

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Баламирзоев Назим Лиодинович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 03.03.2025 10:57:08  
Уникальный программный ключ:  
5cf0d6f89e80f49a334f6a4ba58e91f3326b9926

Приложение 5

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**  
**ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет»**

Кафедра ТСиСМ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**ДИСЦИПЛИНЫ**  
*«Механика деформируемого твердого тела»*

Уровень высшего образования  
**ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ**

**Группа научных специальностей**

*1.1. Математика и механика*  
(шифр и наименование группы научных специальностей)

**Научная специальность**

*1.1.8. Механика деформируемого твердого тела*  
(шифр и наименование научной специальности образовательной программы)

**Форма обучения**

Очная

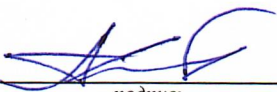
Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры транспортных сооружений и строительных материалов

протокол № 11 от "20" 06 2023 г.

Заведующий кафедрой

ТСиСМ

*наименование кафедры*



*подпись*

Агаханов Э.К.

*расшифровка подписи*

*Исполнители:*

Заведующий кафедрой, профессор

*должность*



*подпись*

Э.К. Агаханов

*расшифровка подписи*

*должность*

*подпись*

*расшифровка подписи*



## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель (цели)** освоения дисциплины:

формирование расширенных представлений в области механики деформируемого твердого тела.

**Задачи:**

- исследовать кинематику, статику и динамику сплошной среды;
- изучить уравнения состояния упругих и неупругих твердых деформируемых тел;
- рассмотреть постановки и схемы решения задач механики деформируемого твердого тела.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям), направленным на подготовку к сдаче кандидатского экзамена, образовательного компонента «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Семестр, в котором преподается дисциплина – 4. Трудоемкость дисциплины: Зачетные единицы – 3. Часы: Общая – 108, в том числе Аудиторная – 51. СРО – 57. Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Пререквизиты дисциплины: *2.1.1.1 Иностранный язык, 2.1.1.2 История и философия науки.*

Постреквизиты дисциплины: *3.1 Итоговая аттестация.*

## 3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы ее освоения

### **Знать:**

- методы реализации научно-исследовательской деятельности в области математики и механики, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий;
- научные основы и закономерности механических явлений, применяемые для изучения законов деформирования, повреждения и разрушения материалов, выявления новые связи между структурой материалов;
- научные основы и закономерности механических явлений, применяемые при постановке и решении краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях;
- современные методы экспериментальной механики деформируемого твердого тела, методы планирования экспериментов и обработки экспериментальных данных.

### **Уметь:**

- планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;
- использовать базовый физико-математический аппарат, вычислительные методы и методы компьютерного моделирования для выявления новых связей между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения;
- использовать базовый физико-математический аппарат, расчетные и экспериментальные методы исследования для решения технологических проблем деформирования, разрушения и предупреждения недопустимых деформаций в конструкциях различного назначения;
- использовать экспериментальные методы исследований процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях.

### **Владеть:**

- навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации; выбора методов и средств решения задач исследования, навыками работы с вычислительной техникой;
- современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, компьютерными технологиями, применяемыми в области механики деформируемого твердого тела;
- современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, теоретическими, расчетными и экспериментальными методами исследований, применяемыми для



<p>Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы ее освоения прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях;</p> <p>- современными методами экспериментальных исследований, в области механики деформируемого твердого тела, методами обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов.</p>
---

#### 4 Структура и содержание дисциплины

##### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	4 семестр	всего
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
Лекции (Л)	17	17
Практические занятия (ПЗ)	34	34
Консультации	2	2
Индивидуальная работа и инновационные формы учебных занятий	0,7	0,7
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,3	0,3
<b>Самостоятельная работа:</b> - выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ); - выполнение расчетно-графического задания (РГЗ); - написание реферата (Р); - написание эссе (Э); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к коллоквиумам; - подготовка к рубежному контролю и т.п.)	<b>57</b>	<b>57</b>
<b>Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)</b>	<b>экзамен</b>	<b>экзамен</b>

##### Разделы дисциплины

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение.	8	2	2	4	
2	Свойства деформаций.	13	2	4	7	
3	Напряжения.	14	2	4	8	
4	Начало термодинамики.	12	2	4	6	
5	Фундаментальные уравнения теории упругости.	16	2	6	8	
6	Плоская задача теории упругости.	12	2	4	6	
7	Стержни, пластины и оболочки.	12	2	4	6	
8	Упругие волны в изотропной среде.	12	2	4	6	
9	Линейная термоупругость.	9	1	2	6	
	Итого:	108	17	34	57	
	Всего:	108	17	34	57	



#### 4.2 Содержание разделов дисциплины

**1. Введение.** Сплошная среда. Однородность. Изотропность. Точка и частица сплошной среды. Деформация. Начальная и текущая конфигурация твердого тела. Лагранжево и Эйлерово описание движения твердого тела. Вектор перемещения. Мера деформации. Тензоры конечной деформации Грина и Альманси.

**2. Свойства деформаций.** Тензор линейных (бесконечно малых) деформаций. Тензор линейного поворота. Вектор линейного поворота. Геометрический смысл компонент тензора линейных деформаций. Главные деформации. Девиатор тензора деформаций. Средняя (объемная) деформация. Уравнения совместности деформаций Сен-Венана. Плоское деформированное состояние.

**3. Напряжения.** Связь тензора напряжений с вектором напряжения. Нормальные и касательные напряжения. Физический смысл компонент тензора напряжений. Симметрия компонент тензора напряжения. Свойства тензора напряжений. Главные напряжения. Инварианты тензора напряжений. Девиатор напряжений. Максимальные касательные напряжения. Круги Мора. Среднее (гидростатическое) напряжение. Плоское напряженное состояние.

**4. Начало термодинамики.** Закон сохранения массы. Закон сохранения количества движения. Закон сохранения момента количества движения. Закон сохранения механической энергии. Удельная внутренняя энергия. Первый закон термодинамики. Уравнения состояния среды. Второй закон термодинамики. Неравенство Клазиуса-Дюгема. Замкнутая система уравнений. Обратимые и необратимые процессы. Абсолютная температура. Удельная энтропия.

**5. Фундаментальные уравнения теории упругости.** Обобщенный закон Гука. Плотность энергии деформации. Изотропные и анизотропные среды. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона. Модуль сдвига и модуль объемного сжатия. Система уравнений упругой однородной изотропной среды. Краевые условия. Уравнения Ламе. Единственность решения линейной задачи теории упругости. Уравнения совместности Бельтрами-Мичелла. Принцип Сен-Венана.

**6. Плоская задача теории упругости.** Плоская деформация. Плоское напряженное состояние. Обобщенное плоское напряженное состояние. Функция напряжений Эри. Комплексное представление решения. Формулы Колосова-Мусхелишвили.

**7. Стержни, пластины и оболочки.** Уравнение равновесия пластинки. Продольные деформации пластинок. Деформации оболочек. Кручение стержней. Изгиб стержней. Уравнения равновесия стержней. Устойчивость упругих систем.

**8. Упругие волны в изотропной среде.** Система уравнений линейной теории упругости в случае адиабатических процессов. Одномерные продольные и поперечные плоские волны. Пространственные волны сдвига и расширения. Двумерные линейные задачи динамической теории упругости. Плоская и осесимметричная задачи. Поверхностные волны Рэлея. Волны Лява.

**9. Линейная термоупругость.** Соотношения Дюгамеля-Неймана. Закон теплопроводности Фурье. Метод Галеркина.

#### 4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Вектор перемещения. Мера деформации.	2
2	2	Главные деформации.	2
3	2	Плоское деформированное состояние.	2
4	3	Главные напряжения.	2
5	3	Плоское напряженное состояние.	2
6	4	Первый закон термодинамики.	2
7	4	Второй закон термодинамики.	2
8	5	Обобщенный закон Гука.	2
9	5	Система уравнений упругой однородной изотропной среды.	2
10	5	Уравнения совместности Бельтрами-Мичелла.	2
11	6	Функция напряжений Эри.	2
12	6	Формулы Колосова-Мусхелишвили.	2
13	7	Уравнение равновесия пластинки.	2
14	7	Деформации оболочек.	2



№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
15	8	Одномерные продольные и поперечные плоские волны.	2
16	8	Двумерные линейные задачи динамической теории упругости.	2
17	9	Соотношения Дюгамеля-Неймана.	2
		Итого:	34

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Основная литература

№	Виды занятий (лж, пз, лб, ср)	Необходимая учебная, учебно-методическая (основная и дополнительная) литература	Количество изданий	
			в библиотеке	на кафедре
1	2	3	4	5
1	ЛЖ, ПЗ, СР	Юрьев, А. Г. Механика деформируемого твердого тела: учебное пособие / А. Г. Юрьев; под редакцией А. Г. Юрьева. - Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. - 194 с. - ISBN 978-5-361-00811-7. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/162042">https://e.lanbook.com/book/162042</a>	
2	ЛЖ, ПЗ, СР	Карпов В.В. Математическое моделирование и расчет элементов строительных конструкций: учебное пособие / Карпов В.В., Панин А.Н. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013. - 176 с. - ISBN 978-5-9227-0436-6. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS.	URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/19335.html">https://www.iprbookshop.ru/19335.html</a>	
3	ЛЖ, ПЗ, СР	Маковкин Г.А. Применение МКЭ к решению задач механики деформируемого твердого тела. Часть 1: учебное пособие / Маковкин Г.А., Лихачева С.Ю. - Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. - 71 с. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS.	URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/16043.html">https://www.iprbookshop.ru/16043.html</a>	
4	ЛЖ, ПЗ, СР	Андрианов И. Методы асимптотического анализа и синтеза в нелинейной динамике и механике деформируемого твердого тела / Андрианов И., Аврейцевич Я. - Москва, Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2019. - 276 с. - ISBN 978-5-4344-0596-6. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS.	URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/92083.html">https://www.iprbookshop.ru/92083.html</a>	
5	ЛЖ, ПЗ, СР	Лежнева А.А. Вероятностные методы расчета конструкций: учебно-методическое пособие / Лежнева А.А., Домбровский И.В. - Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2016. - 224 с. - ISBN 978-5-398-01610-9. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS.	URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/108435.html">https://www.iprbookshop.ru/108435.html</a>	
6.	ЛЖ, ПЗ, СР	Разумовский, И.А. Интерференционно-оптические методы механики деформируемого твердого тела: учебное пособие / И.А. Разумовский. - Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2007. - 239 с. - ISBN 978-5-7038-2731-4. - Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт].	URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/94795.html">https://www.iprbookshop.ru/94795.html</a>	



1	2	3	4	5
7	ЛК, ПЗ, СР	Маневич, Л.И. Аналитически разрешимые модели механики твердого тела / Л.И. Маневич, О.В. Гендельман. - Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2016. - 344 с. - ISBN 978-5-4344-0371-9. - Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт].	URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/69339.html">https://www.iprbookshop.ru/69339.html</a>	

### 5.2 Дополнительная литература

№	Виды занятий (лк, пз, лб, ср)	Необходимая учебная, учебно-методическая (основная и дополнительная) литература	Количество изданий	
			в библиотеке	на кафедре
1	2	3	4	5
1	ЛК, ПЗ, СР	Гуртов, В.А. Физика твердого тела для инженеров: учебное пособие / В.А. Гуртов, Р.Н. Осауленко; под редакцией Л.А. Алешина. - Москва: Техносфера, 2012. - 560 с. - ISBN 978-5-94836-327-1. - Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт].	URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/26903.html">https://www.iprbookshop.ru/26903.html</a>	
2	ЛК, ПЗ, СР	Асимптотические методы в механике твердого тела / С.М. Бауэр, А.Л. Смирнов, П.Е. Товстик, С.Б. Филиппов. - Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. - 356 с. - ISBN 978-5-4344-0609-3. - Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт].	URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/91912.html">https://www.iprbookshop.ru/91912.html</a>	
3	ЛК, ПЗ, СР	Булгаков, В. И. Численные методы в расчетах строительных конструкций: учебно-методическое пособие / В. И. Булгаков. - Тольятти: ТГУ, 2014. - 50 с. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/139816">https://e.lanbook.com/book/139816</a>	
4	ЛК, ПЗ, СР	Лебедев А.В. Численные методы расчета строительных конструкций: учебное пособие / Лебедев А.В. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. - 55 с. - ISBN 978-5-9227-0338-3. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS.	URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/19055.html">https://www.iprbookshop.ru/19055.html</a>	
5	ЛК, ПЗ, СР	Автоматизированное проектирование транспортных сооружений с использованием программных средств CREDO III: лабораторный практикум / Т.В. Самодурова [и др.]. - Воронеж: Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. - 116 с. - ISBN 978-5-7731-0770-5. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS.	URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/93310.html">https://www.iprbookshop.ru/93310.html</a>	
6	ЛК, ПЗ, СР	Клевеко В.И. Транспортные сооружения: учебное пособие / Клевеко В.И., Шутова О.А. - Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2016. - 204 с. - ISBN 978-5-398-01555-3. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS.	URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/105641.html">https://www.iprbookshop.ru/105641.html</a>	

### 5.3 Периодические издания

1. Архитектура и строительство России
2. Дороги и мосты
3. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки
4. Строительная механика и расчет сооружений



#### **5.4 Интернет-ресурсы**

<https://e.lanbook.com>

<https://www.iprbookshop.ru>

<https://elibrary.ru>

#### **5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. Adobe Acrobat Reader DC (ПО предоставляется бесплатно)
2. AutoCAD [2020] (БД; Веб-кабинет или подписка; OpenLicense)
3. Google Chrome (ПО предоставляется бесплатно)
4. Mathcad [Edu.Prime;3;30] (Договор №109/9.13\_АО НИУ от 09.12.13 (НИУ-13))

#### **6 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ДГТУ.

1. Мультимедийная лекционная аудитория 106 АСФ на 20 мест.
2. Компьютерный класс 103 АСФ на 12 мест для проведения практических занятий с использованием технологий активного обучения.
3. Мультимедийный курс лекций.
4. Мультимедийный курс практических занятий.
5. Комплект слайдов учебно-наглядных пособий и электронные плакаты для аудиторных интерактивных занятий по теоретической механике.
6. Тестовые задания для текущего контроля и промежуточной аттестации с помощью компьютера.
7. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: справочная система [портал]. URL: <http://window.edu.ru/>, сайт в интернете <http://vuz.exponenta.ru> содержат значительное количество электронных учебных материалов (учебные пособия, наборы задач по различным разделам курса механики, много полезных компьютерных программ и анимированных иллюстраций) по всем разделам дисциплины «Механика деформируемого твердого тела».