

# Гидромеханика

1 год, спецкурс, обязательный по выбору кафедры

профессор **А.Г.Куликовский**

1. Жидкость как модель сплошной среды. Различные формы уравнения состояния. Двухпараметрическая жидкость, несжимаемая жидкость, условие баротропии. Внутренняя энергия. Модель совершенного газа.

2. Тензор скоростей деформации и ротор скорости. Уравнение притока тепла и диссипация энергии. Модель вязкости Навье–Стокса. Неотрицательность коэффициентов 1-ой и 2-ой вязкости. Теплопроводность, закон Фурье.

3. Система уравнений гидромеханики идеальной и вязкой жидкости (сжимаемой и несжимаемой). Оценка влияния вязкости, число Рейнольдса. Начальные и граничные условия. Поверхностное натяжение.

4. Гидростатика. Ограничения на внешние массовые силы при равновесии. Равновесие в поле потенциальной силы. Закон Архимеда. Устойчивость равновесия стратифицированной жидкости.

5. Кинематические понятия: линии тока, трубки тока, критические точки, вихревые линии. Уравнения в форме Громеки–Лемба. Интеграл Бернулли. Оценка сжимаемости жидкости при стационарном течении. Изменение давления вдоль трубки тока в несжимаемой жидкости в зависимости от поперечного сечения трубки. Кавитация.

6. Поток энергии вдоль трубки тока. Энергетический смысл интеграла Бернулли. Применения интеграла Бернулли совместно с законами сохранения. Трубка Пито–Прандтля, насадок Борда, действие струи идеальной жидкости на плоскость, образование кумулятивной струи, пробивание препятствия кумулятивной струей. Парадокс Эйлера–Даламбера. Реактивная сила.

7. Вихревые движения. Теорема Томсона, теорема Лагранжа. Потенциал скорости. Условия, накладываемые на поле скорости существованием потенциала. Возможность неоднозначности потенциала в неодносвязных областях.

8. Потенциальные движения. Интеграл Коши–Лагранжа. Уравнения, описывающие движения однородной несжимаемой и слабосжимаемой жидкостей. Изменение скорости несжимаемой жидкости ударом.

9. Уравнение Лапласа. Свойства гармонических функций. Отсутствие максимума у  $|\text{grad } f|$  внутри области. Отсутствие внутреннего минимума давления при потенциальных движениях жидкости.

10. Трехмерное течение от точечного источника. Распределение источников. Уравнение Пуассона. Построение решения уравнения Пуассона во всем пространстве суммированием решений, соответствующих источникам. Диполь, обтекание сферы. Потенциал прямолинейного вихря.

11. Единственность решения уравнения Пуассона. Типичные граничные задачи для уравнения Лапласа. Формула Грина. О единственности внутренних краевых задач для уравнения Лапласа. Асимптотическое поведение решений уравнений Пуассона и Лапласа на бесконечности. Единственность внешней краевой задачи для уравнения Лапласа.

12. Кинетическая энергия жидкости для внешней задачи. Изменение ее со временем как результат работы давления над жидкостью. Выражение кинетической энергии жидкости при движении в ней твердого тела через компоненты скорости тела и его угловой скорости. Присоединенная масса сферы.

13. Вариационное уравнение Гамильтона и уравнения Лагранжа для потенциальных движений жидкости.

14. Применение уравнений Лагранжа к движению твердого тела в жидкости: вычисление силы и момента, действующего на тело.

15. Плоские течения однородной несжимаемой жидкости. Функция тока, комплексный потенциал. Примеры плоских потенциальных течений: поступательный поток, обтекание угла, источник, вихрь, диполь, обтекание цилиндра.

16. Решение плоской задачи об обтекании произвольного профиля с помощью конформного отображения. Нахождение циркуляции по гипотезе Жуковского–Чаплыгина при наличии острой кромки. Формулы Чаплыгина и Жуковского для вычисления силы и момента, действующих на профиль. Сила и момент при безотрывном обтекании плоской пластины под углом атаки.

17. Обтекание плоской пластинки перпендикулярной потоку с отрывом струй по схеме Кирхгоффа. Сопротивление. Обтекание пластинки по схеме Рябушинского.

18. Вихревые движения несжимаемой жидкости. Теоремы Гельмгольца. Уравнение Гельмгольца для вихрей. Вмороженность вихрей в жидкость.

19. Нахождение скорости по дивергенции и ротору. Формула Био и Савара. Поле скорости и потенциал скорости вихревой нити.

20. Возникновение вихревой нити и вихревой поверхности при ударе. Выражение для импульса жидкости в безграничном пространстве. Примеры движения вихрей. Всплывание вихревого кольца.

21. Теория Прандтля крыла конечного размаха. Сопротивление крыла конечного размаха. Уравнение для нахождения циркуляции.

22. Волны на поверхности слоя тяжелой жидкости. Линеаризация. Дисперсионное уравнение. Предельные случаи: бесконечно глубокий и мелкий слой жидкости. Стоячие волны.

23. Асимптотическая теория распространения линейных волн с медленно меняющимися параметрами на однородном фоне. Групповая скорость. Изменения амплитуды. Перенос энергии волнами.

24. Средняя плотность энергии стоячих и бегущих волн. Волновое сопротивление.

25. Уравнения «мелкой воды». Инварианты Римана, волны Римана, гидравлический прыжок.

26. Уравнения Кортевега–де Фриза и Буссинеска. Нелинейные периодические и уединенные волны.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. т.1,2
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды. т.1,2
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика
4. Лойцанский Л.Г. Механика жидкости и газа.
5. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости.
6. Прандтль Л. Гидроаэромеханика.
7. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны.
8. Механика сплошных сред в задачах. Под редакцией М.Э.Эглит, т. 1,2.