

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

« 07 » мая 20 24 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: Проектирование, производство и эксплуатация беспилотных
летательных аппаратов из композиционных материалов
(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 вычислений 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

Объекты учебной 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>Знает:</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, 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>	Зачет

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>Умеет:</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, однонаправленно 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>	Индивидуальное задание
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками вычисления удлинений линейных элементов и углов между ними, а также других характеристик напряженно-деформированного состояния в точке 	<p>Владеет навыками использования методов физической химии, физического материаловедения к описанию, анализу и экспериментальному исследованию физических и химических систем,</p>	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		<p>(векторов напряжений, главных линейных деформаций, главных нормальных напряжений, инвариантов тензоров деформаций и напряжений);</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. 	процессов и явлений	
ПК-1.3	ИД-1ПК-1.3	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 	Знает методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации; методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в соответствующей области исследования	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		краевой задачи упругости; - современные проблемы механики композиционных материалов; - современные масштабные уровни композитов: макроуровень; микроуровень; наноуровень.		
ПК-1.3	ИД-2ПК-1.3	Умеет: -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.	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	Владеет: -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 физико-	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 соответствующей области знаний; проведения экспериментов в соответствии с установленными полномочиями; проведения наблюдений и измерений, составление их описаний и формулировка выводов	Курсовая работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		механических свойств композиционных материалов.		

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:	114	72	42
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	50	36	14
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	60	34	26
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	174	108	66
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36		36
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
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	6	0	4	12
Тема 1. Введение. Основные определения и терминология, цель, задачи и основные разделы лекционного курса, другие формы занятий. Тема 2. Метрика пространства и меры деформаций. Линейные элементы и углы между ними. Тензоры малых деформаций и малых вращений. Геометрические соотношения Коши. Тема 3. Основные уравнения теории деформаций. Уравнения совместности деформаций. Вычисление перемещений по заданному полю деформаций, формула Чезаро.				
Теория напряжений	4	0	4	10
Тема 4. Принцип напряжений. Вектор напряжений. Тензор напряжений. Вычисление векторов напряжений на произвольной площадке по заданному тензору напряжений. Тема 5. Уравнения равновесия. Уравнения равновесия в напряжениях. Условия равновесия в напряжениях на границе. Статически допустимые поля напряжений. Главные напряжения и главные направления.				
Обобщенный закон Гука	4	0	4	10
Тема 6. Общие положения теории определяющих соотношений. Тензоры модулей упругости и упругих податливостей. Упругий потенциал. Физическая, технологическая и деформационная анизотропия упругих свойств. Обобщенный закон Гука. Тема 7. 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	4	10
Тема 8. Полная система уравнений упругости анизотропных материалов. Уравнения равновесия в напряжениях и перемещениях. Геометрические и определяющие соотношения. Типы граничных условий. Тема 9. 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				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
материалов.				
Основные понятия физико-химии и механики композитов	4	0	4	10
Тема 10. 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 11. Волокно и матрица. Роль волокон, матриц и поверхностей раздела в формировании деформационных и прочностных свойств композитов.				
Классификация, номенклатура и свойства композиционных материалов	4	0	4	18
Тема 12. Классификация и номенклатура композиционных материалов. Тема 13. Физико-механические свойства волокон. Удельные упругие и прочностные характеристики. Тема 14. Физико-механические свойства матриц. Тема 15. Физико-механические свойства однонаправленных волокнистых композитов. Удельные упругие и прочностные характеристики.				
Физико-химические процессы при создании композиционных материалов	3	0	3	14
Тема 16. Физико-химические процессы и явления при формировании композиционных материалов различных видов. Поверхностные и объемные эффекты. Тема 17. Виды межфазного взаимодействия. Типы связей между компонентами. Химические, фазовые и релаксационные превращения, смачивание, адгезия, адсорбция, капиллярные явления. Тема 18. Фазовая структура композитов. Аморфное состояние. Высокоэластичное состояние. Стеклообразное состояние. Вязкотекучее состояние. Кристаллическое состояние.				
Принципы построения моделей композиционных материалов	3	0	3	14
Тема 19. Основные принципы построения моделей композиционных материалов. Понятие о модели микронеоднородной среды. Микроскопические и макроскопические величины. Их связь. Тема 20. Модель Фойгта для расчета эффективных				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
модулей упругости периодической и стохастической структуры. Модель Рейсса для расчета эффективных модулей упругости периодической и стохастической структуры. Вилки Фойгта-Рейса, Хашина-Штрикмана. Тема 21. Постановка краевой задачи механики композитов с периодической и стохастической структурой. Классификация краевых задач микромеханики композитов.				
Объемная схема расчета конструкций из композиционных материалов	4	0	4	10
Тема 22. Исходная информация. Характеристики структуры, задание деформационных и прочностных свойств элементов структуры, характеристики адгезионной связи, учет технологических параметров, описание геометрии конструкции и условий нагружения. Тема 23. Этапы решения задачи механики композитов. Прогнозирование макросвойств. Расчет макронапряжений и макродеформаций. Расчет микронапряжений и микродеформаций. Критерии прочности и трещиностойкости, определение микроповрежденности и параметров микроразрушения и оценка надежности конструкций.				
ИТОГО по 5-му семестру	36	0	34	108
6-й семестр				
Понятие о моментальных функциях. Построение функционала краевой задачи	2	0	4	10
Тема 24. Моментные функции различных порядков. Понятие о моментных функциях различных порядков для описания структуры разупорядоченных композитов. Понятия макрооднородности и квазиизотропности микронеоднородной среды. Тема 25. 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	1	0	2	6
Тема 26. Расчет структурных деформаций и напряжений в квазиизотропных композитах				
Принцип локальности в механике композитов. Метод периодических составляющих	3	0	6	15

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 27. Принцип локальности в механике композитов. Тема 28. Метод локального приближения. Тема 29. Метод периодических составляющих.				
Расчет эффективных модулей упругости	4	0	6	15
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	4	10
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	2	6
Тема 35. Упругопластические композиты. Упругопластическая модель среды. Физические уравнения упругопластической однородной фазы: изотропный и анизотропный случай. Физические уравнения упругопластических композитов. Прогнозирование макросвойств упругопластических композитов.				
Вязкоупругие композиты	1	0	2	4
Тема 36. Вязкоупругие композиты. Вязкоупругая модель среды. Физические уравнения вязкоупругой однородной среды: изотропный и анизотропный случай. Физические уравнения вязкоупругих композитов. Прогнозирование макросвойств вязкоупругих				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
композитов.				
ИТОГО по 6-му семестру	14	0	26	66
ИТОГО по дисциплине	50	0	60	174

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

<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>
--

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

<p>При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:</p> <ol style="list-style-type: none">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
-------	---	---

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Крауч С., Старфилд А. Методы граничных элементов в механике твердого тела : пер. с англ. Москва : Мир, 1987. 328 с.	15
2	Кристенсен Р. М. Введение в механику композитов : пер. с англ. Москва : Мир, 1982. 334 с.	9
3	Кулезнев В. Н., Шершнева В. А. Химия и физика полимеров : учебник для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. М. : КолосС, 2007. 367 с.	34
4	Победря Б. Е. Численные методы в теории упругости и пластичности : учебное пособие для вузов. 2-е изд. Москва : МГУ им. М. В. Ломоносова, 1995. 366 с.	11
5	Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология / Баженов С. Л., Берлин А. А., Кульков А. А., Ошмян В. Г. Долгопрудный : Интеллект, 2010. 347 с.	25
6	Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология : учебное пособие для вузов / Кербер М. Л., Виноградов В. М., Головкин Г. С., Горбаткина Ю. А. Санкт-Петербург : Профессия, 2008. 557 с.	25
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Геллер Б. Э., Геллер А. А., Чиртулов В. Г. Практическое руководство по физико-химии волокнообразующих полимеров : учебное пособие для студентов высших учебных заведений. 2-е изд., испр. и доп. Москва : Химия, 1996. 432 с.	12
2	Демидов С. П. Теория упругости : учебник для вузов. Москва : Высшая школа, 1979. 432 с.	29
3	Композиционные материалы : справочник / Васильев В. В., Протасов В. Д., Болотин В. В., Алфутов Н. А. Москва : Машиностроение, 1990. 510 с.	48
4	Михайлин Ю. А. Специальные полимерные композиционные материалы. Санкт-Петербург : Науч. основы и технологии, 2014. 658 с. 54,18 усл. печ. л.	2
5	Новацкий В. Теория упругости : пер. с польск. Москва : Мир, 1975. 872 с.	4
6	Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Лекции по теории упругости. М. : Эдиториал УРСС, 1999. 205 с.	1
7	Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела : учебное пособие. 2-е изд., испр. Москва : Наука : Физматлит, 1988. 712 с.	46
8	Тагер А. А. Физикохимия полимеров : учебное пособие для вузов. 3-е изд., перераб. Москва : Химия, 1978. 544 с.	29
9	Технология и проектирование углерод-углеродных композитов и конструкций / Соколкин Ю. В., Вотинов А. М., Ташкинов А. А., Постных А. М., Чекалкин А. А. Москва : Наука : Физматлит, 1996. 239 с.	21
2.2. Периодические издания		
1	Механика композиционных материалов и конструкций : всероссийский научный журнал. 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
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 Elsevier "Freedom Collection"	https://www.elsevier.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 Wiley Journals	http://onlinelibrary.wiley.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
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
База данных компании EBSCO	https://www.ebsco.com/
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	http://325290.inkip.ru/docs

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	компьютеры	15
Лекция	маркерная доска	1
Лекция	ноутбук	1
Лекция	проектор	1
Практическое занятие	компьютеры	15

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе