

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева»

УТВЕРЖДЕНА

Решением научно-технического совета
протокол № 1 от «24» января 2022 г.

Председатель НТС, первый проректор -
проректор по научно-исследовательской
работе _____ А.Б. Прокофьев

Ученый секретарь НТС

_____ Л.В. Родионов



**ПРОГРАММА
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА**

по научной специальности
1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: механика сплошной среды, гидромеханика, газовая динамика, термодинамика, электродинамика.

Вводные положения

Сплошные среды как непрерывные континуумы.

Области приложения механики жидкости, газа и плазмы.

Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований.

Кинематика деформируемых континуумов

Системы координат и системы отсчета. Системы отсчета наблюдателя и система отсчета подвижная. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Понятие инерциальных систем отсчета в ньютоновской механике.

Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошной среды. Закон движения сплошной среды. Поле перемещений, поле скоростей, поле температур, поле внутренних напряжений, электромагнитное поле и т.п.

Определение и свойства кинематических характеристик движения: перемещение и траектории, скорость, линия тока, критическая точка, ускорение, тензор скоростей деформации и его инварианты, вектор вихря, потенциальное движение, циркуляция скорости, установившееся и неустановившееся движения среды.

Основные понятия и уравнения динамики

Масса и плотность. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости.

Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы. Примеры сил. Уравнения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды. Динамические дифференциальные уравнения движения сплошной среды.

Элементарная работа внутренних массовых и поверхностных сил. Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальных формах.

Понятие о парам ерах состояний, процессах и циклах. Закон сохранения энергии и понятие о внутренней энергии. Понятие о потоке тепла и температуре и внутренней энергии. Уравнение притока тепла. Законы для притока тепла за счет теплопроводности. Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др. Обратимые и необратимые процессы. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная шкала температур.

Общая теория движения жидких и газообразных сред

Модели идеальной несжимаемой и сжимаемой жидкостей и совершенного газа. Уравнений Эйлера. Баротропные процессы и различные виды интеграла Коши-Лагранжа и интеграла Бернулли. Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях.

Модель вязкой жидкости. Законы Навье-Стокса. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости.

Применение интегральных соотношений к конечным объемам материальной среды при установившемся движении. Явление кавитации.

Теория колебаний и схлопывания газовых и паровых пузырьков в жидкости.

Теория сильных скачков в жидкости, в газе и плазме

Кинематические соотношения на поверхности слабых и сильных разрывов.

Общие динамические условия на поверхностях разрыва в материальных средах и в электростатическом поле.

Общая теория адиабаты Гюгонио. Теорема Цемплена. Эволюционные и неэволюционные разрывы.

Задача о структуре сильных разрывов. Одномерное движение вязкой несжимаемой жидкости.

Движение идеальной жидкости

Общая теория непрерывных потенциальных движений несжимаемой жидкости. Свойства гармонических функций. Кинематическая задача о произвольном движении твердого тела в неограниченном объеме идеальной несжимаемой жидкости. Энергия, количество движения и момент количества движения жидкости при движении в ней твердого тела. Обтекание сферы.

Силы воздействия идеальной жидкости на тело, движущееся в безграничной массе жидкости. Парадокс Даламбера. Применение методов теории аналитических функций комплексного переменного для решения плоских задач гидродинамики и аэродинамики. Плоские задачи о стационарном обтекании жидкостью профиля. Формулы С.А.Чаплыгина и теорема Н.Е.Жуковского. Правило Н.Е.Жуковского и С.А.Чаплыгина определения циркуляции вокруг крыльев с острой задней кромкой. Нестационарное обтекание профилей.

Определение поля скоростей по заданным вихрям и источникам. Формулы Био-Савара. Прямолинейный и кольцевой вихри. Законы распределения давлений, силы, обуславливающие вынужденные движения прямолинейных вихрей в плоском потоке. Возникновение вихрей. Теорема Бьеркнеса.

Постановка задачи и основные результаты теории крыла конечного размаха. Несущая линия и несущая поверхность.

Постановка задачи Коши-Пуассона о волнах на поверхности тяжелой несжимаемой жидкости. Волновое сопротивление при плоском движении жидкости.

Движения вязкой жидкости. Теория пограничного слоя.

Турбулентность

Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости в цилиндрических трубах. Задача о движении сферы вязкой жидкости в постановке Стокса.

Управление ламинарного пограничного слоя в несжимаемой жидкости и в газе. Задача Блазиуса. Интегральные соотношения и основные на их использовании приближенные методы в теории ламинарного слоя.

Турбулентность. Турбулентные движения жидкости в цилиндрических трубах. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Явление отрыва пограничного слоя. Полуэмпирические теории турбулентности. Определение сопротивления тел с учетом пограничного слоя.

Теплообмен с газовым потоком на основе теории пограничного слоя.

Газовая динамика

Теория распространения звука. Проблемы дифракции звука. Линейная теория сверхзвукового обтекания тонких профилей и тел вращения.

Кинематика распространения волн, фазы, амплитуда. Запаздывающие потенциалы. Эффект Доплера, линии Маха. Характеристики уравнений в частных производных.

Одномерные неустановившиеся движения газов с плоскими, цилиндрическими и сферическими волнами. Автомодельные движения и классы соответствующих задач.

Простая волна Римана и эффект опрокидывания волны. Качественное описание решения задачи о распаде сильного разрыва.

Влияние сжимаемости на форму трубок тока. Элементарная теория сопла Лавала.

Метод характеристик. Течение Прандтля-Майера. Косой скачок уплотнения. Обтекание сверхзвуковым потоком газа клина и конуса. Понятие об обтекании тел газом с отошедшей ударной волной.

Механическое подобие, моделирование

Система определяющих параметров для выделенного класса явлений в теории и при постановке экспериментов. Величины с основными и производными размерностями. Формула размерностей. П-теорема. Определение физического подобия. Моделирование. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда, Рейнольдса, Струхаля, Прандтля.

Литература

- Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. теоретическая гидродинамика. Ч. 1 (1963) и Ч.2 (1963). М.: Физматгиз.
- Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т.1 (1983) и Т.2 (1984). Изд. 4, М.: Наука.
- Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. Изд 9. М.: Наука, 1981.
- Седов Л.И. Плоские задачи гидродинамики и аэродинамики. Изд. 3. М.: Наука, 1980.
- Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. Изд.3. М.: Наука, 1986.
- Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика сплошных сред. М.: Гостехтеоретиздат, 1954.
- Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. Изд. 5. М.: Наука, 1978.
- Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. М.: Наука, 1976.
- Куликовских А.Г., Любимов Г.А. Магнитная гидродинамика. М.: Физматгиз, 1962.
- Прандтль Л. Гидромеханика. М.: Изд-вд иностранной литературы, 1951.
- Овсянников Л.В. Лекции по основам газовой динамики. М.: Наука, 1981.
- Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука, 1974.
- Кутателадзе С.С. Пристенная турбулентность. Новосибирск: Наука, 1993.