



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

**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Факультет прикладной математики и механики
Кафедра «Математическое моделирование систем и процессов»



ПОДПИСАЮ

Проректор по учебной работе
по техн. наук, проф.

Н. В. Лобов

« 29 »

11

2016 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Механика сплошных сред»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа академического бакалавриата

Направление 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Профиль программы бакалавриата Математическое моделирование

Квалификация выпускника: Бакалавр

Выпускающая кафедра: Математическое моделирование
систем и процессов

Форма обучения: Очная

Курс: 2, 3. **Семестры:** 4, 5, 6.

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 12 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 432 ч

Виды контроля:

Экзамен: 5

Зачет:

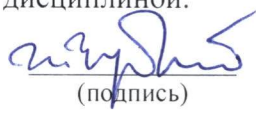
4, 6

Курсовая работа: 6

Рабочая программа дисциплины «Механика сплошных сред» разработана на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «12» марта 2015 г. № 228 по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», утверждённых «24» июня 2013 г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», программа бакалавриата «Математическое моделирование», утверждённой «28» апреля 2016 года.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин «Тензорный анализ», «Теория определяющих соотношений», «Теория турбулентности», «Теория динамических систем», «Термодинамика и статистическая физика», «Теоретическая физика», «Математический анализ 1», «Математический анализ 2», «Комплексный анализ», «Дискретная математика», «Дифференциальные уравнения», «Алгебра и геометрия 1. Линейная алгебра», «Алгебра и геометрия 2. Дифференциальная геометрия и основы топологии», «Высшая алгебра», «Физика», «Теоретическая механика», «Аналитическая механика», «Введение в качественную теорию дифференциальных уравнений», «Основы информатики и архитектура компьютеров», «Языки и методы программирования 1», «Языки и методы программирования 2», «Языки и методы программирования 3», «Операционные системы», «Методы высокопроизводительных вычислений и параллельных технологий», «Современные методы разработки программ», участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик	<u>канд. физ.-мат. наук, доц.</u> (учёная степень, звание)	 (подпись)	<u>И.Ю. Зубко</u> (инициалы, фамилия)
Рецензент	<u>д-р физ.-мат. наук, проф.</u> (учёная степень, звание)	 (подпись)	<u>П.В. Трусков</u> (инициалы, фамилия)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Математическое моделирование систем и процессов» «11» ноября 2016 г., протокол № 5.
Заведующий кафедрой
«Математическое моделирование систем и процессов», ведущей дисциплину

<u>д-р физ.-мат. наук, проф.</u> (учёная степень, звание)	 (подпись)	<u>П.В. Трусков</u> (инициалы, фамилия)
--	---	--

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией факультета прикладной математики и механики «17» ноября 2016 г., протокол № 5.

Председатель учебно-методической комиссии
факультета прикладной математики и механики

<u>канд. физ.-мат. наук, доц.</u> (учёная степень, звание)	 (подпись)	<u>Э.В. Плехова</u> (инициалы, фамилия)
---	---	--

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой
«Математическое моделирование систем и процессов»

<u>д-р физ.-мат. наук, проф.</u> (учёная степень, звание)	 (подпись)	<u>П.В. Трусков</u> (инициалы, фамилия)
--	---	--

Начальник управления образовательных программ,
канд. техн. наук, доц.
(учёная степень, звание)

 (подпись)	<u>Д.С. Репецкий</u> (инициалы, фамилия)
---	---

1. Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины — формирование комплекса знаний, умений и навыков по владению подходами и методами механики сплошных сред и применению их при математическом моделировании в естественных науках.

При изучении дисциплины студент осваивает компетенции

- имеет знания и опыт в решении задач механики сплошных сред (ПСК-3),
- способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой (ОПК-1).

1.2 Задачи учебной дисциплины

• **изучение** понятий механики сплошных сред, в частности понятий деформаций континуума, мер и тензоров деформации, их свойств, понятий геометрически линейных и нелинейных подходов; мер скоростей деформаций, их свойств; аксиоматики механики сплошных сред, законов динамики, балансовых уравнений, тензоров напряжений, моментных напряжений, понятий полярных и неполярных континуумов, неинерциальных систем отсчета, законов преобразования уравнений механики и входящих в них величин при замене системы отсчета; структуры балансовых уравнений, физических причины изменения массы, количества движения, момента количества движения, энергии и ее составляющих; видов поверхностей разрывов в сплошных телах и записи соотношений на поверхностях разрывов; изучение основных понятий теории определяющих соотношений, математических моделей классических сред (газов, жидкостей, упругих и упругопластических твердых тел); основ неравновесной термодинамики континуума, понятий устойчивости материала и конструкции; изучение методов решения задач механики сплошных сред для классических сред;

• **формирование умения** применять основные понятия нелинейной механики сплошных сред для формулировки математических постановок задач в научно-исследовательской деятельности, в том числе, обосновывать и выбирать в подходящие меры и тензоры деформаций, тензоры напряжений, записывать в уравнениях баланса физических величин слагаемые для потоков, источников и стоков этих величин в интегральном и локальном представлении, обосновывать использование конкретной модели сплошной среды, анализировать сделанную математическую постановку, линеаризовать поставленную задачу, записать начальные и граничные условия; применять на практике методы и приемы решения задач механики жидкости и газа, теории упругости, теории пластичности при использовании различных критериев пластического течения; использовать законы неравновесной термодинамики сплошной среды для формулировки и исследования постановок задач механики сплошных сред;

• **формирование навыков** математической постановки и решения задач из различных разделов механики сплошных сред (решения классических задач механики жидкости и газа, теории упругости, теории пластичности, неравновесной термодинамики сплошных сред), навыков учета в математической постановке механики сплошных сред связи между переменными, описывающими движение среды, и переменными, отвечающими за изменение различных физических величин при движении среды, владения практическими приемами и методами решения задач механики сплошных сред.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

деформируемая сплошная среда как дифференцируемое многообразие и вводимые на нем объекты, такие как векторы перемещений, скоростей перемещений, тензоры и меры деформаций, напряжений, скоростей деформаций, их производные, в том числе объективные, связи между ними, системы отсчета; интенсивные характеристики массы, количества движения, момента количества движения, энергии и ее составляющих, балансовые уравнения для введенных величин, поверхности разрыва и соотношения на них, включая граничные условия, определяющие соотношения для классических сред, замкнутые математические постановки задач механики сплошных сред и методы их анализа и решения.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.07 «Механика сплошных сред» относится к *вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)»* и является *обязательной* при освоении ОПОП по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», профиль программы бакалавриата «Математическое моделирование».

В результате изучения дисциплины Б1.В.07 «Механика сплошных сред» обучающийся должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

• **знать:**

- гипотезы континуума, понятия деформаций континуума, основные меры и тензоры деформаций, их геометрический смысл, как в нелинейной формулировке, так и в линеаризованном случае;
- определения скоростных мер деформации сплошной среды, определения материальных производных, виды объективных коротационных и конвективных производных тензоров различного ранга;
- структуру балансовых уравнений, физические причины изменения массы, количества движения, момента количества движения, энергии и ее составляющих;
- аксиомы механики сплошных сред и их математические формулировки в виде балансовых уравнений для интенсивных характеристик массы, количества движения, момента количества движения, энергии и ее составляющих;
- основные требования к определяющим соотношениям, правила перехода к неинерциальным системам отсчета;
- математические модели классических сред — газов, жидкостей, упругих и упругопластических твердых тел, особенности применения упрощенных математических постановок моделей классических сред, методы их решения;
- основы неравновесной термодинамики сплошных сред, определения и критерии устойчивости;

• **уметь:**

- применять основные понятия нелинейной механики сплошных сред для формулировки математических постановок и решения задач в своей научно-исследовательской деятельности;
- обосновывать и выбирать подходящие для описания исследуемого процесса меры и тензоры деформаций, скоростей деформаций, тензоры напряжений, моментных напряжений, подвижную систему отсчета;
- записывать в уравнениях баланса физических величин слагаемые для потоков, источников и стоков этих величин в интегральном и локальном представлении;
- обосновывать использование конкретной модели сплошной среды, записывать начальные и граничные условия для исследуемой задачи;

- анализировать сделанную математическую постановку, линеаризовать поставленную задачу механики сплошных сред для ее предварительного исследования;
- применять на практике методы и приемы решения задач механики жидкости и газа, теории упругости, теории пластичности при использовании различных критериев пластического течения;
- использовать законы неравновесной термодинамики сплошной среды для формулировки и исследования постановок задач механики сплошных сред;

• **владеть:**

- навыками математической постановки и решения задач из различных разделов механики сплошных сред (решения классических задач механики жидкости и газа, теории упругости, теории пластичности твердых тел, неравновесной термодинамики сплошных сред);
- навыками учета в математической постановке механики сплошных сред связи между переменными, описывающими движение среды, и переменными, отвечающими за изменение различных физических величин при движении среды;
- практическими приемами и методами решения задач классических разделов механики сплошных сред.

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	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Профессиональные компетенции			
ОПК-1	способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	Б.1.Б.07. Математический анализ 1 Б.1.В.01. Математический анализ 2 Б.1.Б.14. Дискретная математика Б.1.Б.15. Дифференциальные уравнения Б.1.Б.10. Алгебра и геометрия 1. Линейная алгебра Б.1.В.02. Высшая алгебра Б.1.Б.11. Физика Б.1.В.09. Теоретическая механика Б.1.ДВ.06.1. Аналитическая механика Б.1.ДВ.06.2. Введение в качественную теорию дифференциальных уравнений Б.1.Б.12. Основы информатики и архитектура компьютеров Б.1.Б.17. Языки и методы программирования 1 Б.1.ДВ.09.1. Языки и методы программирования 2 Б.1.ДВ.09.2. Языки и методы программирования 3 Б.1.Б.20. Операционные системы	Б.1.ДВ.04.1. Термодинамика и статистическая физика Б.1.ДВ.04.2. Теоретическая физика Б.1.В.06. Методы высокопроизводительных вычислений и параллельных технологий Б.1.В.04. Алгебра и геометрия 2. Дифференциальная геометрия и основы топологии Б.1.Б.08. Комплексный анализ Б.1.ДВ.08.1. Вычислительные сети Б.1.ДВ.08.2. Современные методы разработки программ
ПСК-3	имеет знания и опыт в решении задач механики сплошных сред	Б.1.В.03. Тензорный анализ	Б.1.В.10. Теория определяющих соотношений Б.1.ДВ.10.1. Теория турбулентности Б.1.ДВ.10.2. Теория динамических систем

2. Перечень планируемых результатов обучения дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ОПК-1 и ПСК-3.

2.1. Дисциплинарная карта компетенции ОПК-1

Код ОПК-1	Формулировка компетенции способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой
Код ОПК-1. Б1.В.07	Формулировка дисциплинарной части компетенции обладает способностью записывать базовые законы из различных разделов естественных наук в виде балансовых уравнений в интегральной и локальной формах для их включения в систему уравнений механики сплошных сред

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает: – структуру балансовых уравнений, – физические причины изменения массы, количества движения, момента количества движения, энергии и ее составляющих;	Лекции и самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала	Контрольные работы и тестовые вопросы для текущего и рубежного контроля
Умеет: – записывать в уравнениях баланса физических величин слагаемые для потоков, источников и стоков этих величин в интегральном и локальном представлении;	Практические занятия. Самостоятельная работа студентов (подготовка к лекционным и практическим занятиям)	Контрольные работы для текущего и рубежного контроля
Владеет: – навыками учета в математической постановке механики сплошных сред связи между переменными, описывающими движение среды, и переменными, отвечающими за изменение различных физических величин при движении среды.	Практические занятия. Самостоятельная работа студентов (подготовка к практическим занятиям)	Контрольные работы для текущего и рубежного контроля Вопросы к зачёту

2.2. Дисциплинарная карта компетенции ПСК-3

Код ПСК-3	Формулировка компетенции имеет знания и опыт в решении задач механики сплошных сред
Код ПСК-3. Б1.В.07	Формулировка дисциплинарной части компетенции имеет знания нелинейной механики сплошных сред в условиях больших деформаций и опыт в решении задач классических разделов механики сплошных сред

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает: – гипотезы континуума, понятия деформаций континуума, основные меры и тензоры деформаций, их геометрический смысл в нелинейной формулировке и в линеаризованном случае; – определения скоростных мер деформаций сплошной среды, определения материальных производных, виды объективных производных тензоров различного ранга; – аксиомы механики сплошных сред и их математические формулировки в виде балансовых уравнений для интенсивных характеристик массы, количества движения, момента количества движения, энергии и ее составляющих; – основные требования к определяющим соотношениям, правила перехода к неинерциальным системам отсчета; – математические модели классических сред — газов, жидкостей, упругих и упругопластических твердых тел, особенности применения упрощенных математических постановок моделей классических сред, методы их решения; – основы неравновесной термодинамики сплошных сред, определения и критерии устойчивости;	Лекции и самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала	Контрольные работы и тестовые вопросы для текущего и рубежного контроля
Умеет: – применять основные понятия нелинейной механики сплошных сред для формулировки математических постановок и решения задач в своей научно-исследовательской деятельности; – обосновывать и выбирать подходящие для описания исследуемого процесса меры и тензоры деформаций, скоростей деформаций, тензоры напряжений, моментных напряжений, подвижную систему отсчета; – обосновывать использование конкретной модели сплошной среды, записывать начальные и граничные условия для исследуемой задачи; – анализировать сделанную математическую постановку, линеаризовать поставленную задачу механики сплошных сред для ее предварительного исследования; – применять на практике методы и приемы решения задач механики жидкости и газа, теории упругости, теории пластичности при использовании различных критериев пластического течения; – использовать законы неравновесной термодинамики сплошной среды для формулировки и исследования постановок задач механики сплошных сред;	Практические занятия. Самостоятельная работа студентов (подготовка к лекционным и практическим занятиям)	Контрольные работы для текущего и рубежного контроля
Владеет: – навыками математической постановки и решения задач из различных разделов механики сплошных сред (решения классических задач ме-	Практические занятия. Самостоятельная работа студентов (под-	Контрольные работы для текущего и рубежного контроля

ханики жидкости и газа, теории упругости, теории пластичности твердых тел, неравновесной термодинамики сплошных сред); – практическими приемами и методами решения задач классических разделов механики сплошных сред.	готовка к практическим занятиям)	Вопросы к зачёту
---	----------------------------------	------------------

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет **12 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 – Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч			
		по семестрам			всего
1	2	3	4	5	6
1	Аудиторная (контактная) работа	68	68	43	179
	- в том числе в интерактивной форме	34	34	22	90
	- лекции (Л)	34	34	16	84
	- в том числе в интерактивной форме	16	18	8	42
	- практические занятия (ПЗ)	34	34	27	95
	- в том числе в интерактивной форме	16	18	14	48
	- лабораторные работы (ЛР)				0
	- в том числе в интерактивной форме				0
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	4	10
3	Самостоятельная работа студентов (СРС)	36	38	133	207
	Курсовая работа			18	18
	- изучение теоретического материала	18	18	49	85
	- подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, лабораторным)	18	20	66	104
4	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине: зачёт / экзамен	зачет	Экзамен (36)	зачет	36
5	Трудоёмкость дисциплины, всего:				
	в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕ)	108	144	180	432 12

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учеб- ного мо- дуля	Номер раз- дела дисци- плины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)							Трудо- ёмкость, ч / ЗЕ
			аудиторная работа				КСР	Итоговый контроль	самостоя тельная работа	
			всего	Л	ПЗ	ЛР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	Введение	0.5	0.5	-	-	-	-	-	0.5
		1.	3.5	1.5	2	-	-	-	-	3.5
		2.	4	2	2	-	-	-	ПАЗ-2	6
		3.	4	2	2	-	-	-	ИТМ-2	6
		4.	4	2	2	-	-	-	ИТМ-2 ПАЗ-2	8
		5.	4	2	2	-	-	-	ИТМ-2 ПАЗ-2	8
	2	6.	4	2	2	-	-	-	ИТМ-2	6
		7.	4	2	2	-	-	-	ПАЗ-2	6
		8.	4	2	2	-	2	-	ИТМ-2 ПАЗ-2	10
	Всего по модулю:		32	16	16	-	2	КР	20	54
2	3	9.	4	2	2	-	-	-	-	4
		10.	4	2	2	-	-	-	-	4
		11.	4	2	2	-	-	-	ИТМ-2	6
		12.	4	2	2	-	-	-	ПАЗ-2	6
		13.	4	2	2	-	-	-	-	4
		14.	4	2	2	-	-	-	-	4
		15.	4	2	2	-	-	-	ИТМ-2	6
		16.	4	2	2	-	-	-	ПАЗ-2	6
	4	17.	2	1	1	-	-	-	ИТМ-2 ПАЗ-2	6
		18.	2	1	1	-	2	-	ИТМ-2 ПАЗ-2	8
	Всего по модулю:		36	18	18	-	2	КР	16	54
Промежуточная аттестация (4 семестр)							зачет			
Итого в 4 семестре:			68	34	34	-	4	-	36	108
3	5	19.	4	2	2	-	-	-	-	4
		20.	4	2	2	-	-	-	-	4
		21.	4	2	2	-	-	-	ИТМ-1 ПАЗ-2	7
		22.	4	2	2	-	-	-	ИТМ-1 ПАЗ-2	7
		23.	4	2	2	-	-	-	ИТМ-1 ПАЗ-1	7
		24.	4	2	2	-	1	-	ИТМ-1 ПАЗ-1	7

	6	25.	2	1	1	-	-	-	-	2
		26.	2	1	1	-	-	-	-	2
		27.	2	1	1	-	-	-	ИТМ-1 ПА3-1	4
		28.	4	2	2	-	-	-	-	4
		29.	2	1	1	-	-	-	ИТМ-1 ПА3-1	4
		30.	4	2	2	-	-	-	ИТМ-1 ПА3-1	6
		31.	4	2	2	-	-	-	ИТМ-1 ПА3-1	6
		32.	4	2	2	-	-	-	ИТМ-1 ПА3-1	6
		33.	4	2	2	-	-	-	ИТМ-1 ПА3-1	6
		34.	4	2	2	-	-	-	ИТМ-1 ПА3-1	6
		35.	4	2	2	-	-	-	ИТМ-1 ПА3-1	6
	7	36.	4	2	2	-	-	-	ИТМ-2 ПА3-2	8
		37.	4	2	2	-	1	-	ИТМ-4 ПА3-4	13
	Всего по модулю:		68	34	34	-	2	КР	38	108
Итоговая аттестация (5 семестр)							экзамен (36)			
Итого в 5 семестре:			68	34	34	-	2	36	38	144
4	8	38.	6	2	4	-	-	-	ИТМ-6 ПА3-8	20
		39.	6	2	4	-	-	-	ИТМ-7 ПА3-9	22
		40.	18	6	12	-	2	-	ИТМ-22 ПА3-22	64
	9	41.	4	2	2	-	-	-	ИТМ-4 ПА3-6	14
		42.	4	2	2	-	-	-	ИТМ-4 ПА3-6	14
		43.	5	2	3	-	2	-	ИТМ-6 ПА3-15	28
	10	Курс. раб.	-	-	-	-	-	-	18	18
	Всего по модулю:		43	16	27	-	4	КР	133	180
Итоговая аттестация (6 семестр)							зачет			
Итого в 6 семестре:			43	16	27	-	4	-	133	180
Итого:			179	84	95	-	10	36	207	432 / 12

ИТМ — изучение теоретического материала,

ПАЗ — подготовка к аудиторным занятиям.

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1. Геометрическое описание движения континуума

Раздел 1. Кинематика деформирования сплошной среды

Л – 10 ч, ПЗ – 10 ч, СРС – 12 ч.

Введение. Л – 0.5 ч.

Организация учебного процесса по дисциплине. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Роль и место дисциплины среди других дисциплин учебного плана.

Тема 1. *Понятие сплошной среды. Континуализация. Гипотезы континуума. Понятие деформации континуума. Конфигурации. Материальные линии. Векторы локального базиса. Аффинные искажения. Деформационный градиент.* Л – 1.5 ч.

Тема 2. *Математические основы механики. Знакомство с МСС. Методы МСС. Область применимости. Примеры. Дифференциальные операторы над тензорами различного ранга в криволинейных системах координат. Производные функций по тензорному аргументу.* Л – 2 ч., СРС – 2 ч.

Тема 3. *Деформируемый континуум как дифференцируемое многообразие. Изменение метрики при деформировании. Меры и тензоры деформаций. Физический смысл компонент тензоров деформаций. Теорема о полярном разложении невырожденного тензора 2-го ранга. Представление мер и тензоров деформаций с помощью множителей из полярного разложения аффинора.* Л – 2 ч., СРС – 2 ч.

Тема 4. *Эллипсоиды деформаций. Главные оси тензоров деформаций. Собственные числа тензоров деформаций. Изменение материальных площадок, нормалей и объема при деформировании среды. Примеры построения мер для простейших видов аффинной и неаффинной кинематики деформирования среды.* Л – 2 ч. СРС – 4 ч.

Тема 5. *Приближение малых деформаций. Разложение дисторсии на симметричную и антисимметричную части. Аксиальный вектор поворота. Условие совместности малых деформаций. Условие совместности при больших деформациях. Примеры.* Л – 2 ч. СРС – 4 ч.

Раздел 2. Скорости деформаций континуума

Л – 6 ч, ПЗ – 6 ч, СРС – 8 ч., КСР – 2 ч.

Тема 6. *Вектор скорости частиц среды. Материальная производная. Локальная (частная) производная по времени, конвективная производная. Свойства материальной производной. Градиент скорости, тензор деформации скорости и вихря. Аксиальный вектор вихря. Теорема Коши-Гельмгольца. Примеры вычисления градиента скорости, деформации скорости вихря для простейших видов движения сплошной среды.* Л – 2 ч., СРС – 2 ч.

Тема 7. *Собственные векторы и числа тензора деформации скорости. Представление тензора вихря в собственном базисе тензора деформации скорости. Геометрическая картина изменения малой окрестности точки среды при мгновенных (бесконечно малых) преобразованиях. Кинематический смысл аксиального вектора вихря. Тензоры спина.* Л – 2 ч. СРС – 2 ч.

Тема 8. *Соотношения между скоростями изменения тензоров деформации и градиентом скорости. Коротационные и конвективные производные. Вывод различных производных. Скорости изменения материальных площадок и объема сплошной среды.* Л – 2 ч. СРС – 4 ч.

Модуль 2. Математические постановки задач механики сплошных сред

Раздел 1. Балансовые уравнения, напряжения, основные сведения об определяющих соотношениях (ОС) Л – 16 ч, ПЗ – 16 ч, СРС – 8 ч.

Тема 9. Закон сохранения массы: определения, аксиомы. Дифференцирование интеграла по подвижному объему. Вычисление материальных производных от функций различного ранга в отсчетной и текущей конфигурациях. Теорема Остроградского-Гаусса, ее обобщения. Общая структура балансовых уравнений. Уравнение неразрывности, уравнение несжимаемости. Л – 2 ч.

Тема 10. Уравнение баланса количества движения: определение, аксиомы. Объемные и поверхностные силы. Внешние и внутренние силы. Вектор напряжений. Теоремы Коши о свойствах вектора напряжений. Л – 2 ч.

Тема 11. Тензор напряжений Коши. Тензоры напряжений Пиолы-Кирхгофа. Физический смысл компонент тензора напряжений Коши. Уравнение движения сплошной среды в пространственном и материальном описании. Л – 2 ч. СРС – 2 ч.

Тема 12. Уравнение баланса момента количества движения (МКД): определение, аксиомы. Внутренние и внешние, поверхностные и объемные моменты и моменты-пары. Тензор моментных напряжений. Интегральная и локальная формы уравнения баланса МКД. Неполярные и полярные среды. Уравнение МКД в материальном описании. Л – 2 ч. СРС – 2 ч.

Тема 13. Первый закон термодинамики. Интегральная форма закона сохранения энергии: определения, аксиомы. Вектор потока тепла. Локальное уравнение баланса энергии. Теорема живых сил и уравнение притока тепла. Закон сохранения энергии в лагранжевом описании. Л – 2 ч.

Тема 14. Второй закон термодинамики: определения, аксиомы. Интегральная формулировка. Неравенство Планка (положительность производства энтропии за счет внутренних источников). Неравенство Клаузиуса (для плотности производства энтропии). Дифференциальная формулировка второго закона термодинамики. Неравенство Фурье. Второй закон термодинамики в материальном описании. Л – 2 ч.

Тема 15. Полная система законов МСС в интегральной и локальной формах. Анализ замкнутости постановки. Обзор основных принципов построения определяющих соотношений. Энергетически сопряженные пары тензоров. Л – 2 ч. СРС – 2 ч.

Тема 16. Принцип материальной индифферентности. Жесткое движение сплошного тела. Индифферентные и инвариантные тензоры. Плотность и деформационный градиент. Тензоры деформаций. Тензоры напряжений. Вектор скорости при жестком движении. Тензоры деформации скорости и вихря при жестком движении. Коротационные производные при наложенном жестком движении. Законы МСС при наложении жесткого движения. Л – 2 ч. СРС – 2 ч.

Раздел 2. Основные сведения о поверхностях разрыва в сплошной среде Л – 2, ПЗ – 2 ч, СРС – 4 ч., КСР – 2 ч.

Тема 17. Соотношения на поверхностях разрыва. Понятие поверхности разрыва. Классификация поверхностей разрыва. Правило дифференцирование объемного интеграла при наличии поверхности разрыва. Нормальная скорость движения поверхности разрыва. Л – 1 ч. СРС – 4 ч.

Тема 18. Теорема Кочина. Соотношения на поверхностях разрыва в отсчетной и текущей конфигурациях. Граничные условия для уравнений МСС как следствие условий на поверхностях разрыва. Л – 1 ч. СРС – 4 ч., КСР – 2 ч.

Модуль 3. Математические модели классических сред

Раздел 1. Механика жидкости и газа (МЖГ)

Л – 12 ч, ПЗ – 12 ч, СРС – 10 ч., КСР – 1 ч.

Тема 19. Идеальные жидкости и газы: определения, свойства. Балансовые уравнения. Приближение несжимаемости. Граничные условия. Изэнтропийные течения. Область применимости различных приближений. Л – 2 ч.

Тема 20. Малые возмущения в идеальной жидкости и газе. Волновые уравнения. Свойства звуковой волны. Смена типа уравнения для потенциала скорости в стационарном течении при переходе через скорость звука. Гидростатика. Интеграл Бернулли. Л – 2 ч.

Тема 21. Линии и трубки тока. Вихревые трубки. Теоремы Гельмгольца. Теорема Кельвина (Томсона). Потенциальные течения идеальной жидкости и газа. Л – 2 ч. СРС – 3 ч.

Тема 22. Плоские течения несжимаемой жидкости. Метод комплексных потенциалов. Обтекание различных тел. Парадокс Эйлера-Даламбера. Л – 2 ч. СРС – 3 ч.

Тема 23. Вязкие жидкости. Ламинарные течения несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Объемная и динамическая вязкость. Теплопроводная жидкость. Л – 2 ч. СРС – 2 ч.

Тема 24. Безразмерное уравнение Навье-Стокса. Числа Рейнольдса и Фруда. Турбулентные течения вязкой жидкости (обзор экспериментов). Некоторые точно решаемые задачи о течении вязких жидкостей. Течения в узких зазорах, вывод закона Дарси. Л – 2 ч. СРС – 2 ч.

Раздел 2. Теория упругости

Л – 18 ч, ПЗ – 18 ч, СРС – 16 ч.

Тема 25. История развития МДТТ и науки о материалах. Возникновение теории упругости. Имена и лица теории упругости. Эксперименты Галилея, Гука, Мариотта. Работы Лейбница, семейства Бернулли, Эйлера, Навье, Коши, Пуассона, Ламе, Клапейрона. Спор о количестве упругих постоянных. Вклад Грина. Упругий потенциал. Л – 1 ч.

Тема 26. Упругость по Коши, упругость по Грину. Обобщенный закон Гука. Симметричные свойства тензора линейно-упругих свойств. Число независимых ненулевых компонент. Материальная симметрия. Оси и плоскости симметрии. Типы кристаллических решеток металлов. Определение структуры обобщенного закона Гука для основных кристаллических решеток. Изотропный случай. Л – 1 ч.

Тема 27. Постановка задачи линейной ТУ в перемещениях. Вывод уравнений Ламе. Граничные условия. Л – 1 ч. СРС – 2 ч.

Тема 28. Уравнения Бельтрами-Митчелла. Условие совместности в напряжениях. Теорема Клапейрона. Единственность решения задачи линейной теории упругости. Принцип виртуальных работ. Классические теоремы статики линейной ТУ: теорема о минимуме потенциальной энергии, вариационный принцип Кастильяно. Осреднение упругой энергии, напряжений, деформаций. Оценка Хилла эффективных упругих свойств. Л – 2 ч.

Тема 29. Вывод уравнений Ламе из принципа минимума потенциальной энергии. Вывод уравнений Бельтрами-Митчелла из принципа минимума дополнительной работы (принципа Кастильяно). Вариационный принцип Рейсснера. Теорема Бетти о взаимности работ. Л – 1 ч. СРС – 2 ч.

Тема 30. Фундаментальное решение для изотропной упругой среды, задача Кельвина. Л – 2 ч. СРС – 2 ч.

Тема 31. Методы решения задач ТУ на основе функций смещения, решение Буссинеска-Галеркина, решение Папковича. Методы решения задач ТУ на основе функций напряжений. Л – 2 ч. СРС – 2 ч.

Тема 32. Задача о включении, вывод решения Эшелби. Задача Кириша. Л – 2 ч. СРС – 2 ч.

Тема 33. Плоская задача ТУ. Уравнения ПДС, ПНС. Комплексные переменные, комплексные потенциалы. Сила и момент, действующие на контур. Формула Колосова-Мусхелишвили. Решение для краевой дислокации. Устойчивые дислокационные субструктуры. Поле напряжений от точечного дислокационного диполя. Задача о трещине. Решение вблизи носа трещины. Коэффициент интенсивности напряжений. Л – 2 ч. СРС – 2 ч.

Тема 34. Проблема упругой устойчивости. Неоднозначность решения задач ТУ. Постановка и анализ задач ТУ при больших деформациях. Классификация постановок. Энергетический критерий определения критических нагрузок. Л – 2 ч. СРС – 2 ч.

Тема 35. Деформации гибких упругих тел. История решения задачи ТУ для пластинок и оболочек. Теория Кирхгофа. Сущность допущений Кирхгофа. Заключение: пути проникновения нелинейности в постановки задач ТУ, физическая и геометрическая нелинейности, классификация постановок (Новожилов), области их применимости. Л – 2 ч. СРС – 2 ч.

Раздел 3. Теория пластических деформаций

Л – 4 ч, ПЗ – 4 ч, СРС – 12 ч., КСР – 1 ч.

Тема 36. Обзор классических экспериментов. Классическая теория пластичности для металлов, обобщающая результаты экспериментов. Понятие поверхности и кривой текучести. Интенсивность напряжений и деформаций. Критерии пластического течения Треска-Сен-Венана и Мизеса. Упрочнение, различные параметры упрочнения. Теория пластического течения (ТПТ) с упрочнением. Л – 2 ч. СРС – 4 ч.

Тема 37. Внутренние напряжения в упругопластических телах. Тензор плотности дислокаций. Элементарная теория линий скольжения при плоской пластической деформации. Л – 2 ч. СРС – 8 ч.

Модуль 4. Неравновесная термодинамика и физические теории пластичности

Раздел 1. Неравновесная термодинамика континуума

Л – 10 ч, ПЗ – 20 ч, СРС – 74 ч., КСР – 2 ч.

Тема 38. Принципы построения неравновесной ТД. Понятия обобщенных ТД потоков и сил. Изменение энтропии при отклонении от состояния ТД равновесия. Соотношения взаимности Онзагера. Л – 2 ч. СРС – 14 ч.

Тема 39. Многокомпонентные среды. Запись полной системы уравнений МСС для многокомпонентных сред. Л – 2 ч. СРС – 16 ч.

Тема 40. Термодинамические функции. Химический потенциал. Вывод потока тепла, энтропии, производства энтропии для многокомпонентных сред с теплопроводностью и диффузией. Неравенство Клаузиуса-Дюгема. Использование соотношений Онзагера и принципа Кюри. Приложения к теории больших деформаций. Л – 6 ч. СРС – 44 ч.

Раздел 2. Теория пластичности металлов при больших деформациях
Л – 6 ч, ПЗ – 7 ч, СРС – 41 ч.

Тема 41. Мультипликативное разложение деформационного градиента. Представление градиента скорости. Кристаллы, системы скольжения. Кинематика пластического деформирования. Факторы Шмида для систем скольжения. Основные соотношения физической теории пластичности (ФТП). Л – 2 ч. СРС – 10 ч.

Тема 42. Сравнение ФТП и ТПТ, строение поверхностей текучести, учет анизотропии. Вариант ФТП, нечувствительной к скоростям. Вязкопластический вариант. Вариационная формулировка для использования в МКЭ. Л – 2 ч. СРС – 10 ч.

Тема 43. Неустойчивость в пластических материалах (потеря строгой эллиптичности). Механизмы дестабилизации материала. Возможность локализации пластических деформаций. Л – 2 ч. СРС – 21 ч.

Курсовая работа. СРС – 18 ч.

4.3. Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2. – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	2	3
2	1.	Лагранжев закон движения сплошной среды. Построение векторов локального базиса в отсчетной и текущей конфигурациях для заданных видов движения сплошной среды. Нахождение деформационного градиента. Проверка для заданного в компонентах тензора деформационного градиента гипотез континуума.
3	2.	Вычисление производных от длины радиус-вектора в текущей конфигурации, от нормированного радиус вектора, от диады радиус-векторов, от векторов локального базиса и их тензорного произведения по тензору деформационного градиента.
4	3.	Нахождение мер и тензоров деформаций для заданных видов движения в различных системах координат. Нахождение сомножителей из полярного разложения аффинора для этих видов движения.
5	4.	Определение главных значений мер и тензоров деформаций для заданных видов движения сплошной среды. Представление изменения элементарного объема сплошной среды через инварианты различных мер и тензоров деформаций.
6	5.	Преобразование мер и тензоров деформаций, их инвариантов, выражений для изменения элементарной площадки и объема в приближении малых деформаций. Построение для заданных движений тензора малого поворота и его аксиального вектора. Проверка условий совместности деформаций при использовании различных криволинейных систем координат. Определение поля перемещений по заданному полю тензора малых деформаций.
7	6.	Вычисление тензоров градиента скорости, деформаций скорости и вихря для заданных видов движения сплошной среды. Переход от лагранжевого способа описания движения к эйлеровому и наоборот.
8	7.	Вычисление тензора спина для различных ортонормированных базисов, определение результирующего тензора спина при последовательном наложении нескольких вращений.

9	8.	Получение соотношений для связи между материальными производными различных тензоров и мер деформаций с тензором деформации скорости. Использование полярного разложения аффинора. Проверка правила дифференцирования скалярного произведения векторов и тензоров для конвективных и коротационных производных. Построение траекторий и линий тока для заданных движений. Выяснение, при каких условиях они совпадают.
10	9.	Двумерные течения сплошной среды, проверка условий несжимаемости заданных в эйлеровой форме течений. Получение для рассмотренных течений законов изменения плотности в материальной точке и точке пространства. Запись уравнения неразрывности в различных криволинейных системах координат. Вывод уравнения изменения свободной поверхности для слоя несжимаемой жидкости.
11	10.	Вычисление скоростей изменения количества движения и момента количества движения для различных движений сплошной среды. Исследование наложения различных движений.
12	11.	Исследование тензоров напряжений Коши, Пиолы, Био, тензоров Пиолы-Кирхгофа. Запись физических компонент тензоров напряжений и уравнения движения в криволинейных системах координат.
13	12.	Вывод уравнения для собственного момента количества движения. Исследование эффекта Эйнштейна-де Гааза. Вывод уравнения Эйлера для вращающегося твердого тела.
14	13.	Вывод балансовых уравнений для составляющих энергии в локальной форме. Запись первого закона термодинамики в локальной форме для многокомпонентных сред. Получение уравнений в терминах отсчетной и текущей конфигураций.
15	14.	Запись второго закона термодинамики в локальной форме для многокомпонентных сред. Получение уравнений в терминах отсчетной и текущей конфигураций.
16	15.	Исследование энергетически сопряженных пар тензоров напряжений и деформаций.
17	16.	Проверка законов преобразования при наложенном жестком движении известных скалярных, векторных и тензорных характеристик, описывающих напряженно-деформированное состояние сплошной среды.
18	17.	Получение правил изменения выражений на поверхностях разрыва для известных скалярных, векторных и тензорных характеристик, описывающих напряженно-деформированное состояние сплошной среды.
19	18.	Доказательство и применение теоремы Кочина для различных типов разрывов и видов движения поверхности разрыва.
20	19.	Получение полей давления и температуры в простейших течениях идеальных жидкостей и газов.
21	20.	Решение задач на применение интеграла Бернулли.
22	21.	Исследование потенциальности течений, получение механических величин в потенциальных течениях. Получение функций тока и потенциала скорости для различных простейших трехмерных течений. Решение задачи об обтекании шара.
23	22.	Получение функций тока и потенциала скорости для различных плоских течений идеальных жидкостей с помощью комплексного потенциала. Решение задачи об обтекании диска на плоскости (бесконечного цилиндра).
24	23.	Получение решений для ламинарных течений вязкой жидкости — течения Куэтта, Пуазейля, смешанное течение.
25	24.	Решение задачи о ламинарном течении вязкой жидкости между вращающимися коаксиальными цилиндрами и соосно вращающимися плоскостями.
26	25.	Вычисление производной от упругого потенциала как функции расстояния между частицами среды в текущей конфигурации по аффинору, тензорам деформаций Коши-Грина, Альманси. Выражения для тензоров напряжений Пиолы-Кирхгофа и Коши для произвольных деформаций упругой среды.

27	26.	Исследования числа независимых ненулевых компонент тензора упругих модулей для различных случаев материальной анизотропии. получение связей между упругими постоянными и запись через них закона Гука для изотропной среды.
28	27.	Решение уравнений Ламе для простейших случаев деформирования упругих тел в различных криволинейных системах координат (статика). Исследование изгиба, кручения прямых брусьев различного сечения.
29	28.	Решение уравнений Бельтрами-Митчелла для простейших случаев деформирования упругих тел в различных криволинейных системах координат (статика).
30	29.	Решение задач на использование вариационных принципов в случае статики упругой среды.
31	30.	Получение решений для диполя сил, дуплета сил, центра всестороннего растяжения-сжатия, пары сил, центра скручивания с помощью фундаментального решения для сосредоточенной силы в сплошном теле.
32	31.	Решение задач на равновесие упругих тел с помощью функций напряжений.
33	32.	Доказательство некоторых этапов получения решения задачи Эшелби.
34	33.	Решение задач на применение комплексного потенциала для плоской задачи статики линейной теории упругости.
35	34.	Решение задач об устойчивости упругих стержней.
36	35.	Решение задач для нелинейных упругих стержней и гибких нитей.
37	36.	Исследование критериев пластического течения для простейших случаев напряженного состояния пластического тела.
38	37.	Получение точных решений упругопластических задач для простейших тел и видов нагружения. Нахождение линий скольжения в простейших случаях.
39	38.	Решение простейших задач по эндохронной теории.
40	39.	Исследование коэффициентов Онзагера, связывающих термодинамические силы и потоки в случае скалярных, векторных, тензорных величин.
41	40.	Вывод эллиптического и гиперболического уравнений диффузии в многокомпонентной среде.
42	41.	Решение задач на применение неравенства Клаузиуса-Дюгема
43	42.	Исследование уравнений ФТП при одной активной системе скольжения.
44	43.	Построение поверхности текучести для ФТП
45	44.	Исследование механизмов разупрочнения материала в одномерном случае

4.4. Перечень тем лабораторных работ

Не предусмотрены.

4.5. Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 4.3. – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы (раздела) дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
1.	изучение теоретического материала,	-
	подготовка к практическим занятиям	-
2.	изучение теоретического материала,	-
	подготовка к практическим занятиям	2
3.	изучение теоретического материала,	2
	подготовка к практическим занятиям	-
4.	изучение теоретического материала,	2
	подготовка к практическим занятиям	2
5.	изучение теоретического материала,	2
	подготовка к практическим занятиям	2
6.	изучение теоретического материала,	2
	подготовка к практическим занятиям	-

[illegible]

	подготовка к практическим занятиям	1
34.	изучение теоретического материала,	1
	подготовка к практическим занятиям	1
35.	изучение теоретического материала,	1
	подготовка к практическим занятиям	1
36.	изучение теоретического материала,	2
	подготовка к практическим занятиям	2
37.	изучение теоретического материала,	4
	подготовка к практическим занятиям	4
38.	изучение теоретического материала,	7
	подготовка к практическим занятиям	7
39.	изучение теоретического материала,	8
	подготовка к практическим занятиям	8
40.	изучение теоретического материала,	22
	подготовка к практическим занятиям	22
41.	изучение теоретического материала,	4
	подготовка к практическим занятиям	6
42.	изучение теоретического материала,	4
	подготовка к практическим занятиям	6
43.	изучение теоретического материала,	6
	подготовка к практическим занятиям	15
	Курсовая работа	18
	Итого: в ч / в 3Е	207 / 5.75

4.5.1. Подготовка к практическим занятиям

Подготовка к практическим занятиям включает в себя:

1. Повторение теоретического материала по предшествующей теме занятий.
 1. Решение задач, заданных на практических занятиях. Подготовка к устной защите решений.
 2. Подготовка к рубежным контрольным работам по модулям.

4.5.2. Самостоятельное изучение теоретического материала

1. При подготовке к лекциям студенты изучают материал по предшествующей теме занятий; усвоение материала проверяется периодически на лекциях и практических занятиях проведением опроса – текущих контрольных работ (продолжительность 5-10 мин., периодичность – не реже одного раза в две недели).

2. Доказательство части утверждений, сформулированных на предшествующих лекциях, доказательство которых рекомендовано провести самостоятельно

5. Методические указания по изучению дисциплины

При изучении дисциплины студентам следует выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по литературе из рекомендуемого списка или конспектным материалам следует по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение трех семестров, график изучения дисциплины приводится в п.7.

5. Темы, предлагаемые для самостоятельного изучения, формулируются на лекциях преподавателем. Им же даются источники литературы для более детального изучения вопросов, обсуждаемых на лекциях.

Практические занятия проводятся методом обучения действием: кратко перечисляются основы теоретический материала, известного по ранее изученным дисциплинам, обсуждается новый учебный материал, формулируются проблемы. Каждое практическое занятие проводится по своему алгоритму. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: отработка умений и навыков, приобретаемых в процессе изучения дисциплины, применение знаний отдельных изученных ранее дисциплин и методов решения проблем, закрепление основ теоретических знаний с позиций комплексного видения проблемы и области знаний.

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя, которые нацелены на активацию процессов усвоения материала, стимулирования ассоциативного мышления студентов и установления связей с ранее освоенным материалом.

При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и комбинированных методов для решения задач; закрепление основ теоретических знаний.

6. Фонд оценочных средств дисциплины

6.1. Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в следующих формах:

5-минутные письменные опросы (летучки) перед каждой лекцией с теоретическими вопросами, требующими кратких ответов, по теме предыдущих занятий;

оценка работы студента на практических занятиях проводится на основании индивидуального рейтинга по итогам сданных заданий для самостоятельного выполнения.

6.2. Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

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

собеседование и опрос, текущая контрольная работа для анализа усвоения материала каждого модуля.

6.3. Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

а) экзамен:

условия проставления экзамена по дисциплине:

- оценка на экзамене по дисциплине выставляется по итогам проведённого промежуточного контроля,
- при выполнении 80% заданий практических занятий,

- с учетом индивидуального рейтинга студента,
- при полном развернутом ответе на экзаменационный билет, экзамен принимается в классической форме (билет содержит два теоретических вопроса и задачу).

б) зачёт:

условия проставления зачёта по дисциплине:

- зачёт по дисциплине выставляется по итогам проведённого промежуточного контроля,
- при выполнении 80% заданий практических занятий,
- с учетом индивидуального рейтинга студента,
- при выполнении зачетного задания в виде расширенного теста и собеседования по итогам теста.

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

6.4. Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1. Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля			
	КР	ТПЗ	За чёт	Эк- замен
Знает:				
гипотезы континуума, понятия деформаций континуума, основные меры и тензоры деформаций, их геометрический смысл в нелинейной формулировке и в линеаризованном случае	+	+	+	+
определения скоростных мер деформаций сплошной среды, определения материальных производных, виды объективных производных тензоров различного ранга	+	+	+	+
аксиомы механики сплошных сред и их математические формулировки в виде балансовых уравнений для интенсивных характеристик массы, количества движения, момента количества движения, энергии и ее составляющих	+	+	+	+
основные требования к определяющим соотношениям, правила перехода к неинерциальным системам отсчета	+	+	+	+
математические модели классических сред — газов, жидкостей, упругих и упругопластических твердых тел, особенности применения упрощенных математических постановок моделей классических сред, методы их решения	+	+	+	+
основы неравновесной термодинамики сплошных сред, определения и критерии устойчивости	+	+	+	+
Умеет:				
применять основные понятия нелинейной механики сплошных сред для формулировки математических постановок и решения задач в своей научно-исследовательской деятельности	+		+	+
обосновывать и выбирать подходящие для описания исследуемого процесса меры и тензоры деформаций, скоростей деформаций, тензоры напряжений, моментных напряжений, подвижную систему отсчета	+		+	+
обосновывать использование конкретной модели сплошной среды,	+		+	+

записывать начальные и граничные условия для исследуемой задачи				
анализировать сделанную математическую постановку, линеаризовать поставленную задачу механики сплошных сред для ее предварительного исследования	+		+	+
применять на практике методы и приемы решения задач механики жидкости и газа, теории упругости, теории пластичности при использовании различных критериев пластического течения	+		+	+
использовать законы неравновесной термодинамики сплошной среды для формулировки и исследования постановок задач механики сплошных сред	+		+	+
Владеет:				
навыками математической постановки и решения задач из различных разделов механики сплошных сред (решения классических задач механики жидкости и газа, теории упругости, теории пластичности твердых тел, неравновесной термодинамики сплошных сред)	+		+	+
практическими приемами и методами решения задач классических разделов механики сплошных сред	+		+	+

ТПЗ – текущая проверка знаний (летучки на лекциях по пройденному материалу);
 КР – контрольная работа.

7. График учебного процесса по дисциплине

[illegible][illegible]

[illegible]

8. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы студентов по изучению дисциплины

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.В.07 «Механика сплошных сред» (индекс и полное название дисциплины)	БЛОК 1. Дисциплины (модули) (цикл дисциплины)	
	☐ базовая часть цикла ☒ вариативная часть цикла	☒ обязательная ☐ по выбору студента
01.03.02 (код направления подготовки / специальности)	Прикладная математика и информатика / Математическое моделирование (полное название направления подготовки / специальности)	
ПМИ/ММ (аббревиатура направления / специальности)	Уровень подготовки:	Форма обучения:
	☐ специалист ☒ бакалавр ☐ магистр	☒ очная ☐ заочная ☐ очно-заочная
2016 (год утверждения учебного плана ОПОП)	Семестр(-ы): 4, 5, 6	Количество групп: 1 Количество студентов: 25
Зубко Иван Юрьевич (фамилия, инициалы преподавателя)		доцент (должность)
Прикладной математики и механики (факультет)		
«Математического моделирования систем и процессов» (кафедра)		тел. 2391297 (контактная информация)

Карта книго-
обеспеченности
в библиотеку сдана

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	2	3
1 Основная литература		
1	Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. — Физматлит, 2006. — 272 с.	40
2	Жилин П.А. Актуальные проблемы механики. Сб. статей. Т. 1. — СПб.: Издание ИПМаш РАН. 2006. — 306 с.	2
3	Тимошенко С.П. История науки о сопротивлении материалов. — М.: УРСС, 2006. — 536 с.	25
4	Крайнов В. П. Лекции по избранным проблемам механики сплошных сред: учебное пособие для вузов — Долгопрудный: Интеллект, 2014. — 118 с.	1
5	Зубко И.Ю., Няшина Н.Д. Математическое моделирование: дискретные подходы и численные методы: учеб. пособие. — Пермь: Изд-во ПНИПУ. 2012. — 365 с.	5+ЭБ
6	Папуша А. Н. Механика сплошных сред учебник для вузов. — Москва, Ижевск: Ин-т компьютер. исслед., 2011. — 686 с.	1
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Седов Л.И. Механика сплошной среды. Том 1. — Санкт-Петербург : Лань, 2004. — 528 с.	49
2	Седов Л.И. Механика сплошной среды. Том 2. — Санкт-Петербург : Лань, 2004. — 560 с.	39
3	Трусов П.В., Дударь О.И., Онискив В.Д. Механика сплошной среды. Ч.1: Кинематика. — Пермь: ПГТУ, 1994, 87 с.	48
4	Трусов П.В., Дударь О.И. Механика сплошной среды. Ч.2: Динамика сплошной среды. — Пермь: ПГТУ, 1995, 72 с.	37
5	Трусов П.В. Механика сплошной среды. Ч. 3: Классические среды. — Пермь: ПГТУ, 1996, 141 с.	40
6	Гольдштейн Р.В., Городцов В.А. Механика сплошных сред. Часть 1. — М.: Наука. Физматлит, 2000. — 256 с.	32
7	Ильюшин А. А. Механика сплошной среды. — М.: Изд-во МГУ, 1990. — 310 с.	27
8	Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука, 1988. 712 с.	28
9	Победря Б. Е., Георгиевский Д. В. Лекции по теории упругости. — Эдиториал УРСС, 1999. — 205 с.	1
10	Поздеев А.А., Трусов П.В., Няшин Ю.И. Большие упругопластические деформации: теория, алгоритмы, приложения. — М: Наука, 1986. — 232 с.	3
11	Трусделл К. Первоначальный курс рациональной механики сплошных сред. — М.: Наука, 1975. — 592 с.	4
12	Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. — М.: Дрофа, 2003. — 840 с.	116
13	Валландер С.В. Лекции по гидроаэромеханике. — Л.: Изд. СПбГУ, 2005, 1978. — 295 с.	7
14	Горшков А. Г., Рабинский Л. Н., Тарлаковский Д. В. Основы тензорного анализа и механика сплошной среды. — М.: Наука, 2000. — 214 с.	10

15	Лурье А.И. Нелинейная теория упругости. — М.: Наука, 1980. — 512 с.	1
16	Лурье А. И. Теория упругости. — М.: Наука, 1970. — 939 с.	3
17	Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости. Москва ; Ижевск : Регуляр. и хаот. динамика, 2004,1973. — 758 с.	7
18	Хан Х. Теория упругости. Основы линейной теории и ее применения. — М.: Мир, 1988. — 344 с.	9
19	Демидов С.П. Теория упругости. — М.: Высшая школа. 1979. — 432 с.	21
20	Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. — М.: Наука, 1979. — 560 с.	11
21	Черных К.Ф. Введение в анизотропную упругость. — М.: Наука, 1988. — 190 с.	2
22	Черных К.Ф. Введение в физически и геометрически нелинейную теорию трещин. — М.: Наука, 1996. — 287 с.	1
23	Качанов Л.М. Основы теории пластичности. — М.: Наука, 1969. — 420 с.	24

2.2 Периодические издания

1.	<i>Известия Российской академии наук. Механика твердого тела: научный журнал.</i> - Москва: Наука, с 1966 г. http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145433	
2.	<i>Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа: научный журнал / Российская академия наук.</i> - Москва: Наука, 1966. http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser23834	
3.	<i>Вестник ПНИПУ. Механика : журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. А. А. Тапкинова.</i> - Пермь: Изд-во ПНИПУ, с 2012 г. http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/	
4.	<i>Прикладная механика и техническая физика: журнал.</i> - Новосибирск: СО РАН, с 1960 г. http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145580	
5.	<i>Физическая мезомеханика: журнал / Российская академия наук. Сибирское отделение; Институт физики прочности и материаловедения.</i> - Томск: Ин-т физики прочности и материаловедения СО РАН, 1998. http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser70600	
6.	<i>Физика твердого тела: журнал / Российская академия наук. Отделение физических наук; Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе.</i> - Санкт-Петербург: Наука, 1959. http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser52642	
7.	<i>Вычислительная механика сплошных сред: журнал / Российская академия наук, Уральское отделение; Институт механики сплошных сред.</i> - Пермь: ИМСС УрО РАН, с 2008 г. http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser96485	

2.3 Нормативно-технические издания

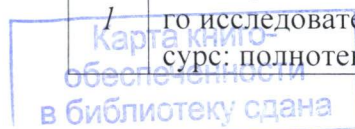
	Не требуются	
--	--------------	--

2.4 Официальные издания

	Не требуются	
--	--------------	--

2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», полезных для освоения дисциплины

1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национально-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	Лань [Электронный ресурс : электрон.-библ. система: полнотекстовая база данных электрон. документов по гуманит., естеств., и техн. наукам] / Изд-во «Лань». – Санкт-Петербург: Лань, 2010-. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/ . – Загл. с экрана.	
3	ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	
4	Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных: электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: http://diss.rsl.ru , компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	
5	Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных: электрон. журн. по гуманит., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge: Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: http://journals.cambridge.org/ . – Загл. с экрана. 11.	
6	EBSCO Databases [Электронный ресурс]: [полнотекстовые базы данных журн. и кн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам на ин. яз.] / EBSCO Publishing. – Ipswich, 2016. – Режим доступа: http://search.ebscohost.com , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	
7	SAGE Journals [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных : электрон. мультидисциплинар. журн. на англ. яз.] / SAGE Publications. – Los Angeles, 2016. – Режим доступа: http://online.sagepub.com , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	
8	Science [Электронный ресурс]: [электрон. версия еженед. междисциплинар. науч. журн. на англ. яз.] / The American Association for the Advancement of Science (AAAS). – Washington, 2016. – Режим доступа: http://www.sciencemag.org/magazine , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	
9	Taylor & Francis Online [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных : электрон. мультидисциплинар. журн. на англ. яз.] / Informa UK Ltd. – London, 2016. – Режим доступа: http://www.tandfonline.com , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	
10	Российский индекс научного цитирования [Электронный ресурс]: [мультидисциплинар. реф.-библиограф. и наукометр. база данных на рус. яз.] / Науч. электрон. б-ка. – Москва, 2000-2016. – Режим доступа: http://elibrary.ru/project_risc.asp , свободный. – Загл. с экрана.	

Основные данные об обеспеченности на 10 ноября 2016

(дата одобрения рабочей программы на заседании кафедры)

Основная литература



обеспечена



не обеспечена

Дополнительная литература

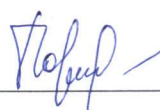


обеспечена



не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки



Н.В. Тюрикова

Карта книго-
обеспеченности
в библиотеку сдана

Текущие данные об обеспеченности на _____

(дата контроля литературы)

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**

Не используются.

8.4. Аудио- и видео-пособия

Таблица 8.2. – Используемые аудио- и видео-пособия

Вид аудио-, видео-пособия				Наименование учебного пособия
теле-фильм	кино-фильм	слайды	аудио-пособие	
1	2	3	4	5
		+		<i>Краткий курс теории, задания и рекомендации к выполнению практической и самостоятельной работы</i>

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	Аудитории, оборудованные ноутбуком, видеопроектором	ММСП	316 к.В	51	40

9.2. Основное учебное оборудование

Учебное оборудование не используется.

Лист регистрации изменений

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