

«Утверждаю»  
Зав. кафедрой аэромеханики  
и газовой динамики  
акад. РАН Г.Г.Черный

---

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 г.

Программа курса  
ГИДРОАЭРОМЕХАНИКА  
(2009-2010 уч. год)

Лектор профессор В.Я.Шкадов.

1. **Уравнения гидроаэромеханики.** Законы сохранения. Тензоры напряжений и скоростей деформации. Закон Навье-Стокса. Модели жидкой среды. Идеальная жидкость и совершенный газ. Вязкая жидкость и газ. Уравнения Эйлера и Навье-Стокса. Замкнутые системы уравнений.
2. **Общие свойства течений жидкостей.** Диссипация энергии. Перенос вихрей. Уравнения Гельмгольца. Циркуляция скорости. Безразмерные уравнения и критерии Рейнольдса, Фруда, Струхала. Подобие. Интегралы уравнений гидроаэромеханики. Уравнения в форме Громеки-Лэмба. Интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа. Адиабатические течения.
3. **Точные решения уравнений Навье-Стокса.** Стационарные течения в трубах и каналах (круглая труба, плоский канал, труба с эллиптическим сечением). Коэффициенты сопротивления для плоского канала и круглой трубы. Нестационарные течения в круглой трубе. Задача Релея о нестационарном движении плоской стенки (разгон, колебания). Автомодельное течение, вызываемое вихревой нитью и поверхностью тангенциального разрыва. Течения вблизи вращающегося диска, в зазоре между вращающимися цилиндрами и в расширяющемся плоском канале. Растекание жидкости вдоль плоскости и в полосе; стекание слоя по наклонной поверхности. Течение при отсосе жидкости через поверхность.
4. **Пограничный слой.** Вывод уравнений Прандтля. Задача Блазиуса. Метод интегральных соотношений для пограничного слоя на плоском теле произвольной формы. Расчет пограничного слоя на пластине. Автомодельные решения Фокнер-Скэн. Тепловой пограничный слой. Формулы теплообмена потока с поверхностью. Критерии Нуссельта и Стантона, аналогия Рейнольдса.

5. **Медленные течения.** Приближение Стокса. Обтекание сферы: поля скоростей и давлений, вычисление сил. Обтекание цилиндра и парадокс Стокса. Плоский смазочный слой. Смазка вращающихся поверхностей.
6. **Потенциальные течения несжимаемой жидкости.** Функция тока и комплексный потенциал. Примеры течений и соответствующие им комплексные потенциалы (однородный поток, течение внутри угла, источник и сток, диполь, вихрь). Задачи Дирихле и Неймана о плоском обтекании тела. Обтекание цилиндра с циркуляцией и без циркуляции. Обтекание сферы. Парадокс Эйлера-Даламбера. Обтекание профиля крыла. Метод конформных преобразований. Формулы Жуковского, Блазиуса-Чаплыгина. Постулат Чаплыгина-Жуковского. Коэффициент подъемной силы.
7. **Вихревые течения идеальной жидкости.** Лемма об изменении циркуляции. Теорема Томсона о циркуляции. Теорема Лагранжа о потенциальности течения. Теорема Гельмгольца о вихрях. Определение поля скоростей по распределению вихрей. Движение вихревой нити в идеальной жидкости. Прямолинейная вихревая нить. Вихревая система крыла самолета. Индуктивное сопротивление.
8. **Волны на поверхности жидкости.** Уравнения и граничные условия для волн малой амплитуды на свободной поверхности. Стоячие волны. Прогрессивные волны. Фазовая скорость, групповая скорость. Перенос энергии волнами.
9. **Неустойчивость и турбулентность.** Уравнения Рейнольдса. Проблема замыкания, модель Буссинеска. Турбулентное течение в затопленной струе, слое смешения, круглой трубе.

#### Литература.

1. Н. Е. Кочин, И. Я. Кибель, Н.В. Розе. Теоретическая гидромеханика. т. I, II, М., Физматгиз, 1963.
2. С. В. Валландер. Лекции по гидроаэромеханике. Изд. ЛГУ, 1978.
3. В. Я. Шкадов, З. Д. Запрынов. Течения вязкой жидкости. Изд. МГУ, 1984.
4. Л. И. Седов. Механика сплошной среды. Т. I, II, М., Наука, 1970.
5. Шлихтинг. Теория пограничного слоя. М., Наука, 1969.