

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 И.Ю.Черникова

« 24 » декабря 20 24 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. умение назначать параметры формирования и спекания керамических порошков;
3. владение навыками синтеза керамических порошков и материалов на их основе;
4. владение 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-3ПК-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:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
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	3	10	4	23
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	6	4	4	25
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	3	4	4	15
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	1	0	2	9
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	2	0	4	18
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	16	18	18	90
ИТОГО по дисциплине	16	18	18	90

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
1. Основная литература		
1	Кульметьева В. Б., Порозова С. Е., Сметкин А. А. Перспективные композиционные и керамические материалы : учебное пособие. Пермь : 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 : ВИАМ, 2016. 351 с. 21,62 усл. печ. л.	3
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
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.	3
3	Костиков В.И., Варенков А.Н. Сверхвысокотемпературные композиционные материалы. Москва : Интернет 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 : 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. Москва : Академкнига, 2007. 309 с.	7
8	Шабанова Н. А., Саркисов П. Д. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем : монография. Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 328 с. 20,5 усл. печ. л.	1
9	Щурик А.Г. Искусственные углеродные материалы. Пермь : УНИИКМ, 2009. 340 с.	2
2.2. Периодические издания		
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.	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	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	https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-151497	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Литье по выплавляемым моделям отливок авиационно-космического назначения	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4070	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Технология композиционных материалов с керамической матрицей	https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-121848	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Перспективные композиционные и керамические материалы	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3601	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 научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	https://elib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRsmart	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	локальная сеть

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	Маркерная доска	1
Лекция	ПК или ноутбук	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Маркерная доска	1
Практическое занятие	ПК или ноутбук	1
Практическое занятие	ПК с выходом в Интернет и локальную сеть ПНИПУ	10
Практическое занятие	Проектор	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
