ОСНОВЫ МЕХАНИКИ СПЛОШНОЙ СРЕДЫ

проф. А. П. Шмаков

1 год, 2 курс

Лекция 1. Введение. Предмет механики сплошной среды. Понятие сплошной среды. Метод Лагранжа описания движения сплошной среды. Закон движения. Векторы перемещения, скорости и ускорения. Метод Эйлера описания движения сплошной среды. Поле скоростей и ускорений. Субстациональная (полная), частная и конвективная производные скалярной и векторной функций. Линии тока. Переход от эйлерова представления к лагранжевому и наоборот ([1], с. 3-4, 50-67).

Лекция 2. Деформация окрестности точки сплошной среды. Аффинные свойства преобразования окрестности точки при движении среды ([1], § 4, с. 67-71).

Лекция 3. Изменение расстояний между точками при движении среды. Базис и метрический тензор лагранжевой системы координат. Относительное удлинение волокна и изменение угла между волокнами. Тензор конечной деформации, кинематический смысл лагранжевых компонент тензора деформации и их выражение через вектор перемещения. Эйлеровы компоненты тензора деформации и их связь с лагранжевыми ([1], § 4, с. 71-72, 76-78, 79; § 7, с. 110-111).

Лекция 4. Изменение площадей и объемов при движении среды. Уравнение сохранения массы в лагранжевых координатах ([1], § 4, с. 73-76).

Лекция 5. Поверхность деформаций, главные оси. Главные инварианты тензора деформаций. Теорема Гамильтона–Кэли ([1], § 4, с. 79-82).

Лекция 6. Условия совместности деформаций ([1], § 5, с. 82-84).

Лекция 7. Выражение компонент тензора деформации через компоненты вектора перемещения в лагранжевом базисе. Ковариантное дифференцирование и его свойства ([1], § 7, с. 111-115).

Лекция 8. Малая деформация среды. Кинематический смысл компонент тензора малых деформаций. Бесконечно малые деформации частицы. Тензор скоростей деформаций, выражение его компонент через вектор скорости. Уравнение сохранения массы частицы в эйлеровом пространстве ([1], § 4, с. 78; § 5, с. 85-91).

Лекция 9. Закон изменения количества движения фиксированной массы среды. Векторы напряжений на координатных и наклонных площадках и связь между ними. Тензор напряжений. Закон изменения момента количества движения фиксированной массы среды. Симметрия лагранжевых компонент тензора напряжений ([1], § 6, с. 94-98).

Лекция 10. Эйлеровы (мгновенные или истинные) компоненты тензора напряжений и их связь с лагранжевыми. Физические компоненты тензора напряжений. Условные компоненты тензора напряжений ([1], § 6, с. 98-101).

Лекция 11. Главные оси тензора напряжений. Главные напряжения и инварианты тензора напряжений. Поверхность напряжений Коши. Максимальное касательное напряжение. Выражение главных напряжений ([1], § 6, с. 102-106).

Лекция 12. Уравнение движения сплошной среды в векторной форме. Уравнения движения в лагранжевых координатах и в декартовых координатах эйлерова пространства ([1], § 8, с. 117-120).

Лекция 13. Теорема о кинетической энергии. Выражение объемной плотности для мощности напряжений в лагранжевых координатах и в эйлеровом пространстве. Интеграл энергии ([1], § 8, с. 122-124).

Лекция 14. Процессы деформации и нагружения фиксированной физической частицы. Тензор-функции и функционалы (по времени) тензоров деформаций и напряжений в лагранжевых координатах ([1], § 9, с. 125-130, 139-141).

Лекция 15. Фиксированная малая частица сплошной среды как замкнутая система. Задание термомеханического процесса тензором деформации и температурой. Постулат макроскопической определимости параметров состояния и термодинамических функций от них как функционалов процесса ([1], § 10, с. 141-144)

Лекция 16. Функционал внутренней энергии и закон сохранения энергии (первый закон термодинамики). Работа внутренних напряжений и приток тепла. Дифференциальная и интегральная формы закона ([1], § 10, с. 144-146).

Лекция 17. Функционал энтропии и уравнение притока тепла (второй закон термодинамики), дифференциальная и интегральная формы уравнения. Основное термодинамическое соотношение ([1], § 10, с. 147-149).

Лекция 18. Закон теплопроводности. Уравнение теплопроводности в лагранжевых координатах и в эйлеровом пространстве ([1], § 10, с. 146-147).

Лекция 19. Получение замкнутой системы уравнений МСС, определяющих поле перемещений, и температуры для обратимых процессов ([1], § 11, с. 157-168).

Лекция 20. Основные типы начальных и граничных условий для перемещений, напряжений, скоростей и температуры на неподвижных и движущихся поверхностях. Кинематические и динамические условия на поверхностях разрывов ([1], 12, с. 168-180).

Лекция 21. Идеальная жидкость. Тензор напряжений. Динамические уравнения Эйлера. Динамические уравнения в лагранжевых координатах. Идеальная несжимаемая баротропная жидкость ([1], § 13, с. 181-186).

Лекция 22. Идеальный разреженный (совершенный) газ. Замкнутая система уравнений ([1], § 13, с. 186-189).

Лекция 23. Граничные условия на неподвижных и движущихся поверхностях для идеальной жидкости (газа). Уравнения движения идеальной жидкости в форме Громеко–Лемба. Интеграл Бернулли ([2], § 2, § 3, с. 21-32).

Лекция 24. Безвихревое движение идеальной жидкости. Потенциал скоростей. Интеграл Коши–Лагранжа. Постановка задачи о безвихревом движении идеальной несжимаемой жидкости. Источник и диполь. Метод источников ([2], § 11, с. 143-147; с. 151-153).

Лекция 25. Задача о движении сферы в идеальной несжимаемой жидкости. Присоединенная масса. Парадокс Даламбера ([2], § 13 с. 172-177).

Лекция 26. Классическая вязкая жидкость. Закон вязкого трения и уравнения Навье–Стокса в лагранжевых координатах и в эйлеровом пространстве. Условия на стенке и на свободной поверхности. Вязкая несжимаемая жидкость. Течение Пуазейля ([1], § 14, с. 189-193, 195-199; [2], § 21, с. 243-250) .

Лекция 27. Подобие стационарных течений вязкой несжимаемой жидкости. Влияние числа Рейнольдса. Понятие пограничного слоя. Уравнения движения вязкого разреженного газа ([1], § 14, с 193-195; § 24, с. 291).

Лекция 28. Изотропное идеально-упругое тело. Свободная энергия изотропного упругого тела при малых деформациях. Зависимость между напряжениями, деформациями и температурой. Замкнутая система уравнений термоупругости ([1], § 15, с. 199-204).

Лекция 29. Постановка основных статических задач теории упругости в перемещениях и напряжениях. Теорема единственности решения. Принцип Сен-Венана ([2], § 5, с. 346-355).

Лекция 30. Плоская деформация. Деформация круглой трубы под действием внутреннего и внешнего давлений (задача Ляме) ([2], § 4, с. 339-346).

Лекция 31. Связь между напряжениями и деформациями в линейной теории упругости для анизотропных тел (обобщенный закон Гука) ([1], § 15, с. 204-209).

Лекция 32. Нелинейная теория упругости. Связь между напряжениями и деформациями. Потенциал напряжений ([1], § 16, с. 209-216).

Литература

1. Ильюшин А. А. Механика сплошной среды (учебник). М., изд-во МГУ, 1990.
2. Седов Л. И. Механика сплошной среды. Т. II. 1984.