

Государственный научный центр Российской Федерации –  
федеральное государственное унитарное предприятие  
"Исследовательский центр имени М.В.Келдыша"  
(ГНЦ ФГУП "Центр Келдыша")

УТВЕРЖДАЮ

ВРИО генерального директора



В.В. Кошляков

03 2017 г.

## ПРОГРАММА

вступительных испытаний поступающих на обучение по программам  
подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по специальной дисциплине

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ: 24.06.01 АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

НАПРАВЛЕННОСТЬ: 01.02.05 МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ ГАЗА И ПЛАЗМЫ

Форма проведения вступительных испытаний:

Вступительные испытания проводятся в устной форме. Для подготовки ответов поступающий использует экзаменационные листы.

Руководитель направления подготовки  
доктор технических наук, профессор

А.М. Губертов

« 27 » 03 2017 г.

### 1. Основные понятия механики сплошной среды

Предмет механики жидкости и газа. Сплошная среда. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Поле скорости в переменных Эйлера, линии тока и траектории.

Закон сохранения массы в интегральной форме. Уравнение неразрывности. Условие несжимаемости. Многокомпонентные и бинарные смеси. Скорость смеси, полный и диффузионный потоки массы. Закон Фика и коэффициент диффузии. Уравнение неразрывности для бинарной смеси.

Массовые и поверхностные силы. Тензор напряжений и его свойства. Давление и тензор касательных напряжений. Идеальная жидкость и идеальный газ. Скорость звука.

### 2. Основные понятия термодинамики и теории теплообмена

Первое начало термодинамики. Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др. Обратимые и необратимые процессы. Энтропия. Второе начало термодинамики. Термодинамические потенциалы двухпараметрических сред. Цикл Карно. Совершенный газ.

Вектор теплового потока. Основные механизмы переноса тепла: теплопроводность, конвекция, излучение. Закон Фурье и коэффициент теплопроводности. Уравнение теплопроводности и коэффициент температуропроводности. Закон Ньютона и коэффициент теплообмена. Лучистый тепловой поток, процессы поглощения и рассеяния. Закон Стефана-Больцмана и степень черноты.

Фазовые переходы. Теплота фазового перехода. Химический потенциал и условия равновесия фаз. Кривая насыщения. Метастабильное состояние вещества. Критическая точка. Тройная точка.

### 3. Газовая динамика

Система уравнений газовой динамики (неразрывности, движения, энергии, состояния) в интегральной и дифференциальной форме. Уравнения газовой динамики для идеального газа.

Прямой скачок уплотнения. Изменение параметров газа при прохождении через прямой скачок уплотнения. Адиабата Гюгонио. Теорема Цемплена.

Косой скачок уплотнения. Изменение параметров газа при прохождении через косой скачок уплотнения. Ударная поляра.

Стационарное движение газа по трубе переменного сечения. Трубка тока. Изоэнтропические течения. Интеграл Бернулли. Сопло Лавала. Газодинамические функции.

Одномерные нестационарные течения. Волны Римана. Метод характеристик для нестационарных одномерных течений. Задачи о поршне. Распад произвольного разрыва. Ударная труба.

Двумерные стационарные течения. Метод характеристик для двумерных стационарных течений. Течение Прандтля-Майера. Обтекание клина и конуса.

### 4. Динамика вязких течений несжимаемой жидкости и газов. Турбулентность

Силы вязкого трения. Реологическая кривая течения и ньютоновский закон трения. Динамический и кинематический коэффициенты вязкости. Неньютоновские жидкости.

Тензор скоростей деформаций. Закон трения Ньютона для пространственных течений и уравнения Навье-Стокса для несжимаемой жидкости. Простейшие решения уравнений Навье-Стокса. Течения Куэтта и Пуазейля. Задача об обтекании шара.

Вязкое трение с точки зрения молекулярной физики. Связь между тензором напряжений и тензором скоростей деформации. Система уравнений Навье-Стокса для газов.

Приближение пограничного слоя. Дифференциальные уравнения пограничного слоя для двумерного плоского течения. Постановка граничных условий.

Задача Блазиуса для пограничного слоя около плоской пластины. Автомодельное решение.

Уравнения пограничного слоя в интегральной форме. Толщина вытеснения и толщина потери импульса.

Физические различия между ламинарными и турбулентными течениями. Опыты Рейнольдса для течения в трубе. Критическое число Рейнольдса.

Осредненные и пульсационные характеристики турбулентного течения. Уравнения Рейнольдса. Турбулентные напряжения.

Теория пути смешения Прандтля. Аналогия между турбулентным переносом импульса и турбулентным переносом тепла. Гипотезы Кармана.

### 6. Методы подобия и размерностей

Система определяющих параметров для выделенного класса явлений. Основные и производные единицы измерения. П-теорема. Примеры приложений. Физическое подобие и моделирование. Критерии подобия. Числа Рейнольдса, Маха, Эйлера, Фруда, Струхала, Прандтля.

### 7. Элементы механики плазмы

Двухжидкостная и одножидкостная модели плазмы, обобщенный закон Ома. Среды с идеальной проводимостью. Джоулево тепло. Уравнение импульса для проводящей среды.

Уравнения магнитной гидродинамики. Условия вмороженности магнитного поля в среду.

### Основная литература:

Седов Л.И. Механика сплошной среды. В 2-х томах. СПб.: Издательство «Лань», 2004.

Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. Изд. 6. М.: Наука, 1987.

Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. 3-е изд. М.: Наука, 1986.

Черный Г.Г. Газовая динамика. М.: Наука, 1988

Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука, 1974.

Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. 10-е изд. М.: Наука, 1987

Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Р.В. Теоретическая гидродинамика. М.: Физматлит, 1963.

Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. М.: Наука, 1976.

Доктор технических наук  
профессор

Д.М. Борисов

Доктор физико-математических наук  
профессор

С.Г. Черкасов