

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

« 09 » октября 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Механика композиционных материалов
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 324 (9)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
(код и наименование направления)

Направленность: Материаловедение и технологии материалов (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – изучение основных физико-химических процессов при создании композиционных материалов, изучение влияния роста матриц, волокон, поверхностей раздела, технологических процессов на макроскопические свойства композитов, решение стандартных задач профессиональной деятельности в области теории упругости анизотропных материалов как части механики деформируемого твердого тела.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение основных принципов построения моделей композитов; методов проектирования физико- механических свойств композиционных материалов;
- изучение основных закономерностей механического поведения упругих анизотропных материалов при температурно-силовых воздействиях, общих принципов построения моделей механики материалов и постановок краевых задач для трехмерных тел из упругих анизотропных материалов;
- формирование умения применять теорию малых деформаций и теорию напряжений Коши для описания напряженно-деформированного состояния упругих тел, определять технические постоянные упругости анизотропных материалов по результатам установочных экспериментов на образцах, устанавливать конкретный вид определяющих соотношений упругости для частных случаев анизотропии свойств материалов, делать постановки краевых задач упругости анизотропных материалов с граничными условиями основных типов;
- формирование умения учитывать структуру материала при прогнозировании эффективных свойств композитов; определения эффективных упругих и прочностных свойств композиционных материалов;
- формирование навыков решения краевых задач структурно-феноменологическим методом; учета быстроосциллирующих моментных функций высших порядков при моделировании структуры композита;
- формирование навыков вычисления удлинений линейных элементов и углов между ними, а также других характеристик напряженно-деформированного состояния в точке (векторов напряжений, главных линейных деформаций, главных нормальных напряжений, инвариантов тензоров деформаций и напряжений); определения значений упругих констант анизотропных материалов; построения кинематических допустимых полей деформаций и статически допустимых полей напряжений.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- упругие свойства материалов;
- параметры внутреннего состояния анизотропных материалов;
- математические модели упругого поведения анизотропных материалов и тел;
- физико-механические свойства композиционных материалов;
- физико-химические свойства композиционных материалов;
- макроскопические свойства композиционных материалов;
- анизотропные свойства композиционных материалов;
- функции осреднения;
- краевые задачи.

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
ПК-1.2	ИД-1ПК-1.2	<p>В результате изучения дисциплины студент должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физический и математический смысл величин, описывающих внутреннее макроскопическое состояние деформируемых материалов, и основные соотношения, устанавливающие взаимосвязи между этими величинами; – основные уравнения упругости анизотропных материалов для перемещений, деформаций и напряжений и основные типы граничных условий; – физико-химические процессы при создании композиционных материалов; – методы моделирования физико-химических процессов на поверхностях раздела композиционных материалов; – современные методы решения краевых задач микромеханики композитов; – современные механизмы структурного и макроскопического разрушения композитов; – объемную схему расчета конструкций из композиционных материалов. 	<p>Знает основные закономерности протекания химических процессов и гетерогенных взаимодействий, законы физикохимии конденсированного состояния, свойства основных типов матриц, волокон, границ раздела и схемы армирования композиционных материалов, особенности физико-химических процессов при создании и деформировании композиционных материалов</p>	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – определять технические постоянные упругости анизотропных материалов по результатам установочных экспериментов на образцах; – устанавливать связи между структурными и макропараметрами деформирования композиционных материалов; – осуществлять постановку краевой задачи механики композитов с периодической и стохастической структурой; – рассчитывать эффективные модули упругости композитов; – проводить оценку прогнозирования упругих и прочностных свойств композиционных материалов; – рассчитывать предельные поверхности прочности современных композиционных материалов; – рассчитывать структурные деформации и напряжения в квазиизотропных, однонаправлено армированных композитах и композитах слоистой структуры. 	<p>Умеет выполнять термодинамические расчеты, описывать кинетику химических процессов, применять основные законы и теории физического материаловедения в экспериментальных исследованиях и профессиональной деятельности;</p> <p>прогнозировать упругие и прочностные свойства квазиизотропных однонаправленно армированных композитов, композитов слоистой структуры, объемно-армированных композитов и статистических смесей</p>	Контрольная работа
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	<p>В результате изучения дисциплины студент должен владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками вычисления удлинений линейных элементов и углов между ними, а также других характеристик напряженно- 	<p>Владеет навыками использования методов физической химии, физического материаловедения к описанию, анализу и экспериментальному исследованию физических и химических систем,</p>	Дифференцированный зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		<p>деформированного состояния в точке (векторов напряжений, главных линейных деформаций, главных нормальных напряжений, инвариантов тензоров деформаций и напряжений);</p> <p>– навыками определения значений упругих констант анизотропных материалов;</p> <p>– навыками построения кинематических допустимых полей деформаций и статически допустимых полей напряжений;</p> <p>– навыками исследования структуры композиционных материалов;</p> <p>– навыками моделирования структуры и свойств на структурном уровне;</p> <p>– навыками прогнозирования и оптимизации макроскопических свойств композиционных материалов.</p>	процессов и явлений	
ПК-1.3	ИД-1ПК-1.3	<p>В результате изучения дисциплины студент должен знать:</p> <p>– формы записи (тензорная и цифровая, развернутая и сокращенная, с использованием компонент тензора модулей упругости и технических постоянных) определяющих уравнений упругости для общего и частных случаев анизотропии свойств материалов;</p> <p>– уравнения краевой задачи упругости анизотропных</p>	Знает методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации; методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в соответствующей области исследования	Курсовая работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		материалов в перемещениях – три основных типа граничных условий краевой задачи упругости – современные проблемы механики композиционных материалов; – современные масштабные уровни композитов: макроуровень, микроуровень, наноуровень.		
ПК-1.3	ИД-2ПК-1.3	В результате изучения дисциплины студент должен уметь: – устанавливать конкретный вид определяющих соотношений упругости для частных случаев анизотропии свойств материалов; – делать постановки краевых задач упругости анизотропных материалов с граничными условиями основных типов – использовать на практике современные представления наук о композиционных материалах; – оценивать влияние микро- и наномасштаба на свойства композиционных материалов.	Умеет оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; применять методы анализа научнотехнической информации; применять методы проведения экспериментов	Индивидуальное задание
ПК-1.3	ИД-3ПК-1.3	В результате изучения дисциплины студент должен владеть: – навыками определения значений упругих констант анизотропных материалов; – навыками построения кинематических допустимых полей деформаций и статически	Владеет навыками сбора, обработки, анализа и обобщения передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований; сбора обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		допустимых полей напряжений; – навыками определения свойств композиционных материалов на макро-, микро- и субмикроуровне; – навыками использования испытательной и вычислительной техники для определения физико-механических свойств композиционных материалов.	соответствующей области знаний; проведения экспериментов в соответствии с установленными полномочиями; проведения наблюдений и измерений, составление их описаний и формулировка выводов	

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	6
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	133	67	66
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	47	27	20
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	78	36	42
- контроль самостоятельной работы (КСР)	8	4	4
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	155	77	78
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет	9		9
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	324	180	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
5-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
Теория деформаций	4	0	6	10
Введение. Основные определения и терминология, цель, задачи и основные разделы лекционного курса, другие формы занятий, цель и задачи курсового проекта. Тема 1. Метрика пространства и меры деформаций. Линейные элементы и углы между ними. Тензоры малых деформаций и малых вращений. Геометрические соотношения Коши. Тема 2. Основные уравнения теории деформаций. Уравнения совместности деформаций. Вычисление перемещений по заданному полю деформаций, формула Чезаро.				
Теория напряжений	6	0	6	11
Тема 3. Принцип напряжений. Вектор напряжений. Тензор напряжений. Вычисление векторов напряжений на произвольной площадке по заданному тензору напряжений. Тема 4. Уравнения равновесия. Уравнения равновесия в напряжениях. Условия равновесия в напряжениях на границе. Статически допустимые поля напряжений. Главные напряжения и главные направления.				
Обобщенный закон Гука	5	0	6	14
Тема 5. Общие положения теории определяющих соотношений. Тензоры модулей упругости и упругих податливостей. Упругий потенциал. Физическая, технологическая и деформационная анизотропия упругих свойств. Обобщенный закон Гука. Тема 6. Упругие свойства конструкционных материалов и композитов. Частные случаи анизотропии упругих свойств. Технические постоянные упругости. Соотношения термоупругости анизотропных материалов.				
Краевые задачи упругости анизотропных материалов	4	0	6	13
Тема 7. Полная система уравнений упругости анизотропных материалов. Уравнения равновесия в напряжениях и перемещениях. Геометрические и определяющие соотношения. Типы граничных условий. Тема 8. Типы краевых задач упругости анизотропных материалов. Краевые задачи упругости анизотропных материалов в перемещениях и напряжениях. Теорема Клапейрона. Теорема об единственности решения краевых задач упругости анизотропных материалов.				

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 понятия физико-химии и механики композитов	2	0	0	2
Тема 9. Основные определения. Определение композиционного материала. Объект исследования конструкции из композиционного материала. Основная задача – прогнозирование физико-механических свойств композитов и расчет на жесткость конструкций. Понятие о конструировании композиционных материалов: варьируемые параметры структуры и свойств элементов структуры. Тема 10. Волокно и матрица. Роль волокон, матриц и поверхностей раздела в формировании деформационных и прочностных свойств композитов.				
Классификация, номенклатура и свойства композиционных материалов	3	0	6	13
Тема 11. Классификация и номенклатура композиционных материалов. Тема 12. Физико-механические свойства волокон. Удельные упругие прочностные характеристики. Тема 13. Физико-механические свойства матриц. Тема 14. Физико-механические свойства однонаправленных волокнистых композитов. Удельные упругие и прочностные характеристики.				
Физико-химические процессы при создании композиционных материалов	3	0	6	14
Тема 15. Физико-химические процессы и явления при формировании композиционных материалов различных видов. Поверхностные и объемные эффекты. Тема 16. Виды межфазного взаимодействия. Типы связей между компонентами. Химические, фазовые и релаксационные превращения, смачивание, адгезия, адсорбция, капиллярные явления. Тема 17. Фазовая структура композитов. Аморфное состояние. Высокоэластичное состояние. Стеклообразное состояние. Вязкотекучее состояние. Кристаллическое состояние.				
ИТОГО по 5-му семестру	27	0	36	77
6-й семестр				
Принципы построения моделей композиционных материалов	3	0	8	8
Тема 18. Основные принципы построения моделей композиционных материалов. Понятие о модели микронеоднородной среды. Микроскопические и макроскопические величины. Их связь. Тема 19. Модель Фойгта для расчета эффективных модулей упругости периодической и стохастической структуры. Модель Рейсса для				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
расчета эффективных модулей упругости периодической и стохастической структуры. Вилки Фойгта-Рейсса, Хашина-Штрикмана. Тема 20. Постановка краевой задачи механики композитов с периодической и стохастической структурой. Классификация краевых задач микромеханики композитов.				
Объемная схема расчета конструкций из композиционных материалов	3	0	6	8
Тема 21. Исходная информация. Исходная информация: Характеристики структуры, задание деформационных и прочностных свойств элементов структуры, характеристики адгезионной связи, учет технологических параметров, описание геометрии конструкции и условий нагружения. Тема 22. Этапы решения задачи механики композитов. Этапы решения задачи: прогнозирование макросвойств; расчет макронапряжений и макродеформаций; расчет микронапряжений и микродеформаций; критерии прочности и трещиностойкости, определение микроповрежденности и параметров микроразрушения и оценка надежности конструкций.				
Понятие о моментных функциях. Построение функционала краевой задачи	2	0	6	6
Тема 23. Моментные функции различных порядков. Понятие о моментных функциях различных порядков для описания структуры разупорядоченных композитов. Понятия макрооднородности и квазиизотропности микронеоднородной среды. Тема 24. Традиционный метод решения краевой задачи. Традиционный метод решения краевой задачи для квазиизотропной среды, когда средой сравнения является среда с однородными свойствами. Построение функционала краевой задачи.				
Расчет структурных деформаций и напряжений	2	0	6	12
Тема 25. Расчет структурных деформаций в квазиизотропных композитах. Тема 26. Расчет структурных напряжений в квазиизотропных композитах.				
Принцип локальности в механике композитов. Метод периодических составляющих	3	0	0	6
Тема 27. Принцип локальности в механике композитов. Тема 28. Метод локального приближения. Тема 29. Метод периодических составляющих				
Расчет эффективных модулей упругости	3	0	8	14

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Тема 30. Вычисление эффективных модулей упругости в корреляционном приближении. Тема 31. Расчет эффективных модулей упругости квазиизотропных композитов методом периодических составляющих. Тема 32. Расчет эффективных модулей упругости однонаправленных волокнистых композитов методом периодических составляющих.				
Прогнозирование макроскопических упругих свойств композиционных материалов	2	0	6	12
Тема 33. Прогнозирование макроскопических упругих свойств слоистых композитов. Упругие свойства трансверсально-изотропной среды. Модели и методы приближенного вычисления макросвойств слоистых композитов. Точное решение для упругих модулей слоистых композитов. Примеры решения задачи. Расчет эффективных модулей упругости квазиизотропных композитов методом периодических составляющих. Тема 34. Прогнозирование макроскопических упругих свойств перекрестно и объемно-армированных композитов. Понятие элементарного слоя. Упругие свойства ортотропной среды. Прогнозирование свойств перекрестно-армированных композитов: подходы, модели, приближения. Прогнозирование свойств объемно-армированных композитов на основе свойств однонаправленных композитов. Примеры решения.				
Упругопластические композиты	1	0	1	6
Тема 35. Упругопластические композиты. Упругопластическая модель среды. Физические уравнения упругопластической однородной фазы: изотропный и анизотропный случаи. Физические уравнения упругопластических композитов. Прогнозирование макросвойств упругопластических композитов.				
Вязкоупругие композиты	1	0	1	6
Тема 36. Вязкоупругие композиты. Вязкоупругая модель среды. Физические уравнения вязкоупругой однородной среды: изотропный и анизотропный случаи. Физические уравнения вязкоупругих композитов. Прогнозирование макросвойств вязкоупругих композитов.				
ИТОГО по 6-му семестру	20	0	42	78
ИТОГО по дисциплине	47	0	78	155

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Вычисление удлинений линейных элементов и углов между ними при Лагранжевом подходе
2	Вычисление тензора Лагранжа-Грина по полю перемещений
3	Тензор деформаций Коши. Геометрические соотношения Коши
4	Построение кинематических допустимых полей деформаций
5	Вычисление перемещения по заданному полю деформаций
6	Вектор напряжений и его составляющие
7	Вектор напряжений на произвольной площадке
8	Главные напряжения и главные направления
9	Симметрия упругих свойств анизотропных материалов
10	Технические упругие постоянные анизотропных и изотропных материалов
11	Вычисление эффективных модулей упругости по моделям Фойгта и Рейсса. Построение вилки Фойгта-Рейсса, Хашина-Штрикмана
12	Постановка краевой задачи механики композитов с периодической и стохастической структурой
13	Определение основных этапов решения задач механики композитов на примерах
14	Решение краевой задачи механики композитов традиционным методом
15	Расчет структурных деформаций в квазиизотропных композитах
16	Расчет структурных напряжений в квазиизотропных композитах
17	Расчет эффективных модулей упругости квазиизотропных композитов в корреляционном приближении
18	Расчет эффективных модулей однонаправленных волокнистых композитов
19	Расчет эффективных модулей упругости слоистых композитов
20	Расчет эффективных модулей объемно-армированных композитов
21	Прогнозирование упругопластических свойств композитов
22	Прогнозирование вязкоупругих свойств композитов

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Расчет характеристик напряженного состояния во внутренней точке тела

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 практическим занятиям и индивидуальным 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.

Тематика для самостоятельного изучения дисциплины:

- Методы решения характеристических уравнений;
- Частные случаи анизотропии термоупругих свойств материалов.

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	Крауч С. Методы граничных элементов в механике твердого тела : пер. с англ. / С. Крауч, А. Старфилд. - М.: Мир, 1987.	15
2	Кристенсен Р. М. Введение в механику композитов : пер. с англ. / Р. М. Кристенсен. - Москва: Мир, 1982.	11
3	Кулезнев В. Н. Химия и физика полимеров : учебник для вузов / В. Н. Кулезнев, В. А. Шершнева. - М.: КолосС, 2007.	34
4	Победря Б. Е. Численные методы в теории упругости и пластичности : учебное пособие для вузов / Б. Е. Победря. - Москва: Изд-во МГУ, 1995.	12

5	Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология / С. Л. Баженов [и др.]. - Долгопрудный: Интеллект, 2010.	25
6	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	Геллер Б. Э. Практическое руководство по физико-химии волокнообразующих полимеров : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Б. Э. Геллер, А. А. Геллер, В. Г. Чиртулов. - Москва: Химия, 1996.	12
2	Демидов С. П. Теория упругости : учебник для вузов / С. П. Демидов. - Москва: Высш. шк., 1979.	33
3	Композиционные материалы : справочник / В. В. Васильев [и др.]. - Москва: Машиностроение, 1990.	48
4	Михайлин Ю. А. Специальные полимерные композиционные материалы / Ю. А. Михайлин. - Санкт-Петербург: Науч. основы и технологии, 2014.	2
5	Новацкий В. Теория упругости : пер. с польск. / В. Новацкий. - Москва: Мир, 1975.	5
6	Победря Б.Е. Лекции по теории упругости / Б.Е.Победря, Д.В.Георгиевский. - М.: Эдиториал УРСС, 1999.	1
7	Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела : учебное пособие / Ю. Н. Работнов. - Москва: Наука, Физматлит, 1988.	46
8	Тагер А. А. Физикохимия полимеров : учебное пособие для вузов / А.А.Тагер. - Москва: Химия, 1978.	29
9	Технология и проектирование углерод-углеродных композитов и конструкций / Ю.В. Соколкин [и др.]. - М.: Наука, Физматлит, 1996.	22
2.2. Периодические издания		
1	Механика композиционных материалов и конструкций : всероссийский научный журнал / Российская академия наук. Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления; Институт прикладной механики; Общественная академия знаний. - Москва: Ин-т прикл. механики РАН, 1995 - .	
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	Демидов С. П. Теория упругости : учебник для вузов / С. П. Демидов. - Москва: Высш. шк., 1979.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6397	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Композиционные материалы : справочник / В. В. Васильев [и др.]. - Москва: Машиностроение, 1990.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2083	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Победря Б.Е. Лекции по теории упругости / Б.Е.Победря,Д.В.Георгиевский. - Москва: Эдиториал УРСС, 1999.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6091	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела : учебное пособие для университетов / Ю. Н. Работнов. - Москва: Наука, 1979.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2144	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Технология и проектирование углерод-углеродных композитов и конструкций / Ю.В. Соколкин [и др.]. - М.: Наука, Физматлит, 1996.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib7348	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Кристенсен Р. М. Введение в механику композитов : пер. с англ. / Р. М. Кристенсен. - Москва: Мир, 1982.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib7494	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Победря Б. Е. Численные методы в теории упругости и пластичности : учебное пособие для вузов / Б. Е. Победря. - Москва: Изд-во МГУ, 1995.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib5963	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

Вид ПО	Наименование ПО
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Mathematica Professional Version (лиц. L3263-7820*)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 444632 ЦВВС)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978)

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 Wiley Journals	http://onlinelibrary.wiley.com/
База данных компании Springer Customer Service Center GmbH	http://link.springer.com/ http://www.springerprotocols.com/ http://materials.springer.com/ http://zbmath.org/ http://npg.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	Персональный компьютер	12
Лекция	Маркерная доска	1
Лекция	Ноутбук	1
Лекция	Парты	25
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Компьютерный стол	12
Практическое занятие	Персональный компьютер	12

8. Фонд оценочных средств дисциплины

в отдельном файле

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Механика композиционных материалов»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
Направленность (профиль) образовательной программы:	Материаловедение и технологии материалов (общий профиль, СУОС)
Квалификация выпускника:	«бакалавр»
Выпускающая кафедра:	Механика композиционных материалов и конструкций
Форма обучения:	Очная

Курс: 2 **Семестр:** 5, 6

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:	9 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	324 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 5 семестр
Курсовая работа: 5 семестр
Дифференцированный зачет: 6 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.

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

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров (5-го и 6-го семестров учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные 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 (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, защите индивидуальной и курсовой работы и сдаче экзамена и дифференцированного зачета. 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		Итоговый		
	ТК	Инд. задания	Контр. Раб.	КР	Экзаме н	Диф. зачет
Усвоенные знания						
3.1 знать физический и математический смысл величин, описывающих внутреннее макроскопическое состояние деформируемых материалов, и основные соотношения, устанавливающие взаимосвязи между этими величинами; – основные уравнения упругости анизотропных материалов для перемещений, деформаций и напряжений и основные типы граничных условий; – физико-химические процессы при создании композиционных материалов; – методы моделирования физико-химических процессов на поверхностях раздела композиционных материалов; – современные методы решения краевых задач микромеханики композитов; – современные механизмы структурного и макроскопического разрушения композитов; – объемную схему расчета конструкций из композиционных материалов.	ТК				ТВ	
3.2 знать – формы записи (тензорная и цифровая, развернутая и сокращенная, с использованием компонент тензора модулей упругости и технических постоянных) определяющих уравнений упругости для общего и частных случаев анизотропии свойств материалов; – уравнения краевой задачи упругости анизотропных материалов в перемещениях – три основных типа граничных условий краевой задачи упругости – современные проблемы механики композиционных материалов; – современные масштабные уровни композитов: макроуровень, микроуровень,	ТК			КР		
Освоенные умения						
У.1 уметь определять технические постоянные упругости анизотропных материалов по результатам установочных экспериментов на образцах; – устанавливать связи между структурными и макропараметрами деформирования композиционных материалов; – осуществлять постановку краевой задачи механики композитов с периодической и стохастической структурой; – рассчитывать эффективные модули упругости композитов; – проводить оценку прогнозирования упругих и прочностных свойств композиционных материалов; – рассчитывать предельные поверхности прочности современных композиционных материалов; – рассчитывать структурные деформации и напряжения в квазиизотропных, однонаправлено армированных композитах и композитах слоистой структур	ТК		Р			ПЗ
У.2 уметь - устанавливать конкретный вид определяющих соотношений упругости для частных случаев анизотропии свойств материалов; – делать постановки краевых задач упругости анизотропных материалов с граничными условиями основных типов – использовать на практике современные	ТК	ИЗ				ПЗ

представления наук о композиционных материалах; – оценивать влияние микро- и наномасштаба на свойства композиционных материалов.						
Приобретенные владения						
В.1 владеть – навыками вычисления удлинений линейных элементов и углов между ними, а также других характеристик напряженно деформированного состояния в точке (векторов напряжений, главных линейных деформаций, главных нормальных напряжений, инвариантов тензоров деформаций и напряжений); – навыками определения значений упругих констант анизотропных материалов; – навыками построения кинематических допустимых полей деформаций и статически допустимых полей напряжений; – навыками исследования структуры композиционных материалов; – навыками моделирования структуры и свойств на структурном уровне; – навыками прогнозирования и оптимизации макроскопических свойств композиционных материалов.		ИЗ				КЗ
В.2 владеть – навыками определения значений упругих констант анизотропных материалов; – навыками построения кинематических допустимых полей деформаций и статически допустимых полей напряжений; – навыками определения свойств композиционных материалов на макро-, микро- и субмикроуровне; – навыками использования испытательной и вычислительной техники для определения физикомеханических свойств композиционных материалов.		ИЗ				КЗ

ТК – текущий контроль в форме опроса; Р- контрольная работа; ИЗ – индивидуальные задания с последующей подготовкой отчёта; КР – курсовая работа; КЗ – комплексное задание диф.зачета/экзамена, ТВ – теоретический вопрос, ПЗ – вопросы и практические задания для контроля освоенных умений.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде курсовой работы, экзамена и дифференцированного зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

1. 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 бланочного 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 усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме контрольной работы и защиты индивидуальных заданий.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

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

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде защиты курсовой работы, а также экзамена и дифференцированного зачета по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных 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, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

Выполнение курсовой работы призвано выявить способности студентов на основе полученных знаний самостоятельно решать конкретные практические задачи или проводить исследование по одному из разделов (модулей), изучаемых по общепрофессиональным и специальным дисциплинам, а также направлено на формирование соответствующих компетенций студента. Выполняется типовая

курсовая работа на тему «Расчет характеристик напряженного состояния во внутренней точке тела». Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС программы.

По результатам защиты курсовой работы выставляется интегральная оценка по 4-х балльной шкале оценивания, которая распространяется на все запланированные образовательные результаты в форме *знать*, *уметь*, *владеть* указанные в задании на курсовую работу.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний (ТВ):

1. Понятие о композиционных материалах (КМ). Основные типы КМ.
2. Понятие о модели микронеоднородной среды. Микроскопические и макроскопические величины.
3. Закон Гука для микронеоднородной среды.

Типовые вопросы и практические задания для контроля усвоенных умений (ПЗ):

1. Микронапряжения и макронапряжения. Их связь.
2. Микродеформации и макродеформации. Их связь.
3. Структурные и макроскопические модули упругости.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений (КЗ):

Комплексное задание 1. Определите эффективные модули упругости волокнистого композита со случайной структурой. Объемная доля волокон $\nu_f = 0,3$. Матрица – эпоксидная смола ЭДТ-10: $E_m = 2910$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu_m = 0,356$; волокно – стекло: модуль Юнга $E_f = 100000$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu_f = 0,21$. Используйте модель Фойгта.

Комплексное задание 2. Определите эффективные модули упругости волокнистого композита со случайной структурой. Объемная доля волокон $\nu_f = 0,3$. Матрица – эпоксидная смола ЭДТ-10: $E_m = 2910$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu_m = 0,356$; волокно – стекло: модуль Юнга $E_f = 100000$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu_f = 0,21$. Используйте модель Рейсса.

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/дифференцированном зачете

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/дифференцированного зачета.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена/дифференцированного зачета 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.