

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Факультет Аэрокосмический

Кафедра «Экспериментальная механика и конструкционное материаловедение»



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
Н. В. Лобов
2018 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Механика материалов»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Направление подготовки: 28.03.03 Наноматериалы

**Направленность (профиль)
образовательной программы:** Конструкционные наноматериалы

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная/ заочная

Срок обучения: 4 года/5лет

Выпускающая кафедра: Экспериментальная механика и
конструкционное материаловедение

Курс: 3,4 **Семестр(ы):** 5,6,7

Трудоёмкость:
Кредитов по рабочему учебному плану: 15 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану: 540 ч

Виды контроля: Экзамен – 5,6 семестр
Диф. Зачет – 7 семестр
Курсовая работа – 5,6,7 семестр

Пермь 2018

Учебно-методический комплекс дисциплины «Механика материалов» разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «22» сентября 2017 г. номер приказа «968» по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы»;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы», профилю бакалавриата «Конструкционные наноматериалы», утверждённой «01» февраля 2018 г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы», профилю бакалавриата «Конструкционные наноматериалы», утверждённого «01» февраля 2018 г.
- учебного плана заочной формы обучения по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы», профилю бакалавриата «Конструкционные наноматериалы», утверждённого «11» февраля 2018 г.

Разработчик

д-р физ.-мат. наук, проф.

В.Э. Вильдеман

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Экспериментальная механика и конструкционное материаловедение» «13» 09 2018 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой
«Экспериментальная механика и
конструкционное материаловедение», ведущей
дисциплину
д-р физ.-мат. наук, проф.

В.Э. Вильдеман

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой
«Экспериментальная механика и
конструкционное материаловедение»
д-р физ.-мат. наук, проф.

В.Э. Вильдеман

Начальник управления
образовательных программ

канд. техн. наук, доц.

Д.С. Репецкий

1. Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины – приобретение знаний об основах теории упругости анизотропных материалов как части механики деформируемого твердого тела, приобретений умений и навыков описания напряженно-деформированного состояния упругих тел, определения значений упругих констант материалов; построения кинематических полей деформаций и напряжений при расчете композитных конструкций. Приобретение умений, знаний и навыков в области теоретических и экспериментальных методов изучения пластических и вязкоупругих свойств материалов, в том числе наноматериалов, необходимые для последующего изучения специальных инженерных дисциплин. 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.

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет, углубляет и демонстрирует следующие профессиональные компетенции:

– быть способным применять навыки использования методов моделирования, оценки, прогнозирования и оптимизации технологических процессов и свойств наноматериалов (ПК-4);

– быть способным применять на практике знания об особенностях наноматериалов и нанотехнологий при проектировании конструкций и оценке конструкционной прочности (ПК-5).

1.2 Задачи учебной дисциплины:

• **Формирование знаний:**

- об основных закономерностях механического поведения упругих материалов при температурно-силовых воздействиях, общих принципах построения моделей механики материалов и постановок краевых задач для трехмерных тел из упругих материалов, теоретических и экспериментальных методах изучения пластических и вязкоупругих свойств материалов, методах и приемах решения нелинейных краевых задач, расчете и анализе остаточных напряжений и деформаций, методах проектирования физико-механических свойств структурно неоднородных и наноматериалов.

• **Формирование умений:**

- применять теорию малых деформаций и теорию напряжений Коши для описания напряженно-деформированного состояния упругих тел, определять технические постоянные упругости материалов по результатам установочных экспериментов на образцах, устанавливать конкретный вид определяющих соотношений упругости для частных случаев свойств материалов, делать постановки краевых задач упругости материалов с граничными условиями основных типов, составлять компьютерные программы расчета полей напряжений и деформаций в упругопластических и вязкоупругих телах, использовать основные приемы обработки экспериментальных данных, учитывать структуру материала при прогнозировании эффективных свойств нанокомпозитов, определять эффективные упругие и прочностные свойства структурно неоднородных и наноматериалов;

• **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 материалов, построения кинематических допустимых полей деформаций и статически допустимых полей напряжений, анализа напряженного состояния элементов конструкций, проведения исследований пластических и вязкоупругих свойств материалов и описания полученных результатов, решения краевых задач структурно-феноменологическим методом; применения основ теории прочности и разрушения структурно неоднородных и наноматериалов.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- упругие свойства материалов;
- параметры внутреннего состояния материалов;
- математические модели упругого поведения материалов и тел;
- упругопластические свойства металлов;
- вязкоупругие свойства полимерных материалов;
- математические модели неупругого поведения материалов;
- 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 наноматериалов;
- функции осреднения;
- краевые задачи;
- модели прочности и разрушения.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Механика материалов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины» при освоении ОПОП по направлению 28.03.03 «Наноматериалы» бакалаврской программы «Конструкционные наноматериалы».

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование Компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно изучаемые дисциплины
Профессиональные компетенции			
ПК-4	Способность применять навыки использования методов моделирования, оценки, прогнозирования и оптимизации технологических процессов и свойств наноматериалов	1. Учебная практика, ознакомительная	2. Физические методы исследований материалов и процессов, 3. Программные комплексы инженерного анализа механических систем, 4. Методы математического моделирования и обработки данных, 5. Учебно-исследовательская работа.

Код	Наименование Компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно изучаемые дисциплины
ПК-5	Способность применять на практике знания об особенностях наноматериалов и нанотехнологий при проектировании конструкций и оценке конструкционной прочности	1. Конструкционные материалы и наноматериалы,	1. Основы теории прочности и механики разрушения, 2. Поврежденность материалов в конструкциях

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (индикаторами достижения компетенций)

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ПК-4, ПК-5:

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ПК-4

Код	Формулировка компетенции
ПК-4	Способен применять навыки использования методов моделирования, оценки, прогнозирования и оптимизации технологических процессов и свойств наноматериалов

Код	Формулировка индикатора достижения компетенции
ПК-4.Б1.В.01	ИД-4 _{ПК-4} . Владеет опытом использования испытательной и вычислительной техники для определения физико-механических свойств структурно неоднородных и наноматериалов;

Требования к компонентному составу части компетенции

Планируемые результаты обучения по дисциплине	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: – теоретические и экспериментальные методы изучения пластических и вязкоупругих свойств материалов; – 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; – 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	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Вопросы к экзамену Вопросы для текущего и рубежного контроля

<p>анизотропии свойств материалов;</p> <ul style="list-style-type: none"> – классификацию, номенклатуру и свойства структурно неоднородных наноматериалов; – физико-химические процессы при создании наноматериалов; – методы моделирования физико-химических процессов на поверхностях раздела структурно неоднородных наноматериалов; – основы диагностики и моделирования свойств структурно неоднородных наноматериалов <p>(3.1)</p>		
<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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; – использовать основные приемы обработки экспериментальных данных испытаний пластических и вязкоупругих свойств материалов; – строить определяющие соотношения на структурном уровне; – устанавливать связи между структурными и макропараметрами деформирования нанокompозитных материалов; – осуществлять постановку краевой задачи механики структурно неоднородных материалов с периодической и стохастической структурой; – рассчитывать эффективные модули упругости нанокompозитов (У.1) 	<p>Практические занятия. Самостоятельная работа по подготовке к аудиторным занятиям.</p>	<p>Типовые задания к практическим занятиям. Практические задания контрольных работ рубежного контроля Практические задания к экзамену</p>
<p>Владеть:</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 (векторов напряжений, главных линейных деформаций, главных нормальных напряжений, инвариантов тензоров деформаций и напряжений); – навыками определения значений упругих констант анизотропных материалов; 	<p>Практические занятия. Самостоятельная работа студентов по подготовке к практическим занятиям. Выполнение курсовой работы.</p>	<p>Вопросы к экзамену. Задания к практическим занятиям. Проверка курсовой работы.</p>

<ul style="list-style-type: none"> – навыками построения кинематических допустимых полей деформаций и статически допустимых полей напряжений. – навыками проведения исследований пластических и вязкоупругих свойств материалов и описания полученных результатов; – навыками исследования структуры структурно неоднородных наноматериалов; – навыками моделирования свойств структурно неоднородных наноматериалов на макроуровне. (В.1)		
--	--	--

2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПК-5

Код ПК-5	Формулировка компетенции
	Способен применять на практике знания об особенностях наноматериалов и нанотехнологий при проектировании конструкций и оценке конструкционной прочности

Код ПК-5.Б1.В.01	Формулировка индикатора достижения компетенции
	ИД-3ПК-5. Проводит оценку упругих и прочностных характеристик, рассчитывает предельные поверхности прочности структурно неоднородных и наноматериалов.

Требования к компонентному составу части компетенции

Планируемые результаты . обучения по дисциплине	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: <ul style="list-style-type: none"> – уравнения краевой задачи упругости анизотропных материалов в перемещениях; – три основных типа граничных условий краевой задачи упругости; – методы и приёмы решения нелинейных краевых задач, расчета и анализа остаточных напряжений и деформаций; – современные методы решения краевых задач микромеханики композитов и наноматериалов; – современные механизмы структурного и макроскопического разрушения композитов; – объемную схему расчета конструкций из структурно неоднородных наноматериалов. (3.2)	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Вопросы к экзамену Тестовые вопросы для текущего и рубежного контроля

<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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 основные приемы обработки экспериментальных данных испытаний пластических и вязкоупругих свойств материалов; – проводить оценку упругих и прочностных характеристик структурно неоднородных нано материалов; – рассчитывать предельные поверхности прочности структурно неоднородных наноматериалов; – рассчитывать структурные деформации и напряжения в квазиизотропных композитах. (У.2) 	<p>Практические занятия. Самостоятельная работа студентов по подготовке к практическим занятиям</p>	<p>Задания к практическим занятиям Задания контрольных работ рубежного контроля Типовые задания к курсовой работе</p>
<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками решения краевых задач с граничными условиями основных типов; – навыками проведения исследований пластических и вязкоупругих свойств материалов и описания полученных результатов; – навыками моделирования структуры и свойств на структурном уровне; – навыками прогнозирования и оптимизации макроскопических свойств структурно неоднородных наноматериалов (В.2) 	<p>Практические занятия. Самостоятельная работа студентов по подготовке к практическим занятиям. Выполнение курсовой работы.</p>	<p>Вопросы к экзамену. Задания к практическим занятиям. Проверка курсовой работы.</p>

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 5 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

№ п/п	Виды учебной работы	Трудоемкость, ч			Всего
		По семестрам			
		5 семестр	6 семестр	7 семестр	
1	2	3			4
1.	Контактная аудиторная работа	59	68	79	206
	-в том числе в интерактивной форме	20	22	16	58
	- лекции (Л)	23	24	36	83
	-в том числе в интерактивной форме	10	14	7	31
	- практические занятия (ПЗ)	36	42	43	121
	-в том числе в интерактивной форме	10	8	9	27
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	4	10
2.	Самостоятельная работа студентов (СРС)	81	76	97	254
	- подготовка к аудиторным занятиям (ПАЗ) (лекциям, практическим)	30	26	43	99
	-изучение теоретического материала (ИТМ)	11	22	18	51
	- курсовая работа (КР)	40	28	36	104
3.	Промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине: экзамен	36	36	Диф. зачет	72
4.	Трудоёмкость дисциплины, всего:	180	180	180	540
	в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕТ)	5	5	5	15

4. Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов (очная форма обучения)						Трудоёмкость, ч/ЗЕ	
			Контактная аудиторная работа				Промежуточный контроль	Самостоятельная работа		
			Всего	Л	ПЗ	КСР				
1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	
1	1	1	16	4	12	-		ИТМ-4 ПАЗ-6	26	
		2	10	4	6	-		ИТМ-4 ПАЗ-6	20	
	2	3	8	4	4	-		ИТМ-3 ПАЗ-7	18	
		4	12	4	6	2		ПАЗ-11 КР-1	24	
	Итого по модулю:			46	16	28	2		42	88/ 2,44
2	3	5	2	2		-		КР-11	13	
		6	10	2	8	-		КР-10	20	
	4	7	1	1		-		КР-9	10	
		8	4	2		2		КР-9	13	
	Итого по модулю:			17	7	8	2		39	56/ 1,55
Промежуточная аттестация:			-	-	-	-	36	-	36 / 1,0	
Итого за 5 семестр:			59	23	36	4	36	81	180 / 5,0	
3	5	9	3	2	1			ИТМ-3	6	
		10	5	1	4			ИТМ-1 ПАЗ-2	8	
		11	1	1	-			ИТМ-1 ПАЗ-2	4	
		12	6	1	5			ИТМ-2 ПАЗ-2	10	
		13	1	1	-			ИТМ-2 КР-4	7	
	6	14	4	1	3			ИТМ-1 ПАЗ-1 КР-2	8	
		15	3	2	1			ИТМ-1 ПАЗ-2	6	
		16	3	1	2			ПАЗ-1 КР-2	6	
		17	1	1	-			ПАЗ-2 КР-1	4	
		18	6	1	5			ПАЗ-1 КР-3	10	
		19	4	1	3	1		ПАЗ-1 КР-3	8	
	Итого по модулю 1			37	13	24	1		40	78/2,2
	4	7	20	3	2	1		ИТМ-2 ПАЗ-2	7	

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов (очная форма обучения)				Промежуточный контроль	Самостоятельная работа	Трудоемкость, ч/ЗЕ	
			Контактная аудиторная работа							
			Всего	Л	ПЗ	КСР				
1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	
		21	3	1	2			ИТМ-2 ПАЗ-2	7	
		22	1	1	-			ИТМ-2 ПАЗ-2	5	
		23	4	1	3			ИТМ-2 КР-4	10	
		24	2	2	-			ИТМ-2 КР-2	6	
	8	25	4	1	3			ИТМ-1 ПАЗ-1 КР-2	8	
		26	4	1	3			ПАЗ-2 КР-2	8	
		27	4	1	3			ПАЗ-1 КР-1	6	
		28	4	1	3	1		ПАЗ-2 КР-2	8	
	Всего по модулю 2			29	11	18	1		36	66/1.8
	Промежуточная аттестация							36	-	36/1.0
	Итого за 6 семестр			66	24	42	2	36	76	180/5
	5	9	29	0,5	0,5	-			ПАЗ-2	2,5
30			1	1	-			ПАЗ-2	3	
31			1	1	-			ПАЗ-2	3	
10		32	5	2	6			ИТМ-2	7	
		33	6	3		1		ИТМ-2	8	
Всего по модулю:			13,5	7,5	6	1		10	24,5 / 0,68	
6	11	34	9	3	6			ПАЗ-1 ИТМ-1	11	
		35	9	3	6			ПАЗ-1 ИТМ-1	11	
	12	36	4	2	2			ПАЗ-2	6	
		37	4	2	2			ПАЗ-6 ИТМ-4 КР-3	17	
		38	5	2	3			КР-2	7	
	13	39	8,5	2,5	6			КР-2	10,5	
		40	8	2	6	2		ПАЗ-6 КР-6	20	
	Всего по модулю:			47,5	16,5	31	2		35	84,5 / 2,35
7	14	41	3	2	2			ПАЗ-2	5	
		42	7	3	4			ПАЗ-2	9	
		43	2	1				ПАЗ-2	4	
	15	44	1	1	-			ПАЗ-2	3	

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов (очная форма обучения)				Промежуточный контроль	Самостоятельная работа	Трудоемкость, ч/ЗЕ
			Контактная аудиторная работа						
			Всего	Л	ПЗ	КСР			
1	2	3	4	5	6	8	9	10	11
		45	3	3	-			ПАЗ-6 ИТМ-6 КР-10	25
		46	2	2	-	1		ПАЗ-7 ИТМ-2 КР-13	22
		Всего по модулю:	18	12	6	1		52	71 / 1,97
Промежуточная аттестация			-	-	-	-	Дифф. зачёт	-	-
Итого за 7 семестр			79	36	43	4		97	180 / 5
Всего по дисциплине			204	83	121	10	72	254	540/15

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1. Основные понятия и гипотезы упругости анизотропных материалов.

Раздел 1. Теория деформаций.

Л – 8 ч, ПЗ – 18 ч, СРС – 20 ч.

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.

Раздел 2. Теория напряжений.

Л – 8 ч, ПЗ – 10 ч, СРС – 22 ч.

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.

Модуль 2. Теория определяющих соотношений и краевые задачи упругости анизотропных материалов.

Раздел 3. Обобщенный закон Гука.

Л – 4 ч, ПЗ – 8 ч, СРС – 21 ч.

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. Обобщенный закон Гука. Технические постоянные упругости. Соотношения термоупругости анизотропных материалов.

Раздел 4. Краевые задачи упругости анизотропных материалов.

Л – 3 ч, СРС – 18 ч.

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.

Модуль 3. Пластичность анизотропных материалов

Раздел 5. Закономерности пластического деформирования материалов

Л – 6 ч, ПЗ – 10 ч, СРС – 19 ч.

Тема 9. Задачи теории пластичности. Диаграммы деформирования материалов. Обратимая и необратимая части деформаций, остаточные деформации и напряжения.

Тема 10. Условные и истинные напряжения и деформации. Условный предел текучести. Эффект Баушингера.

Тема 11. Условия начала пластического течения. Поверхности пластичности в пространстве напряжений. Условие Треска—Сен-Венана.

Тема 12. Условия начала пластического течения. Поверхности пластичности в пространстве напряжений. Условие Хубера—Мизеса—Генки. Варианты условий пластичности для анизотропных тел.

Тема 13. Диаграммы деформирования материалов, методы их построения и схематизация. Основные модели пластических сред.

Раздел 6. Деформационные теории пластичности

Л – 7 ч, ПЗ – 14 ч, СРС – 21 ч

Тема 14. Девиаторы напряжений и деформаций. Интенсивности напряжений и деформаций. Гипотеза единой кривой.

Тема 15. Теория малых упругопластических деформаций А.А. Ильюшина. Определяющие соотношения. Функция пластичности Ильюшина.

Тема 16. Понятия простого и сложного нагружений. Теорема о простом нагружении.

Тема 17. Теоремы теории малых упругопластических деформаций А.А. Ильюшина.

Тема 18. Итерационные методы решения задач теории пластичности. Метод переменных параметров упругости. Метод дополнительных напряжений. Метод дополнительных деформаций.

Тема 19. Деформационная теория пластичности анизотропных сред Б.Е. Победри. Варианты определяющих соотношений для трансверсально изотропных и ортотропных материалов. Функции пластичности и их аргументы.

Модуль 4. Вязкоупругость анизотропных материалов

Раздел 7. Основные закономерности реологического поведения

Л – 7 ч, ПЗ – 6 ч, СРС – 22 ч.

Тема 20. Свойство ползучести материалов. Расчет деформаций при ползучести.

Тема 21. Свойство релаксации. Расчет напряжений при релаксации.

Тема 22. Структурные модели вязкоупругого поведения материалов. Уравнение Кельвина.

Тема 23. Влияние режимов нагружения на релаксационные процессы. Описание процессов ползучести при нагружении с различной скоростью.

Тема 24. Влияние режимов нагружения на релаксационные процессы. Описание процессов релаксации при деформировании с различной скоростью.

Раздел 8. Описание вязкоупругого деформирования материалов

Л – 4 ч, ПЗ – 12 ч, СРС – 14 ч

Тема 25. Деформирование вязкоупругих материалов при различных температурах. Температурно-временная аналогия. Экспериментальные исследования

Тема 26. Уравнения теории вязкоупругости анизотропных сред в условиях сложного напряженного состояния.

Тема 27. Расчет зависимости напряжений от времени для различных многоэтапных режимов деформирования.

Тема 28. Расчет зависимости деформаций от времени при экспериментальных исследованиях для различных многоэтапных режимов нагружения.

Модуль 5. Общие сведения о структурно неоднородных наноматериалах и механике деформируемого твердого тела

Раздел 9. Основные понятия структурно неоднородных наноматериалов

Л – 2.5 ч, СРС – 6 ч

Тема 29. Введение. Основные определения. Определение композиционного материала. Определение и классификация компонентов композиционных материалов, наноструктурные компоненты.

Тема 30. Классификация композиционных материалов. Классификация структурно неоднородных наноматериалов.

Тема 31. Фазовая структура композитов и нанокомпозитов. Понятие и виды межфазного взаимодействия.

Раздел 10. Общие положения механики деформируемого твердого тела

Л – 5 ч, ПЗ – 6 ч, СРС – 4 ч

Тема 32. Определяющие соотношения и постановка задачи деформирования упругого тела.

Тема 33. Понятия вязкоупругости и упруго пластического тела.

Модуль 6. Модели композиционных материалов и схемы расчетов

Раздел 11. Эффективные характеристики структурно неоднородных сред

Л – 6 ч, ПЗ – 12 ч, СРС – 4 ч

Тема 34. Понятие о модели микрон неоднородной среды. Микроскопические и макроскопические величины и их связь.

Тема 35. Эффективные определяющие соотношения. Теория эффективного модуля. Подходы Фойгта и Рейса. Вилка Хашина – Штрикмана. Некоторые методы определения эффективных характеристик.

Раздел 12. Осреднение регулярных структур

Л – 6 ч, ПЗ – 7 ч, СРС – 17 ч

Тема 36. Задача о неоднородном упругом стержне. Статическая задача теории упругости в перемещениях и напряжениях.

Тема 37. Плоская задача теории упругости. Задача для слоистых упругих композитов в перемещениях и напряжениях.

Тема 38. Непериодические структуры. Теория нулевого приближения.

Раздел 13. Волокнистые упругие композиты.

Л – 4.5 ч, ПЗ – 12 ч, СРС – 14 ч

Тема 39. Однонаправленный волокнистый композит. Решение плоской и антиплоской задачи.

Тема 40. Примеры модельных задач. Композит с продольно-поперечной укладкой.

Модуль 7. Структурно феноменологическая модель и основы теории прочности и разрушения композитов и нанокомпозитов

Раздел 14. Структурно феноменологическая модель деформирования и разрушения композиционных материалов.

Л – 6 ч, ПЗ – 6 ч, СРС – 6 ч

Тема 41. Постановка краевой задачи теории упругости структурно неоднородной среды. Модель структурно неоднородной среды. Постановка краевой задачи теории упругости структурно неоднородной среды.

Тема 42. Макроскопические модули упругости композиционных материалов. Метод периодических составляющих. Метод локального приближения.

Тема 43. Краевая задача механики деформирования и разрушения структурно неоднородных сред.

Раздел 15. Основы теории прочности и разрушения композиционных материалов.

Л – 6 ч, СРС – 46 ч

Тема 44. Неупругое деформирование композитов и процессы структурного разрушения.

Тема 45. Феноменологические модели механики разрушения. Определяющие соотношения деформационной теории поврежденных сред. Современные модельные представления об особенностях разрушения композиционных и наноструктурных материалов.

Тема 46. Механизмы и критерии разрушения композитов. Материальные функции деформационной теории поврежденных сред. Модели разрушения по совокупности критериев.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п/п	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1.	1	Вычисление удлинений линейных элементов и углов между ними при Лагранжевом подходе.
2.	1	Вычисление тензора Лагранжа-Грина по полю перемещений.
3.	1	Тензор деформаций Коши. Геометрические соотношения Коши.
4.	2	Построение кинематических допустимых полей деформаций.
5.	2	Вычисление перемещения по заданному полю деформаций.
6.	3	Вектор напряжений и его составляющие.
7.	3	Вектор напряжений на произвольной площадке.
8.	4	Главные напряжения и главные направления.
9.	6	Симметрия упругих свойств анизотропных материалов.
10.	6	Технические упругие постоянные анизотропных и изотропных материалов.
11.	9	Изучение диаграмм деформирования материалов, девиаторы, инварианты тензоров напряжений и деформаций.
12.	9	Анализ диаграмм деформирования материалов. Определение на них предела текучести, модуль упрочнения и других характеристик.
13.	12	Расчет поверхности пластичности в пространстве напряжений. Условие Хубера-Мизеса-Генки.
14.	13	Расчет остаточных напряжений и деформаций в стержневых системах.
15.	13	Решение задачи упругопластического изгиба стержня.
16.	14	Теорема о простом нагружении.

17.	16	Сравнение методов переменных параметров упругости, дополнительных напряжений и метода дополнительных деформаций при решении практических задач.
18.	17	Варианты определяющих соотношений для трансверсально изотропных и ортотропных материалов. Функции пластичности и их аргументы.
19.	18	Расчет остаточных напряжений, возникших после разгрузки пластически деформированной толстостенной трубы.
20.	19	Описание процессов релаксации при нагружении либо деформировании с постоянной скоростью.
21.	21	Экспериментальное исследование и описание процессов ползучести при нагружении с различной скоростью.
22.	23	Температурно-временная аналогия. Экспериментальные исследования и построение зависимостей.
23.	24	Уравнения теории вязкоупругости анизотропных сред в условиях сложного напряженного состояния.
24.	25	Расчет зависимости напряжений от времени для различных многоэтапных режимов деформирования. Приемы обработки экспериментальных данных.
25.	26	Расчет зависимости деформаций от времени при экспериментальных исследованиях пластичных и вязкоупругих материалов для различных многоэтапных режимов нагружения.
26	32	Решение задач о взаимно обратных операторах упругости и податливости
27	32	Решение частных задач механики деформированного твердого тела
28	32	Решение задач о матрице упругих компонент для разных видов анизотропий
29	34	Расчет структурных деформаций в квазиизотропных композитах
30	34	Расчет структурных напряжений в квазиизотропных композитах
31	35	Вычисление эффективных модулей упругости по моделям Хашина-Штрикмана. Построение вилки Хашина-Штрикмана
32	36	Решение задачи о неоднородном упругом стержне
33	37	Решение задач для слоистых упругих композитов
34	38	Решение задач для непероодических структур методом нулевого приближения
35	39,40	Решение модельных задач волокнистых упругих композитов
36	40	Расчет эффективных модулей однонаправленных волокнистых композитов
37	40	Расчет эффективных модулей упругости слоистых композитов
38	41	Постановка краевой задачи механики композитов с периодической и стохастической структурой
39	41	Определение основных этапов решения задач механики композитов на примерах
40	42	Решение краевой задачи механики композитов традиционным методом
41	42	Расчет эффективных модулей объемно-армированных композитов

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Не предусмотрены

4.5 Индивидуальные задания

Не предусмотрены

4.6 Перечень тем курсовых работ

Приведены типовые темы для курсовых работ, выполняемых в 5-ом, 6-ом и 7-ом семестре.

5 семестр

1. Расчет напряженно-деформированного состояния для тела с концентратором в условиях плоско-напряженного состояния.
2. Расчет напряженно-деформированного состояния для тела с концентратором в условиях плоско-деформированного состояния.
3. Численное решения задач термоупругости.

6 семестр

1. Расчет напряженно-деформированного состояния для тела с концентратором в условиях плоско-напряженного состояния с учетом развития пластической деформации.
2. Расчет напряженно-деформированного состояния для тела с концентратором в условиях плоско-деформированного состояния с учетом развития пластической деформации.

7 семестр

1. Прогнозирование эффективных свойств волокнистых композитов на основе решения задач для ячейки периодичности.
2. Расчет полей структурных напряжений и деформаций в неоднородных телах
3. Численное решение краевых задач для композитных пластин с концентратором.

4. 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 практических занятий и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится в п.7.
5. 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 теоретического материала дисциплины:

Тема 4. Методы решения характеристических уравнений.

Тема 6. Частные случаи анизотропии термоупругих свойств материалов.

Тема 11. Диаграммы деформирования материалов, методы их построения и схематизация. Основные модели пластических сред.

Тема 17. Деформационная теория пластичности анизотропных сред Б.Е. Победри. Варианты определяющих соотношений для трансверсально изотропных и ортотропных материалов. Функции пластичности и их аргументы.

Тема 21. Влияние режимов нагружения на релаксационные процессы. Описание процессов ползучести при нагружении с различной скоростью..

Тема 25. Расчет зависимости напряжений от времени для различных многоэтапных режимов деформирования.

Тема 26. Расчет зависимости деформаций от времени для различных многоэтапных режимов нагружения.

Тема 37. Фазовая структура композитов. Кристаллическое состояние.

Тема 40. Прогнозирование макроскопических упругих свойств слоистых композитов. Точное решение для упругих модулей слоистых композитов. Примеры решения задачи.

5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 4.4 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
1	1. Изучение теоретического материала 2. Подготовка к аудиторным занятиям	4 6
2	1. Изучение теоретического материала 2. Подготовка к аудиторным занятиям	4 6
3	1. Изучение теоретического материала 2. Подготовка к аудиторным занятиям	3 7
4	1. Подготовка к аудиторным занятиям 2. Подготовка курсовой работы	11 1
5	1. Подготовка курсовой работы	11
6	1. Подготовка курсовой работы	10
7	1. Подготовка курсовой работы	9
8	1. Подготовка курсовой работы	9
9	1. Изучение теоретического материала	3
10	1. Изучение теоретического материала 2. Подготовка к аудиторным занятиям	1 2
11	1. Изучение теоретического материала 2. Подготовка к аудиторным занятиям	1 2
12	1. Изучение теоретического материала 2. Подготовка к аудиторным занятиям	2 2
13	1. Изучение теоретического материала 2. Подготовка курсовой работы	2 4
14	1. Изучение теоретического материала 2. Подготовка к аудиторным занятиям 3. Подготовка курсовой работы	1 1 2
15	1. Изучение теоретического материала 2. Подготовка к аудиторным занятиям	1 2
16	1. Подготовка к аудиторным занятиям 2. Подготовка курсовой работы	1 2
17	1. Подготовка к аудиторным занятиям 2. Подготовка курсовой работы	2 1

18	1. Подготовка к аудиторным занятиям 2. Подготовка курсовой работы	1 3
19	1. Подготовка к аудиторным занятиям 2. Подготовка курсовой работы	1 3
20	1. Изучение теоретического материала 2. Подготовка к аудиторным занятиям	2 2
21	1. Изучение теоретического материала 2. Подготовка к аудиторным занятиям	2 2
22	1. Изучение теоретического материала 2. Подготовка к аудиторным занятиям	2 2
23	1. Изучение теоретического материала 2. Подготовка курсовой работы	2 4
24	1. Изучение теоретического материала 2. Подготовка курсовой работы	2 2
25	1. Изучение теоретического материала 2. Подготовка к аудиторным занятиям 3. Подготовка курсовой работы	1 1 2
26	1. Подготовка к аудиторным занятиям 2. Подготовка курсовой работы	2 2
27	1. Подготовка к аудиторным занятиям 2. Подготовка курсовой работы	1 1
28	1. Подготовка к аудиторным занятиям 2. Подготовка курсовой работы	2 2
29	1. Подготовка к аудиторным занятиям	2
30	1. Подготовка к аудиторным занятиям	2
31	1. Подготовка к аудиторным занятиям	2
32	1. Изучение теоретического материала	2
33	1. Изучение теоретического материала	2
34	1. Подготовка к аудиторным занятиям 2. Изучение теоретического материала	1 1
35	1. Подготовка к аудиторным занятиям 2. Изучение теоретического материала	1 1
36	1. Подготовка к аудиторным занятиям	2
37	1. Изучение теоретического материала 2. Подготовка к аудиторным занятиям 3. Подготовка курсовой работы	6 4 3
38	1. Подготовка курсовой работы	2
39	1. Подготовка курсовой работы	2
40	1. Подготовка к аудиторным занятиям 2. Подготовка курсовой работы	6 6
41	1. Подготовка к аудиторным занятиям	2
42	1. Подготовка к аудиторным занятиям	2
43	1. Подготовка к аудиторным занятиям	2
44	1. Подготовка к аудиторным занятиям	2

45	1. Изучение теоретического материала	6
	2. Подготовка к аудиторным занятиям	6
	3. Подготовка курсовой работы	10
46	1. Изучение теоретического материала	7
	2. Подготовка к аудиторным занятиям	2
	3. Подготовка курсовой работы	13
	Итого: в ч / в ЗЕТ	254/7.05

5.2 Индивидуальные задания

Не предусмотрены

5.3 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. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

В процессе изучения дисциплины используются инновационные технологии для проведения лекционных и практических занятий. Лекции-презентации подготовлены с использованием инновационного объяснительно-иллюстративного метода с элементами проблемного изложения.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: формируются группы (подгруппы); каждое практическое занятие проводится по своему алгоритму, в зависимости от поставленных целей. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных модулей дисциплины для решения профессиональных проблем; отработка организационных навыков взаимодействия; закрепление основ теоретических знаний.

Технологии организации самостоятельной работы основываются на использовании разработанных Интернет-ресурсов – справочные пособия, практикумы, лекции-презентации, проектные методики. Контрольные мероприятия включают контрольные работы по каждому учебному модулю.

Курсовая работа является формой практической внеаудиторной самостоятельной работы студентов, позволяющей закрепить навыки проведения расчетов на прочность, жесткость и устойчивость типовых элементов конструкций совершенствовать навыки графического оформления результатов расчета и проектирования. При выполнении курсовой работы используются знания из разных областей, что является проявлением междисциплинарных связей.

В течение всего периода обучения предусмотрено получение студентами консультаций, обеспечивающих контактное взаимодействие обучающихся с преподавателем.

5. Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения компонентов и частей компетенций

Таблица 6.1 - Виды контроля освоения компонентов и частей компетенций

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий и промежуточный	Рубежный		Промежуточная аттестация	
	ПЗ	РКР	КР	Экзамен	Диф. зачет
Усвоенные знания					
<p>3.1 ПК-4. Знать теоретические и экспериментальные методы изучения пластических и вязкоупругих свойств материалов; 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; 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; классификацию, номенклатуру и свойства структурно неоднородных наноматериалов; физико-химические процессы при создании наноматериалов; методы моделирования физико-химических процессов на поверхностях раздела структурно неоднородных наноматериалов; основы диагностики и моделирования свойств структурно неоднородных наноматериалов.</p> <p>3.2. ПК-5 Знать уравнения краевой задачи упругости анизотропных материалов в перемещениях; три основных типа граничных условий краевой задачи упругости; методы и приёмы решения нелинейных краевых задач, расчета и анализа остаточных напряжений и деформаций; современные методы решения краевых задач микромеханики</p>		РКР.1.- РКР.7.	КР.1 – КР.2	ТВ	ТВ

<p>композитов и наноматериалов; современные механизмы структурного и макроскопического разрушения композитов; объемную схему расчета конструкций из структурно неоднородных наноматериалов.</p>					
Освоенные умения					
<p>У.1. ПК-4. Уметь 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; использовать основные приемы обработки экспериментальных данных испытаний пластических и вязкоупругих свойств материалов; строить определяющие соотношения на структурном уровне; устанавливать связи между структурными и макропараметрами деформирования нанокомпозитных материалов; осуществлять постановку краевой задачи механики структурно неоднородных материалов с периодической и стохастической структурой; рассчитывать эффективные модули упругости нанокомпозитов.</p> <p>У.2. ПК-5. 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 основные приемы обработки экспериментальных данных испытаний пластических и вязкоупругих свойств материалов; проводить оценку упругих и прочностных характеристик структурно неоднородных нано материалов; рассчитывать предельные поверхности прочности структурно неоднородных наноматериалов; рассчитывать структурные деформации и напряжения в квазиизотропных композитах.</p>	ЗПЗ 1-42	РКР.1.- РКР.7.	КР.1 – КР.2	ПЗ	ТВ
Приобретенные владения					
<p>В.1. ПК-4. Владеть навыками вычисления удлинений линейных элементов и углов</p>	ЗПЗ 1-42	РКР.1.- РКР.7.	КР.1 – КР.2	КЗ	ТВ

<p>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 проведения исследований пластических и вязкоупругих свойств материалов и описания полученных результатов; навыками исследования структуры структурно неоднородных наноматериалов; навыками моделирования свойств структурно неоднородных наноматериалов на макроуровне.</p> <p>В.2. ПК-5.</p> <p>Владеть навыками решения краевых задач с граничными условиями основных типов; навыками проведения исследований пластических и вязкоупругих свойств материалов и описания полученных результатов; навыками моделирования структуры и свойств на структурном уровне; навыками прогнозирования и оптимизации макроскопических свойств структурно неоднородных наноматериалов.</p>					
---	--	--	--	--	--

Примечание:

ЗПЗ – защита практического задания;

РКР – рубежная контрольная работа;

КР – курсовая работа

ТВ – теоретический вопрос;

ПЗ – практическое задание.

6.2 Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций проводится в форме защиты практических заданий в рамках устного опроса студента по выполненному материалу.

Всего предусмотрено 46 тем практических занятий (121 часа). По каждому модулю: модуль 1 – 28 часов (4 практических заданий), по модулю 2 – 8 часов (1 практическое задание), по модулю 3 – 24 часа (8 практических заданий), по модулю 4 – 18 часов (7 практических заданий), по модулю 5 – 6 часов (1 практическое задание), по модулю 6 – 31 час (7 практических заданий), по модулю 7 – 6 часов (2 практических заданий).

6.3 Рубежный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- контрольные работы (модуль 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7).

Тематика рубежных контрольных работ (РКР):

Модуль 1

РКР.1. Геометрические соотношения Коши. Основные уравнения теории деформаций. Уравнения равновесия. Уравнения равновесия в напряжениях.

Модуль 2

РКР.2. Обобщенный закон Гука. Обобщенный закон Гука. Геометрические и определяющие соотношения. Теорема Клапейрона.

Модуль 3

РКР.3. Девиаторы напряжений и деформаций. Интенсивности напряжений и деформаций. Гипотеза единой кривой. Теоремы теории малых упругопластических деформаций А.А. Ильюшина.

Модуль 4

РКР.4. Уравнения теории вязкоупругости анизотропных сред в условиях сложного напряженного состояния

Модуль 5

РКР.5. Определение композиционного материала. Определение и классификация компонентов композиционных материалов, наноструктурные компоненты.

Модуль 6

РКР.6. Понятие о модели микронеоднородной среды. Микроскопические и макроскопические величины и их связь. Плоская задача теории упругости. Задача для слоистых упругих композитов в перемещениях и напряжениях.

Модуль 7

РКР.7. Структурно феноменологическая модель деформирования и разрушения композиционных материалов. Механизмы и критерии разрушения композитов.

- курсовая работа.
- Тематика курсовой работы (КР):

КР.1. Расчет напряженно-деформированного состояния для тела с концентратором в условиях плоско-напряженного состояния.

КР.2. Расчет напряженно-деформированного состояния для тела с концентратором в условиях плоско-напряженного состояния с учетом развития пластической деформации.

КР.3. Прогнозирование эффективных свойств волокнистых композитов на основе решения задач для ячейки периодичности.

6.4 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных компетенций

Экзамен

Итоговый контроль проходит в форме экзамена. Экзамен проводится в письменной форме одновременно для всех студентов группы по индивидуальным билетам. Экзамен длится 4 часа. По окончании экзамена студент сдает свое решение экзаменационной работы в письменной форме. Результаты экзамена объявляются не позже 12 часов следующего дня. Каждому студенту сообщается его оценка и дается возможность ознакомиться с проверенной письменной работой.

Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачет (зачет с оценкой) по дисциплине выставляется по итогам проведенного промежуточного контроля при условии выполнения заданий всех практических занятий, индивидуальных заданий и иных видов аудиторной и самостоятельной работы.

Оценка выставляется с учётом результатов рубежной аттестации.

На зачёте студент должен ответить на один теоретический вопрос.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и контрольные работы, а также методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

7. График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине за 5 семестр

Виды работ	Распределение часов по учебным неделям (5 семестр)																		Ито го, ч
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Раздел:	P1					P2				P3				P4					
<i>Лекции</i>	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	23
<i>Практические занятия</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	36
<i>Курсовая работа</i>									1	11	10	9	9						40
<i>Подготовка к аудиторным занятиям</i>	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	30
<i>Изучения теоретического материала</i>	2	2	2	2	3														11
<i>КСР</i>									2									2	4
Модуль:	M1									M2									
<i>Контр. работы</i>								+										+	
<i>Дисциплинарный контроль</i>																			Экза мен

8 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.В.01 Механика материалов.	Блок 1. Дисциплины (модули) (цикл дисциплины)												
(индекс и полное название дисциплины)													
28.03.03	Нanomатериалы/ Конструкционные наноматериалы (полное название направления подготовки / специальности)												
(код направления подготовки / специальности)													
НМ/КНМ	Уровень подготовки: <table border="1"><tr><td><input type="checkbox"/></td><td>специалист</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>бакалавр</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td>магистр</td></tr></table> Форма обучения: <table border="1"><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>очная</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td>заочная</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td>очно-заочная</td></tr></table>	<input type="checkbox"/>	специалист	<input checked="" type="checkbox"/>	бакалавр	<input type="checkbox"/>	магистр	<input checked="" type="checkbox"/>	очная	<input type="checkbox"/>	заочная	<input type="checkbox"/>	очно-заочная
<input type="checkbox"/>	специалист												
<input checked="" type="checkbox"/>	бакалавр												
<input type="checkbox"/>	магистр												
<input checked="" type="checkbox"/>	очная												
<input type="checkbox"/>	заочная												
<input type="checkbox"/>	очно-заочная												
(аббревиатура направления / специальности)													
2018	Семестр: <u>6</u> Количество групп: <u>1</u>												
(год утверждения учебного плана ОПОП)	Количество студентов: <u>20</u>												

Вильдеман Валерий Эрвинович, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий кафедрой аэрокосмический факультет, кафедра «Экспериментальная механика и конструкционное материаловедение», телефон: 239-10-01, e-mail: wildemann@pstu.ru

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+ кафедре; местонахождение электронных изданий
1 Основная литература		
1	Механика материалов. Методы и средства экспериментальных исследований / В. Э. Вильдеман [и др.]; Пермский национальный исследовательский политехнический университет; Под ред. В. Э. Вильдемана. – Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2011 .— 164 с	36+ЭБ ПНИПУ
2	С. П. Тимошенко. История науки о сопротивлении материалов. С краткими сведениями из истории теории упругости и теории сооружений : пер. с англ. .— 2-е изд., стер .— М. : УРСС, 2006 .— 536 с. : ил. — Указ. имен: с. 527-533 .— Предм. указ.: с. 533-536 .— ISBN 5-484-00449-7 : 199-00.	25
3	Горшков А.Г. Теория упругости и пластичности: Учебник для вузов. Горшков А.Г., Старовойтов Э.И., Тарлаковский Д.В. – М.: Физматлит, 2002. – 415 с.	55
4	Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология / С. Л. Баженов [и др.]. – Долгопрудный: Интеллект, 2010. – 347 с.	25
5	Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учебное пособие для вузов / М. Л. Кербер [и др.]; Под ред. А. А. Берлина. – Санкт-Петербург: Профессия, 2008. – 557 с.	26
6	Химия и физика полимеров: учебник для вузов / В. Н. Кулезнев, В. А. Шершнеv. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Колосс, 2007, 2014, 2018. – 367 с.	45+ЭБС «Лань»
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Зубчанинов В.Г. Основы теории упругости и пластичности. – М.:Выш. Школа, 1990. – 368 с.	9
2	Саргсян А.Е. Сопротивление материалов, теории упругости и пластичности. Основы теории с примерами расчетов: Учебник для вузов. 2-е изд., испр. И доп. – М.: Выш. Шк., 2000. – 286 с.	109
3	Победря Б.Е. Численные методы в теории упругости и пластичности: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 366 с.	13+ЭБ ПНИПУ
4	Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и	52

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+ кафедре; местонахождение электронных изданий
	ползучести. – М.: Машиностроение. – 1975., 2017 – 400 с.	
5	Москвитин В.В. Сопротивление вязко-упругих материалов (применительно к зарядам ракетных двигателей на твердом топливе). М.: Наука, 1972. – 328 с.	10
6	Теребушко О.И. Основы теории упругости и пластичности. – М.: Наука. – 1984. – 320 с.	17+ЭБ ПНИПУ
7	Писаренко Г.С., Мोजаровский Н.С. Уравнения и краевые задачи теории пластичности и ползучести. Справочное пособие. – Киев: Наук. Думка. – 1981. – 493 с.	6+ЭБ ПНИПУ
8	Ивлев Д.Д., Быковцев Г.И. Теория упрочняющегося пластического тела. – М.: Наука. – 1971. – 231 с.	2+ЭБ ПНИПУ
9	Клюшников В.Д. Физико-математические основы прочности и пластичности (элементы теории определяющих соотношений): учебное пособие для вузов. — М.: Изд-во МГУ, 1994.— 189 с.	10
10	Икрин В. А. Сопротивление материалов с элементами теории упругости и пластичности: Учеб. Для вузов / В.А.Икрин. — М.: Изд-во АСВ, 2005.— 423 с.	6
11	Кожаринова, Л. В. Основы теории упругости и пластичности: учебное пособие для вузов / Л. В. Кожаринова. — Москва: Изд-во АСВ, 2010.— 136 с.	9
12	Методы прикладной вязкоупругости / А. А. Адамов [и др.]; Российская академия наук, Уральское отделение; Институт механики сплошных сред. — Екатеринбург: УрО РАН, 2003.— 411 с.	47
13	Новацкий В.П. Теория упругости. – М: Мир. – 1975. – 872 с.	5
14	Демидов С.П. Теория упругости. – Высшая школа. – 1979.– 432 с.	34
15	Победря Б.Е. Численные методы в теории упругости и пластичности. – М.: МГУ. – 1995.–366 с.	13+ЭБ ПНИПУ
16	Композиционные материалы: Справочник / В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др.; Под общ. ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. — М.: Машиностроение, 1990. — 512 с.	49 +ЭБ ПНИПУ
17	Работнов Ю.Г. Механика деформируемого твердого тела. –М.: Наука. –1979, 1988.–744 с.	71+ЭБ ПНИПУ
18	Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Лекции по теории упругости.– М.: Эдиториал УРСС.–1999.– 205 с.	1+ ЭБ ПНИПУ
19	В.А.Икрин. Сопротивление материалов с элементами	6

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+ кафедре; местонахождение электронных изданий
	теории упругости и пластичности : Учеб. для вузов.— М. : Изд-во АСВ, 2005 .— 423 с.	
20	Механика композиционных материалов : учебное пособие для вузов / Б.Е. Победря .— Москва : Изд-во МГУ, 1984 .— 336 с.	9+ ЭБ ПНИПУ
21	Основы математической теории термовязкоупругости / А. А. Ильюшин, Б. Е. Победря ; Академия наук СССР, Научный совет "Научные основы прочности и пластичности" .— М. : Наука, 1970 .— 280 с.	1+ЭБ ПНИПУ
22	Практическое руководство по физико-химии волокнообразующих полимеров: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Б. Э. Геллер, А. А. Геллер, В. Г. Чиртулов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Химия, 1996. – 432 с.	12
23	Вильдеман В.Э., Соколкин Ю.В., Ташкинов А.А. Механика неупругого деформирования и разрушения композиционных материалов / Под ред. Ю.В. Соколкина. – М.: Наука. Физматлит, 1997. – 288 с.	3
24	Введение в механику композитов: пер. с англ. / Р. М. Кристенсен .— Москва : Мир, 1982 .— 334 с.	8
25	С.М. Айзикович [и др.]. Контактные задачи теории упругости для неоднородных сред.— М. : Физматлит, 2006 .— 236 с. : ил. — Прил.: с. 217 .— Библиогр.: с. 218-233 .— ISBN 5-9221-0661-9 : 90-00.	3
26	Физикохимия и механика композиционных материалов: учебное пособие для вузов / А. А. Шевченко. – Санкт-Петербург: Профессия, 2010. – 223 с.	6
2.2 Периодические издания		
1	Вестник ПНИПУ. Механика	
2	Механика композиционных материалов и конструкций: всероссийский научный журнал / Российская академия наук. Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления; Институт прикладной механики; Общественная академия знаний (г. Москва)	
3	Материаловедение: научно-технический и производственный журнал. — Москва: Наука и технологии, 1997.	
2.3 Нормативно-технические издания		
2.4 Официальные издания		
2.5 Информационные ресурсы, электронно-библиотечные системы и		

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+ кафедре; местонахождение электронных изданий
профессиональные базы данных		
1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс: полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014. – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с экрана	
2	Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманитар., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2017. – Режим доступа: http://e.lanbook.com , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана	
3	eLibrary [Электронный ресурс: полнотекстовая база данных: электрон. журн. на рус, англ., нем. яз.: реф. и наукометр. база данных] / Науч. электрон. б-ка. – Москва, 1869- . – Режим доступа: http://elibrary.ru/ . – Загл. с экрана.	
4	Science [Электронный ресурс]: [электрон. версия еженед. междисциплинар. науч. журн. на англ. яз.] / TheAmericanAssociationfortheAdvancementtoScience (AAAS). – Washington, 2017. – Режим доступа: http://www.sciencemag.org/magazine , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	
5	WebofScience [Электронный ресурс] : [мультидисциплинар. реф.библиограф. и наукометр. база данных на англ. яз.] / ThomsonReuters. – NewYork, 2017. – Режим доступа: http://apps.webofknowledge.com , по IPадресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	
6	Консультант Плюс [Электронный ресурс: справочная правовая система: документы и комментарии: универсал. информ. ресурс]. – Версия Проф, сетевая. – Москва, 1992. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный	
7	Техэксперт. 6.2014 [Электронный ресурс]: норматив.-техн. информ. / Консорциум «Кодекс». – Версия 6.3.2.22, сетевая. – Электрон. текст. дан. – Санкт-Петербург, 1991. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ка Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный	

Основные данные об обеспеченности на 1.09.2018
(дата составления рабочей программы)

Основная литература обеспечена не обеспечена

Дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки  Н.В. Тюрикова

Текущие данные об обеспеченности на _____
(дата составления рабочей программы)

Основная литература обеспечена не обеспечена

Дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки _____ Н.В. Тюрикова

8.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 8.1 – Программы, используемые для обучения и контроля

№ п.п.	Вид учебного Занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер	Назначение
1	2	3	4	5
1	Практические занятия	Windows XP Professional	42615552	прикладное программное обеспечения для работы с электронными таблицами, процессорами; системами по работе с базами данных; интегрированными пакетами программ;
2	Практические занятия	Microsoft Office 2007	42661567	офисный пакет приложений для работы с различными типами документов: текстами, электронными таблицами, базами данных и др.
3	Практические занятия	Mathcad University Classroom Perpetual - 15 Floating	договор № 8263/1 от 10.12.2008г	Выполнение заданий на практических занятиях и курсовой работы по расчету характеристик напряженного состояния во внутренней точке тела

8.4 Аудио- и видео-пособия

Таблица 8.3 – Используемые аудио- и видео-пособия

Вид аудио-, видео-пособия					Наименование учебного пособия
теле-фильм	кино-фильм	слайды	плакаты	модели	
1	2	3	4	5	6
1	–	–	–	–	–

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Аудитория для лекционных и практических занятий	МКМК	404	90	30
2	Аудитория практических занятий, компьютерный класс	МКМК	403	90	25

3	Аудитория для самостоятельной работы студентов	ЦЭМ	312	33,6	12
4	Аудитория для самостоятельной работы студентов	МКМК	403	90	25

9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Компьютер (в составе Intel(R) Core(TM)i3CPU @2.93ГГц, 3.6ГБ ОЗУ)	15	Оперативное управление	403, к. Д
2	Проектор Panasonic PT-LB78V	1	Оперативное управление	403, к. Д
3	Переносной напольный экран APOLLO SAM-4303	1	Оперативное управление	403, к. Д
4	Компьютеры (в составе Intel(R) Core(TM)i5CPU @3ГГц, 4ГБ ОЗУ)	5	Оперативное управление	312, к. Д
5	Экран Da-Lite Cosmopolitan	1	Оперативное управление	404, к. Д
6	Ноутбук LenovoThinkPad	1	Оперативное управление	403, 404, к. Д
7	Проектор PanasonicPT-LB60NTE	1	Оперативное управление	404, к. Д

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		

Специальные условия для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

В целях доступности получения образования для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению, слуху, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, используется электронная информационно-образовательная среда организации, где размещается электронная версия рабочей программ. В рабочей программе приведен перечень информационных ресурсов (ЭБС; профессиональных баз данных, информационно-справочных систем), находящихся в электронной библиотечной системе университета.

При организации самостоятельной работы обучающихся им рекомендуется основное внимание уделять работе с учебными материалами, в том числе в электронном виде, предлагаемыми для изучения, сопоставлению и дополнению материалов, записанных на аудиторных занятиях, с информацией, имеющейся в рекомендуемой литературе и на электронных ресурсах.

Доступ ко всем необходимым для организации самостоятельной работы обучающихся учебно-методическим материалам выполнен в качестве гиперссылок на ресурсы, размещенные в сети Интернет.

Для каждого обучающегося предусмотрен свободный доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет, предоставляются учебные, методические печатные и электронные издания (включая электронные базы периодических изданий) в форме, адаптированной к ограничениям здоровья: в печатной форме; в форме электронного документа.

Учебно-вспомогательным персоналом кафедр, при необходимости, оказывается помощь в предоставлении результатов работы обучающегося в установленной форме.

В целях доступности получения образования для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению дополнительно обеспечивается:

- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
- обеспечение выпуска альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт).
- возможность индивидуального равномерного освещения не менее 300 люкс.
- компьютерная техника оснащенная программными средствами усиления остаточного зрения («Электронная лупа»).
- для выполнения заданий, связанных с использованием компьютерной техники предоставляется клавиатура, оснащенная комплектом для маркировки азбукой Брайля

При проведении занятий по запросу обучающихся осуществляется чтение того, что пишется на доске; предоставляются учебно-методические материалы, напечатанные укрупненным шрифтом. Обучающимся рекомендуется использовать диктофоны для записи лекций.

В целях доступности получения образования для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху дополнительно обеспечивается:

- сопровождение воспроизводимой информации записями на доске;
- представление воспроизводимой информации в форме презентаций;
- обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации.

Учебно-методический комплекс дисциплины «Механика материалов» разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «22» сентября 2017 г. номер приказа «968» по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы»;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы», профилю бакалавриата «Конструкционные наноматериалы», утверждённой «___» _____ 20 г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы», профилю бакалавриата «Конструкционные наноматериалы», утверждённого «1» сентября 2018 г.
- учебного плана заочной формы обучения по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы», профилю бакалавриата «Конструкционные наноматериалы», утверждённого «1» сентября 2018 г.

Разработчик _____ д-р физ.-мат. наук, проф. _____ В.Э. Вильдеман

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Экспериментальная механика и конструкционное материаловедение» «___» _____ 201__ г., протокол № _____

Заведующий кафедрой
«Экспериментальная механика и
конструкционное материаловедение», ведущей
дисциплину
д-р физ.-мат. наук, проф.

_____ В.Э. Вильдеман

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой
«Экспериментальная механика и
конструкционное материаловедение»
д-р физ.-мат. наук, проф.

_____ В.Э. Вильдеман

Начальник управления
образовательных программ

канд. техн. наук, доц.

_____ Д.С. Репецкий

Приложение 1 к рабочей программе дисциплины

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Аэрокосмический факультет

(наименование факультета)

кафедра Экспериментальная механика и конструкционное материаловедение

(наименование кафедры, ведущей дисциплину)

**Особенности осуществления образовательной деятельности по дисциплине
«Механика материалов»
для заочной формы обучения**

Программа бакалавриата

Направление подготовки: _____ 28.03.03 «Наноматериалы» _____

Направленность (профиль)
программы бакалавриата:

Конструкционные наноматериалы

Квалификация выпускника:

бакалавр

Выпускающая кафедра:

Экспериментальная механика и конструкционное
материаловедение

Форма обучения:

заочная

Курс: 3,4 .

Семестр(-ы): 6, 7, 8

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 15 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 540 ч

Виды контроля:

Экзамен: **6,7** Диф. зачёт: **8** Курсовой проект: - **нет** Курсовая работа: **6, 7, 8**

Пермь 2018

Данное приложение является неотъемлемой частью рабочей программы дисциплины **«Механика материалов»** и включает изменения и дополнения таблиц 3.1 и 4.1, пункта 5.2 и нового пункта 4.8, связанные со спецификой заочной формы обучения, остальные пункты и таблицы остаются без изменений.

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

№ п/п	Виды учебной работы	Трудоемкость, ч			Всего
		По семестрам			
1	2	3			4
		6 семестр	7 семестр	8 семестр	
1.	Контактная аудиторная работа	16	20	20	56
	- лекции (Л)	6	8	8	22
	- практические занятия (ПЗ)	8	10	10	28
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	2	6
2.	Самостоятельная работа студентов (СРС)	155	151	156	462
	- подготовка к аудиторным занятиям (ПАЗ) (лекциям, практическим)	40	20	20	80
	-изучение теоретического материала, выполнение контрольных работ (ИТМ)	75	50	50	175
	- курсовая работа (КР)	40	81	76	197
3.	Промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине: экзамен	9	9	Диф. зачет	-
4.	Трудоёмкость дисциплины, всего:	180	180	180	540
	в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕТ)	5	5	5	15

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов (заочная форма обучения)					Промежуточный контроль	Самостоятельная работа	Трудоемкость, ч/ЗЕ			
			Контактная аудиторная работа				Всего				Л	ПЗ	КСР
			Всего	Л	ПЗ	КСР							
1	2	3	4	5	6	8	9	10	11				
1	1	1	1.5	0.5	1	-		ИТМ-10 ПАЗ-5	16,5				
		2	1.5	0.5	1	-		ИТМ-10 ПАЗ-5	16,5				
	2	3	2	1	1	-		ИТМ-10 ПАЗ-5	17				
		4	3	1	1	1		ИТМ-10 ПАЗ-5 КР-8	26				
	Итого по модулю:			8	3	4	1		68	76/2,11			
2	3	5	1.5	0.5	1	-		ИТМ-10 ПАЗ-5 КР-8	24,5				
		6	1.5	0.5	1	-		ИТМ-10 ПАЗ-5 КР-8	24,5				
	4	7	2	1	1	-		ИТМ-10 ПАЗ-5 КР-8	25				
		8	3	1	1	1		ИТМ-5 ПАЗ-5 КР-8	21				
	Итого по модулю:			8	3	4	1		87	95/2,64			
Промежуточная аттестация:			-	-	-	-	9	-	9 / 0.25				
Итого за 6 семестр:			16	6	8	2	9	155	180/5				
3	5	9	1	0.5	0.5			ИТМ-5	6				
		10	1.5	1	0.5			ИТМ-5 ПАЗ-5	11,5				
		11	-	-	-			ИТМ-5 ПАЗ-5	10				
		12	1.5	0.5	1			ИТМ-5	6,5				
		13	-	-	-			ИТМ-5 КР-5	10				
	6	14	1	0.5	0.5			ИТМ-5 КР-5	11				
		15	1.5	0.5	1			КР-5	6,5				
		16	1	0.5	0.5			КР-5	6				
		17	-	-	-			КР-5	5				
		18	1.5	0.5	1			КР-5	6,5				
19	1	0.5	0.5	1		КР-5	6						
Итого по модулю 1			10	4.5	5.5	1			85/2,36				
4	7	20	1	0.5	0.5		ИТМ-5 ПАЗ-5	11					

		21	1.5	0.5	1			ИТМ-5 ПАЗ-5	11,5
		22	-	-	-			ИТМ-5	5
		23	1	0.5	0.5			ИТМ-5 КР-5	11
		24	-	-	-			КР-8	8
	8	25	1.5	0.5	1			КР-8	9,5
		26	1	0.5	0.5			КР-8	9
		27	1	0.5	0.5			КР-8	9
		28	1	0.5	0.5	1		КР-8	9
Всего по модулю 2		8	3.5	4.5	1			86/3,89	
Промежуточная аттестация						9		9/0,25	
Итого за 7 семестр		20	8	10	2	9	151	180/5	
5	9	29	0.5	0.5	-			ПАЗ-5	5,5
		30	0.5	0.5	-			ПАЗ-5	5,5
		31	0.5	0.5	-			ПАЗ-5	5,5
	10	32	2	0.5	1.5			ПАЗ-5	7
		33	1	1	-	0.5		ИТМ-5	6
Всего по модулю:		4.5	3	1.5	0.5		25	29,5/0,82	
6	11	34	2	0.5	1.5			ИТМ-5	7
		35	1.5	0.5	1			ИТМ-5	6,5
	12	36	1.5	0.5	1			ИТМ-5 КР-6	12,5
		37	1.5	0.5	1			ИТМ-5 КР-7	13,5
		38	1.5	0.5	1			КР-7	8,5
	13	39	1.5	0.5	1			КР-7	8,5
		40	1.5	0.5	1	0.5		ИТМ-5 КР-7	13,5
Всего по модулю:		11	3.5	7.5	0.5			70/1,94	
7	14	41	2	0.5	1.5			ИТМ-5 КР-7	14
		42	2	0.5	1.5			ИТМ-5 КР-7	14
		43	0.5	0.5	-			ИТМ-5 КР-7	12,5
	15	44	0.5	0.5	-			ИТМ-5 КР-7	12,5
		45	0.5	0.5	-			ИТМ-5 КР-7	12,5
		46	1	1	-	1		КР-7	8
Всего по модулю:		6.5	3.5	3	1			73,5/2,04	
Промежуточная аттестация						Дифф. за- чёт	-	-	
Итого за 8 семестр		24	10	12	2			173/4,8	
Всего по дисциплине		60	24	30	6		462	540/15	

4.8. Контрольная работа

Тематика контрольных работ:

- Геометрические соотношения Коши. Основные уравнения теории деформаций. Уравнения равновесия. Уравнения равновесия в напряжениях.
- Обобщенный закон Гука. Обобщенный закон Гука. Геометрические и определяющие соотношения. Теорема Клапейрона.
- Девиаторы напряжений и деформаций. Интенсивности напряжений и деформаций. Гипотеза единой кривой. Теоремы теории малых упругопластических деформаций А.А. Ильюшина.
- Уравнения теории вязкоупругости анизотропных сред в условиях сложного напряженного состояния
- Определение композиционного материала. Определение и классификация компонентов композиционных материалов, наноструктурные компоненты
- Понятие о модели микронеоднородной среды. Микроскопические и макроскопические величины и их связь. Плоская задача теории упругости. Задача для слоистых упругих композитов в перемещениях и напряжениях.
- Структурно феноменологическая модель деформирования и разрушения композиционных материалов. Механизмы и критерии разрушения композитов.

Указания по подготовке контрольной работе

Для подготовки контрольной работы преподаватель на первом занятии выдает студенту один вопрос из представленного перечня. Контрольная работа выполняется самостоятельно в соответствии с Методическими рекомендациями по самостоятельной работе.

5.2. Изучение теоретического материала

Тема 4. Методы решения характеристических уравнений.

Тема 6. Частные случаи анизотропии термоупругих свойств материалов.

Тема 11. Диаграммы деформирования материалов, методы их построения и схематизация. Основные модели пластических сред.

Тема 17. Деформационная теория пластичности анизотропных сред Б.Е. Победри. Варианты определяющих соотношений для трансверсально изотропных и ортотропных материалов. Функции пластичности и их аргументы.

Тема 21. Влияние режимов нагружения на релаксационные процессы. Описание процессов ползучести при нагружении с различной скоростью.

Тема 25. Расчет зависимости напряжений от времени для различных многоэтапных режимов деформирования.

Тема 26. Расчет зависимости деформаций от времени для различных многоэтапных режимов нагружения.

Тема 37. Фазовая структура композитов. Кристаллическое состояние.

Тема 40. Прогнозирование макроскопических упругих свойств слоистых композитов. Точное решение для упругих модулей слоистых композитов. Примеры решения задачи.

Приложение 2 к рабочей программе дисциплины

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

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ»

Направление подготовки:	28.03.03 Наноматериалы
Направленность (профиль) образовательной программы:	Конструкционные наноматериалы
Квалификация выпускника:	«Бакалавр»
Форма обучения:	Очная/ заочная

Пермь 2018

1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

1.1. Формируемые части компетенций

Согласно КМВ ОПОП учебная дисциплина «Механика материалов» участвует в формировании компетенций обучающихся:

- быть способным применять навыки использования методов моделирования, оценки, прогнозирования и оптимизации технологических процессов и свойств наноматериалов (ПК-4);
- быть способным применять на практике знания об особенностях наноматериалов и нанотехнологий при проектировании конструкций и оценке конструкционной прочности (ПК-5).

1.2. Этапы формирования дисциплинарных частей компетенций, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение трех семестров (5,6,7-го семестра базового учебного плана) и разбито на 7 учебных модулей. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические занятия, а также самостоятельная работа студентов и подготовка курсовой работы. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках промежуточного и рубежного контроля и промежуточной аттестации при изучении теоретического материала, выполнении практических заданий, курсовой работы, дифференцированного зачета, экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Контролируемые результаты обучения по дисциплине «Механика материалов»

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий и промежуточный	Рубежный		Промежуточная аттестация	
		ПЗ	РКР	КР	Экзамен
Усвоенные знания					
3.1 ПК-4. Знать теоретические и экспериментальные методы изучения пластических и вязкоупругих свойств материалов; 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; формы записи (тензорная и цифровая, развернутая и сокращенная, с использованием компонент тензора		РКР.1.- РКР.7.	КР.1 – КР.2	ТВ	ТВ

<p>модулей упругости и технических постоянных) определяющих уравнений упругости для общего и частных случаев анизотропии свойств материалов; классификацию, номенклатуру и свойства структурно неоднородных наноматериалов; физико-химические процессы при создании наноматериалов; методы моделирования физико-химических процессов на поверхностях раздела структурно неоднородных наноматериалов; основы диагностики и моделирования свойств структурно неоднородных наноматериалов.</p> <p>3.2. ПК-5</p> <p>Знать уравнения краевой задачи упругости анизотропных материалов в перемещениях; три основных типа граничных условий краевой задачи упругости; методы и приёмы решения нелинейных краевых задач, расчета и анализа остаточных напряжений и деформаций; современные методы решения краевых задач микромеханики композитов и наноматериалов; современные механизмы структурного и макроскопического разрушения композитов; объемную схему расчета конструкций из структурно неоднородных наноматериалов.</p>					
Освоенные умения					
<p>У.1. ПК-4.</p> <p>Уметь 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; использовать основные приемы обработки экспериментальных данных испытаний пластических и вязкоупругих свойств материалов; строить определяющие соотношения на структурном уровне; устанавливать связи между структурными и макропараметрами деформирования нанокомпозитных материалов; осуществлять постановку краевой задачи механики структурно неоднородных материалов с периодической и стохастической структурой;</p>	ЗПЗ 1-42	РКР.1.- РКР.7.	КР.1 – КР.2	ПЗ	ТВ

<p>рассчитывать эффективные модули упругости нанокомпозитов.</p> <p>У.2. ПК-5.</p> <p>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 основные приемы обработки экспериментальных данных испытаний пластических и вязкоупругих свойств материалов; проводить оценку упругих и прочностных характеристик структурно неоднородных нано материалов; рассчитывать предельные поверхности прочности структурно неоднородных наноматериалов; рассчитывать структурные деформации и напряжения в квазиизотропных композитах.</p>					
Приобретенные владения					
<p>В.1. ПК-4.</p> <p>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 проведения исследований пластических и вязкоупругих свойств материалов и описания полученных результатов; навыками исследования структуры структурно неоднородных наноматериалов; навыками моделирования свойств структурно неоднородных наноматериалов на макроуровне.</p> <p>В.2. ПК-5.</p> <p>Владеть навыками решения краевых задач с граничными условиями основных типов; навыками проведения исследований пластических и вязкоупругих свойств материалов и</p>	ЗПЗ 1-42	РКР.1.- РКР.7.	КР.1 – КР.2	КЗ	ТВ

описания полученных результатов; навыками моделирования структуры и свойств на структурном уровне; навыками прогнозирования и оптимизации макроскопических свойств структурно неоднородных наноматериалов.					
--	--	--	--	--	--

Примечание:

ЗПЗ – защита практического задания;

РКР – рубежная контрольная работа;

КР – курсовая работа

ТВ – теоретический вопрос;

ПЗ – практическое задание.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) являются промежуточные аттестации в виде экзамена, дифференцированного зачета, зачета по курсовой работе проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля. Промежуточная аттестация проводится по итогам очередного семестра

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

2.1. Текущий и промежуточный контроль

Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций проводится в форме защиты практических заданий в рамках устного опроса студента по выполненному материалу.

Всего предусмотрено 46 тем практических занятий (121 часа). По каждому модулю: модуль 1 – 28 часов (4 практических заданий), по модулю 2 – 8 часов (1 практическое задание), по модулю 3 – 24 часа (8 практических заданий), по модулю 4 – 18 часов (7 практических заданий), по модулю 5 – 6 часов (1 практическое задание), по модулю 6 – 31 час (7 практических заданий), по модулю 7 – 6 часов (2 практических заданий).

Согласно РПД, запланировано выполнение каждым студентом курсовых работ. На выполнение курсовой работы отводится 104 часов самостоятельной работы студентов. Курсовая работы последовательно выполняются студентом в соответствии с планом самостоятельной работы. Задания содержатся в методическом пособии «Механика материалов.». В том же пособии приведен список литературы. Электронная версия пособия размещена на сайте кафедры ЭМКМ, печатные варианты в достаточном количестве экземпляров имеются на кафедре ЭМКМ, а также в библиотеке ПНИПУ. Пример типовой курсовой работы приведен в ФОС (см. Приложение 3).

Результаты проверки знаний студентов заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточных аттестаций.

2.1.2. Защита практических заданий

Всего запланировано 46 практических занятий. Типовые темы практических занятий приведены в РПД. Защита практических заданий проводится персонально каждым студентом. Шкала и критерии оценки приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Шкала и критерии оценки защиты практического задания

Балл	Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
5	Максимальный уровень	<i>Студент полностью и правильно выполнил практическое задание, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</i>

		<i>Студент может полностью объяснить полученные результаты.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент выполнил практическое задание с некоторыми недочетами. Качество оформления отчета по практическому заданию не полностью соответствует требованиям. Студент может полностью объяснить полученные результаты.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент представил не полный отчет по практическому заданию. Качество оформления отчета по практическому заданию не полностью соответствует требованиям. Студент не может полностью объяснить полученные результаты.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>Студент не выполнил практическое задание.</i>

2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится в соответствии с графиком учебного процесса, приведенного в РПД, в форме выполнения рубежных контрольных работ (после изучения каждого из четырех модулей учебной дисциплины).

2.2.1. Рубежные контрольные работы

Рубежный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- контрольные работы (модуль 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7).

Тематика рубежных контрольных работ (РКР):

Модуль 1

РКР.1. Геометрические соотношения Коши. Основные уравнения теории деформаций. Уравнения равновесия. Уравнения равновесия в напряжениях.

Модуль 2

РКР.2. Обобщенный закон Гука. Обобщенный закон Гука. Геометрические и определяющие соотношения. Теорема Клапейрона.

Модуль 3

РКР.3. Девиаторы напряжений и деформаций. Интенсивности напряжений и деформаций. Гипотеза единой кривой. Теоремы теории малых упругопластических деформаций А.А. Ильюшина.

Модуль 4

РКР.4. Уравнения теории вязкоупругости анизотропных сред в условиях сложного напряженного состояния

Модуль 5

РКР.5. Определение композиционного материала. Определение и классификация компонентов композиционных материалов, наноструктурные компоненты.

Модуль 6

РКР.6. Понятие о модели микронеоднородной среды. Микроскопические и макроскопические величины и их связь. Плоская задача теории упругости. Задача для слоистых упругих композитов в перемещениях и напряжениях.

Модуль 7

РКР.7. Структурно феноменологическая модель деформирования и разрушения композиционных материалов. Механизмы и критерии разрушения композитов.

Типовые задания РКР по модулям дисциплины:

Типовые задания по рубежным контрольным работам согласно модулям изучаемой дисциплины приведены в ФОС (см. Приложение 2).

Типовая шкала и критерии оценки результатов рубежного контроля:

- Оценка «5» ставится студенту, который полностью усвоил материал, грамотно его изложил, свободно отвечает на дополнительные вопросы. Соответствующие знания / умения / владения сформированы полностью.
- Оценка «4» ставится студенту, который твердо знает материал, не допускает существенных неточностей, но в ответах на вопросы имеются незначительные ошибки. Соответствующие знания / умения / владения в целом сформированы, но содержат отдельные пробелы.
- Оценка «3» ставится студенту, который поверхностно раскрывает основные теоретические положения и допускает ошибки в решении задач, показывает общее, но не структурированное знание, в целом приемлемое, но не систематическое умение и владение соответствующими компетенциями.
- Оценка «2» ставится студенту, который не владеет теоретическим материалом, допускает существенные ошибки в решении задач, показывает фрагментарные знания (или их отсутствие), частично освоенное умение (или его отсутствие), фрагментарное применение навыка (или его отсутствие) соответствующих компетенций.

2.3. Промежуточная аттестация

До экзамена допускаются студенты, успешно выполнившие все практические задания, написавшие на положительную оценку все рубежные контрольные работы и выполнившие на положительную оценку курсовую работу. Курсовая работа оценивается дифференцированно по четырехбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Положительными считаются первые три оценки. Оценки «отлично» и «хорошо» учитываются при оценке экзаменационной работы и могут ее повышать. Защита курсовой работы проводится персонально каждым студентом. Шкала и критерии оценки приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3. Шкала и критерии оценки защиты курсовой работы

Балл	Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
5	Максимальный уровень	<i>Студент полностью и правильно выполнил курсовую работу, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. Студент может полностью объяснить полученные результаты.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент выполнил курсовую работу с некоторыми недочетами. Качество оформления отчета по курсовой работе не полностью соответствует требованиям. Студент может полностью объяснить полученные</i>

		<i>результаты.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент представил не полный отчет по курсовой работе. Качество оформления отчета по курсовой работе не полностью соответствует требованиям. Студент не может полностью объяснить полученные результаты.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>Студент не выполнил курсовую работу</i>

Оценка за экзамен по дисциплине «Механика материалов» выставляется с учетом результатов текущего и рубежного контроля, которые обеспечивают необходимый уровень сформированности заявленных дисциплинарных компетенций.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение экзамена.

Оценочными средствами экзамена являются вопросы билета. Экзаменационные вопросы содержат вопросы, оценивающие уровень сформированности компонентов: *знать* (теоретические вопросы), *уметь* (практические задания), *владеть* (комплексные практические задания). Экзаменационные билеты составляются преподавателем, ведущим дисциплину, и заверяются заведующим кафедрой. Контрольный набор экзаменационных билетов по дисциплине хранится на кафедре, за которой закреплена дисциплина.

Экзамен по дисциплине «Механика материалов» проводится в письменной форме одновременно для всех студентов группы по индивидуальным билетам. Экзамен длится 4 часа.

Экзаменационная работа состоит из 3 заданий. Первое задание (*проверка знаний*) позволяет выяснить, насколько хорошо усвоена студентом теория; для успешного выполнения первого задания требуется грамотно применить теоретический материал. Второе задание (*проверка умений*) позволяет установить, как студент может действовать по известному алгоритму, применяя его к конкретной задаче. Третье задание (*проверка владений*) требует от студента глубокого понимания идей и методов изучаемой дисциплины и умения их грамотно применять.

По окончании экзамена студент сдает свое решение экзаменационной работы в письменной форме. Результаты экзамена объявляются не позже 12 часов следующего дня. Каждому студенту сообщается его оценка и дается возможность ознакомиться с проверенной письменной работой. Итоговая экзаменационная оценка проставляется одновременно в экзаменационную ведомость и зачетную книжку студента и заверяется подписью преподавателя.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Линейные элементы и углы между ними.
2. Тензоры малых деформаций и малых вращений.
3. Геометрические соотношения Коши.
4. Уравнения совместности деформаций.
5. Вычисление векторов напряжений на произвольной площадке по заданному тензору напряжений.
6. Статически допустимые поля напряжений. Главные напряжения и главные направления.
7. Задачи теории пластичности. Диаграммы деформирования материалов. Обратимая и необратимая части деформаций, остаточные деформации и напряжения. Условия начала пластического течения. Поверхности пластичности в пространстве напряжений. Условие Треска—Сен-Венана. Условие Хубера—Мизеса—Генки. Варианты условий пластичности для анизотропных тел.
8. Диаграммы деформирования материалов, методы их построения и схематизация. Основные

модели пластических сред.

9. Понятия простого и сложного нагружений. Теорема о простом нагружении.
10. Теоремы теории малых упругопластических деформаций А.А. Ильюшина.
11. Деформационная теория пластичности анизотропных сред Б.Е. Победри. Варианты определяющих соотношений для трансверсально изотропных и ортотропных материалов. Функции пластичности и их аргументы.
12. Структурные модели вязкоупругого поведения материалов. Уравнение Кельвина.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Вычислить удлинений линейных элементов и углов между ними при Лагранжевом подходе.
2. Вычислить тензор Лагранжа-Грина по полю перемещений.
3. Вычислить перемещения по заданному полю деформаций.
4. Решение задач пластичности с помощью деформационной теории пластичности анизотропных сред Б.Е. Победри. Представление вариантов определяющих соотношений для трансверсально изотропных и ортотропных материалов.
5. Девиаторы напряжений и деформаций. Интенсивности напряжений и деформаций. Гипотеза единой кривой.
6. Составление компьютерных программ расчета полей напряжений и деформаций в упругопластических и вязкоупругих телах

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Построить кинематически допустимые поля деформаций.
2. Вычислить перемещения по заданному полю деформаций.
3. Выписать частные случаи анизотропии термоупругих свойств материалов.
4. Владение навыками анализа напряженного состояния элементов конструкций.
5. Владение навыками проведения исследований пластических и вязкоупругих свойств материалов и описания полученных результатов.
6. Владение навыками расчета зависимости деформаций от времени при экспериментальных исследованиях для различных многоэтапных режимов нагружения.

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

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС программы бакалавриата.

Шкала и критерии оценки результатов обучения при экзамене для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в таблицах 2.5, 2.6 и 2.7.

Таблица 2.5. Шкала оценивания уровня знаний

Балл	Уровень усвоения	Критерии оценивания уровня усвоенных знаний
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно ответил на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент ответил на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал</i>

Балл	Уровень усвоения	Критерии оценивания уровня усвоенных знаний
		<i>удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При ответе на теоретический вопрос билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний.</i>

Таблица 2.6. Шкала оценивания уровня умений

Балл	Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоенных умений
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные умения в рамках освоенного учебного материала.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При выполнении практического задания билета студент продемонстрировал недостаточный уровень умений.</i>

Таблица 2.7. Шкала оценивания уровня приобретенных владений

Балл	Уровень приобретения	Критерии оценивания уровня приобретенных владений
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно выполнил комплексное задание билета. Показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент выполнил комплексное задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент выполнил комплексное задание билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При выполнении комплексного задания билета студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</i>

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций приведены в общей части ФОС программы бакалавриата.

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных 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.

3.2. Оценочный лист

Оценочный лист промежуточной аттестации в виде экзамена является инструментом для оценивания преподавателем уровня освоения компонентов контролируемых дисциплинарных компетенций путём агрегирования оценок, полученных студентом за ответы на вопросы билета, и результатов *текущей успеваемости* студента. Заполняя все позиции оценочного листа, преподаватель выставляет частные оценки по результатам текущей успеваемости студента, а также по ответам на вопросы и задания билета.

В оценочный лист включаются:

1. Интегральная оценка по результатам промежуточного и рубежного контроля по 4-х балльной шкале оценивания.
2. Три оценки за ответы на вопросы и задания билета по 4-х балльной шкале оценивания.
3. Средняя оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций.
4. Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций.

По первым четырем оценкам вычисляется средняя оценка промежуточной аттестации по дисциплине, на основании которой по сформулированным критериям выставляется итоговая оценка уровня сформированности заявленных дисциплинарных компетенций. Форма оценочного листа с примерами получения итоговой оценки уровня сформированности дисциплинарных компетенций приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных компетенций

Интегральный результат промежуточного и рубежного контроля (по результатам текущей успеваемости)	Оценка за экзамен			Средняя оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций	Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций
	знания	умения	Владения 1		
5*	5	4	5	4.6	<i>отлично</i>
3	3	3	3	3.0	<i>удовлетворительно</i>
4	5	4	3	4.0	<i>хорошо</i>
3	3	3	2	2.6	<i>неудовлетворительно</i>

*) - пример заполнения оценочного листа

Критерии выведения итоговой оценки промежуточной аттестации:

«Отлично» – средняя оценка > 4,5.

«Хорошо» – средняя оценка >3,7 и ≤ 4,5.

«Удовлетворительно» – средняя оценка ≥3,0 и ≤3,7 при отсутствии хотя бы одной неудовлетворительной оценки за компоненты компетенций.

«Неудовлетворительно» – средняя оценка <3,0 или присутствует хотя бы одна неудовлетворительная оценка за компоненты компетенций.

Приложение 1. Форма билета для экзамена



**ФГБОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)**

28.03.03 Наноматериалы
Конструкционные наноматериалы
*Кафедра «Экспериментальная механика и
конструкционное материаловедение»*

Дисциплина «Механика материалов»

БИЛЕТ № 1

1. Основные определения теории пластичности и вязкоупругости
2. Построение диаграмм деформирования материалов, определение на них предела текучести, модуль упрочнения и других характеристик.
3. Расчет остаточных напряжений, возникших после разгрузки пластически деформированной толстостенной трубы.
4. Уравнения теории вязкоупругости анизотропных сред в условиях сложного напряженного состояния.

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

« ____ » _____ 201__ г.

Приложение 2. Типовые варианты рубежных контрольных работ по модулям

В приложении приведено по одному варианту рубежных контрольных работ, согласно выделенных ранее тематик по модулям дисциплины. Рубежные контрольные работы приведены в ознакомительных целях и содержат типовые вопросы и практические задания, направленные на оценку уровня сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций по дисциплине «Механика материалов».

РКР.1. (Модуль I)

Вопрос 1. Девиаторы напряжений и деформаций

Вопрос 2. Интенсивности напряжений и деформаций.

Вопрос 3. Гипотеза единой кривой.

Вопрос 4. Теоремы теории малых упругопластических деформаций А.А. Ильюшина.

Специальные условия для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

В целях доступности получения образования для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению, слуху, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, используется электронная информационно-образовательная среда организации, где размещается электронная версия рабочей программ. В рабочей программе приведен перечень информационных ресурсов (ЭБС, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем), находящихся в электронной библиотечной системе университета.

При организации самостоятельной работы обучающихся им рекомендуется основное внимание уделять работе с учебными материалами, в том числе в электронном виде, предлагаемыми для изучения, сопоставлению и дополнению материалов, записанных на аудиторных занятиях, с информацией, имеющейся в рекомендуемой литературе и на электронных ресурсах.

Доступ ко всем необходимым для организации самостоятельной работы обучающихся учебно-методическим материалам выполнен в качестве гиперссылок на ресурсы, размещенные в сети Интернет.

Для каждого обучающегося предусмотрен свободный доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет, предоставляются учебные, методические печатные и электронные издания (включая электронные базы периодических изданий) в форме, адаптированной к ограничениям здоровья: в печатной форме; в форме электронного документа.

Учебно-вспомогательным персоналом кафедр, при необходимости, оказывается помощь в предоставлении результатов работы обучающегося в установленной форме.

В целях доступности получения образования для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению дополнительно обеспечивается:

- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
- обеспечение выпуска альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт).
- возможность индивидуального равномерного освещения не менее 300 люкс.
- компьютерная техника оснащенная программными средствами усиления остаточного зрения («Электронная лупа»).
- для выполнения заданий, связанных с использованием компьютерной техники предоставляется клавиатура, оснащенная комплектом для маркировки азбукой Брайля

При проведении занятий по запросу обучающихся осуществляется чтение того, что пишется на доске; предоставляются учебно-методические материалы, напечатанные укрупненным шрифтом. Обучающимся рекомендуется использовать диктофоны для записи лекций.

В целях доступности получения образования для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху дополнительно обеспечивается:

- сопровождение воспроизводимой информации записями на доске;
- представление воспроизводимой информации в форме презентаций;
- обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации.