

**Государственная корпорация по космической деятельности
"РОСКОСМОС"**

**Федеральное государственное унитарное предприятие
«Центральный научно-исследовательский институт
машиностроения»
(ФГУП ЦНИИмаш)**

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ФГУП ЦНИИмаш,
кандидат технических наук,

С.В. Коблов
2019 г.



**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ В
АСПИРАНТУРУ
НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ
24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника**

**Направленность/профиль 01.02.05
Механика жидкости, газа и плазмы**

Королев, 2019

1. Вводные положения

Понятие сплошной среды, разреженного газа и свободномолекулярного течения. Число Кнудсена. Границы применимости гипотезы сплошности при полёте в атмосфере. Силы и процессы в газе. Элементы молекулярно-кинетической теории.

2. Кинематика сплошных сред

Системы координат в механике жидкости и газа. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета. Абсолютное и относительное движение.

Основные определения и свойства кинематических параметров движения: перемещения, траектории, линии тока, критические точки, тензор скоростей деформации и его инварианты, потенциал скорости, вектор вихря, циркуляция скорости.

3. Основные уравнения динамики жидкости и газа и термодинамики

Законы сохранения массы и импульса. Уравнение Клапейрона. Граничные условия. Многокомпонентные смеси. Уравнения диффузии. Работа сил давления и сил трения.

Закон сохранения энергии. Внутренняя энергия, энтальпия. Уравнение притока тепла (закон Фурье). Параметры состояния и процессы (в т.ч. адиабатический, изотермический, изобарический, изохорический).

Обратимые и необратимые процессы. Цикл Карно. Вторые законы термодинамики. Понятие энтропии и абсолютной температуры.

4. Модели движения жидких и газообразных сред

Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера для несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа. Теорема Томпсона и динамические свойства вихревых течений.

Модель вязкой теплопроводной жидкости. Уравнения Навье-Стокса. Начальные и граничные условия. Передача импульса и диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости.

5. Движение идеальной несжимаемой жидкости

Обтекание тела идеальной жидкостью. Парадокс Даламбера.

Плоские движения идеальной жидкости. Функция тока. Стационарное обтекание жидкостью цилиндра и крылового профиля. Формула Чаплыгина и теорема Жуковского. Понятие циркуляции скорости.

6. Движение сжимаемой жидкости. Элементы газовой динамики

Уравнения газовой динамики, характеристики, скорость звука, конус Маха. Метод характеристик. Течение Прандтля-Майера. Обтекание сверхзвуковым потоком клина и конуса. Линейная теория сверхзвуковых течений. Формула Аккерета.

Течения в соплах и газовых струях (основные принципы). Сопло Лавалья. Влияние подвода тепла. Истечение струи газа в затопленное пространство; в набегающий спутный поток. Коэффициенты нерасчетности, относительный импульс.

Природа ударных волн. Соотношения на скачке уплотнения в совершенном газе. Изменение энтропии и полного давления при переходе через скачок уплотнения. Простейшие примеры взаимодействия ударных волн. Условия на контактных разрывах.

Гиперзвуковое обтекание тонких затупленных тел с отошедшей ударной волной. Энтропийный эффект. Взрывная аналогия. Закон сопротивления Ньютона.

Влияние физико-химических процессов на течение газов с большими скоростями. Равновесные и неравновесные состояния при высоких температурах. Предельные режимы течений.

7. Движение вязкой жидкости. Теория пограничного слоя. Турбулентность

Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Течение вязкой жидкости в диффузоре (уравнение Фолкнера-Скэн).

Задача о движении сферы в вязкой жидкости в постановке Стокса.

Автомодельные задачи ламинарного пограничного слоя (пластина (конус), критическая точка). Соотношения для расчёта трения и теплового потока на стенке. Связь между трением и теплообменом. Влияние больших скоростей.

Явление и механизм отрыва пограничного слоя.

Возникновение турбулентности. Уравнения Рейнольдса. Турбулентный перенос импульса и тепла. Полуэмпирические теории турбулентности.

Ламинарно-турбулентный переход на твердой поверхности. Критическое число Рейнольдса. Профили турбулентной вязкости, турбулентного трения и кинетической энергии пульсаций скорости в пограничном слое. Приближение Буссинеска.

8. Аэродинамика летательных аппаратов

Аэродинамические характеристики летательных аппаратов. Главный вектор аэродинамических сил и момента, центр давления. Теория размерностей и подобия. Примеры зависимостей аэродинамических коэффициентов сил и моментов от числа Маха и угла атаки. Понятие устойчивости движения летательного аппарата.

Линейная теория обтекания тонкого профиля и крыла конечного размаха сверхзвуковым потоком. Индуктивное сопротивление.

Особенности обтекания тел при околосвуковых скоростях движения. Критическое число Маха. Явление гистерезиса.

9. Принципы моделирования

Основные законы физического моделирования и подобия. П-теорема. Критерии подобия: числа Маха, Эйлера, Фруда, Рейнольдса, Струхаля, Прандтля.

Методы и средства аэродинамического моделирования при проведении экспериментальных исследований в аэродинамических трубах. Типы аэродинамических труб. Экспериментальная база ЦНИИмаш (виды испытаний и основные режимы). Методы измерений газодинамических характеристик. Классификация погрешностей. Моделирование и основные методы измерения теплообмена.

10. Электромагнитные явления в газовой динамике

Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в пустоте. Взаимодействие электромагнитного поля с проводниками. Сила Лоренца. Закон сохранения полного заряда. Закон Ома. Вектор и уравнение Умова-Пойнтинга. Джоулево тепло. Уравнения импульса и притока тепла для проводящей среды.

Литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. 3-е изд. М.: Наука, 1986.
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. I, II. 5-е изд. М.: Наука, 1994.
3. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. т. 1, 2. //М.: Физматгиз, 1963.
4. Краснов Н.Ф. Аэродинамика. Ч. I, II. / М.: Высшая школа, 1980.
5. Чёрный Г.Г. Газовая динамика. М.: Наука, 1988.

6. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. //М.: Наука, 1973.
7. Лунев В.В. Течение реальных газов с большими скоростями. //М.: Физматлит, 2007.
8. Рахматулин Х.А., Сагомоян А.Я., Бунимович А.И., Зверев И.Н. Газовая динамика. Высшая школа, М., 1965.
9. Липницкий Ю.М., Красильников А.В., Покровский В.Н., Шманенков В.Н. Нестационарная аэродинамика баллистического полета. /М. Физматлит, 2003.
10. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. //М.: Иностранная литература, 1975.
11. Авдеевский В.С., Галицкий Б.М. и др. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике / Под ред. В.К. Кошкина. М.: Машиностроение, 1975.
12. Землянский Б.А., Лунёв В.В., Власов В.И. и др. Конвективный теплообмен летательных аппаратов. Под редакцией Б.А. Землянского. – М.: Физматлит. 2014, 380 с.
13. Дегтярь В.Г., Сон Э.Е. Гиперзвуковые летательные аппараты: В 2 томах. М.: Янус-К, 2018. Том 1. 984 с.

Критерии оценивания ответа на вступительном экзамене по специальности

«отлично» - знания глубокие, всесторонние. Ответ полный, без замечаний, продемонстрированы знания по специальной дисциплине. Логичное, последовательное изложение материала. Свободное владение и корректное использование терминов и понятий. Содержательность, смысловая и структурная завершенность высказываний. Соблюдение литературного языка, преобладание научного стиля изложения.

«хорошо» - знание материала в пределах программы. Ответ полный, с незначительными замечаниями. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа. Неточности в определении понятий, использование профессиональной терминологии не в полном объеме. Соблюдение норм литературного языка.

«удовлетворительно» - фрагментарные, поверхностные знания материала. Ответ не полный, с существенными замечаниями. Нарушение логики изложения. Плохое владение понятиями, редкое использование профессиональной терминологии. Слабое знакомство с рекомендованной литературой.

«неудовлетворительно» - незнание либо отрывочные представления материала. Ответ на поставленный вопрос не дан. Беспорядочное и неуверенное изложение материала. Затруднения в определении основных понятий, некорректное использование профессиональной терминологии. Неумение логически определенно и последовательно изложить ответ.