

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 06 » марта 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Технологии перспективных высокотемпературных керамических  
и композиционных материалов

(наименование)

**Форма обучения:** очная

(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура

(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 180 (5)

(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

(код и наименование направления)

**Направленность:** Материаловедение высокотемпературных материалов  
газотурбинных двигателей

(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

формирование профессиональных компетенций в области материаловедения керамических и композиционных материалов конструкционного и функционального назначения, привитие навыков и умений выбора и разработки керамических материалов, используемых в технологических процессах изготовления авиационных двигателей.

1. изучение теоретических основ получения керамических материалов конструкционного и функционального назначения, современных методов получения композиционных материалов;
2. уметь назначать параметры формирования и спекания керамических порошков;
3. владеть навыками синтеза керамических порошков и материалов на их основе;
4. владеть навыками экспериментального исследования структуры и свойств керамических и композиционных материалов.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Кислородсодержащая и бескислородная керамика, керамические композиционные материалы, упрочненные частицами и волокнами, слоистые композиционные материалы, углерод-углеродные композиционные материалы, структура, свойства и современные технологии получения

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.8	ИД-1ПК-1.8	Знает закономерности, описывающие связи между параметрами структуры и характеристиками физических, химических и механических свойств керамических и композиционных материалов; теории эволюции структуры и состава керамических и композиционных материалов, протекающие при высоких температурах в процессе изготовления и эксплуатации.	Знает . модели, характеризующие связь между эксплуатационными, технологическими и инженерными свойствами и параметрами состава и структуры материала; теории эволюции структуры и состава материалов при внешних термических, термомеханических и других воздействиях; модели (закономерности), описывающие связи между параметрами структуры и параметрами физических, химических и механических свойств; технические характеристики, назначение, принципы и регламенты работы лабораторного технологического оборудования и технологические приемы работы на нем	Экзамен
ПК-1.8	ИД-2ПК-1.8	Умеет осуществлять технологические операции по созданию образцов керамического и композиционного материалов на лабораторном технологическом оборудовании; анализировать результаты испытаний образцов материалов и устанавливать закономерности связей параметров структуры материалов и характеристиками физических, химических и механических свойств.	Умеет осуществлять технологические операции по созданию образцов нового материала на лабораторном технологическом оборудовании; анализировать результаты испытаний образцов материалов; устанавливать закономерности связей параметров структуры материалов и параметров внешних условий, моделирующих условия эксплуатации, и оценивать возможность переноса модельных результатов на поведение материала в реальных условиях эксплуатации; устанавливать закономерности связей	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			параметров структуры материалов и параметров физических, химических и механических свойств и оценивать возможность переноса модельных результатов на поведение материала в реальных условиях	
ПК-1.8	ИД-ЗПК-1.8	Владеет навыками реализации лабораторного технологического процесса производства перспективных высокотемпературных композиционных и керамических материалов различного функционального назначения на технологическом оборудовании материаловедческого подразделения в соответствии с разработанными рекомендациями и получение партии пробных образцов новых материалов.	Владеет навыками реализации лабораторного технологического процесса на технологическом оборудовании материаловедческого подразделения в соответствии с разработанными рекомендациями и получение партии пробных образцов новых материалов; организации процесса измерения и испытания полученных образцов на контрольном, измерительном и испытательном оборудовании; реализации лабораторного технологического процесса на технологическом оборудовании материаловедческого подразделения в соответствии с разработанными рекомендациями и получение партии пробных образцов материалов, полученных с использованием новых вспомогательных и расходных материалов; организации процесса измерения и испытания образцов, полученных с использованием новых вспомогательных и расходных материалов, на контрольном,	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			измерительном и испытательном оборудовании; анализа результатов испытаний и измерений, проверка параметров полученных образцов на соответствие требованиям, описанным в техническом задании	
ПК-1.9	ИД-1ПК-1.9	Знает основные типы перспективных керамических материалов конструкционного и функционального назначения, их физико-механические свойства и технологии производства; теоретические основы процессов получения порошков керамики и физико-химические процессы, протекающие при их формовании и спекании.	Знает характеристики работы технологического оборудования; порядок работы на технологическом оборудовании; свойства материалов и наноматериалов, их эксплуатационные качества и процессы их обработки; методы получения необходимых материалов и наноматериалов	Экзамен
ПК-1.9	ИД-2ПК-1.9	Умеет формулировать требования к выполнению технологических операций по получению керамических материалов, применяемых в производстве деталей авиационных двигателей.	Умеет формулировать требования к выполнению технологических операций; описывать процедуры работы на основном и вспомогательном технологическом оборудовании, а также приемы работы с технологической оснасткой	Отчёт по практическом у занятию
ПК-1.9	ИД-3ПК-1.9	Владеет навыками разработки описания технологических операций и расчета сырьевых компонентов, необходимых для получения керамических порошков и материалов на их основе.	Владеет навыками разработки описания технологических операций с указанием численных значений параметров процессов, необходимых для получения нанопродукта (полуфабриката)	Защита лабораторной работы

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	72	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	32	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
3-й семестр				
Высокотехнологичная техническая керамика	1	0	0	0
Анализ состояния и перспективы развития производства керамических материалов. Мировой рынок прогрессивной керамики. Классификация керамических материалов по составу, структуре, свойствам и областям применения.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основные этапы технологии получения технической керамики	7	10	4	20
Методы получения керамических порошков. Требования к порошкам для получения высокотехнологичной керамики. Керамический метод. Методы, основанные на процессах с участием жидкой фазы: химическое осаждение, золь-гель технология, гидротермальный синтез и т.д. Методы, основанные на процессах с участием газовой фазы. Особенности процессов формования и спекания технической керамики. Методы формования, применяемые для получения керамики. Требования к выбору связующих и пластифицирующих средств. Твердофазное, жидкофазное и реакционное спекание. Физико-химические процессы, протекающие при спекании керамики. Добавки, активирующие процесс спекания. Исходные компоненты для получения керамических материалов: оксид алюминия, диоксид циркония, оксид кремния. Бескислородные тугоплавкие соединения: карбид и нитрид кремния, нитрид алюминия, карбид бора и др. Их физико-химические свойства и методы получения.				
Основные виды керамических материалов: технология получения и свойства	12	4	4	18
Конструкционная керамика на основе оксидов алюминия и циркония, карбида и нитрида кремния. Керамические материалы с электрическими свойствами: диэлектрики, конденсаторная керамика, сегнето- и пьезокерамика, твердые электролиты, сенсоры, сверхпроводящая керамика. Керамические материалы с магнитными функциями. Оптически прозрачная керамика. Ультравысокотемпературная керамика. Керамические материалы для перспективных теплозащитных покрытий лопаток ГТД.				
Керамические композиционные материалы	4	4	4	14
Композиционные материалы, упрочненные частицами. Трансформационно-упрочненные композиционные материалы. Керамические волокна. Композиционные материалы, упрочненные волокнами. Методы получения: CVI, PIP, LSI и др. Слоистые композиты. Композиционные материалы, полученные направленной кристаллизацией эвтектик. Керамические нанокомпозиты.				
Углерод-углеродные композиционные материалы	2	0	2	8
Углеродные волокна: классификация, методы получения, свойства. Схемы армирования.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основные технологические схемы производства УУКМ. Матрицы УУКМ. Свойства УУКМ.				
Керамические материалы, применяемые в технологии литья по выплавляемым моделям, для изготовления оболочек и стержней.	6	0	4	12
Требования к керамическим формам. Материалы для изготовления форм. Связующие для приготовления суспензий: этилсиликат, коллоидный кремнезем, неорганические связующие. Технология изготовления керамических оболочек для литья лопаток ГТД: приготовление связующего раствора гидролизом ЭТС, приготовление керамической суспензии, смачивание модельных блоков и обсыпка, сушка удаление модельного состава. Влияние параметров изготовления оболочки на качество отливки. Технология изготовления керамических стержней на основе электрокорунда. Состав и свойства материалов для керамических стержней. Термопластичные связующие для формования стержней методом горячего литья под давлением. Прессование и обжиг стержней. Факторы, влияющие на физико-механические свойства стержневой керамики. Влияние характеристик керамического стержня на качество отливки.				
ИТОГО по 3-му семестру	32	18	18	72
ИТОГО по дисциплине	32	18	18	72

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Методы получения керамических порошков
2	Расчет сырьевых компонентов для получения порошков различных керамических материалов.
3	Области применения керамических материалов конструкционного назначения
4	Керамические материалы функционального назначения
5	Микроструктурный анализ керамического композиционного материала
6	Тканые углеродные материалы, схемы армирования и выкладки углеродными волокнами
7	Особенности технологии изготовления керамических оболочек для литья лопаток ГТД
8	Особенности технологии изготовления керамических стержней для литья лопаток ГТД



## Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Синтез порошка композиционного керамического материала методом химического соосаждения
2	Процессы изготовления керамических материалов
3	Определение трещиностойкости керамических материалов методом индентирования
4	Получение пористых керамических материалов методом выгорающих добавок

### 5. Организационно-педагогические условия

#### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

#### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Кульметьева В. Б., Порозова С. Е., Сметкин А. А. Перспективные композиционные и керамические материалы : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2013. 275 с. 22,25 усл. печ. л.	5
2	Сидоров В. В., Каблов Д. Е., Ригин В. Е. Металлургия литейных жаропрочных сплавов: технология и оборудование : коллективная монография. Москва : Изд-во ВИАМ, 2016. 351 с. 21,62 усл. печ. л.	3
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Гаршин А. П., Шумячер В. М., Пушкарев О. И. Новые конструкционные материалы на основе карбида кремния : учебное пособие для вузов. 2-е изд., испр. и доп. Москва : Юрайт, 2020. 182 с. 11,38 усл. печ. л.	1
2	Керамика для машиностроения / Гаршин А. П., Гропянов В. М., Зайцев Г. П., Семенов С. С. Москва : Научтехлитиздат, 2003. 380 с.	4
3	Костиков В.И., Варенков А.Н. Сверхвысокотемпературные композиционные материалы. М. : Интермет Инжиниринг, 2003. 559 с.	16
4	Литье по выплавляемым моделям / Иванов В. Н., Казённых С. А., Курчман Б. С., Лященко Н. Н. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Машиностроение, 1984. 407 с. 25,5 усл. печ. л.	8
5	Литье по выплавляемым моделям отливок авиационно-космического назначения : учебное пособие / Максютин Л. Г., Шилов А. В., Звездин В. Л., Коряковцев А. С. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2005. 139 с.	9
6	Мелешко А. И., Половников С.П. Углерод, углеродные волокна, углеродные композиты. Москва : Сайнс-Пресс, 2007. 189 с.	5
7	Шабанова Н. А., Попов В. В., Саркисов П. Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов : учебное пособие для вузов. М. : Академкнига, 2007. 309 с.	7
8	Шабанова Н. А., Саркисов П. Д. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем : монография. Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2012. 328 с. 20,5 усл. печ. л.	1
9	Щурик А.Г. Искусственные углеродные материалы. Пермь : Изд-во УНИИКМ, 2009. 340 с.	2
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия.	
2	Конструкции из композиционных материалов	
3	Литейщик России	
4	Материаловедение	
5	Новые огнеупоры.	
6	Перспективные материалы	

7	Стекло и керамика	
8	Труды ВИАМ	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Коллоидная химия нанодисперсного кремнезема	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-151497">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-151497</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Литье по выплавляемым моделям отливок авиационно-космического назначения	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4070">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4070</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Технология композиционных материалов с керамической матрицей?	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-121848">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-121848</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Перспективные композиционные и керамические материалы	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3601">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3601</a>	локальная сеть; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

## 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	<a href="http://www.diss.rsl.ru/">http://www.diss.rsl.ru/</a>

## 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Магнитная мешалка ММ-5	2
Лабораторная работа	Машина испытательная FP100/1	1
Лабораторная работа	Планетарная вариомельница «Пульверизетте»	1
Лабораторная работа	Пресс ПГ-125	1
Лабораторная работа	СЗМ «Femtoscan»	1
Лабораторная работа	Твердомер ТП-7р-1	1
Лабораторная работа	Электропечь НТ64/17	1
Лекция	ноутбук	1
Лекция	проектор	1
Практическое занятие	ноутбук	1
Практическое занятие	ПК с выходом в Интернет и локальную сеть ПНИПУ	10
Практическое занятие	проектор	1

## 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**  
Передовая инженерная школа  
«Высшая школа авиационного двигателестроения»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине  
**«Технологии перспективных высокотемпературных  
керамических и композиционных материалов»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

**Направленность (профиль)  
образовательной программы:** Материаловедение высокотемпературных  
материалов газотурбинных двигателей

**Квалификация выпускника:** «Магистр»

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 2

**Семестр:** 3

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 5 3Е

Часов по рабочему учебному плану: 180 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 3 семестр

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### 1.Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (3-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, лабораторные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим и лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Промежуточный	
	ОП	ТКР	ОПР	Т/КР		Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
- основные типы керамических материалов конструкционного и функционального назначения, их физико-механические свойства и технологии производства;	ОП1 ОП2 ОП3	ТКР1 ТКР2		Т/КР1 Т/КР2		ТВ
- теории эволюции структуры и состава керамических и композиционных материалов, протекающие при высоких температурах в процессе изготовления и эксплуатации;	ОП1 ОП2 ОП3	ТКР1		Т/КР1 Т/КР2		ТВ
- основные технологии производства перспективных композиционных и керамических материалов различного функционального назначения;	ОП1 ОП2 ОП3	ТКР3		Т/КР1 Т/КР2		ТВ
- закономерности, описывающие связи между параметрами структуры и характеристиками физических, химических и механических свойств керамических и композиционных материалов	ОП1 ОП2 ОП3	ТКР1		Т/КР1		ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
- осуществлять технологические операции по созданию образцов керамического и композиционного материалов на лабораторном технологическом оборудовании;		ПЗ1 ПЗ2 ЛР1 ЛР2 ЛР3 ЛР4	ОПР1 ОПР2 ОЛР1 ОЛР2 ОЛР3 ОЛР4			КЗ
- анализировать результаты испытаний образцов		ПЗ3	ОПР3	Т/КР1		КЗ

материалов и устанавливать закономерности связей параметров структуры материалов и характеристиками физических, химических и механических свойств		ПЗ4 ПЗ5 ПЗ6 ЛР2 ЛР3 ЛР4	ОПР4 ОПР5 ОПР6 ОЛР2 ОЛР3 ОЛР4			
- формулировать требования к выполнению технологических операций по получению керамических материалов, применяемых в производстве деталей авиационных двигателей.		ПЗ7 ПЗ8	ОПР7 ОПР8	Т/КР1		КЗ
<b>Приобретенные владения</b>						
- навыками разработки описания технологических операций и расчета сырьевых компонентов, необходимых для получения керамических порошков и материалов на их основе.		ПЗ1 ПЗ2 ЛР1 ЛР2 ЛР4	ОПР1 ОПР2 ОЛР1 ОЛР2 ОЛР4			КЗ
- навыками реализации лабораторного технологического процесса производства перспективных высокотемпературных композиционных и керамических материалов различного функционального назначения на технологическом оборудовании материаловедческого подразделения в соответствии с разработанными рекомендациями и получение партии пробных образцов новых материалов.		ЛР1 ЛР2 ЛР3 ЛР4	ОЛР1 ОЛР2 ОЛР3 ОЛР4			КЗ

*ОП – опрос, для анализа усвоения материала предыдущей лекции; КР – контрольная работа по теме; ПЗ – практическое занятие; ОПР – отчет по практической работе; ЛР – лабораторная работа; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); Кр – курсовая работа; ТВ – теоретический вопрос; КЗ – комплексное задание экзамена.*

Итоговой оценкой достижения является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ

(индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль в форме текущей контрольной работы, тестирования, опроса по тематике, изучаемой самостоятельно. Результаты по 4-х балльной шкале оценивания учитываются при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится по каждому учебному модулю в следующих формах:

- защита лабораторных работ (модули 1, 2);
- защита практических работ (модули 1, 2, 3);
- контрольные работы (тестирование) (модули 1, 2).

#### **2.2.1. Защита практических и лабораторных работ**

Всего запланировано 8 практических и 4 лабораторных работ. Типовые темы практических и лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Результаты защиты лабораторных работ по 4-балльной шкале оценивания учитываются при проведении промежуточной аттестации. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (тестирование) (Т/КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая Т/КР по модулю 1 «Высокотехнологичная техническая керамика», вторая Т/КР – по модулю 2 «Перспективные композиционные материалы».

#### **Типовые вопросы задания первой Т/КР:**

1. Некоторые исследователи относят первые попытки обжига глины к

- а) позднему палеолиту.
- б) раннему палеолиту
- в) раннему неолиту
- г) позднему неолиту

2. Нитрид кремния существует в модификациях:

- а)  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\delta$ - $\text{Si}_3\text{N}_4$
- в)  $\alpha$ -,  $\theta$ - и  $\chi$ - $\text{Si}_3\text{N}_4$



б)  $\alpha$ -,  $\delta$ - и  $\gamma$ - $\text{Si}_3\text{N}_4$

г)  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ - $\text{Si}_3\text{N}_4$

3. Во избежание агломерирования при плазмохимическом синтезе осуществляют
- а) быстрое охлаждение реакционной смеси
  - б) медленное охлаждение реакционной смеси
  - в) постепенное охлаждение реакционной смеси
  - г) циклическое охлаждение реакционной смеси
4. Недостатком метода СВС является
- а) нестабильность фазового состава
  - б) необходимость измельчения синтезирующихся порошков.
  - в) плохая активность порошков к спеканию
  - г) нестабильность химического состава
5. Недостатком гидротермального метода является
- а) получение лишь оксидных порошков.
  - б) широкое распределение порошков по гранулометрическому составу
  - в) длительность процесса синтеза
  - г) использование высоких температур
6. К основным свойствам отформованного изделия, которые определяют качество спекания керамики и ее микроструктуру, не относится
- а) максимальный размер пор
  - б) равномерность
  - в) распределение частиц по размерам.
  - г) распределение пор по размерам
7. Высокотемпературной устойчивой модификацией  $\text{Al}_2\text{O}_3$  является
- а)  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$
  - б)  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$
  - в)  $\theta$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$
  - г)  $\delta$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$

**Типовые задания второго рубежного тестирования Т/КР:**

1. Наиболее эффективный способ повышения трещиностойкости –
- а): формирование композиционных структур
  - б): повышение чистоты исходных компонентов
  - в): повышение прочности материала
  - г): создание межфазовых слоев
2. Трансформационно-упрочненные керамические композиционные материалы относятся к материалам
- а): дискретно-армированным частицами
  - б): дискретно-армированным волокнами
  - в): дискретно-армированным нитевидными кристаллами
  - г): слоистогранульным
3. При трансформационном упрочнении эффект упрочнения достигается за счет
- а): рассеяния энергии у фронта растущей трещины при встрече ее с включением, претерпевающим фазовое превращение
  - б): фазового превращения материала матрицы при прохождении трещины
  - в): рассеяния энергии растущей трещины при встрече ее с нитевидным кристаллом

- г): вытягивания волокна из матрицы, претерпевающей фазовое превращение
4. Критическое содержание частиц  $ZrO_2$  в трансформационно-упрочненных композитах с  $Al_2O_3$ -матрицей
- а): уменьшается с уменьшением их размера
  - б): возрастает с увеличением их размера
  - в): возрастает с уменьшением их размера
  - г): возрастает с увеличением размера зерна матрицы
5. При изготовлении непрерывных волокон карбида кремния методом химического осаждения из паровой фазы в качестве подложки используют
- а): бериллиевую проволоку или углеродную монокристаллическую ленту
  - б): титановую проволоку или углеродную монокристаллическую ленту
  - в): вольфрамовую проволоку или углеродную монокристаллическую ленту
  - г): стальную проволоку или углеродную монокристаллическую ленту
6. Основным параметром композиционного материала, армированного нитевидными кристаллами (НК), не является:
- а): объемное содержание НК
  - б): геометрия армирования
  - в): геометрические параметры НК и размер зерна матрицы
  - г): состояние границы раздела НК/матрица
7. Характерной особенностью направленно-закристаллизованных композитов является
- а): прочная связь между волокном и матрицей
  - б): четко выраженная структурная анизотропия составляющих фаз
  - в): четко выраженная структурная изотропия составляющих фаз
  - г): изотропия свойств

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровнем сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

#### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Факторы, обуславливающие перспективность керамики.
2. Классификация технической керамики.
3. Методы получения керамических порошков и требования к ним.
4. Конструкционная керамика на основе оксида алюминия. Получение и свойства.
5. Конструкционная керамика на основе диоксида циркония. Получение и свойства.
6. Конструкционная керамика на основе карбида кремния. Получение и свойства.
7. Конструкционная керамика на основе нитрида кремния и сиалонов. Получение и свойства.

**Типовые комплексные задания для контроля освоенных умений и контроля приобретенных владений** представлены в приложении 1. *Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

**Типовые комплексные задания для контроля освоенных умений и контроля приобретенных владений**

1. Рассчитать химический состав фарфоровой массы, если известен компонентный состав фарфоровой массы и химический состав сырьевых компонентов (таблица 1).

*Шихтовой состав фарфоровой массы (мас. %):*

1. пегматит – 50,
2. глина – 12,
3. каолин – 30,
4. фарфоровый череп – 8.

-----  
100 %

Таблица 1 – Химический состав сырьевых материалов, мас. %

Компонент	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$CaO$	$MgO$	$K_2O$	$Na_2O$	$\Delta m_{прк.}$	сумма
пегматит	74,96	15,40	0,36	0,80	0,11	4,30	3,76	0,28	99,97
глина	54,25	32,43	1,08	0,31	0,81	2,96	0,28	8,50	100,62
каолин	45,93	33,82	0,51	1,26	0,16	-	-	13,31	94,98
череп	65,43	27,40	0,60	0,79	0,21	0,33	0,33	0,03	95,12

2. Рассчитать количество исходных реактивов  $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$  и  $Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$  для получения 70 г порошка  $ZrO_2$ , стабилизированного 5 мас.%  $Y_2O_3$ , методом химического осаждения, используя в качестве осадителя 25% водный раствор аммиака.

3. Предложить материал и составить технологическую схему его производства, который должен обладать пористостью более 70 % и хорошей теплопроводностью, и предназначен для фильтрации расплава чугуна при его заливке в форму.

4. Предложить материал и составить технологическую схему его производства, который должен обладать высокими диэлектрическими свойствами, минимальной пористостью и хорошей теплопроводностью, и предназначен для изготовления корпусов СВЧ-приборов.