

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

« 18 » декабря 20 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____ **Механика структурно-неоднородных материалов**
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: _____ **180 (5)**
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: _____ **28.03.03 Наноматериалы**
(код и наименование направления)

Направленность: _____ **Конструкционные наноматериалы**
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – ознакомление с основными принципами механики деформирования структурно неоднородных и наноматериалов, изучение влияния поверхностей раздела, компонентов и технологических процессов на макроскопические свойства структурно неоднородных и наноматериалов.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение основных принципов построения моделей структурно неоднородных и наноматериалов; методов проектирования физико-механических свойств структурно неоднородных и наноматериалов;
- формирование умения учитывать структуру материала при прогнозировании эффективных свойств нанокompозитов; определения эффективных упругих и прочностных свойств структурно неоднородных и наноматериалов;
- формирование навыков решения краевых задач структурно-феноменологическим методом; применения основ теории прочности и разрушения структурно неоднородных и наноматериалов.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- физико-механические свойства структурно неоднородных и наноматериалов;
- физико-химические свойства структурно неоднородных и наноматериалов;
- макроскопические свойства структурно неоднородных и наноматериалов;
- анизотропные и конструкционные свойства структурно неоднородных и нано-материалов;
- функции осреднения;
- краевые задачи;
- модели прочности и разрушения.

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-1.5	ИД-1ПК-1.5	Знать: - современные механизмы структурного и макроскопического разрушения композитов, - классификацию, номенклатуру и свойства структур-но неоднородных наноматериалов; - основы диагностики и моделирования свойств структурно неоднородных наноматериалов.	Знает физико-химические характеристики наноструктурированных композиционных материалов ; основные теории прочности, закономерности процессов разрушения наноматериалов, причины и условия разрушения материала, основные подходы к описанию процессов накопления повреждений современных материалов и наноматериалов	Дифференцированный зачет
ПК-1.5	ИД-2ПК-1.5	Уметь: - проводить оценку упругих и прочностных характеристик структурно неоднородных наноматериалов; - рассчитывать предельные поверхности прочности структурно не-однородных наноматериалов; - устанавливать связи между структурными и макро-параметрами деформирования нанокompозитных материалов; - осуществлять постановку краевой задачи механики структурно неоднородных материалов с периодической и стохастической структурой.	Умеет выбирать и применять средства измерения для определения свойств наноструктурированных композиционных материалов ,	Отчёт по практическому занятию
ПК-1.5	ИД-3ПК-1.5	Владеть: - навыками исследования структуры структурно неоднородных наноматериалов; - навыками моделирования свойств структурно неоднородных	Владеет навыками экспериментального исследования процессов разрушения структурно неоднородных и наноматериалов	Курсовая работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		наноматериалов на макроуровне и на структурном уровне; - навыками прогнозирования и оптимизации макроскопических свойств структурно неоднородных наноматериалов.		

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	82	82	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	36	36	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	42	42	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	98	98	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
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	
7-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Общие сведения о структурно неоднородных наноматериалах и механике деформируемого твердого тела.	7	0	6	10
Основные определения. Определение и классификация компонентов композиционных материалов, наноструктурные компоненты. Классификация структурно неоднородных наноматериалов. Фазовая структура композитов и нанокомпозитов. Понятие и виды межфазного взаимодействия. Общие положения механики деформируемого твердого тела. Определяющие соотношения и постановка задачи деформирования упругого тела. Понятия вязкоупругости и упруго пластического тела.				
Модели композиционных материалов и схемы расчетов.	16	0	30	35
Понятие о модели микронеоднородной среды. Микроскопические и макроскопические величины и их связь. Эффективные определяющие соотношения. Теория эффективного модуля. Подходы Фойгта и Рейса. Вилка Хашина – Штрикмана. Некоторые методы определения эффективных характеристик. Осреднение регулярных структур. Статическая задача теории упругости в перемещениях и напряжениях. Задача для слоистых упругих композитов в перемещениях и напряжениях. Теория нулевого приближения. Волокнистые упругие композиты. Однонаправленный волокнистый композит. Решение плоской и антиплоской задачи. Примеры модельных задач. Композит с продольно-поперечной укладкой.				
Структурно феноменологическая модель и основы теории прочности и разрушения композитов и нанокомпозитов.	13	0	6	53
Структурно феноменологическая модель деформирования и разрушения композиционных материалов. Постановка краевой задачи теории упругости структурно неоднородной среды. Модель структурно неоднородной среды. Постановка краевой задачи теории упругости структурно неоднородной среды. Макроскопические модули упругости композиционных материалов. Метод периодических составляющих. Метод локального приближения. Краевая задача механики деформирования и разрушения структурно неоднородных сред. Не-упругое деформирование композитов и процессы структурного разрушения. Феноменологические модели механики разрушения. Определяющие соотношения деформационной теории				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
поврежденных сред. Современные модельные представления об особенностях разрушения композиционных и нано-структурных материалов. Механизмы и критерии разрушения композитов. Материальные функции деформационной теории поврежденных сред. Модели разрушения по совокупности критериев.				
ИТОГО по 7-му семестру	36	0	42	98
ИТОГО по дисциплине	36	0	42	98

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Решение задач о взаимно обратных операторах упругости и податливости.
2	Решение частных задач механики деформированного твердого тела.
3	Решение задач о матрице упругих компонент для разных видов анизотропий.
4	Расчет структурных деформаций в квазиизотропных композитах.
5	Расчет структурных напряжений в квазиизотропных композитах.
6	Вычисление эффективных модулей упругости по моделям Хашина-Штрикмана. Построение вилки Хашина-Штрикмана.
7	Решение задачи о неоднородном упругом стержне.
8	Решение задач для слоистых упругих композитов.
9	Решение задач для неперіодических структур методом нулевого приближения.
10	Решение модельных задач волокнистых упругих композитов.
11	Постановка краевой задачи механики композитов с периодической и стохастической структурой.
12	Определение основных этапов решения задач механики композитов на примерах.
13	Решение краевой задачи механики композитов традиционным методом.

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Расчет эффективных модулей однонаправленных волокнистых композитов.
2	Расчет эффективных модулей объемно-армированных композитов.
3	Расчет полей напряжений в структурных элементах композиционного материала.
4	Моделирование процесса структурного разрушения.

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.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии.

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 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	Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология / С. Л. Баженов [и др.]. - Долгопрудный: Интеллект, 2010.	25
2	Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология : учебное пособие для вузов / М. Л. Кербер [и др.]. - Санкт-Петербург: Профессия, 2008.	25
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Вильдеман В. Э. Механика неупругого деформирования и разрушения композиционных материалов / В. Э. Вильдеман, Ю. В. Соколкин, А. А. Ташкинов. - М.: Наука, Физматлит, 1997.	3

2	Геллер Б. Э. Практическое руководство по физико-химии волокнуобразующих полимеров : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Б. Э. Геллер, А. А. Геллер, В. Г. Чиртулов. - Москва: Химия, 1996.	12
3	Ильюшин А. А. Основы математической теории термовязкоупругости / А. А. Ильюшин, Б. Е. Победря. - М.: Наука, 1970.	1
4	Кристенсен Р. М. Введение в механику композитов : пер. с англ. / Р. М. Кристенсен. - Москва: Мир, 1982.	11
5	Кулезнев В. Н. Химия и физика полимеров : учебник для вузов / В. Н. Кулезнев, В. А. Шершнеv. - М.: КолосС, 2007.	34
6	Победря Б.Е. Механика композиционных материалов : учебное пособие для вузов / Б.Е. Победря. - Москва: Изд-во МГУ, 1984.	9
7	Шевченко А. А. Физикохимия и механика композиционных материалов : учебное пособие для вузов / А. А. Шевченко. - Санкт-Петербург: Профессия, 2010.	6
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
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	Ильюшин А. А. Основы математической теории термовязкоупругости / А. А. Ильюшин, Б. Е. Победря. - М.: Наука, 1970.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks120037	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Победря Б.Е. Механика композиционных материалов : учебное пособие для вузов / Б.Е. Победря. - Москва: Изд-во МГУ, 1984.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2493	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	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.02.2022)

Вид ПО	Наименование ПО
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 444632 ЦВВС)

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 Web of Science	http://www.webofscience.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
Курсовая работа	Компьютер	12
Лекция	Ноутбук	1
Лекция	Проектор	1
Лекция	Экран	1
Практическое занятие	Компьютер	12

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе