



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

«СОГЛАСОВАНО».

Руководитель ОП

Механика деформируемого твердого тела

(название образовательной программы)

 О.Н. Любимова

(подпись) (Ф.И.О)

«14» января 2015 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой

Механики и математического моделирования

(название кафедры)

 А.А. Бочарова

(подпись) (Ф.И.О)

«15» января 2015 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (РПУД)
МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Направление подготовки – 01.06.01, Математика и механика

Профиль - Механика деформируемого твердого тела

Образовательная программа «Механика деформируемого твердого тела»

Форма подготовки – очная

Инженерная школа

Кафедра механики и математического моделирования

курс 2 семестр 4

лекции 18 час. / 0.5 з.е.

практические занятия 18 час. / 0.5 з.е.

лабораторные работы 0 час. / 0 з.е.

всего часов аудиторной нагрузки 36 (час.) / 1 з.е.

самостоятельная работа 72 (час.) / 2 з.е.

контрольные работы (0)

курсовая работа / курсовой проект _ семестр

зачет _ семестр

экзамен 4 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 866

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры механики и математического моделирования, протокол № 5 от «12» января 2015 г.

Заведующий кафедрой: А.А. Бочарова

Составитель: канд. физ.-мат наук., доцент, профессор кафедры механики и математического моделирования О.Н. Любимова

Оборотная сторона титульного листа программы

I. Рабочая программа дисциплины пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «24» июня 2019 г. № 11

Заведующий кафедрой _____

САФУ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА
КАФЕДРА МЕХАНИКИ И
МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ

Богарев ДА

(И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа дисциплины пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Механика деформируемого твердого тела» предназначена для аспирантов, обучающихся по образовательной программе «Механика деформируемого твердого тела» и входит в вариативную часть учебного плана.

При разработке рабочей программы учебной дисциплины использованы Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика, учебный план подготовки аспирантов по профилю «Механика деформируемого твердого тела»

Цель - формирование расширенных представлений в области механики деформируемого твердого тела.

Задачи:

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

Интерактивные формы обучения составляют 12 часов и включают в себя 6 часа лекционных занятий (проблемная лекция), 6 часов практических занятий (обсуждение доклада).

Компетенции выпускника, формируемые в результате изучения дисциплины

Общепрофессиональные компетенции:

ОПК - 1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

Профессиональные компетенции:

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

ПК - 2 самостоятельно применять методы механики и вычислительной математики, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования к постановке и решению краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях, а также для решения технологических проблем деформирования, разрушения и предупреждения недопустимых деформаций в конструкциях различного назначения;

ПК - 3 овладевать новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований по исследованию процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях; планировать, проведение и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов; обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов.

Требования к уровню усвоения содержания дисциплины.

Аспиранты должны приобрести следующие знания и умения:

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.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

МОДУЛЬ 1. Общие сведения о МДТТ (8 час.)

Тема 1. Введение (2 час.)

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

Тема 2. Свойства деформаций (проблемная лекция) (2 час.)

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.

Тема 3 Напряжения. (2 час.)

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 напряжённое состояние.

Тема 4. Начала термодинамики. (проблемная лекция) (2 час.)

Закон сохранения массы. Закон сохранения количества движения. Закон сохранения момента количества движения. Симметрия тензора напряжения. 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.

МОДУЛЬ 2. Основы теории упругости (10 час.)

Тема 1. Фундаментальные уравнения (2 час.)

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

Тема 2. Плоская задача теории упругости (проблемная лекция) (2 час.)

Плоская деформация. Плоское напряжённое состояние. Обобщенное плоское напряжённое состояние. Функция напряжений Эри. Комплексное представление решения. Формулы Колосова-Мусхелишвили.

Тема 3. Задачи сопротивления материалов (2 час.)

Балка на двух опорах. Точное решение задачи полуобратным методом. Кручение призматических тел. Кручение призматических стержней. Решение Сен-Венана.

Тема 4. Задачи динамики (2 час.)

Одномерные линейные задачи динамической теории упругости. Численный метод Годунова. Двумерные линейные задачи динамической теории упругости. Плоская и осесимметричная задачи. Уравнения упругой среды в цилиндрических координатах.

Тема 5. Линейная термоупругость (2 час.)

Соотношения Дюгамеля-Неймана. Закон теплопроводности Фурье. Метод Галёркина.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия (18 час.)

Занятие 1. Основные понятия и определения (2 часа).

1. Вычисление перемещений в материальной и пространственной форме.
2. Вычисление компонент различных тензоров деформации.
3. Определение главных деформаций и главных осей.
4. Определение вектора напряжения в точке.

Занятие 2. Решение задач теории упругости. (обсуждение доклада) (2 часа).

1. Задача о полой цилиндрической трубе.
2. Задача о сплошной сфере под влиянием собственного гравитационного поля.
3. Определение напряжений в неограниченной пластине с круглым отверстием, подвергаемой на бесконечности одноосному растяжению.

Занятие 3. Решение плоской задачи об изгибе балки на двух опорах (обсуждение доклада) (2 часа).

1. Постановка задачи.
2. Выбор функции напряжений.

3. Нахождение значений функции на контуре.

Занятие 4. Решение задачи о кручении призматических тел(2 часа).

1. Постановка задачи.

2. Решение задачи.

Занятие 5. Задачи термоупругости (2 часа).

1. Напряжения в нагретом диске.

2. Напряжения в цилиндре.

3. Напряжения в шаре.

Занятие 6. Вариационные методы в теории упругости (4 часа).

1. Принцип возможных перемещений Лагранжа.

2. Принцип возможных сил Кастильяно.

3. Вариационный метод Рэлея-Ритца.

4. Метод Бубнова-Галеркина.

5. Метод Ритца-Лагранжа.

Занятие 7. Решение задач теории пластичности. (обсуждение доклада) (2 часа).

1. Задача об упруго-пластическом равновесии полого шара.

2. Задача об упруго-пластическом растяжении длиной трубы.

3. Упруго-пластическое кручение призмы произвольного поперечного сечения.

4. Упруго-пластическое кручение овального стержня.

5. Задача о вдавливании твердого штампа с плоским основанием.

Занятие 8. Решение задач теории ползучести. (2 часа).

1. Вывод определяющих уравнений при различных моделях ползучей среды.

2. Определение ядра релаксации для различных моделей ползучих сред.

3. Определение релаксации напряжений в болтах фланцевого соединения.

4. Установившаяся ползучесть изгибаемых балок, сечение которых имеет две оси симметрии.

III. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Вопросы к экзамену

1. Лагранжев и эйлеров способы описания движения сплошной среды. Траектория частицы. Закон движения. Перемещение, скорость, ускорение. Полная, частная и конвективная производные по времени.
2. Меры деформаций Коши и Грина. Лагранжев и эйлеров тензоры конечных деформаций. Их связь с перемещениями. Тензор малых деформаций. Тензор вращения. Дисторсия. Вектор линейного поворота. Соотношения Коши.
3. Перемещение абсолютно твёрдого тела. Условия совместности деформаций в интегральной форме. Условия совместности Сен-Венана. Условия сплошности многосвязных и неоднородных тел.
4. Физический смысл компонент тензора деформаций. Главные деформации и главные направления и их физический смысл.
5. Определение тензора скоростей деформаций.
6. Объёмные, массовые и поверхностные силы. Главный вектор и главный момент сил. Равновесие элементарного тетраэдра. Вектор напряжений. Тензор напряжений Коши. Распределение усилий на поверхности элементарного кубика. Нормальное и касательное напряжения на площадке. Главные напряжения и главные площадки в точке.
7. Закон сохранения массы в дифференциальной и интегральной формах. Уравнение неразрывности.
8. Закон сохранения количества движения (импульса). Уравнения движения сплошной среды. Закон сохранения момента количества движения. Симметрия тензора напряжений.
9. Максимальные касательные напряжения и площадки, на которых они реализуются. Круги Мора. Октаэдрические площадки. Среднее (гидростатическое) напряжение. Интенсивность напряжений. Частные случаи напряженного состояния.
10. Поверхность напряжений.

11. Тензор Пиола-Кирхгофа. Тензор Кирхгофа.

12. Закон сохранения механической энергии. Теорема "живых сил".
Массовый приток тепла. Вектор потока тепла. Удельная внутренняя энергия.
Первый закон термодинамики. Локальное уравнение энергии.

13. Обратимые и необратимые процессы. Абсолютная температура.
Удельная энтропия. Второй закон термодинамики. Неравенство Клаузиуса-
Дюгамеля. Закон Фурье.

14. Зависимые и независимые термодинамические параметры состояния.
Удельная свободная энергия Гельмгольца.

15. Термодинамика неравновесных процессов. Изотермический и
адиабатический неравновесные процессы. Гипотеза локального равновесия.
Локальное представление законов термодинамики.

16. Определяющие соотношения линейно упругого тела. Обобщённый
закон Гука. Плотность энергии деформации. Изотропные и анизотропные
среды. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона. Модуль сдвига и модуль
объёмного сжатия.

17. Закон Гука для изотропного тела в прямой и обратной формах.
Физический смысл упругих постоянных и область их изменения.
Статические, квазистатические и динамические постановки начально-
краевых задач теории упругости. Теорема единственности статической
задачи.

18. Уравнения Ламе. Постановка в перемещениях. Уравнения Бельтрами
– Мичелла.

19. Плоская задача теории упругости. Плоское деформированное
состояние. Функция Эйри. Плоское напряжённое и обобщённое плоское
напряжённое состояния.

20. Применение теории функций комплексной переменной. Формулы
Лява. Комплексные потенциалы. Формула Колосова – Мусхелишвили.

21. Линейная термоупругость. Соотношения Дюгамеля-Неймана. Закон
теплопроводности Фурье. Метод Галёркина.

22. Динамические задачи теории упругости. Теорема Гельмгольца. Волновые уравнения для потенциалов. Два типа волн в неограниченной упругой среде. Плоские волны. Решение Даламбера.

23. Отражение плоской волны от свободной поверхности и от жесткой стенки.

24. Поверхностные волны Релея. Волны Лява.

25. Поверхности разрывов. Ударные волны. Геометрические, кинематические и динамические условия совместности. Соотношение Адамара.

26. Плоская автомодельная задача.

27. Условие (критерий) текучести. Критерий текучести Треска (теория максимального касательного напряжения). Предел текучести на сдвиг и растяжение.

28. Теория течения. Теория упругопластической деформации. Параметр Генки. Теория пластического течения. Уравнения Прандтля – Рейса.

29. Плоская задача теории пластичности. Линии скольжения и их свойства. Уравнения Генки. Телеграфное уравнение.

30. Теория наследственности. Ползучесть при одномерном и сложном напряжённом состоянии. Диаграммы ползучести и релаксации. Наследственные модели. Линейные модели вязкоупругого поведения материала.

31. Теория наследственности. Ядро релаксации и ядро ползучести. Модель Максвелла. Модель Кельвина – Фойхта. Обобщенные модели. Принцип соответствия Вольтера.

32. Модели вязкопластических сред. Определяющие уравнения Шведова – Бингама. Теории старения, течения и упрочнения при ползучести.

33. Ползучесть элементов конструкций.

IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(печатные и электронные издания)

1. Пикуль В. В. Механика деформируемого твёрдого тела. / В. В. Пикуль. – Владивосток: Издательский дом ДВФУ, 2012. – 333 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:681590&theme=FEFU>
2. Иосилевич Г.Б. Прикладная механика. / Г.Б. Иосилевич. - М:Альянс, 2013. - 575 с.<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:692708&theme=FEFU>
3. Евтушенко С.И. Техническая механика. Учебник. / С.И.Евтушенко. - Р-н-Д: Феникс, 2013. -348 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:694208&theme=FEFU>
4. Пикуль В.В. Механика оболочек. / В.В. Пикуль - Владивосток: Дальнаука, 2009. – 536 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:304528&theme=FEFU>

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Л.Ю. Ступишин; Под ред. С.И. Трушина. Строительная механика плоских стержневых систем: Учебное пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 278 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=443277>
2. Николаенко В.Л. Механика: Учебное пособие / В.Л. Николаенко. - М.: ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2011. - 636 с.
<http://znanium.com/bookread.php?book=220748>
3. Арзамасов В.Б. Технология конструкционных материалов: учебное пособие / В.Б. Арзамасов, А.А. Черепахин, В.А. Кузнецов и др. - М.: Форум, 2008. - 272 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=149097>
4. Батиенков В.Т. Техническая механика: Учебное пособие для вузов. / В.Т. Батиенков, В.А. Волосухин, С.И. Евтушенко, В.А. Лепихова. - М.: ИЦ РИОР: ИНФРА-М, 2011. - 384 с.
<http://znanium.com/bookread.php?book=219137>

5. Уложенко А.Г. Сопротивление материалов: сборник заданий для курсового проектирования [Электронный ресурс]. - Владивосток: Издательство ДВФУ, 2014.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:760995&theme=FEFU>