МЕХАНИКА СПЛОШНОЙ СРЕДЫ

проф. В. Л. Ковалев
1/2 года, 5 курс

1. Предмет и методы механики сплошной среды. Основные проблемы, область приложений, перспективные направления. Основные гипотезы. Гипотеза сплошности. Лагранжево и Эйлерово описание движения. Индивидуальная производная по времени. Скорость и ускорение частицы сплошной среды.

2. Декартовы тензоры. Тензорные операции. Теорема деления тензоров. Симметричный и антисимметричный тензоры. Главные оси тензора. Главные значения тензора. Инварианты тензора. Уравнение Гамильтона–Кэли. Тензорные поля. Градиент скалярного поля. Векторный градиент векторного поля. Дивергенция векторного поля. Вектор вихря или ротор векторного поля. Оператор Лапласа. Теорема Гаусса–Остроградского. Теорема Стокса. Примеры применения интегральных теорем. Формула дифференцирования интеграла по подвижному объему.

3. Силы, действующие на сплошную среду: массовые и поверхностные. Вектор напряжений. Тензор напряжений. Механическое значение компонент тензора напряжений. Условия равновесия. Главные нормальные напряжения и главные касательные напряжения. Поверхности напряжений Коши. Статически неопределимое напряженное состояние.

4. Деформация и течение. Вектор перемещения. Тензоры деформаций Грина и Альманси. Преобразование малой окрестности любой точки сплошной среды. Тензор малых деформаций, механический смысл его компонент. Условия совместности. Выражения для относительного изменения объема. Механический смысл первого инварианта тензоров деформации и дивергенции вектора перемещения.

5. Линии тока и траектории движения частиц. Вихрь поля скорости, вихревые линии. Кинематический смысл вектора вихря. Тензор скоростей деформаций. Механическое значение тензора скоростей деформаций. Теорема Коши–Гельмгольца о распределении скоростей в малой окрестности точки сплошной среды. Скорость относительного изменения объема. Механический смысл дивергенции вектора скорости. Условие несжимаемости.

6. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности при Эйлеровом и Лагранжевом описании сплошной среды. Уравнение неразрывности для несжимаемой среды.

7. Закон сохранения количества движения для индивидуального конечного объема сплошной среды. Дифференциальные уравнения движения сплошной среды.

8. Закон сохранения момента количества движения. Дифференциальное уравнение момента количества движения. Симметрия тензора напряжений как следствие закона сохранения момента количества движения.

9. Примеры уравнений в криволинейных координатах и дополнительные сведения из тензорного анализа.

10. Теорема живых сил (теорема о кинетической энергии). Исходные положения термодинамики. Термодинамическая система, состояние, процессы. Общее начало термодинамики. Нулевое начало термодинамики.

11. Первое начало термодинамики. Закон сохранения энергии. Внутренняя энергия. Работа внешних сил. Приток тепла. Теплопроводность. Притоки энергии в других формах. Уравнение притока тепла для конечного объема. Вектор потока тепла. Дифференциальная форма уравнения притока тепла. Закон теплопроводности Фурье. Теплопроводность в покоящейся среде: уравнение теплопроводности для температуры в случае стационарного и нестационарного процессов.

12. Формулировка второго закона термодинамики, содержащая понятие энтропии. Обратимые процессы и необратимые процессы. Равновесные процессы. Дифференциальная форма второго начала термодинамики. Производство энтропии в процессе теплопроводности. Формулировка второго закона термодинамики, содержащая понятие некомпенсированного тепла. Об использовании второго закона термодинамики в механике сплошных сред. Термодинамические ограничения в случае двухпараметрических сред. Свободная энергия. Тождество Гибса.

13. Поверхности сильного и слабого разрыва. Примеры. Условия на поверхностях сильного разрыва, следующие из законов сохранения массы, количества движения, момента количества движения, энергии и закона возрастания энтропии. Ударные волны, тангенциальные разрывы, контактные разрывы. О граничных условиях в задачах механики сплошных сред. Связь условий на разрывах и граничных условий. Заданная и свободная поверхность. Возможные динамические условия.

14. Уравнения Эйлера. Полная система уравнений идеальной жидкости. Граничные условия. Интеграл Бернулли. Интеграл Коши-Лагранжа. Потенциальное движение однородной несжимаемой жидкости. Уравнение Лапласа для потенциала скорости. Распространение малых возмущений в покоящемся газе. Линеаризация системы уравнений. Вол-новое уравнение. Скорость звука.

15. Уравнение притока тепла для совершенного газа. Процессы при постоянном объеме. Теплоемкость при постоянном объеме. Процессы при постоянном давлении. Теплоемкость при постоянном давлении. Формула Майера. Изотермические процессы. Адиабатические процессы.

16. Вязкая жидкость или газ. Линейно-вязкая жидкость. Коэффициенты вязкости. Уравнения Навье–Стокса. Термодинамические соотношения для вязкой жидкости. Диссипация кинетической энергии в вязкой несжимаемой жидкости. Производство энтропии. Полная система уравнений для линейно-вязкой несжимаемой теплопроводной жидкости (с теплопроводностью, подчиняющейся закону Фурье с постоянным коэффициентом теплопроводности). Граничное условие прилипания. Число Рейнольдса. Приближение Стокса для движения с малыми числами Рейнольдса. Понятие о пограничном слое. Турбулентность. Уравнения Рейнольдса.

17. Упругая среда. Изотропная линейно-упругая среда. Закон Гука. Коэффициенты Ламе. Модуль Юнга и коэффициент Пуассона. Физический смысл коэффициентов, входящих в закон Гука. Полная система уравнений линейно упругой среды с малыми деформациями. Типичные граничные условия. Постановки задач линейной теории упругости в перемещениях и напряжениях. Уравнения Ламе. Уравнения, описывающие распространение продольных и поперечных плоских волн в линейно упругой среде.

18. Неупругое поведение деформируемых твердых тел. Пластичность. Основные понятия теории пластичности на примере простого растяжения: предел упругости, нагружение и разгрузка, упругие и пластические деформации; идеально-пластические и упрочняющиеся материалы. Обобщение всех понятий на случай произвольного деформирования. Теория пластического течения и деформационная теория пластичности. Модели вязкоупругих сред. Ползучесть. Релаксация напряжений.