

Программа курса

«ОСНОВЫ МЕХАНИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД»

Лекторы: проф К.В. Краснобаев, доц. С.И. Арафайлов

Часть 1. Кинематика сплошной среды

1. Предмет и методы механики сплошной среды. Основные гипотезы: гипотеза сплошности, гипотеза о пространстве и времени, принцип Галилея. Понятие о частице среды, ее плотности и скорости.
2. Методы описания движения сплошной среды. Метод Лагранжа и метод Эйлера. Переход от переменных Лагранжа к переменным Эйлера. Переход от переменных Эйлера к переменным Лагранжа.
3. Скалярные, векторные и тензорные поля. Тензор как совокупность векторов, преобразующихся по определенному закону. Тензор как диадное произведение.
4. Некоторые векторные операции: оператор набла, градиент, дивергенция, ротор. Индивидуальная и частная производные по времени. Сопутствующая система координат.
5. Установившиеся, неуставившиеся и потенциальные движения. Линии тока и траектории.
6. Фундаментальный метрический тензор. Лагранжев и эйлеров тензоры деформаций. Тензоры деформаций в представлении Грина и Альманси. Вычисление компонент тензора деформаций по перемещениям.
7. Уравнения совместности деформаций. Механический смысл компонент тензора деформаций. Преобразование бесконечно малой деформируемой частицы.
8. Тензор скоростей деформаций. Условия совместности распределения по пространству компонент тензора скоростей деформаций. Теорема Коши-Гельмгольца. Механический смысл компонент тензора скоростей деформаций.
9. Уравнение сохранения массы в переменных Лагранжа и Эйлера (вывод с использованием компонент тензора скоростей деформаций).

Часть 2. Основы динамики сплошной среды. Силы и напряжения

1. Силы и соответствующие им поля в МСС. Объемные (массовые) далекодействующие силы. Плотность объемных сил. Поверхностные близкодействующие силы. Вектор напряжения.
2. Тензор напряжений. Уравнение равновесия поверхностных сил в точке. Физический смысл компонент тензора напряжений. Сила, действующая со стороны сплошной среды на выделенное тело.
3. Уравнение импульса сплошной среды в точке.
4. Уравнение момента количества движения.

5. Главные напряжения, главные оси тензора напряжений, нормальные и касательные напряжения. Представление нормальных и касательных напряжений через главные напряжения. Экстремальные значения нормальных и касательных напряжений.
6. Геометрические представления напряженного состояния. Тензорная поверхность Коши. Диаграммы Мора.
7. Субстанциональные производные по времени для тензора напряжений. Скорость изменения напряжения на площадке, поступательно перемещающейся вместе с материальной частицей. Скорость изменения напряжения на площадке поступательно перемещающейся и вращающейся вместе с материальной частицей. Ямановская производная. Скорость изменения напряжения на деформирующейся материальной площадке.
8. Дифференциальные уравнения механики сплошной среды в криволинейных координатах. Символы Кристоффеля для криволинейной ортонормированной системы координат. Выражение для дифференциальных операторов в криволинейных координатах. Цилиндрические координаты.

Часть 3. Интегральные и дифференциальные уравнения, следующие из законов сохранения. Соотношения на разрывах

1. Формула дифференцирования по времени интеграла по произвольному подвижному объему. Скорость точек движущейся поверхности. Уравнение сохранения массы в интегральной и дифференциальной форме.
2. Законы изменения количества движения и момента количества движения в интегральной и дифференциальной форме для классических сред. Пример среды с внутренними моментами количества движения (качественное рассмотрение).
3. Первый закон термодинамики. Понятие энергии. Уравнение притока тепла.
4. Второй закон термодинамики, его общая формулировка. Цикл Карно.
5. Количественная формулировка второго закона термодинамики. Понятие энтропии.
6. Поверхности слабого и сильного разрыва. Условия на поверхностях сильного разрыва.
7. Разрывы в совершенном газе. Тангенциальный и контактный разрывы. Ударные волны. Адиабата Гюгонио.
8. Анализ уравнения адиабаты Гюгонио).

Часть 4. Классические теории механики жидкости, газа и твердого деформируемого тела

1. Идеальная жидкость и газ. Идеальная несжимаемая жидкость. Баротропные жидкости. Идеальный совершенный газ, адиабатическое течение. Типичные граничные условия.

2. Уравнение притока тепла в случае идеального газа. Идеальный совершенный газ, полная система уравнений.
3. Потенциальное (безвихревое) течение идеальной несжимаемой жидкости. Уравнение Лапласа и задача Неймана.
4. Интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа. Примеры применения.
5. Линейно-вязкие и линейно-упругие среды. Анизотропные и изотропные вязкие и упругие среды. Закон Гука и закон Навье-Стокса в изотропном случае.
6. Линейно-вязкие изотропные жидкости. Полная система уравнений для вязкой несжимаемой жидкости. Граничные условия.
7. Уравнение притока тепла в случае вязкого газа. Закон Фурье. Полная система уравнений для сжимаемого вязкого теплопроводного совершенного газа.
8. Закон Гука для изотропной упругой среды. Модули упругости. Уравнения импульса. Статика упругого тела. Граничные условия.
9. Теория пластичности. Пластичность при деформировании одноосной нагрузкой. Условия пластичности. Определение нагрузки и разгрузки. Соотношения между напряжениями и деформациями в пластическом состоянии. Элементы теории пластического течения.

Литература

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. 1,2. М.: Наука, 1994.
2. Нигматулин Р.И. Механика сплошной среды. М.: Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа», 2014.
3. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. Т. 1,2. М.: Физматгиз, 1963.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М.: Наука, 1986.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости. М.: Наука, 1987.
6. Механика сплошных сред в задачах. Под ред. М.Э.Эглит. М.: Московский лицей, тт. I - II, 1996.
7. Краснобаев К.В. Лекции по основам механики сплошной среды, М. : Физматлит, 2005.