

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Баламирзоев Назим Лидинович  
Должность: И.о. ректора  
Дата подписания: 12.04.2023 11:32:24  
Уникальный программный ключ:  
2a04bb882d7edb7f479cb266eb4aaadcbeca849

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**УТВЕРЖДАЮ**

**И.о. проректора по  
научной и инновационной  
деятельности, к.т.н.,  
доцент**



**Ирзаев Г.Х.**  
**11 2021г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине Б1.Б3 Механика деформируемого твердого тела  
по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика  
(направленность – Механика деформируемого твердого тела)

Всего учебных часов	108
Всего аудиторных часов	34
Всего часов на самостоятельную работу аспиранта	38
Аттестация (семестр)	8

**Махачкала 2021г.**

Рабочая программа по дисциплине «Механика деформируемого  
твёрдого тела» утверждена на заседании кафедры «Транспортные  
сооружения и строительные материалы».

Протокол № 3 от «19» 10 2021 г.

Зав. кафедрой ТСиСМ, д.т.н, профессор  Э.К. Агаханов

подпись

Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных требований к структуре основной профессиональной образовательной программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации 01.06.01 Математика и механика, утвержденных приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 г. № 866, учебного плана ФГБОУ ВО «ДГТУ» и программы-минимум кандидатского экзамена.

### **1. Цели и задачи дисциплины.**

Цель изучения дисциплины «Механика деформируемого твердого тела» - формирование расширенных представлений в области механики деформируемого твердого тела.

Для достижения поставленной цели при изучении курса необходимо решить следующие основные задачи:

1. Исследовать кинематику, статику и динамику сплошной среды.
2. Изучить уравнения состояния упругих и неупругих твердых деформируемых тел.
3. Рассмотреть постановки и схемы решения задач механики деформируемого твердого тела.

### **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО.**

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы подготовки аспирантов по направлению 01.06.01 «Математика и механика». Профессиональная основа учебной дисциплины базируется на использовании знаний и умений, приобретенных при изучении дисциплин (модулей): математика, физика, информатика, теоретическая механика, сопротивление материалов, теория упругости.

### **3. Требования к уровню подготовки аспиранта.**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-2);

- способность самостоятельно выполнять научные исследования в области механики деформируемого твердого тела, используя соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии, с целью установления законов деформирования, повреждения и разрушения материалов; выявлять новые связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования (ПК-1);

- способность самостоятельно применять методы механики и вычислительной математики, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования к постановке и решению краевых задач механики деформируемого твердого тела (ПК-2);

- способность овладевать новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований процессов деформирования; планировать и проводить эксперименты; интерпретировать экспериментальные данные; обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов (ПК-3).

После освоения дисциплины «Механика деформируемого твердого тела» аспирант должен приобрести следующие знания, умения и навыки, соответствующие компетенциям:

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 новых связей 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 прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях;

- современными методами экспериментальных исследований, в области механики деформируемого твердого тела, методами обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов.

#### 4. Наименование тем и содержание лекционных занятий.

Порядковый номер лекции	Тема и содержание лекции	Трудоемкость	
		Часов	ЗЕТ
1	<b>Тема:</b> Введение. <b>Содержание:</b> 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	0.06
2	<b>Тема:</b> Свойства деформаций. <b>Содержание:</b> 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.	2	0.06

3	<p><b>Тема:</b> Напряжения.</p> <p><b>Содержание:</b>  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.</p>	2	0.06
4	<p><b>Тема:</b> Начало термодинамики.</p> <p><b>Содержание:</b>  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.</p>	2	0.06
5	<p><b>Тема:</b> Фундаментальные уравнения теории упругости.</p> <p><b>Содержание:</b>  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.</p>	2	0.06

6	<b>Тема:</b> Плоская задача теории упругости. <b>Содержание:</b> Плоская деформация. Плоское напряженное состояние. Обобщенное плоское напряженное состояние. Функция напряжений Эри. Комплексное представление решения. Формулы Колосова-Мусхелишвили.	2	0.06
7	<b>Тема:</b> Стержни, пластины и оболочки. <b>Содержание:</b> Уравнение равновесия пластинки. Продольные деформации пластинок. Деформации оболочек. Кручение стержней. Изгиб стержней. Уравнения равновесия стержней. Устойчивость упругих систем.	2	0.06
8	<b>Тема:</b> Упругие волны в изотропной среде. <b>Содержание:</b> 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.	2	0.06
9	<b>Тема:</b> Линейная термоупругость. <b>Содержание:</b> Соотношения Дюгамеля-Неймана. Закон теплопроводности Фурье. Метод Галеркина.	1	0.03
<b>ИТОГО</b>		17	0.47

### 5. Учебно-методические материалы по дисциплине.

1. Ильющин А.А. Пластичность. М.: Наука, 1948.
2. Ключников В.Д. Математическая теория пластичности. М.: МГУ, 1949.
3. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. М.: Наука, 1977.
4. Морозов Е.М., Партон В.З. Механика упруго-пластического разрушения. М.: Наука, 1985.
5. Мусхелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука. 1966.
6. Новацкий В. Теория упругости. М.: Мир, 1975.
7. Новожилов В.В. Теория упругости. Л.: Судпромгиз, 1958.
8. Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. Л.: Судостроение, 1962.

9. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука, 1979.
10. Стренг Г., Фикс Дж. Теория метода конечных элементов. М.: Мир, 1977.
11. Варданян Г.С. и др. Сопротивление материалов с основанием теории упругости и пластичности, М., АСВ, 1995.
12. Александров А.В., Потапов В.Д., Основы теории упругости и пластичности, М., ВШ, 1990.
13. Терещушко О.И., Основы теории упругости и пластичности, М., Наука, 1984.
14. Тимошенко С.П., Гудбер Дж., Теория упругости, М., Наука, 1975.
15. Абовский Н.П., Вариационные принципы теории упругости и теории оболочек, М., Наука, 1978.
16. Безухов Н.И., Основы теории упругости, пластичности и ползучести, М., ВШ, 1961, 1968.
17. Самуль В.И., Основы теории упругости и пластичности, М., ВШ, 1970.
18. Рекач В.Г., Руководство к решению задач по теории упругости, М., ВШ, 1966, 1973.

#### **6. Перечень вопросов к экзамену (аттестации).**

1. Однородность. Изотропность. Точка и частица сплошной среды.
2. Деформация. Начальная и текущая конфигурация твердого тела. Лагранжево и Эйлерово описание движения твердого тела.
3. Вектор перемещения. Мера деформации. Тензоры конечной деформации Грина и Альманси.
4. Тензор линейных (бесконечно малых) деформаций. Тензор линейного поворота. Вектор линейного поворота. Геометрический смысл компонент тензора линейных деформаций.
5. Главные деформации. Девиатор тензора деформаций. Средняя (объемная) деформация.
6. Уравнения совместности деформаций Сен-Венана.
7. Плоское деформированное состояние.
8. Связь тензора напряжений с вектором напряжения. Нормальные и касательные напряжения.
9. Физический смысл компонент тензора напряжений. Симметрия компонент тензора напряжения. Свойства тензора напряжений.
10. Главные напряжения. Инварианты тензора напряжений. Девиатор напряжений. Максимальные касательные напряжения.
11. Круги Мора. Среднее (гидростатическое) напряжение. Плоское напряженное состояние.
12. Закон сохранения массы. Закон сохранения количества движения. Закон сохранения момента количества движения. Закон сохранения механической энергии. Удельная внутренняя энергия.
13. Первый закон термодинамики. Уравнения состояния среды.
14. Второй закон термодинамики. Неравенство Клаузиуса-Дюгема. Замкнутая система уравнений.



15. Обратимые и необратимые процессы. Абсолютная температура. Удельная энтропия.

16. Обобщенный закон Гука. Плотность энергии деформации. Изотропные и анизотропные среды. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона. Модуль сдвига и модуль объемного сжатия.

17. Система уравнений упругой однородной изотропной среды. Краевые условия. Уравнения Ламе. Единственность решения линейной задачи теории упругости.

18. Уравнения совместности Бельтрами-Мичелла. Принцип Сен-Венана.

19. Плоская деформация. Плоское напряженное состояние. Обобщенное плоское напряженное состояние.

20. Функция напряжений Эри. Комплексное представление решения. Формулы Колосова-Мусхелишвили.

21. Уравнение равновесия пластинки. Продольные деформации пластинок.

22. Деформации оболочек.

23. Кручение стержней. Изгиб стержней. Уравнения равновесия стержней.

24. Устойчивость упругих систем.

25. Система уравнений линейной теории упругости в случае адиабатических процессов.

26. Одномерные продольные и поперечные плоские волны.

27. Пространственные волны сдвига и расширения.

28. Двумерные линейные задачи динамической теории упругости. Плоская и осесимметричная задачи.

29. Поверхностные волны Рэлея. Волны Лява.

30. Соотношения Дюгамеля-Неймана.

31. Закон теплопроводности Фурье. Метод Галеркина.