

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 09 » декабря 20 19 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Экспериментальные методы исследования композиционных
материалов
_____ (наименование)

Форма обучения: очная
_____ (очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
_____ (бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 288 (8)
_____ (часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
_____ (код и наименование направления)

Направленность: Проектирование конструкций из композиционных материалов
_____ (наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель - формирование комплекса знаний в области физико-химических основ, принципов и методик исследований, привитие навыков и умений выбора методов анализа и диагностики структуры, элементного состава, свойств композиционных материалов, - проектирования конструкций и сооружений, создания новых материалов, принципами исследования закономерностей механического поведения перспективных композиционных материалов.

Задачи:

- формирование знаний основных характеристик строения композиционных материалов и современных методов исследований их структуры и свойств;

- формирование умений выбора методик исследований структуры и физико-механических характеристик неметаллических композиционных материалов в соответствии с поставленной задачей, интерпретировать результаты анализов;

- формирование навыков комплексного подхода к исследованию композиционных материалов, обработки и обобщения результатов исследований;

формирование навыков по устройству и действию современных электромеханических и сервогидравлических систем для испытания материалов, оборудования для термомеханических воздействий, средствами контроля нагрузок и перемещений, анализа полей деформаций, программными средствами управления, сбора и обработки данных, приспособления и т.п., при реализации отечественных стандартных методик механических испытаний КМ.

- формирование знаний особенностей и общих принципов формирования системы стандартов по испытаниям композитов;

- приобретение навыков проведения испытания на растяжение, сжатие, изгиб, сдвиг по ГОСТ и ASTM

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Методы определения размеров структурных компонентов различной природы; дифракционные методы анализа; спектроскопические методы анализа; дериватографический анализ; электронная, зондовая микроскопия; перспективные методы анализа композиционных материалов, приборы и оборудование. Методики экспериментальных исследований механики композиционных материалов; методики экспериментального определения механических свойств, исследования закономерностей процессов деформирования и разрушения материалов и элементов конструкций; средства контроля нагрузок и перемещений (датчики нагрузок и перемещений, экстензометры), оптические системы анализа полей деформаций.

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 -1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает основные характеристики строения композиционных материалов и современные методы исследований их структуры.	Знает основные механические характеристики композиционных материалов и экспериментальные методы их определения; современные методы исследований материалов	Тест
ПК -1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет подбирать методики исследований структуры, физико-химических свойств неметаллических композиционных материалов в соответствии с поставленной задачей, интерпретировать результаты анализов.	Умеет подбирать методики лабораторных исследований неметаллических композиционных материалов в соответствии с поставленной задачей и проводить испытания по заданным методикам, обрабатывать и анализировать результаты, в т.ч. статистическими методами	Дифференцированный зачет
ПК -1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками разработки графика проведения лабораторного анализа, контроля правильности анализа и качества композиционных материалов.	Владеет навыками инженерного сопровождения проведения физико-химических анализов на соответствие качества материалов действующим стандартам, техническим условиям, технологической документации	Отчёт по практическом у занятию

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		2	3
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	106	53	53
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	26	20	6
- лабораторные работы (ЛР)	14		14
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	62	31	31
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	182	91	91
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	18	9	9
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	288	144	144

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	СРС
2-й семестр				
Дифракционные и микроскопические методы исследования объектов	12	0	12	41
Классификация физических, физико-химических методов анализа и их сравнительная характеристика. Рентгеноструктурный анализ материалов. Источники рентгеновского излучения высокой плотности, поликапиллярная оптика Кумахова. Малоугловое рассеяние нейтронов и рентгеновских лучей в материалах. Методы анализа размера частиц: лазерная дифракция, седиментация. Статистические величины в гранулометрическом анализе. Электронная и сканирующая зондовая микроскопия в исследованиях композиционных материалов. Исследования поверхностей.				
Методы термического анализа	4	0	8	20
Термогравиметрический и термомеханический анализ. Дифференциально-термический анализ и дифференциально-сканирующая калориметрия.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Спектроскопические методы исследований композиционных материалов	4	0	11	30
Атомная и молекулярная спектроскопия. Спектроскопия комбинационного рассеяния. Анализ элементного состава веществ.				
ИТОГО по 2-му семестру	20	0	31	91
3-й семестр				
Основные понятия и исходные положения экспериментальной механики композитов	1	3	7	22
Модели механического поведения материалов: модели упругого поведения материалов, модели пластического деформирования материалов, модели вязкоупругого деформирования материалов. Основные механические характеристики материалов и методы их определения				
Современные системы для испытания материалов	1	3	8	23
Общая характеристика современных испытательных комплексов. Основные виды управляемого воздействия на образец: растяжение-сжатие, кручение, сложное нагружение (растяжение-сжатие и кручение), двухосевое растяжение-сжатие, сложное напряженное состояние (растяжение и кручение трубчатых образцов с внутренним давлением), воздействие низких и высоких температур, агрессивных сред и иных физико-химических факторов. Принцип действия и устройство электромеханических испытательных систем. Испытания на растяжение, сжатие, трехточечный и четырехточечный изгиб, сдвиг, срез. Принцип действия и устройство сервогидравлических испытательных систем. Испытания на малоцикловую усталость, многоцикловую усталость и циклическую трещиностойкость. Принцип действия и устройство электродинамических испытательных систем. Принцип действия и устройство специального оборудования для термомеханического нагружения. Климатические камеры, муфельные печи, сосуд Дьюара. Принцип действия и основные виды датчиков регистрации усилий и перемещений, экстензометров, видеоэкстензометров. Оптический метод анализа полей деформаций. Состав и принцип работы цифровой оптической системы. Метод корреляции цифровых изображений.				
Методики экспериментальных исследований механики композиционных материалов	2	4	8	23
Основные проблемы экспериментальной механики композиционных материалов. Основные виды				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
статических испытаний композитов: растяжение, сжатие, изгиб и сдвиг. Стандартные методики механических испытаний композиционных материалов: основные положения, сходства и отличие.				
Методики экспериментальных исследований механики КМ при использовании отработанных и новых нестандартных методик	2	4	8	23
Обзор нестандартных методик, используемых при испытаниях образцов и элементов конструкций из композиционных материалов в Центре экспериментальной механики ПНИПУ. Особенности и развитие нестандартных методик испытаний однонаправленных высоконаполненных волокнистых ПКМ при растяжении вдоль направления армирования при нормальных и повышенных температурах. Конструкции захватных приспособлений при отсутствии трансверсального обжатия образца. Практика и особенности испытаний крупногабаритных образцов ламинатных и сэндвичпанелей по методикам, аналогичным стандартным: при растяжении, при сжатии и на сдвиг в замкнутом четырёхзвенные. Практика и особенности применения расчетно-экспериментальной методики оценки упругих и прочностных характеристик волокнистых ПКМ перекрестного армирования при трехточечном изгибе образцов-полосок на разных базах. Сравнительный анализ результатов испытаний, полученных по разным методикам.				
ИТОГО по 3-му семестру	6	14	31	91
ИТОГО по дисциплине	26	14	62	182

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Теоретический расчет дифрактограммы
2	Определение величин областей когерентного рассеяния
3	Оценка глубина проникновения X-лучей в рентгенофлюоресцентном анализе
4	Моделирование методом Монте-Карло взаимодействия электронного луча с веществом
5	Термомеханический анализ: интерпретация результатов
6	Изучение устройства и принципа действия дифференциального фотоседиментографа

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
7	Интерпретация изображений и результатов EDX-анализа, полученных с помощью СЭМ и ПЭМ
8	Интерпретация изображений, полученных с помощью СЭМ
9	Энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр. Устройство, принцип работы и выполнение анализа

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Модели упругого поведения материалов, модели пластического деформирования материалов, модели вязкоупругого деформирования материалов.
2	Методики экспериментального изучения деформационных и прочностных свойств материалов.
3	Одноосное растяжение-сжатие. Построение диаграмм деформирования. Закон Гука при одноосном напряженном состоянии. Модуль Юнга, коэффициент Пуассона. Определение и учет жесткости нагружающей цепи.
4	Основные принципы метода корреляции цифровых изображений. Анализ поля деформаций в области концентрации напряжений.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой 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 установления 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	Брандон Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля : учебное пособие : пер. с англ. / Д. Брандон, У. Каплан. - М.: Техносфера, 2006.	4
2	Механика материалов. Методы и средства экспериментальных исследований / В. Э. Вильдеман [и др.]. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	36
3	Синдо Д. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия : пер. с англ. / Д. Синдо, Т. Оикава. - М.: Техносфера, 2006.	4
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Горелик С. С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ : учебное пособие для вузов / С. С. Горелик, Ю. А. Скаков, Л. Н. Расторгуев. - Москва: Изд-во МИСиС, 2002.	27
2	Горшков А.Г. Сопротивление материалов : учебное пособие для вузов / А. Г. Горшков, В. Н. Трошин, В. И. Шалашилин. - Москва: Физматлит, 2002.	40
3	Горшков А.Г. Теория упругости и пластичности : учебник для вузов / А.Г. Горшков, Э.И. Старовойтов, Д.В. Тарлаковский. - М.: Физматлит, 2002.	55
4	Кларк Э. Р. Микроскопические методы исследования материалов : пер. с англ. / Э. Р. Кларк, К. Н. Эберхардт. - Москва: Техносфера, 2007.	3
5	Лабораторный практикум по сопротивлению материалов : учебное пособие для вузов / А. С. Вольмир [и др.]. - Москва: Изд-во МАИ, 1997.	2
6	Материаловедение и технологии современных и перспективных материалов : конспект лекций : учебное пособие для вузов / С. А. Оглезнева [и др.]. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013.	5

7	Сутягин В. М. Физико-химические методы исследования полимеров : учебное пособие для бакалавров / В. М. Сутягин, А. А. Ляпков. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2018.	16
8	Упруго-пластические деформации / Авт. предислов. Е.И. Шемякина [и др.]. - Москва: , Логос, 2004. - (Пластичность; Ч. 1).	13
9	Физические методы исследования неорганических веществ : учебное пособие для вузов / Т. Г. Баличева [и др.]. - М.: Academia, 2006.	13
10	Экспериментальная механика / Б. В. Букеткин [и др.]. - М.: Изд-во МГТУ, 2004.	5
11	Экспериментальные исследования свойств материалов при сложных термомеханических воздействиях : коллективная монография / В. Э. Вильдеман [и др.]. - Москва: Физматлит, 2012.	2
2.2. Периодические издания		
1	Заводская лаборатория. Диагностика материалов : научно-технический журнал по аналитической химии, физическим, математическим и механическим методам исследования, а также сертификации материалов / Издательство Тест-ЗЛ. - Москва: Тест-ЗЛ, 1932 - .	
2	Оптика и спектроскопия : журнал / Российская академия наук. - Москва: Наука, 1956 - .	
3	Российские нанотехнологии : журнал / Федеральное агентство по науке и инновациям ; Парк-медиа. - Москва: Парк-медиа, 2006 - .	
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)
Основная литература	Бёккер Ю. Спектроскопия / Бёккер Ю. - Москва: Техносфера, 2009.	http://elib.pstu.ru/vufind/Record/lan73013	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Термический анализ в изучении полимеров : Учебное пособие / О. Т. Шипина [и др.]. - Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014.	http://elib.pstu.ru/vufind/Record/iprbooks86291	локальная сеть; авторизованный 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	https://www.scopus.com/
База данных Springer Nature e-books	http://link.springer.com/ http://jwww.springerprotocols.com/ http://materials.springer.com/ http://zbmath.org/ http://npg.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных Wiley Journals	http://onlinelibrary.wiley.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	https://техэксперт.сайт/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Сервогидравлическая двухосевая испытательная система Instron 8850 (100 кН/1000 Нм), система универсальная	1
Лабораторная работа	Сервогидравлическая испытательная система Instron 8801 (100 кН),	1
Лабораторная работа	Стереомикроскоп CarlZeissSteREODiscoveryV12	1
Лабораторная работа	Универсальная электромеханическая испытательная система Instron 5882 (10кН)	1

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Универсальная электромеханическая испытательная система Instron 5965 (5кН)	1
Лабораторная работа	Электродинамическая испытательная система Instron ElektroPuls E10000	1
Лекция	Медиапроектор, ноутбук	1
Практическое занятие	Компьютеры	12
Практическое занятие	Макет просвечивающего электронного микроскопа	1
Практическое занятие	Сканирующий фотоседиментограф СФ-02	1
Практическое занятие	Термомеханический анализатор Setsys Evolution 24	1
Практическое занятие	Учебный лабораторный комплекс «Фемтоскан» (компьютерный класс)	1
Практическое занятие	Энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр EDX-800HS	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе