

Вопросы к экзамену по механике сплошной среды
для студентов 3-го курса отделения механики
Весенний семестр, 2021 год
лекторы М.Э. Эглит, А.Г. Калугин

1. Граничные условия на свободной поверхности. Скорость свободной поверхности.
2. Волны на поверхности идеальной несжимаемой жидкости. Постановка задачи, уравнения движения, граничные условия. Линеаризованные уравнения движения и граничные условия (на свободной поверхности, на бесконечно удаленном дне и в случае дна конечной глубины), начальные условия.
3. Волны на поверхности бесконечно глубокой жидкости: стоячие волны в неограниченной среде и в случае наличия вертикальных стенок, прогрессивные волны. Дисперсионное соотношение, длина волны, волновое число, период, частота, фазовая скорость.
4. Прогрессивные волны в слое конечной глубины. Волны в двухслойной жидкости. Понятие устойчивости решения, устойчивость двухслойной жидкости на примере волновых решений. Волны в двухслойной движущейся жидкости, их устойчивость. Неустойчивость тангенциального разрыва на примере волнового решения.
5. Определение модели вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Коэффициенты вязкости. Изотропная линейно-вязкая жидкость. Закон и уравнения Навье - Стокса. Граничные условия на поверхности твердого тела и на свободной границе для модели вязкой жидкости.
6. Течение Куэтта. Математическая постановка задачи (система уравнений и граничные условия). Профиль скорости, вектор вихря. Сила, с которой жидкость действует на стенку.
7. Течение Пуазейля между двумя плоскими пластинами. Математическая постановка задачи (система уравнений и граничные условия). Профиль скорости. Зависимость расхода от перепада давления.
8. Стеkanie слоя вязкой жидкости по наклонной поверхности под действием силы тяжести. Применимость ламинарного решения в зависимости от параметров задачи.
9. Течение Пуазейля в круглой трубе. Математическая постановка задачи (система уравнений и граничные условия). Профиль скорости. Коэффициент сопротивления трубы, зависимость от числа Рейнольдса.
10. Безразмерная форма записи уравнения Навье-Стокса. Основные безразмерные параметры: числа Рейнольдса, Эйлера, Струхала, Фруда. Сравнение порядков величин членов уравнения Навье - Стокса, варианты приближенных уравнений (идеальная жидкость, приближение Стокса, стационарная система, гидростатическое приближение). Подобие течений вязкой жидкости.
11. Движение вязкой жидкости с большими числами Рейнольдса. Понятие о пограничном слое. Оценка толщины пограничного слоя. Уравнения Прандтля для пограничного слоя, отрыв пограничного слоя.
12. Задача Блазиуса об обтекании бесконечно-тонкой пластинки. Переход к автомодельным переменным. Автомодельное решение, его свойства. Толщина пограничного слоя, толщина вытеснения, сила сопротивления.
13. Турбулентность. Переход течения из ламинарного в турбулентный режим. Осреднение характеристик течения. Свойства операции осреднения.
14. Уравнения Рейнольдса. Тензор турбулентных напряжений. Физический смысл турбулентных напряжений. Проблема замыкания системы уравнений Рейнольдса, цепочка уравнений Фридмана-Келлера, модель Буссинеска.
15. Турбулентное движение вблизи плоской стенки. Полуэмпирическая теория Прандтля. Двухслойная модель течения вблизи стенки, логарифмический профиль скорости.
16. k - ϵ модель для турбулентных течений.
17. Основы теории размерностей. Основные понятия, π -теорема.
18. Понятие о неньютоновских жидкостях, классификация неньютоновских жидкостей. Примеры реологических соотношений.
19. Течение в трубе для модели бингамовской жидкости, профиль скорости, расход (формула Букингема), связь с течением линейно-вязкой жидкости.
20. Основные понятия электродинамики. Напряженность электрического и магнитного полей. Плотность заряда, плотность тока. Сила Лоренца. Закон Ома. Уравнения Максвелла. Условия на поверхностях разрыва для напряженностей. Переход к несобственной системе отсчета.
21. Основные понятия электродинамики сплошных сред. Поляризация и намагничивание. Проводники и диэлектрики. Джоулево тепло, вектор Умова-Пойнтинга. Уравнения движения сплошной среды с учетом электромагнитных сил, тензор напряжений электромагнитного поля.
22. Приближенные модели для сред, взаимодействующих с электромагнитным полем. Уравнения магнитной гидродинамики. Уравнения электрогидродинамики.

23. Закон вмороженности вектора напряженности магнитного поля. Условие вмороженности вектора и ковектора в общем случае. Производная Яуманна.
24. Волны Римана (простые волны) в магнитной гидродинамике, магнитозвуковые и альфвеновская волны.
25. Тензор деформаций, начальное и конечное состояние, вектор перемещений, компоненты тензора деформаций как функция вектора перемещений в случае конечных и бесконечно-малых деформаций. Уравнения совместности деформаций. Модель упругого тела: закон сохранения массы, изменения импульса и уравнение притока тепла в дифференциальной форме.
26. Внутренняя и свободная энергия среды как термодинамические потенциалы в случае упругого тела.
27. Уравнения нелинейно-упругого тела в случае конечных деформаций в эйлеровой и начальной лагранжевой системах координат. Тензор напряжений Пиолы-Кирхгоффа.
28. Свободная энергия линейно-упругой среды с малыми деформациями и малыми относительными изменениями температуры.
29. Модель линейно-упругой среды. Обобщенный закон Гука с учетом температурных напряжений и деформаций (соотношения Дюамеля – Неймана). Коэффициент линейного теплового расширения. Выражение для энтропии.
30. Постановка задач теории упругости в перемещениях. Уравнения Навье-Ламе. Граничные условия.
31. Постановка задач теории упругости в напряжениях. Граничные условия. Уравнения Бельтрами-Мичелла.
32. Принцип Сен-Венана. Теорема Клапейрона для статических задач теории упругости.
33. Задача об одноосном растяжении бруса. Единственность решения для вектора перемещений.
34. Задача (Ламе) о трубе под действием внутреннего и внешнего давлений. Постановка задачи. Применение свойств симметрии задачи. Физические компоненты тензора напряжений. Выводы о распределении напряжений, возникающих под действием только внутреннего давления.
35. Задача об изгибе балки. Уравнение нейтральной оси, свойство плоских сечений.
36. Задача о кручении цилиндрического стержня. Полуобратный метод Сен-Венана. Решение для круглого стержня.
37. Метод Сен-Венана для задачи о кручении стержня. Функция напряжений, максимальные напряжения. Гидродинамическая аналогия: движение вязкой жидкости по трубе, плоское вихревое движение идеальной жидкости.
38. Плоское деформированное состояние. Условия, при которых оно может осуществляться. Закон Гука при плоском деформированном состоянии. Постановка задачи в напряжениях. Уравнение Леви. Функция напряжений Эри.
39. Обобщенное плоское напряженное состояние. Для каких задач вводится это понятие. Система уравнений. Функция Эри.
40. Плоские задачи теории упругости. Функция напряжений Эри. Бигармоническое уравнение и граничные условия для функции Эри.
41. Примеры использования функций Эри. Чистый изгиб прямоугольной пластины.
42. Распространение упругих волн. Плоские волны в неограниченной линейно-упругой среде. Продольные и поперечные волны.
43. Основные понятия теории пластичности на примере простого растяжения-сжатия стержня. Предел упругости (предел текучести); нагружение и разгрузка; пластические и упругие деформации; упрочнение.
44. Идеализированные диаграммы простого растяжения для а) идеально-пластического материала, б) жестко-идеально-пластического материала, в) жесткопластического упрочняющегося материала. Другие неупругие эффекты при деформировании твердых тел: ползучесть, релаксация напряжений.
45. Основные понятия теории пластичности в случае произвольного напряженного состояния: поверхность нагружения (текучести), критерий текучести, условие пластичности; упругие и пластические деформации; идеально-пластические тела. Условия пластичности Треска и Мизеса.
46. Определяющие соотношения в теории пластического течения. Принцип максимума Мизеса, ассоциированный закон, их эквивалентность для гладких выпуклых поверхностей текучести. Вид ассоциированного закона при условии пластичности Мизеса.
47. Система уравнений Прандтля - Рейсса для упруго-идеально-пластической среды.

Литература

1. Седов Л. И. Механика сплошной среды. Том I и II, пятое издание (1994г.)
2. Нигматулин Р.И. Механика сплошной среды.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа.

4. Черный Г.Г. Газовая динамика.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости
7. Амензаде Ю.А. Теория упругости.
8. Тимошенко С.П. и Дж. Гудьер. Теория упругости.
9. Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела.
10. Механика сплошных сред в задачах. Т. 1, 2. Под ред. М.Э. Эглит.
11. Эглит М.Э. Лекции по основам механики сплошных сред.
12. Куликовский А.Г., Любимов Г.А. Магнитная гидродинамика