

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской  
академии наук**



**УТВЕРЖДАЮ**

Зам. директора по научной работе  
К.ф.-м.н. **Д.Ф.Сиковский**

« 10 » сентября 2023 г.

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ БИЛЕТЫ  
вступительных испытаний по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

Группа научных специальностей: 1.1 Математика и механика  
Научная специальность: 1.1.9 Механика жидкости, газа и плазмы

**Билет №1**

1. Понятие сплошной среды. Пространственные и материальные координаты, эйлерово и лагранжево описание движения сплошной среды. Поля перемещений, скоростей, ускорений, соотношения между ними при лагранжевом и эйлеровом описании. Траектории и линии тока.
2. Определение поля скоростей несжимаемой жидкости по заданным источникам и вихрям. Формула Био-Савара. Прямолинейная вихревая нить.
3. Условия на косом скачке. Обтекание клина сверхзвуковым потоком. Обтекание с отошедшей ударной волной.

**Билет №2**

1. Тензоры конечных и малых деформаций, их скалярные инварианты связь с вектором перемещения, уравнения совместности.
2. Плоские потенциальные течения идеальной несжимаемой жидкости. Комплексный потенциал, комплексная скорость, метод конформных отображений. Стационарное

обтекание кругового цилиндра с циркуляцией и без циркуляции.

3. Поверхности разрыва в идеальном газе. Условия на ударных волнах. Адиабата Гюгонио. Теорема Цемплена. Эволюционные и неэволюционные разрывы.

### Билет №3

1. Тензор скоростей деформаций. Кинематический смысл его компонент.

2. Потенциальные движения несжимаемой жидкости Уравнение Лапласа. Примеры потенциальных течений: поступательный поток, источник, диполь, точечный вихрь. Метод наложения потоков.

3. Турбулентные движения. Уравнения Рейнольдса для осредненных параметров движения однородной несжимаемой жидкости. Турбулентные напряжения. Полуэмпирическая теория турбулентности Прандтля.

### Билет №4

1. Дивергенция скорости и вектор вихря скорости, их механический смысл. Циркуляция вектора скорости. Потенциальное движение.

2. Силы, действующие на тело, движущееся в идеальной жидкости: сила сопротивления, подъемная сила. Стационарное обтекание крылового профиля. Парадокс Даламбера-Эйлера. Теорема Жуковского о подъемной силе. Постулат Жуковского-Чаплыгина для определения циркуляции вокруг крылового профиля с острой задней кромкой.

3. Система уравнений газовой динамики для адиабатических движений совершенного газа. Скорость звука. Число Маха. Распространение возмущений в дозвуковых и сверхзвуковых потоках. Конус Маха. Эффект Доплера.

### Билет №5

1. Закон сохранения массы для конечного объема сплошной среды. Уравнение неразрывности для сжимаемой и несжимаемой среды в переменных Эйлера и Лагранжа.

2. Постановка задачи Коши-Пуассона о волнах на поверхности тяжелой несжимаемой жидкости. Линеаризованная постановка. Гармонические волны. Амплитуда, период и длина волны, фазовая и групповая скорости. Явление дисперсии. Уравнения мелкой воды. Линейные длинные волны, волновое уравнение. Решение Даламбера задачи Коши-Пуассона для одномерных плоских волн.

3. Взаимодействие сплошных сред с электромагнитным полем. Плотность заряда и плотность тока. Сила Лоренца. Джоулево тепло. Закон Ома. Уравнения электродинамики и механики сплошных сред с учетом зарядов и токов.

#### Билет №7

1. Закон сохранения момента количества движения для конечного объема сплошной среды и в дифференциальной форме. Симметрия тензора напряжений.
2. Модель линейного термоупругого тела с малыми деформациями. Изотропное упругое тело. Закон Гука. Постановка задач в перемещениях, уравнение Ламе. Постановка задач в напряжениях.
3. Одномерные нестационарные движения. Характеристическая форма уравнений газовой динамики. Характеристики. Инварианты Римана. Волны Римана. Опрокидывание волны Римана. Центрированная волна Римана, автомодельное решение.

#### Билет №8

1. Закон сохранения энергии для конечного объема сплошной среды. Вектор потока тепла. Дифференциальное уравнение энергии. Теорема о кинетической энергии. Работа внутренних сил. Уравнение притока тепла. Адиабатические и изотермические процессы, приток тепла за счет теплопроводности. Закон теплопроводности Фурье.
2. Интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа.
3. Размерные и безразмерные величины. Формула размерности. П-теорема. Физическое

подобие явлений. Критерии подобия. Моделирование механических явлений. Числа Рейнольдса, Маха. Фруда, Струхала, Эйлера Прандтля.

### Билет №9

1. Обратимые и необратимые процессы. Второй закон термодинамики. Тождество Гиббса. Приток энтропии извне. Производство энтропии в необратимых процессах.
2. Модель линейно-вязкой жидкости. Уравнения движения Навье-Стокса, Уравнение об изменении кинетической энергии, диссипация механической энергии в вязкой жидкости. Уравнение притока тепла. Замкнутые системы уравнений для вязкой теплопроводной несжимаемой и сжимаемой жидкости. Граничные условия.
3. Плоские стационарные сверхзвуковые течения. Течение Прандтля-Майера. Линеаризованная задача об обтекании тонкого крыла.

### Билет №10

1. Модель идеальной жидкости. Уравнения движения Эйлера. Понятие баротропии. Замкнутые системы уравнений для идеальной несжимаемой жидкости и идеального баротропного газа. Начальные и граничные условия.
2. Условия на поверхностях сильного разрыва в сплошных средах. Тангенциальные разрывы и ударные волны.
3. Течение Куэтта. Течение Пуазейля в круглой трубе.

### Билет №11

1. Уравнения состояния для сжимаемых жидкостей и газов. Модель совершенного газа. Адиабата Пуассона. Полная система уравнений для идеального совершенного теплопроводного газа. Понятие о термодинамических потенциалах двухпараметрических газов.
2. Потенциальные движения баротропного сжимаемого газа с малыми возмущениями. Волновое уравнение, его общее решение для одномерных движений с плоской и

сферической симметрией. Скорость звука.

3. Обтекание тел со срывом струй. Схема Кирхгоффа для обтекания пластины. Понятие о кавитации.

### Билет №12

1. Закон сохранения энергии для конечного объема сплошной среды. Вектор потока тепла. Дифференциальное уравнение энергии. Теорема о кинетической энергии. Работа внутренних сил. Уравнение притока тепла. Адиабатические и изотермические процессы, приток тепла за счет теплопроводности. Закон теплопроводности Фурье.

2. Кинематические и динамические теоремы о вихрях: теоремы Томсона, Лагранжа, Гельмгольца.

3. Движение сферы в несжимаемой жидкости с постоянной и переменной скоростью. Присоединенная масса сферы.