


УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИФВТ  
 А.Н. Яковлев  
«      »      2015 г.

**БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ (ДИСЦИПЛИНЫ)  
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КЕРАМИКИ: ОТ МИКРО- К  
НАНОПОРОШКАМ**

Направление (специальность) ООП **Материаловедение и технологии материалов**

Профиль(и) подготовки (специализация, программа) **Программа повышения квалификации "Технологии наноструктурированных композиционных оксидных и безоксидных керамических материалов"**

Базовый учебный план приема **2015 – 2016 г.**

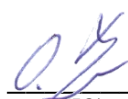
Семестр **1, 2**

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч	16
Практические занятия, ч	42
Лабораторные занятия, ч	-
Аудиторные занятия, ч	58
Самостоятельная работа, ч	18
<b>ИТОГО, ч</b>	<b>72 часа</b>


Вид промежуточной аттестации **зачет**

Обеспечивающее подразделение **кафедра НМНТ**

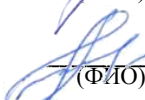
Заведующий кафедрой

  
\_\_\_\_\_  
(ФИО) О.Л. Хасанов

Руководитель ППК

  
\_\_\_\_\_  
(ФИО) О.Л. Хасанов

Преподаватель

  
\_\_\_\_\_  
(ФИО) Г.В. Лямина

2015 г.

## 1. Цели освоения модуля (дисциплины)

Цели освоения дисциплины: научиться прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, поверхностные и другие свойства композиционных керамических материалов

Данный модуль является инвариантным для обучающихся по программе «Технологии наноструктурированных композиционных оксидных и безоксидных керамических материалов».

## 2. Место модуля (дисциплины) в структуре ООП

Данный модуль является инвариантным для обучающихся по программе «Технологии наноструктурированных композиционных оксидных и безоксидных керамических материалов». Лица, поступающие на обучение, должны иметь документ о получении высшего образования по направлениям 150100 – Материаловедение и технологии материалов; 240100 – Химическая технология, справку с места работы, подтверждающие наличие стажа работы по специальности не менее 3 месяцев; либо документ о получении высшего образования по другим естественным и техническим направлениям, со стажем работы в области производства и исследования керамики не менее 1 года.

### **Входные требования к обучающимся:**

Для освоения данного профессионального модуля обучающийся должен

**Иметь опыт практической деятельности** получения керамических изделий на основе порошков, методами холодного прессования

### **Уметь**

- строить кривые уплотнения порошковых материалов замкнутых жестких пресс-формах;
- определять рациональную схему прессования на основе классификации порошковых материалов по характеристикам прессуемости;
- готовить конструкторскую документацию на изготовление прессовой оснастки;
- выбирать прессовое оборудование для конкретной задачи;
- подбирать оптимальные условия высокотемпературной обработки;
- выбирать термическое оборудование для спекания с учетом возможных взаимодействий материала прессовки, футеровки печи и атмосферы;
- эксплуатировать оборудование, используемое для прессования и спекания керамики.

### **Знать**

- основы реологии керамических материалов;
- методики построения кривых уплотнения порошкового тела;
- классификации порошковых материалов по характеристикам прессуемости;
- кинематические схемы перемещений формообразующих элементов в закрытой жесткой пресс-форме;
- материалы используемых для изготовления пресс-форм;
- совместимости материалов пресс-форм с керамическими материалами;
- основных типов прессов, использующихся при холодном статическом прессовании;
- способы создания более плотных упаковок порошкового компакта с учетом гранулометрического анализа;
- правил построения и использования фазовых диаграмм;
- необходимость учитывать совместимость материалов при высоких температурах;

- основных типов печей, используемых для спекания керамики;
- устройства прессов;
- устройства высокотемпературных печей.

### 3. Результаты освоения дисциплины

Освоение дисциплины направлено на формирование у слушателей следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

#### Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении дисциплины «Современные технологии керамики: от микро- к нанопорошкам»

Результаты обучения	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
Р1. Прогнозировать влияние микро- и наномасштаба на механические, физические, поверхностные и другие свойства композиционных керамических материалов	31.1	3.2.1. тип структур нанокристаллических материалов	У1.1	оптимизировать составы порошковых заготовок, путем добавок нанопорошков для улучшения механических свойств керамик	В1.1	составления отчета о влиянии микро- и наномасштаба на механические свойства керамики
	31.2	3.2.2. способов подготовки смесей крупно и нанокристаллических порошков				
	31.3	проблем формирования наноструктуры при консолидации объемных материалов	У1.2	оценивать возможные изменения механических свойств керамик при введении в их состав нанопорошков		
	31.4	модифицирующих эффектов наноструктурных элементов композиционной керамики	У1.3	оптимизировать составы порошковых заготовок, путем добавок нанопорошков для изменения физико-химических свойств керамик	В1.2	составления отчета о влиянии микро- и наномасштаба на физико-химические свойства керамики
	31.5	основных размерочувствительных физико-химических характеристик порошковых компактов	У1.4	оценивать возможные изменения физико-химических свойств керамик при введении в их состав нанопорошков		
	31.6	изменений основных физико-химических свойств твердого тела при переходе к наноструктурированным материалам				
	31.7	основных электронных баз данных по керамическим материалам	У1.5	использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы для сбора данных по современным проблемам керамических материалов, в том числе наноструктурированных	В1.3	составлении аналитических отчетов по современным проблемам керамических материалов в том числе наноструктурированных
	31.8	росийских и зарубежных периодических научных изданий, публикующих материалы по синтезу и исследованию керамических материалов, в том числе наноструктурированных				
	31.9	технологических процессов производства различных видов керамики, параметры	У1.6	анализировать и обобщать научно-техническую		

Результаты обучения	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
		производства, требования к готовой продукции		информацию по современным проблемам керамических материалов, в том числе наноструктурированным		
	31.10	областей применения изделий из наноструктурированной композиционной керамики				
	31.11	ведущих российских и зарубежных научных центров, специализирующихся на разработке технологий керамики				
	31.12	основных поставщиков сырья для керамических производств в России и за рубежом	У1.7	прогнозировать перспективность внедрения новой или модернизированной технологии получения керамики на производстве		
	31.13	основных поставщиков оборудования для керамических производств в России и за рубежом				

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Наименование тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, практика, самостоятельная работа обучающихся, проекты		Объем часов
<b>Модуль 1. Влияние микро- и нано- масштаба на свойства керамики</b>			
Тема 1.1. Формирование наноструктуры при консолидации объемных наноматериалов		<b>Содержание Лекции on-line</b>	
	1	Структура нанокристаллических материалов. Модифицирующие эффекты для формирования наноструктурных элементов композиционной керамики	3
		<b>Вебинар</b>	
Тема 1.2. Способы получения нанопорошков оксидных керамик	1	Обсуждение проблем формирования наноструктуры при консолидации объемных материалов	1
		<b>Содержание Лекции on-line</b>	
	1	Способы получения нанопорошков оксидных керамик: получение химическими методами из растворов	1,3
	2	Плазмохимический метод получения оксидных и безоксидных порошков керамик	1,4
		<b>Вебинар</b>	
	1	Обзор способов получения нопорошков керамик различными методами	1
Тема 1.3.Способы		<b>Самостоятельная работа</b>	
	1	Выбор способа синтеза нанопорошков для получения нанокерамики различного назначения	2,2
		<b>Вебинар</b>	

Наименование тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, практика, самостоятельная работа обучающихся, проекты		Объем часов
подготовки смесей из микро- и нанопорошков	1	Способы подготовки смесей из микро- и нанопорошков. Подбор оптимального состава порошковой смеси (гранулометрический состав, химический состав) для улучшения свойств керамики	1
Тема 1.4. Влияния добавок нанопорошков на твердость керамических изделий		<b>Содержание Лекции on-line</b>	
	1	Влияния добавок нанопорошков на твердость керамических изделий	1
		<b>Вебинар</b>	
	1	Влияния добавок нанопорошков на твердость керамических изделий	1
		<b>Самостоятельная работа</b>	
Тема 1.5. Влияния добавок нанопорошков на трещиностойкость керамических изделий		<b>Содержание Лекции on-line</b>	
	1	Влияния добавок нанопорошков на трещиностойкость керамических изделий	0,9
		<b>Вебинар</b>	
	1	Влияния добавок нанопорошков на трещиностойкость керамических изделий	1
		<b>Самостоятельная работа</b>	
Тема 1.6. Термические свойства нанокерамики		<b>Содержание Лекции on-line</b>	
	1	Термические свойства нанокерамики	0,7
		<b>Самостоятельная работа</b>	
	1	Проведение сравнительной оценки изменения термических свойств (термостойкость, характер спекания, коэффициенты линейного расширения) нанокерамических материалов в зависимости от состава	3
<b>Модуль 2. Отрасли применения нанокерамики</b>			
Тема 2.1. Отрасли применения нанокерамики		<b>Содержание Лекции on-line</b>	
	1	Керамические проводники, сверхпроводники, полупроводники и диэлектрики.	1
		Оптически прозрачная керамика	1
Тема 2.2. Периодические научные издания, публикующие материалы по керамическим материалам		<b>Вебинар</b>	
	1	Обсуждение перечня периодических научных изданий публикующих материалы по синтезу и исследованию керамических материалов: использование в зависимости от конкретной задачи	0,5
	2	Ведущие российские и зарубежные научные центры, специализирующихся на разработке технологий керамики	0,5
		<b>Самостоятельная работа</b>	

Наименование тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, практика, самостоятельная работа обучающихся, проекты		Объем часов
	1	Составление перечня научных публикаций и патентов для составления обзора в определенной области производства керамики	3,7
Тема 2.3. Электронные базы данных по керамическим материалам	<b>Вебинар</b>		
		Электронные базы данных по керамическим материалам	0,5
	<b>Самостоятельная работа</b>		
	1	Составление перечня информационных ресурсов для составления обзора в определенной области производства керамики	2
Тема 2.4. Экологические аспекты применения нанопорошков	<b>Содержание Лекции on-line</b>		
	1	Экологические аспекты применения нанопорошков на производстве	2
	<b>Вебинар</b>		
	1	Средства индивидуальной защиты на производстве нанокерамических изделий	2
Тема 2.5. Методология проведения технических разработок и совершенствования технологических процессов	<b>Содержание Лекции on-line</b>		
	1	Методология проведения технических разработок и совершенствования технологических процессов. Постановка задачи. Анализ состояния. Выбор рациональных направлений. Эксперименты. Использование методов диагностики композиционных керамических материалов	1,3
Практика Проектные задания [выполняются дистанционно]		Использование новой технологии на производстве: Составления аналитического отчета о влиянии микро- и нано- масштаба на механические и физико-химические свойства керамики (работа с тьютером) - Составления аналитического отчета по современным проблемам керамических материалов - Составление таблицы требований к готовой продукции из керамики -Составление перечня основных поставщиков сырья для керамических производств - Составление перечня основных поставщиков оборудования для керамических производств	36

## 5. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### *Методические указания для слушателей, выданные перед реализацией модуля*

#### 1. Формирование наноструктуры при консолидации объемных наноматериалов

1.1. Прослушайте лекцию 1 «Структура нанокристаллических материалов. Модифицирующие эффекты для формирования наноструктурных элементов композиционной керамики»

1.2. Примите участие в вебинаре «Обсуждение проблем формирования наноструктуры при консолидации объемных материалов». К данному занятию

подготовьте вопросы для обсуждения по Вашему проектному заданию, касающиеся темы 1.

## **2. Способы получения нанопорошков оксидных керамик**

**2.1. Прослушайте лекции 2** «Способы получения нанопорошков оксидных керамик: получение химическими методами из растворов» и **3** «Плазмохимический метод получения оксидных и безоксидных порошков керамик»

**2.2. Выполните самостоятельную работу (СРС)** по теме «Выбор способа синтеза нанопорошков для получения нанокерамики различного назначения»

Данный тип СРС следует выполнить *в рамках темы своего проектного задания* по следующей схеме:

- сформулируйте требования к готовой продукции;
- предложите 2 – 3 способа получения порошка (нанопорошка) для Вашего изделия (ссылка на информационные источники обязательна);
- мотивированно обоснуйте преимущества способа, который Вы выбираете для синтеза порошка (нанопорошка);
- составьте перечень возможных поставщиков сырья;
- мотивированно обоснуйте преимущества, выбранного Вами поставщика;
- в случае, если Вы не нашли поставщика оцените возможность организации синтеза порошка на Вашем производстве; мотивируйте выбор и поставщика оборудования для синтеза

**2.3. Отправьте результаты СРС** координатору темы по e-mail.

**2.4. Выполните тест по теме**

**2.5. Примите участие в вебинаре** «Обзор способов получения нанопорошков керамик различными методами». На вебинаре будут обсуждены результаты работы в рамках СРС.

## **3. Способы подготовки смесей из микро- и нанопорошков**

**3.1.** Подготовьте вопросы для обсуждения по вашему проектному заданию, касающиеся темы «Способы подготовки смесей из микро- и нанопорошков».

**3.2. Примите участие в вебинаре** «Способы подготовки смесей из микро- и нанопорошков. Подбор оптимального состава порошковой смеси (гранулометрический состав, химический состав) для улучшения свойств керамики».

## **4. Влияния добавок нанопорошков на твердость керамических изделий**

**4.1. Прослушайте видео-лекцию 4** «Влияния добавок нанопорошков на твердость керамических изделий»

**4.2. Выполните самостоятельную работу (СРС)** по теме «Влияния добавок нанопорошков на твердость керамических изделий»

В рамках СРС необходимо провести сравнительную оценку изменения твердости керамических материалов, указанных в вашем проектном задании, при введении добавок нанопорошков в зависимости от их параметров:

- Вида частиц (металлические, оксиды, бескислородные соединения);
- Размера частиц;
- Объемного содержания;
- Равномерности распределения по объему матрицы.

**1.3 Результаты СРС** вышлите координатору темы по e-mail.

**1.1. Выполните тест по теме**

**1.2. Примите участие в вебинаре** «Влияния добавок нанопорошков на твердость керамических изделий». На вебинаре будут обсуждены результаты работы в рамках СРС.

## **5. Влияния добавок нанопорошков на трещиностойкость керамических изделий**

**5.1. Прослушайте лекцию 5** «Влияния добавок нанопорошков на трещиностойкость керамических изделий»

**5.2. Выполните самостоятельную работу (СРС)** в виде реферата по теме «Проведение сравнительной оценки изменения трещиностойкости нанокерамических материалов»:

- обзор литературных данных должен быть проведен с использованием не менее 5 источников литературы, в том числе не менее 1 иностранного источника.
- необходимо оценить изменение трещиностойкости того материала, который предусмотрен в теме *Вашего проектного задания*.

**5.3.** Отправьте результаты СРС координатору темы по e-mail.

**5.4. Выполните тест по теме**

**5.5. Примите участие в вебинаре** «Влияния добавок нанопорошков на трещиностойкость керамических изделий». На вебинаре будут обсуждены результаты работы в рамках СРС.

**5.6. Координатор Александра Анатольевна Панина** ([sonaa@tpu.ru](mailto:sonaa@tpu.ru))

## **6. Термические свойства нанокерамики**

**6.1. Прослушайте лекцию 6** «Термические свойства нанокерамики»

**6.2. Выполните самостоятельную работу (СРС 1)** по теме «Проведение сравнительной оценки изменения термических свойств нанокерамических материалов в зависимости от состава»:

Данный тип СРС следует выполнить в рамках темы своего проектного задания по следующей схеме:

- на основе литературных данных проведите сравнительную оценку термических свойств (термостойкость, характер спекания, коэффициенты линейного расширения) керамических материалов в зависимости от состава (природа и содержание нанодобавок);
- составьте перечень методов, позволяющих оценить термические свойства керамики и /или оценить влияние различных факторов на это свойство.

**6.3. Выполните тест по теме**

**6.4. Отправьте результаты СРС** координатору темы по e-mail.

## **7. Отрасли применения нанокерамики**

**7.1. Прослушайте лекцию 7** «Керамические проводники, сверхпроводники, полупроводники и диэлектрики»

**7.2. Прослушайте лекцию 8** «Оптически прозрачная керамика»

## **8. Периодические научные издания, публикующие материалы по керамическим материалам**

**8.1. Выполните самостоятельную работу (СРС)** по теме «Составление перечня научных публикаций и патентов для составления обзора в определенной области производства керамики»:

- обзор литературных данных должен быть проведен с использованием не менее 5 источников литературы, в том числе не менее 1 иностранного источника по теме *Вашего проектного задания*.

**8.2.** Отправьте результаты СРС координатору темы по e-mail.

**8.3. Примите участие в вебинаре** «Обсуждение перечня периодических научных изданий публикующих материалы по синтезу и исследованию керамических материалов: использование в зависимости от конкретной задачи».

**8.4. Примите участие в вебинаре** «Ведущие российские и зарубежные научные центры, специализирующихся на разработке технологий керамики»

**9. Электронные базы данных по керамическим материалам**

**9.1. Примите участие в вебинаре** «Электронные базы данных по керамическим материалам»

**9.2. Выполните самостоятельную работу (СРС)**



- Провести поиск 2 научных статей в различных база данных соответствующего типа по тематике основной работы слушателя (например, методы прессования, спекания, керамические материалы и т.п.) и представить результаты.
- Найти информацию о кристаллической структуре оксида алюминия ( $Al_2O_3$  «Aluminium oxide») в Crystallography Open Database.
- Найти информацию по физическим свойствам диоксида циркония ( $ZrO_2$ ) в открытой БД MatWeb.
- В БД Refractiveindex.info найти информацию о коэффициенте преломления кристаллического нитрида алюминия ( $AlN$  «Aluminum nitride») для длины волны 0.53 мкм.

*Форма ответа на вопросы:*

Фамилия И.О.

1. Публикация (*указать авторов, название статьи*) в базе данных (*указать название*) находится по ссылке - ... .
2. Информация о кристаллической структуре оксида алюминия находится по ссылке (*указать адрес ссылки*).
3. Информация о физических свойствах диоксида циркония находится по ссылке (*указать адрес ссылки*).
4. Значение коэффициента преломления кристаллического нитрида алюминия для длины волны 0.53 мкм равно (*указать*), ссылка: (*указать ссылку*)

**9.3. Отправьте результаты СРС** координатору темы по e-mail.

## **10. Экологические аспекты применения нанопорошков**

**10.1. Прослушайте лекцию 9** «Экологические аспекты применения нанопорошков на производстве»

Во время проведения лекции преподаватель проводит текущее тестирование в середине и в конце лекции, включающее пять заданий на выбор и 2 вопроса открытого типа.

**10.2. Примите участие в вебинаре** «Средства индивидуальной защиты на производстве нанокерамических изделий»

## **11. Методология проведения технических разработок и совершенствования технологических процессов**

**11.1. Прослушайте лекцию 10** «Методология проведения технических разработок и совершенствования технологических процессов»

**12. Проектное задание** «Составления аналитического отчета о влиянии микро- и нано- масштаба на механические и физико-химические свойства керамики»

С лекциями можно ознакомиться на сайте <http://portal.tpu.ru:7777/dite-media/RUSNANO/1>.

## **6. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины**

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролируемых мероприятий:

Результаты	Контролирующее мероприятие	Формы и методы оценки
Знания		
Структуры нанокристаллических материалов	Тест	Сравнение с эталоном
Способов получения нанопорошков оксидных керамик	Тест	Сравнение с эталоном
Модифицирующих эффектов наноструктурных элементов композиционной керамики	Тест	Сравнение с эталоном

Электрофизических свойств нанокерамических материалов	Тест	Сравнение с эталоном
Перечень Российских и зарубежных периодических научных изданий публикующих материалы по синтезу и исследованию керамических материалов, в том числе наноструктурированных	Тест	Экспертная оценка
<b>Умения</b>		
Выбирать способ синтеза нанопорошков для получения нанокерамики различного назначения.	Задание	Экспертная оценка
Проводить сравнительную оценку изменения трещиностойкости нанокерамических материалов	Задание	Экспертная оценка
Проводить сравнительную оценку влияния добавок нанопорошков на твердость керамических изделий	Задание	Экспертная оценка
Проводить сравнительную оценку изменения термических свойств (термостойкость, характер спекания, коэффициенты линейного расширения) нанокерамических материалов в зависимости от состава	Задание	Экспертная оценка
Составлять прогноз возможности использования новой технологии на производстве	Задание	Экспертная оценка
Подбирать информационные ресурсы для составления обзора в определенной области производства керамики	Задание	Экспертная оценка
Подбирать научные публикации и патенты для составления обзора в определенной области производства керамики	Задание	Экспертная оценка
<b>Владения опытом</b>		
составления отчета о влиянии микро- и наномасштаба на механические свойства керамики	Проектное задание	Экспертная оценка по критериям
составления отчета о влиянии микро- и наномасштаба на физико-химические свойства керамики	Проектное задание	Экспертная оценка по критериям
составлении аналитических отчетов по современным проблемам керамических материалов в том числе наноструктурированных	Проектное задание	Экспертная оценка по критериям

## 7. Фонд оценочных средств

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролирующих мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств):

### 1. Задание «Выбор способа синтеза нанопорошков для получения нанокерамики различного назначения»

Данный тип СРС следует выполнить *в рамках темы своего проектного задания* (сбор информации для керамики, с которой Вы будете работать в рамках проектных заданий) по следующей схеме:

- сформулируйте требования к готовой продукции;

- предложите 2–3 способа получения порошка (нанопорошка) для Вашего изделия (ссылка на информационные источники обязательна);
- мотивированно обоснуйте преимущества способа, который Вы выбираете для синтеза порошка (нанопорошка);
  - составьте перечень возможных поставщиков сырья;
  - мотивированно обоснуйте преимущества, выбранного Вами поставщика;
  - в случае, если Вы не нашли поставщика оцените возможность организации синтеза порошка на Вашем производстве; мотивируйте выбор и поставщика оборудования для синтеза

## 2. Тесты

1. Дисперсно-упрочненными композиционными материалами называют
  - а) материалы, упрочненные нульмерными наполнителями;
  - б) материалы, упрочненные одномерными наполнителями;
  - в) материалы, упрочненные одномерными или двумерными наполнителями;
  - г) материалы, упрочненные двумерными наполнителями.
  
2. В дисперсно-упрочненных композиционных материалах основным несущим элементом
  - а) подложка;
  - б) решетка;
  - в) матрица;
  - г) наполнитель;
  
3. В дисперсно-упрочненных композиционных материалах их прочность и жесткость обеспечивает
  - а) подложка;
  - б) решетка;
  - в) матрица;
  - г) наполнитель;
  
4. Эффективность упрочнения матрицы композиционного материала зависит от:
  - а) от плотности матрицы;
  - б) от размера и расстояния между соседними частицами наполнителя;
  - в) растворимости частиц наполнителя в матрице
  - г) токсичности наполнителя
  
5. Трансформационное упрочнение осуществляется за счет фазового перехода:
  - а) тетрагональной модификации в кубическую;
  - б) моноклинной модификации в тетрагональную;
  - в) тетрагональной модификации в моноклинную;
  - г) кубической модификации в тетрагональную;
  
6. Можно ли применять для наполнения керамической матрицы компоненты, которые вступают с ней в химическое взаимодействие при обычных температурах? Ответ обоснуйте.
  
7. Известно, что в металлах связь между механическими свойствами и размерами структурных элементов описывается соотношением Холла-Петча, согласно которому уменьшение размеров кристалла приводит к повышению прочности (твердости). Однако в одной из работ Григорьева М.В. результаты исследования механических свойств пористой корундовой керамики показали, что в отличие от металлов рост размера

структурных элементов приводит к увеличению ее прочностных характеристик (рис.).

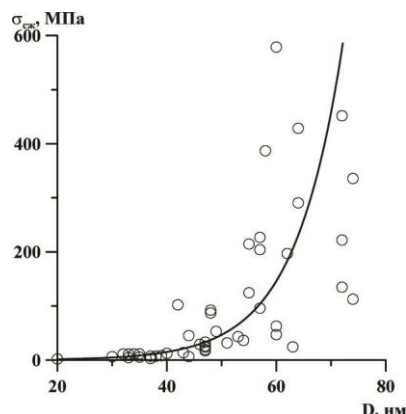


Рис. Зависимость предела прочности на сжатие от среднего размера кристаллитов пористой корундовой керамики на основе порошков различной дисперсности

В представленной работе для получения пористой керамики использовали смеси порошков во всем концентрационном интервале от технического глинозема до плазмохимического  $Al_2O_3$ . В плазмохимическом порошке  $Al_2O_3$  средний размер частиц равен 0,2-5 мкм, в глиноземе – 30-100 мкм. Порошки смешивали в барабанной мельнице в течение 24 ч. Образцы цилиндрической формы прессовали на гидравлическом прессе с давлением 250 МПа. Спекание осуществляли при температурах 1200-1650°C с интервалом 100°C и продолжительностью изотермической выдержки в течение 1 ч.

Объясните причины наблюдаемого повышения прочности для пористой корундовой керамики при увеличении среднего размера ее кристаллитов.

8. Укажите возможные причины отрицательных значений коэффициентов линейного термического расширения материалов (КЛТР)

- А) низкие, нулевые и отрицательные значения КЛТР материалов получаются за счёт уменьшения объёма пор при нагреве;
- Б) низкие, нулевые и отрицательные значения КЛТР материалов получаются за счёт спекания порошкового материала при нагреве;
- В) низкие, нулевые и отрицательные значения КЛТР материалов получаются за счёт фазовой перестройки границ зерен порошкового компакта при нагревании;
- Г) низкие, нулевые и отрицательные значения КЛТР материалов обусловлены уменьшением объёма микро- и наноразмерных микротрещин при нагревании.
- Д) низкие, нулевые и отрицательные значения КЛТР материалов обусловлены уменьшением доли поверхностных атомов наноструктурного материала при нагревании.

9. Укажите модели, описывающие механизмы отрицательных значений коэффициентов линейного термического расширения материалов (КЛТР)

- А) Модель Фурье
- Б) Модель Эванса
- В) Модель схлопывания пор
- Г) Модель Винкельмана-Шота
- Д) Модель схлопывания микротрещин

10. Укажите брак в керамике, по причине которого можно получить нелинейную зависимость значений коэффициентов линейного термического расширения материалов (КЛТР) от температуры

- А) Микротрещины
- Б) Толщина образца

- В) Разный фазовый состав сырья
- Г) Фазовые превращения вещества при нагревании
- Д) Неравномерное перемешивание двух порошков при формировании компакта
- Е) Перестройка границ зерен в керамике

### 3. Проектные задания

1. *Аналитический отчет* о влиянии микро- и нано- масштаба на механические свойства керамики составлен в удовлетворяет требованиям новизны, объективности, доказательности:

- привлечено не менее 15 – 20 источников литературы (статьи в Российской и зарубежной печати) с глубиной поиска 5 лет;
- проведен критический анализ данных, представленных в разных источниках

2. *Аналитический отчет* о влиянии микро- и нано- масштаба на физико-химические свойства керамики составлен в соответствии с требованиями новизны, объективности, доказательности:

- привлечено не менее 15 – 20 источников литературы (статьи в Российской и зарубежной печати) с глубиной поиска 5 лет;
- проведен критический анализ данных, представленных в разных источниках

3. *Аналитический отчет* по современным проблемам керамических материалов составлен в соответствии с требованиями новизны, объективности, доказательности и точности:

- представлена схема производства различных видов керамики;
- составлена таблица требований к готовой продукции из керамики;
- описаны области применения изделий из наноструктурированной композиционной керамики
- составлен перечень основных поставщиков сырья для керамических производств
- составлен перечень основных поставщиков оборудования для керамических производств

### 8. Рейтинг качества освоения дисциплины (модуля)

(Приложение 1)

### 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

**Основная литература:**

1. Г.В. Лямина, А.А. А.А. Качаев, И.А. Божко, А.Ю. Годымчук, Г.А. Воронова, А.А. Панина, С.Г. Бикбаева Порошки для изготовления керамики: Учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 176 с.
2. Годымчук А.Ю., Савельев Г.Г., Зыкова А.П. Экология наноматериалов. – Учебное пособие. – М: БИНОМ: Лаборатория знаний. – 2012. – 272 с.
3. Tanmasebpour M, Babaluo A.A. Studies on the synthesis of  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanopowders by the polyacrylamide gel method // Powder Technology. – 2009. – Vol.191. – P. 91–97.
4. Михайлов М.Д., Семенча А.В., Колесников И.Е., Маньшина А.А. Синтез и исследование структуры наночастиц оксидов Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/102-5805> – 25.09.2013
5. Manivasakan P., Rajendran V., Rauta P.R., Sahu B.B., Panda B.K. Effect of mineral acids on the production of alumina nanopowder from raw bauxite. // PowderTechnology. – 2011. – Vol. 211. – P. 77–84

6. *Е.В. Маликова и др.* Влияние добавок оксида иттрия и магния на характеристики корундовой бронекерамики // *Огнеупоры и техническая керамика.* – 2013. – №4-5. – С. 35-39
7. *В.В. Иванов и др.* Прочная керамика на основе оксида алюминия, получаемая с использованием магнитно-импульсного прессования композитных нанопорошков // *Российские нанотехнологии.* – 2006. – Т. 1. – №1-2. – С. 201-207
8. *Н.К. Давидчук, Н.Ф. Гадзыра.* Формирование композиционной керамики в порошковой системе (SiC-C)-Al на воздухе // *Порошковая металлургия.* – 2012. – № 1/2. – С. 94-100.
9. Хасанов О.Л., Двилис Э.С., Бикбаева З.Г. Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий // *Уч.пособие. Гриф УМО. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013, 269 с.*
10. Головин Ю. И.. Введение в нанотехнику. — М. : Машиностроение, 2007. — 496 с.
11. Пул Ч. Нанотехнологии : уч. пособие. — М. : Техносфера, 2006. — 336 с.
12. Кормилицын О. П.. Механика материалов и структур нано- и микротехники : уч. пособие. — М. : Академия, 2008. — 217 с.
13. Постников, В.С. Оптическое материаловедение : курс лекций / В.С. Постников. — Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 280 с.

#### **Дополнительная литература:**

1. ГОСТ Р 14.03-2005. Экологический менеджмент. Воздействующие факторы.
2. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
3. ГОСТ Р 51251-99. Фильтры очистки воздуха. Классификация. Маркировка.
4. Безопасность жизнедеятельности: практикум / Ю.В. Бородин,
5. Очередной этап проекта «КОМИ АЛЮМИНИЙ» Декларация о намерениях и обоснование места размещения строительства глиноземного завода мощностью 1,4 миллиона тонн в год в Сосногорском районе Республики Коми <http://www.prsovetnik.ru/rk/branches/4887/>
6. Babaluo A.A., Kokabi M., Varati A. Chemorheology of alumina aqueous acrylamide gelcasting systems // *J. Eur. Ceram. Soc.* – 2004. – Vol.24. –P. 635–644
7. Методы получения наноразмерных материалов. Курс лекций. Уральский государственный университет. – 2007
8. Андриевский, Р.А., Рагуля, А.В. Наноструктурные материалы: учебник - М.: Академия, 2005. – 187 с.
9. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии - М.: Физматлит, 2005. – 416 с.
10. Handbook of Advanced Ceramics. V.1. Materials Science. / Ed. S.Somiya et al. - Elsevier, 2003. - 787 p.
11. Свойства материалов и методы их прогнозирования. Составитель: Сулейманов Е.В. – Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Физико-химические основы нанотехнологий». Нижний Новгород, 2007, 117 с.
12. З. Н.Ф. Уваров. Размерные эффекты в химии твердого тела
13. Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН. Новосибирский государственный университет – Презентация лекции
14. Палатников М.Н., Щербина О. Б., Сидоров Н.В.и др. Микро- и наноструктуры фрактального типа в керамическом пентаоксиде тантала, сформированные под воздействием концентрированного светового потока, и их влияние на механизмы теплового расширения

#### **Internet–ресурсы (в т.ч. Перечень мировых библиотечных ресурсов):**



1. БД «Кристалл». <http://crystal.imet-db.ru/ru/default.asp> Содержит информацию о свойствах кристаллов акустооптических, электрооптических и нелинейно-оптических веществ. Доступ к БД осуществляется по запросу к разработчикам.

2. БД Crystallography Open Database (COD). <http://www.crystallography.net/> Открытая БД, содержащая сведения о кристаллической структуре органических, неорганических, металлоорганических соединениях и минералах; всего более 260 000 записей. Предоставляет возможность поиска материалов по названию, элементному составу, идентификационному коду материала в БД.

3. MatWeb. <http://www.matweb.com/> Открытая БД. Содержит сведения более чем о 100 000 материалах: металлы, пластики, керамика, композиты. Реализована возможность импорта данных. Представлены данные о физических, термических, электрических, прочностных свойствах материала. Для некоторых материалов приведены промышленный производитель с регламентированными показателями.

4. AIST. [http://sdbs.db.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/direct\\_frame\\_top.cgi](http://sdbs.db.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/direct_frame_top.cgi) Spectral Database for Organic Compounds (SDBS). Открытая БД. Содержит данные более чем о 80 000 шт. MS-, <sup>1</sup>H NMR-, <sup>13</sup>C NMR-, FT-IR-, Raman-, ESR спектров для различных материалов.

5. ScienceDirect. <http://www.sciencedirect.com/> Открытый поиск статей (абстракты, выходные данные) по ключевым словам, авторам, изданиям в книгах и журналах. Охватывает более 20 000 книг и 2 500 журналов: 12 630 691 публикация.

6. Scopus. <http://www.scopus.com/> Платная БД. Доступ осуществляется при оформлении подписки. Индексирует более 18 500 журналов, 340 книжных серий, 4,9 млн докладов и трудов конференций. Содержит более 47 000 000 записей.

7. Web of science. <http://apps.webofknowledge.com> Платная БД. Доступ осуществляется при оформлении подписки. Индексирует более 12 000 журналов, 148 000 докладов и трудов конференций.

8. SpringerLink. <http://link.springer.com/> Открытый поиск статей (абстракты, выходные данные) по ключевым словам, авторам, изданиям в книгах и журналах. Охватывает более 170 000 книг и 2 800 журналов: 8 373 428 публикаций.

9. eLibrary. <http://elibrary.ru> Открытый поиск статей (абстракты, выходные данные) по ключевым словам, авторам, изданиям в книгах и журналах. Содержит более 18 млн. научных статей и публикаций: более 3200 российских научно-технических журналов, в том числе более 2000 журналов в открытом доступе.

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины


Дисциплина реализуется в дистанционном формате

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	Компьютерный класс	634050, г. Томск, Ленина 2 <sup>а</sup> , К. 15, Ауд.209
2	Лекционная аудитория с проектором	634050, г. Томск, Ленина 2 <sup>а</sup> , К. 15, Ауд.203

Программа одобрена на заседании кафедры НМНТ

(протокол № 47 от «15» мая 2015 г.).

Автор(ы)

 Г.В. Лямина