

**Список вопросов к экзамену по курсу «Механика сплошной среды»  
для студентов 3-го курса отделения механики  
(осенний семестр, 2020 год, лекторы М.Э.Эглит, А.Г.Калугин)**

1. Пространственные (эйлеровы) и материальные (лагранжевы) координаты. Два способа описания движения: лагранжев и эйлеров. Материальная (индивидуальная, полная) производная по времени. Формулы для вычисления ускорения по скорости.
2. Тензор малых деформаций. Физический смысл компонент в декартовой системе координат. Выражение компонент через производные компонент вектора перемещения. Относительное изменение объема малой частицы.
3. Тензор скоростей деформаций. Физический смысл компонент. Выражение компонент через производные компонент вектора скорости. Скорость относительного изменения объема малой частицы.
4. Вектор вихря. Формула Коши — Гельмгольца. Потенциальное движение. Две важные математические формулы: формула Гаусса — Остроградского и формула дифференцирования интеграла по подвижному объему.
5. Закон сохранения массы (ЗСМ). Уравнение неразрывности. Уравнение неразрывности для несжимаемой среды.
6. Закон сохранения количества движения (импульса) (ЗСКД). Массовые и поверхностные силы. Плотность массовых сил. Вектор напряжений. Формула Коши для вектора напряжений. Тензор напряжений. Физический смысл компонент. Дифференциальные уравнения движения.
7. Закон сохранения момента количества движения (ЗСМКД). Учет внутреннего момента количества движения, а также массовых и поверхностных пар. Тензор моментных напряжений. Дифференциальное уравнение момента количества движения. Условия, при которых уравнение момента количества движения сводится к утверждению, что тензор напряжений симметричен.
8. Закон сохранения энергии – первый закон термодинамики. Словесная формулировка и математическая формулировка в символическом виде. Внутренняя и кинетическая энергия сплошной среды. Притоки энергии извне к индивидуальному объему сплошной среды. Закон сохранения энергии для индивидуального объема сплошной среды. Вектор потока тепла. Дифференциальное уравнение энергии.
9. Уравнение кинетической энергии (теорема живых сил) для сплошной среды. Уравнение внутренней энергии (уравнение притока тепла). Закон теплопроводности Фурье.
10. Второй закон термодинамики. Общая формулировка, содержащая понятие энтропии. Формулировка второго закона термодинамики для индивидуального объема сплошной среды. Дифференциальное уравнение энтропии. Производство энтропии в процессе теплопроводности. Формулировка второго закона термодинамики, содержащая «некомпенсированное тепло». Неравенство Клаузиуса.
11. Уравнения, следующие из законов сохранения. Понятие об определяющих соотношениях. Жидкости и газы. Определение. Тензор напряжений в покоящихся жидкостях и газах. Идеальная жидкость. Определение. Вектор напряжений и компоненты тензора напряжений в идеальной жидкости. Уравнение движения идеальной жидкости – уравнение Эйлера.
12. Уравнение притока тепла для идеальной жидкости. Полная система уравнений идеальной жидкости или газа. Граничное условие на поверхности твердых тел в идеальной жидкости. Граничные условия на свободной поверхности в идеальной жидкости.
13. Идеальная несжимаемая жидкость. Полная система уравнений. Совершенный газ. Идеальный совершенный газ. Полная система уравнений. Формула Майера. Адиабатические процессы в идеальном совершенном газе. Адиабата Пуассона. Выражение для энтропии совершенного газа. Система уравнений газовой динамики.
14. Примеры уравнений состояния жидкостей и газов. Внутренняя энергия, свободная энергия, энтальпия (теплосодержание), термодинамический потенциал Гиббса. Определение и физический смысл. Термодинамические потенциалы.
15. Линии тока и траектории. Уравнения Эйлера в форме Громеки — Лэмба. Установившиеся движения идеальной жидкости. Интеграл Бернулли. Интеграл Бернулли для несжимаемой жидкости в поле силы тяжести. Примеры использования. Понятие о кавитации. Примеры.
16. Интеграл Бернулли для адиабатических движений совершенного газа. Параметры торможения. Максимальная скорость. Число Маха. Разные формы интеграла Бернулли для газа. Примеры использования интеграла Бернулли для совершенного газа.

17. Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости или газе. Скорость звука. Установившееся течение сжимаемой жидкости в трубке переменного поперечного сечения. Переход дозвукового потока в сверхзвуковой. Сопло Лаваля. Оценка влияния сжимаемости при установившемся движении газа.
18. Потенциальные течения. Интеграл Коши — Лагранжа. Теорема Лагранжа о сохранении свойства потенциальности течения. Теорема Томсона. Причины возникновения вихрей. Система уравнений и граничные условия для потенциальных движений идеальных жидкостей. Потенциальные движения несжимаемых жидкостей.
19. Потенциальное движение однородной несжимаемой жидкости. Уравнение Лапласа для потенциала скорости. Граничные условия для потенциала скорости на поверхности твердых тел. Задача Неймана для потенциала скорости. Условия для потенциала скорости на свободной поверхности потока.
20. Примеры потенциальных течений несжимаемой жидкости. Потенциалы скорости поступательного потока и течения от источника. Потенциалы обтекания полубесконечного осесимметричного тела и тела конечных размеров. Понятие о методе источников и стоков.
21. Плоские (плоскопараллельные) течения. Плоские течения несжимаемой жидкости. Функция тока. Механический смысл функции тока. Уравнения Лапласа для потенциала скорости и функции тока потенциального течения несжимаемой жидкости.
22. Применение функций комплексного переменного для плоских потенциальных течений несжимаемой жидкости. Комплексный потенциал и комплексная скорость. Примеры комплексных потенциалов. Формулировка задачи об обтекании тела как задачи о нахождении комплексного потенциала  $W(z)$ .
23. Решение задачи об обтекании кругового цилиндра. Отсутствие силы, действующей на цилиндр со стороны жидкости при его симметричном безотрывном обтекании. Парадокс Даламбера.
24. Циркуляционное обтекание цилиндра. Обтекание профиля крыла. Подъемная сила. Метод конформных отображений для задач об обтекании тел.
25. Баротропные движения сжимаемой жидкости (газа). Полная система уравнений. Система уравнений для потенциальных движений. Движения, возникающие в результате малых возмущений состояния покоя. Линеаризация уравнений. Малые возмущения в виде плоских волн. Свойства решений одномерного волнового уравнения.
26. Характеристики для уравнений, описывающих произвольное баротропное одномерное движение газа. Уравнения, описывающие баротропное одномерное движение газа, в характеристической форме. Инварианты Римана. Метод характеристик для построения решения.
27. Распространение малых возмущений в однородном потоке. Дозвуковые и сверхзвуковые потоки. Граничные условия. Правило для вычисления необходимого числа граничных условий (условия эволюционности границы).
28. Волны Римана. Условия, при которых может происходить опрокидывание волны. Примеры задач, решения которых содержат волны Римана. Малые возмущения со сферическими волнами. Волновое уравнение.
29. Распространение малых возмущений от точечного источника в неподвижной среде. Малые возмущения от источника, движущегося вдоль прямой. Эффект Доплера. Конус Маха. Поверхности сильного разрыва в сплошных средах. Условия на поверхностях разрыва, следующие из законов сохранения.
30. Условия на поверхностях разрыва в идеальной жидкости. Тангенциальные разрывы и ударные волны. Свободная поверхность потока как тангенциальный разрыв. Граничные условия на свободной поверхности в идеальной жидкости. Ударные волны (скачки) в идеальной жидкости. Формулы, связывающие параметры по разные стороны скачка. Ударная адиабата. Скачки в совершенном газе.

Кроме этого списка, имеется еще **список-минимум**.

Минимум к экзамену по МСС (осенний семестр, 3 курс, лекторы М.Э.Эглит, А.Г.Калугин)

При отсутствии правильного ответа на **любой** из этих вопросов

ставится оценка «неудовлетворительно»

1. Что такое  $grad \varphi$  ?
2. Что такое  $div \vec{v}$  ?
3. Написать в раскрытом виде выражение для компоненты ускорения  $a_y = \frac{dv_y}{dt}$  в декартовой системе координат.

4. Написать в раскрытом виде уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости.
5. Что такое вектор напряжений?
6. Что такое тензор напряжений? Каков физический смысл его компонент в декартовой системе координат?
7. Какой вид имеет тензор напряжений в идеальной жидкости в декартовой системе координат?
8. Что такое уравнения Эйлера в механике жидкости?
9. Какой газ называется совершенным?
10. Какой процесс называется адиабатическим?
11. Что такое адиабата Пуассона?
12. Граничные условия на непроницаемой твердой поверхности для уравнений идеальной жидкости.
13. Что такое интеграл Бернулли? При каких условиях он выводится?
14. Что такое кавитация?
15. Что такое потенциал скорости?
16. Какое движение называется потенциальным?
17. Какому уравнению удовлетворяет потенциал скорости несжимаемой жидкости?
18. Что такое функция тока? Для каких движений ее можно ввести?
19. Что такое комплексный потенциал? Для каких движений его можно ввести?
20. Какому уравнению удовлетворяет потенциал скорости для малых возмущений состояния покоя сжимаемой жидкости?
21. Что такое скорость звука?

### Литература

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Части 1 и 2.
2. Ильюшин А.А. Механика сплошной среды.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика.
4. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа.
5. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика, т. 1, 2.
6. Нигматулин Р.И. Механика сплошной среды.
7. Черный Г.Г. Газовая динамика.
8. Механика сплошных сред в задачах. Т. 1, 2. Под ред. М.Э. Эглит.
9. Эглит М.Э., Дроздова Ю.А. Механика сплошных сред.
10. Куликовский А.Г., Свешникова Е.И. Нелинейные волны в упругих средах (глава 1).
11. Куликовский А.Г., Свешникова Е.И., Чугайнова А.П. Математические методы изучения разрывных решений нелинейных гиперболических систем уравнений. (§1–4. <http://www.miras.ru/noc/lectures/16kulikovskii.pdf>).
12. Материалы лекций осеннего семестра: <http://gidropraktikum.narod.ru/mss.htm>