

**АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «Гидрогазодинамика**  
**Направление подготовки 20.03.01 "Техносферная безопасность"**  
**Профили подготовки "Защита в чрезвычайных ситуациях", "Инженерная защита**  
**окружающей среды"**

**Цели освоения дисциплины**

Целью изучения дисциплины является подготовка выпускников к проектно-конструкторской деятельности в области создания и внедрения средств обеспечения безопасности и защиты человека от техногенных и антропогенных воздействий, подготовка выпускников к самообучению и непрерывному профессиональному самосовершенствованию.

**В результате изучения курса студент должен:**

**знать:** фундаментальные законы природы и основные физические законы в области кинематики и динамики жидкостей и газов, гидромеханики. Численные методы моделирования газо- и гидро- динамических явлений и процессов;

**уметь:** Применять методы дифференциального и интегрального исчисления для решения практических задач гидрогазодинамики. Применять физические законы для анализа и решения практических задач; использовать справочную литературу для выполнения расчетов. Решать теоретические задачи, используя основные законы гидрогазодинамики, проводить гидромеханические расчеты аппаратов и процессов в техносфере. Применять численные методы моделирования для решения практических задач гидрогазодинамики.

**владеть:** Элементами функционального анализа. Методами физических измерений, корректной оценки погрешности при проведении физического эксперимента. Методами планирования и создания имитационной модели; методами оценки точности результатов; инструментальными средствами и языками моделирования. Методами теоретического и экспериментального исследования в гидрогазодинамике.

**Общая трудоемкость дисциплины:** 4 кредита, 144 часа.

**Основное содержание дисциплины**

**Раздел 1. Введение**

Предмет гидрогазодинамики, основные понятия и определения. История механики жидкости и газа, роль русских ученых.

**Раздел 2. Основы гидростатики**

Сжимаемые и несжимаемые жидкости. Физические свойства жидкостей - плотность, сжимаемость, вязкость. Закон Ньютона для вязкого трения. Динамический и кинематический коэффициенты вязкости, их зависимость от температуры. Идеальная жидкость. Поверхностное натяжение и тепловое расширение жидкостей. Гидростатическое давление. Давление в покоящейся жидкости. Абсолютное и избыточное давление, манометрическое давление, вакуум. Приборы для измерения давления и вакуума.

**Раздел 3. Основные понятия и уравнения гидродинамики. Уравнение Бернулли**

Основные понятия кинематики жидкости. Установившееся и неустановившееся движение. Траектория, линия тока, элементарная струйка. Поток жидкости, живое сечение, расход. Уравнение неразрывности для элементарной струйки и целого потока. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости. Геометрический и энергетический смысл уравнения Бернулли. Пьезометрическая линия, скоростной напор, гидродинамическая линия. Трубка Пито. Уравнение Бернулли для струйки вязкой жидкости. Потери напора, гидравлический уклон. Уравнение Бернулли для целого потока, коэффициент неравномерности скорости. Примеры применения уравнения Бернулли. Истечение несжимаемой жидкости через отверстия и насадки. Расходомер Вентури, водомерное сопло, диафрагма. Кавитация. Уравнение количества движения. Давление струи на преграду. Реакция вытекающей струи. Уравнение моментов количества движения.

**Раздел 4. Гидравлические сопротивления и потери напора. Расчет трубопроводов**

Режимы движения вязкой жидкости, число Рейнольдса. Пульсации скорости и давления в турбулентном потоке. Зависимость потерь напора от скорости течения при ламинарном и турбулентном режимах. Формулы Вейсбаха и Дарси. Распределение скоростей и потери напора при ламинарном и турбулентном режимах. Зависимость гидравлического коэффициента трения от числа Рейнольдса и шероховатости стенок трубы. Местные сопротивления. Коэффициент местного сопротивления, его определение по гидравлическим справочникам. Установившееся движение жидкости в трубопроводах, гидравлический расчет расхода и потерь напора. Неустановившееся движение жидкости в трубах. Гидравлический удар в трубах. Формула Жуковского для прямого гидроудара. Скорость распространения ударной волны. Фазы гидроудара. Непрямой гидравлический удар. Предохранение трубопроводов от гидравлического удара.

### ***Раздел 5. Одномерное движение газа***

Основные уравнения одномерного движения. Скорость звука в газовом потоке. Дозвуковые и сверхзвуковые течения, числа  $M$  и  $X$ . Уравнение энергии, критическая и максимальная скорости. Параметры изоэнтропийного торможения газа. Зависимость скорости газа от сечения потока при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях, сопло Лавала. Газодинамические функции. Решение задач одномерного изоэнтропийного течения. Истечение газа из отверстий и сопел. Одномерное течение при наличии трения. Распределение давлений и скоростей по длине трубы при различных числах Маха. Приведенная длина трубы.

### ***Раздел 6. Двумерные течения газа***

Распространение возмущений в плоском потоке. Понятие о характеристиках сверхзвукового потока. Волны разрежения. Изменение параметров газового потока в волнах разрежения. Прямой скачок уплотнения, изменение параметров потока при переходе через скачок. Нарастание энтропии газа в скачке. Косые скачки уплотнения, изменение параметров газа в косом скачке. Потери энергии в косых скачках. Построение поля течения, расчет скоростей и давлений при сверхзвуковом обтекании пластинки и крылового профиля. Волновое сопротивление.

### ***Раздел 7. Основы динамики идеальной несжимаемой жидкости***

Кинематический анализ движения жидкой частицы. Скорости поступательного, вращательного и деформационного движения. Вихревое и безвихревое течение. Функция тока и потенциал скорости. Примеры потенциальных течений. Метод ЭГДА и экспериментальное изучение потенциальных течений на электрических моделях. Вихрь скорости и циркуляция. Поле скоростей, вызываемое вихрями. Циркуляционное течение. Обтекание кругового цилиндра без циркуляции и с циркуляцией, распределение скоростей и давлений на поверхности обтекаемых тел. Теорема Жуковского для подъемной силы. Появление циркуляции при обтекании крыла, постулат Чаплыгина - Жуковского. Моделирование циркуляционного обтекания крыла методом ЭГДА.

### ***Раздел 8. Основы динамики вязкой жидкости. Моделирование в гидрогазодинамике***

Касательные напряжения внутреннего трения в вязкой жидкости. Связь напряжений со скоростями деформации. Уравнения Навье-Стокса. Моделирование в гидрогазодинамике. Условия гидродинамического подобия потоков. Общий закон динамического подобия Ньютона. Аэродинамические трубы, буксировочные бассейны. Расчет натуральных гидродинамических сил по данным опыта на динамически подобной модели. Коэффициент сопротивления. Моделирование при преимущественном значении сил тяжести, вязкого трения, сжимаемости среды. Числа подобия. Полное и частичное подобие. Расчет параметров модели и пересчет данных модельного эксперимента на натуру.

### ***Раздел 9. Основы теории пограничного слоя***

Движение жидкости в пограничном слое. Дифференциальные уравнения Прандтля и граничные условия для пограничного слоя. Интегральные соотношения Кармана. Условные толщины пограничного слоя: вытеснения, потери импульса, потери энергии. Пограничный слой на пластинке: распределение скоростей, нарастание толщины слоя, касательные напряжения, коэффициент сопротивления. Переход ламинарного слоя в турбулентный. Расчет турбулентного слоя. Пограничный слой при обтекании тела конечной толщины. Отрыв пограничного слоя и сопротивление при отрывном обтекании, кризис обтекания. Факторы, влияющие на турбулизацию и отрыв пограничного слоя. Управление пограничным слоем.

### ***Раздел 10. Крыло и лопаточная решетка в потоке***

Крыло, его геометрические параметры. Аэродинамические характеристики крыла. Влияние сжимаемости газа на аэродинамические характеристики, критическое число Маха. Индуктивное сопротивление, элементы теории крыла конечного размаха. Течение газа через лопаточные решетки турбомашин. Геометрические параметры решеток. Силовое взаимодействие потока с одиночной лопаткой решетки, формулы Эйлера. Сила Жуковского и добавочная осевая сила. Потери энергии в решетках, влияние геометрических и режимных параметров на характеристики решеток.

### ***Раздел 11. Движение газа в диффузорах и эжекторах. Элементы гидромеханики двухфазных сред.***

Основные характеристики и расчет диффузоров. Потери энергии в диффузоре как сумма потерь на трение в пограничном слое и потерь расширения. Влияние угла раствора и степени расширения в диффузоре на потери. Ступенчатые и комбинированные диффузоры. Сверхзвуковые диффузоры. Ступень эжектора. Влияние турбулентности потока и волновой структуры сверхзвуковой струи на процесс смешения в эжекторе. Работа ступени эжектора при переменных режимах. Выбор геометрических параметров ступени эжектора. Течение двухфазных жидкостей. Спектры капель. Влияние дисперсности жидкой фазы на расходные и энергетические характеристики потоков. Скачки конденсации и скачки уплотнения в двухфазных средах. Движение двухфазных сред в соплах и диффузорах. Особенности течения насыщенного и влажного пара через турбинные решетки. Эрозия элементов энергетического оборудования при движении влажного пара.