – экзамен).**

Обобщенная схема технологического процесса производства керамики и огнеупоров. Характеристика основных переделов.

1. Основные характеристики, используемые для описания упаковки твердой фазы. Соотношения между твердой, жидкой и газообразной фазами.
2. Основные типы структур керамических материалов. Плотнospеченная керамика, керамика зернистого строения, пористая проницаемая керамика, керамика из ультрадисперсных порошков.

3. Методы представления и характеристики зернового состава. Классификация и характеристика методов диспергирования.
4. Механизмы диспергирования. Агрегаты, используемые для измельчения и области их применения.
5. Тонкий помол. Основные способы тонкого помола. Методы защиты измельчаемых материалов от загрязнения. Особенности измельчения пластичных материалов.
6. Разделение порошков по крупности.
7. Типовые схемы приготовления формовочных масс для полусухого прессования.
8. Типовые схемы приготовления формовочных масс для пластического формования.
9. Типовые схемы приготовления формовочных масс для шликерного литья.
10. Временные технологические связи и их роль при формовании и сушке, компоненты связок, требования к связкам.
11. Полусухое прессование. Сущность метода. Классификация способов прессования по направлению усилий, скорости и режиму нагружения.
12. Феноменологическое описание одноосного прессования в жесткой матрице. Поведение твердой, жидкой и газообразной фаз при прессовании.
13. Влияние давления и времени прессования на плотность полуфабриката. Взаимосвязь уплотняемости и плотности полуфабриката с давлением прессования и содержанием связки. Понятия критических влажности, плотности и давления.
14. Распределение давления и плотности по высоте заготовки. Способы повышения равноплотности. Двустороннее и ступенчатое одноосное прессование, прессование в "плавающих" формах.
15. Изостатическое прессование и его варианты.
16. Гидродинамическое, электрогидродинамическое.
17. Взрывное прессование. Варианты метода. Достоинства и недостатки.
18. Вибрационное формование. Варианты метода. Влияние основных факторов на плотность полуфабриката.
19. Пластическое формование и его варианты. Деформационные свойства пластичных масс. Методы оценки пластичности.
20. Влияние основных факторов (содержания дисперсионной среды, дисперсности твердой фазы, газовых включений) на свойства пластичных масс.
21. Формование заготовок выдавливанием. Особенности деформации массы в шнековых и поршневых прессах.
22. Формование методом раскатки. Основные факторы, определяющие протекание процесса. Формы для изготовления изделий и предъявляемые к ним требования.
23. Метод допрессовки.
24. Формование методом обточки.
25. Литье керамических шликеров. Классификация методов литья.
26. Обжиг керамического полуфабриката. Основные процессы, происходящие при обжиге. Изменение свойств полуфабриката в обжиге.
27. Спекание как основной процесс, происходящий при обжиге. Основные стадии спекания. Способы оценки и характеристики спекания.
28. Твердофазное спекание. Влияние основных факторов. Способы интенсификации.
29. Реакционное спекание. Основные особенности процесса. Влияние пористости заготовки и объемного эффекта реакции.
30. Жидкофазное спекание. Основные стадии процесса. Влияние основных факторов и способы интенсификации.

31. Жидкофазное спекание при взаимодействии твердой и жидкой фаз.
32. Жидкофазное спекание при отсутствии взаимодействия твердой и жидкой фаз.
33. Дополнительные виды обработки керамических изделий: шлифовка, полировка, металлизация, пайка, декорирование.
34. Фазовый состав, макро- и микроструктура, пористость и плотность керамики. Распределение кристаллической и стекловидной фаз и пор. Методы исследования фазового состава, микроструктуры и пористости
35. Виды пор, проницаемость к флюидам и ее связь с поровой структурой. Параметры, характеризующие поровую структуру, распределение пор по размерам.
36. Теплофизические свойства керамики. Теплоемкость, термический коэффициент линейного расширения керамики, их зависимость от состава и температуры. Методы оценки.
37. Теплофизические свойства керамики. Теплопроводность и температуропроводность керамики, их зависимость от состава и температуры. Методы оценки.
38. Термические напряжения в материале и изделиях, термостойкость керамики. Факторы, определяющие термостойкость. Методы ее оценки. Пути повышения термостойкости.
39. Морозостойкость керамики.
40. Огнеупорность и деформационные свойства керамики при повышенных температурах. Огнеупорность и определяющие ее факторы. Ползучесть (крип) керамики. Методы оценки. Влияние структуры, пористости, температуры.
41. Электрофизические свойства керамики. Проводимость керамики, ее механизмы и температурная зависимость. Керамические проводники, сверхпроводники, полупроводники и диэлектрики.
42. Поляризация керамики, ее виды и связь с диэлектрической проницаемостью. Температурная и частотная зависимость диэлектрической проницаемости керамики.
43. Диэлектрические потери, их виды и связь с химическим, фазовым составом и структурой керамики. Температурная и частотная зависимости диэлектрических потерь.
44. Электрическая прочность керамики, виды и механизмы пробоя. Методы измерения электрических свойств.
45. Типовые технологии электротехнической керамики. Общие сведения о электротехнической керамике, ее классификация по составу свойствам и областям применения. Требования к сырью. Особенности технологии.
46. Основные виды конструкционной керамики. Области применения, классификация по химико-минералогическому составу.
47. Типовые технологии пористых керамических материалов. Общие сведения о пористой керамике, ее классификация по составу, пористости и областям применения.
48. Теплоизоляционные, теплозащитные материалы, Основные методы изготовления высокопористых структур керамических материалов.
49. Керамические фильтры, мембраны, носители катализаторов и т.п. Основные методы изготовления высокопористых структур керамических материалов.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

#### **8.4. Структура и пример билета для экзамена**

Экзаменационный билет содержит 3 теоретических вопроса и 1 задачу. Первый вопрос охватывает разделы 1-2 рабочей программы, вопросы 2-3 относятся к разделу 3 рабочей программы.

Пример билета для экзамена:

«Утверждаю» Зав. каф. ХТКиО _____20__ г. Н.А. Макаров _____	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева</b>
	<b>18.03.01 Химическая технология</b>
	<b>Профиль «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов»</b>
	<b>Химическая технология керамики</b>
<b>Билет № 1</b>	
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Влияние основных факторов (содержания дисперсионной среды, дисперсности твердой фазы, газовых включений) на свойства пластичных масс.</li><li>2. Сегнетоэлектрический эффект. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры для сегнетоэлектриков на примере <math>\text{BaTiO}_3</math>. Температура Кюри.</li><li>3. Подбор фракционного состава огнеупоров. Цели и основные принципы.</li><li>4. Рассчитайте максимальную плотность упаковки твердой фазы и кажущуюся плотность заготовки, отпрессованной из корунда при 10% содержании связки. Плотность связки и корунда 1,08 и 4,00 г/см<sup>3</sup>.</li></ol>	

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1 Рекомендуемая литература

#### А) Основная литература:

1. Андрианов Н.Т., Балкевич В.Л., Беляков А.В., Власов А.С., Гузман И.Я., Лукин Е.С., Мосин Ю.М., Скидан Б.С. Химическая технология керамики: Учеб. пособие для вузов // Под ред. И.Я. Гузмана. М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2012. 496 с.
2. Практикум по технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: учеб. пособие / Л.И. Сычева, Е.Н. Потапова, Д.О. Лемешев, Н.Ю. Михайленко, А.И. Захаров, И.Н. Тихомирова, А.В. Беляков, Е.Е. Строганова. Под ред. Н.А. Макарова. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2019. 270 с.
3. Сборник задач по химической технологии керамики и огнеупоров: учебное пособие / Сенина М.О., Вершинин Д.И., Лемешев Д.О., Лукин Е.С., Попова Н.А., Беляков А.В., Антонов Д.А., Анисимов В.В., Макаров Н.А. Под ред. Н.А. Макарова. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2021. 120 с.

#### Б) Дополнительная литература:

1. Балкевич В.Л. Техническая керамика. М.: Стройиздат, 1984. 256 с.
2. Баринов В.Я., Шевченко С.М. Техническая керамика. М.: Наука, 1993. 187 с.
3. Гузман И.Я., Сысоев Э.П. Технология пористых керамических материалов и изделий. Тула: Приокское книжное изд-во, 1975. 196 с.
4. Масленникова Г.Н., Мамаладзе Р.А., Мидзута С., Коумото К. Керамические материалы. М.: Стройиздат, 1991. 313 с.
5. Практикум по технологии керамики и огнеупоров. Под ред. Д.Н. Полубояринова и Р. Я. Попильского. М.: Стройиздат, 1972. 350 с.

## **В) Учебно-методические пособия и указания по изучению дисциплины:**

1. А. С. Власов. Теоретические основы прочности керамики. М.: МХТИ им. Д. И. Менделеева, 1982. 48 с.
2. А. С. Власов. Конструкционная керамика. М.: МХТИ им. Д. И. Менделеева, 1985. 70 с.
3. И. Я. Гузман. Реакционное спекание и его использование в технологии керамики и огнеупоров. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 1996. 55 с.
4. А. В. Беляков. Механическая обработка неорганических неметаллических материалов. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2001. 40 с.
5. Н. А. Макаров. Металлизация керамики. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2004. 76 с.
6. А. В. Беляков. Методы получения неорганических неметаллических наночастиц. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2003. 80 с.
7. А. В. Беляков. Химические методы получения керамических порошков. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2001. 31 с.
8. А. В. Беляков, В. Н. Сигаев. Физико-химические основы процессов механического измельчения неорганических неметаллических материалов. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2001. 59 с.
9. Е. С. Лукин. Теоретические основы получения и технология оптически прозрачной керамики. М.: МХТИ им. Д. И. Менделеева, 1981. 36 с.
10. Б. С. Скидан, Б. И. Поляк. Керамические диэлектрики. М.: МХТИ им. Д. И. Менделеева, 1983. 77 с.
11. А. В. Беляков. Химическая стойкость керамики. М.: МХТИ им. Д. И. Менделеева, 1982. 32 с.
12. Б. С. Скидан, Н. Т. Андрианов, В. Н. Сычев. Методические указания к расчету свойств и корректировке шихтового состава глазури. М.: МХТИ им. Д. И. Менделеева, 1978. 48 с.
13. В. Л. Балкевич, Ю. М. Мосин, Б. С. Скидан. Высокотемпературные печи для обжига и испытаний керамики. М.: МХТИ им. Д. И. Менделеева, 1985. 64 с.
14. А. В. Беляков, Г. А. Афолина, В. Г. Леонов. Дефекты кристаллических тел. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2001. 80 с.

### **9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации**

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

#### **Журналы:**

1. Стекло и керамика. ISSN 0131-9582.
2. Огнеупоры и техническая керамика. ISSN 0369-7290
3. Новые огнеупоры. ISSN 1689-4518
4. Строительные материалы. ISSN 1729-9209
5. Строительные материалы XXI века. ISSN 1729-9209.
6. Keramische Zietschrift. ISSN 0023-0561.
7. Ceramic Bulletin (Amer.Cer.Soc.). ISSN 0022-7812.
8. Ceramic Industries International. ISSN 0305-7623.
9. International Journal of Applied Ceramic Technology. ISSN (printed): 1546-542X. ISSN (electronic): 1744-7402.
10. Ceramics Technical. ISSN 1324-4175.
11. Glass and Ceramics. ISSN 0361-7610.
12. World Ceramics and Refractories. ISSN 0959-6127.

13. Ceramics Abstracts/World Ceramic Abstracts. ISSN 0883-2900.
14. Engineered Materials Abstracts, Ceramics. ISSN 0002-7812.
15. Ceramic Industries International. ISSN 0958-9899.
16. Ceramic Industry^the magazine for refractories, traditional & advanced ceramic manufacturers. ISSN 0009-0220.
17. Ceramic Engineering and Science Proceedings. ISSN 0196-6219.
18. Ceramics International. ISSN 0272-8842.

Интернет-ресурсы:

- [www.centerprioritet.ru/](http://www.centerprioritet.ru/) – СМЦ «Приоритет» – техническая документация исследований (ИКСИ) – заказ литературы, русскоязычные издания
- <http://www.nanometer.ru/> – "Нанометр" - нанотехнологическое сообщество
- <http://plasma.karelia.ru/pub/nano-kurs/> – «Нано Технологии»
- <http://www.nanonewsnet.ru/> – Нанотехнологии Nano news net | Сайт о нанотехнологиях #1 в России
- <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx/> – Scientific research. Open Access
- <http://www.intechopen.com/> – In Tech. Open Science
- [http://www.twirpx.com/files/chidnustry/chemistry\\_tech/silicate/](http://www.twirpx.com/files/chidnustry/chemistry_tech/silicate/) – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов
- <http://www.rsl.ru/> – Российская Государственная Библиотека
- <http://www.gpntb.ru/> – Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://window.edu.ru/> – Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://abc.chemistry.bsu.by/free-journals/> – ABC-Chemistry: Бесплатная научная химическая информация
- <http://new.fips.ru/registers-web/> – Сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://findebookee.com/> – поисковая система по книгам
- <https://elibrary.ru/> – Научная электронная библиотека

### 9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы используются следующие образовательные технологии и средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 16;
- комплекты образцов изделий из керамики;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 300);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 200);
- <https://etutorium.ru/> – LMS eTutorium;
- <https://zoom.us/> – LMS Zoom.

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной

литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 719 785 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

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

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Химическая технология керамики» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторного практикума и самостоятельной работы обучающегося.

### **11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Учебная лаборатория, оснащенная лабораторной мебелью, научным и технологическим оборудованием для проведения лабораторных работ.

Лаборатория (печной зал), оснащенная высокотемпературным оборудованием для синтеза и термической обработки керамических материалов.

Аудитория для самостоятельной работы обучающихся, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.

Кафедральная библиотека с ресурсами ИБЦ РХТУ им. Д.И. Менделеева по профилю дисциплины.

Технологическое оборудование для обработки, подготовки и определения технологических свойств сырьевых материалов (шаровая мельница, лабораторная планетарная мельница, наборы сит для отсева порошков, сушильный шкаф, весы технические и аналитические, ступки для измельчения и смешивания порошков, разрывная машина).

Высокотемпературное оборудование (высокотемпературные электрические печи с карбидкремниевыми нагревателями и автоматическим регулятором температурного режима, электрическая лабораторная муфельная печь с автоматическим регулятором температуры, высокотемпературные электрические печи с хромит-лантановыми нагревателями и автоматическим регулятором температурного режима).

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; альбомы и рекламные проспекты с

основными видами и характеристиками керамических материалов и керамоматричных композитов.

### 11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; интерактивная доска; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

### 11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; альбомы и рекламные проспекты с основными видами и характеристиками керамических материалов и керамоматричных композитов.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде по строению и свойствам керамических материалов и керамоматричных композитов; электронная картотека по фазовым диаграммам состояния тугоплавких соединений; кафедральная библиотека электронных изданий.

### 11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	190	бессрочно
2	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Word</li> <li>• Excel</li> <li>• Power Point</li> <li>• Outlook</li> <li>• OneNote</li> <li>• Access</li> <li>• Publisher</li> <li>• InfoPath</li> </ul>	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	190	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновленную версию продукта)
3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	190	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновленную версию продукта)

4	Антиплагиат.ВУЗ	Контракт от 17.06.2022 № 37-63ЭА/2022	не ограничено, лимит проверок 15000	19.05.2023
5	Неисключительная лицензия на использование SOLIDWORKS EDU Edition 2019- 2020 Network - 200 Users	Контракт № 90- 133ЭА/2021 от 07.09.2021	2 (две) сетевые лицензии на 200 пользователей	бессрочно
6	Компас-3D v18 на 50 мест. Проектирование и конструирование в машиностроении, лицензия	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	2 лицензии на 50 пользователей	бессрочно
7	Операционная система Microsoft Windows 10 Professional 32 bit/64 bit Rus Only FQS-10150	Договор от 11.02.2019 № 26.02-Д-3.0-1293/2019	4	бессрочно
8	Microsoft Office Home and Business 2016 Rus CEE Only No Skype BOX T5D-02705	Договор от 11.02.2019 № 26.02-Д-3.0-1293/2019	4	бессрочно

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p><b>Раздел 1. Введение.</b></p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- технологические процессы получения основных видов керамики;</li> <li>- методы теоретического проектирования и экспериментального исследования структуры и свойств основных видов керамики и огнеупоров.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить анализ научно-технической литературы.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знаниями о взаимосвязи состава, структуры, свойств и технологии основных видов керамических материалов.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №1</p> <p>Оценка за лабораторный практикум</p> <p>Оценка за экзамен</p>
<p><b>Раздел 2. Процессы технологии керамики.</b></p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- технологические процессы получения основных видов керамики и огнеупоров;</li> <li>- основные требования стандартов на сырьевые материалы и готовую продукцию;</li> <li>- основы охраны труда, техники безопасности, противопожарной безопасности и защиты окружающей среды при организации и управлении производствами керамики и огнеупоров.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять теоретические знания по химии и технологии керамических и огнеупорных материалов в курсовом и дипломном проектировании, а также при прохождении производственной практики;</li> <li>- устанавливать требования к технологическим процессам с целью снижения материалоемкости, энергоемкости и создания малоотходных технологий;</li> <li>- проводить анализ научно-технической литературы.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №1</p> <p>Оценка за лабораторный практикум</p> <p>Оценка за экзамен</p>

	<p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знаниями о технологическом процессе производства керамических материалов как единой цепочке последовательных взаимосвязанных стадий;</li> <li>- методами организации и осуществления контроля свойств готовой продукции, способами поиска и анализа научно-технической литературы.</li> </ul>	
<p><b>Раздел 3.</b> Строение и свойства керамики.</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы теоретического проектирования и экспериментального исследования структуры и свойств основных видов керамики и огнеупоров;</li> <li>- основные требования стандартов на сырьевые материалы и готовую продукцию.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определять свойства различных видов керамических материалов;</li> <li>- проводить анализ научно-технической литературы.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знаниями о взаимосвязи состава, структуры, свойств и технологии основных видов керамических материалов.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №2</p> <p>Оценка за лабораторный практикум</p> <p>Оценка за экзамен</p>

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_, протокол № \_\_, введенным в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_ № \_\_;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенной образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины  
«Химическая технология керамики»**

**основной образовательной программы  
18.03.01 Химическая технология**

**Профиль – «Химическая технология тугоплавких неметаллических  
и силикатных материалов»**

**Форма обучения: очная**

Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.	Изменение в части обновления лицензионного программного обеспечения	протокол заседания кафедры ХТКиО № 15 от «01» июля 2022 г.
2.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
3.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
4.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.