

## **ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА**

### **Приложение к рабочей программе по дисциплине Механика жидкости газа и плазмы, направленной на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов**

#### **1. Общие положения.**

Организация и проведение кандидатских экзаменов регламентируется Положением о подготовке научно-педагогических и научных кадров в системе послевузовского профессионального образования в Российской Федерации, утвержденным приказом Минобрнауки России от 27.03.98 №814 (зарегистрирован Минюстом России 05.08.98, рег. №1582), приказом Минобрнауки РФ от 08 октября 2007 г. N274 «Об утверждении программ кандидатских экзаменов».

Кандидатские экзамены являются составной частью аттестации научных и научно-педагогических кадров.

Результаты экзамена оцениваются как «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

#### **2. Цель кандидатского экзамена**

Цель экзамена - установить глубину профессиональных знаний соискателя ученой степени, уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе.

Сдача кандидатских экзаменов обязательна для присуждения ученой степени кандидата наук.

#### **3. Содержание программы**

##### **Вводные положения**

Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы. Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований.

##### **Кинематика сплошных сред**

Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред. Определения и свойства кинематических характеристик движения: перемещения, траектории, скорость, линии тока, критические точки, ускорение, тензор скоростей, вектор вихря, потенциал скорости, циркуляция скорости, установившееся и неустановившееся движение среды. Кинематические свойства вихрей.

##### **Основные понятия и уравнения динамики и термодинамики**

Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности. Поток диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей.

Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы. Законы сохранения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды. Дифференциальные уравнения движения и момента количества движения сплошной среды.

Вектор потока тепла. Дифференциальные уравнения энергии и притока тепла. Законы теплопроводности Фурье. Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др.

Обратимые и необратимые процессы. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура. Уравнения состояния.

### **Модели жидких и газообразных сред**

Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия.

Интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа. Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Возникновение вихрей.

Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье-Стокса. Полные системы уравнений для вязкой несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости.

### **Поверхности разрыва в течениях жидкости, газа и плазмы**

Поверхности слабых и сильных разрывов. Разрывы сплошности. Условия на поверхностях сильного разрыва в материальных средах и в электромагнитном поле. Тангенциальные разрывы и ударные волны.

### **Гидростатика**

Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил. Закон Архимеда. Равновесие и устойчивость плавающих тел и атмосферы.

### **Движение идеальной несжимаемой жидкости**

Общая теория непрерывных потенциальных движений несжимаемой жидкости. Свойства гармонических функций. Кинематическая задача о произвольном движении твердого тела в неограниченном объеме идеальной несжимаемой жидкости. Движение сферы в идеальной жидкости.

Силы воздействия идеальной жидкости на тело, движущееся в безграничной массе жидкости. Основы теории присоединенных масс. Парадокс Даламбера.

Плоские движения идеальной жидкости. Функция тока. Применение методов теории аналитических функций комплексного переменного для решения плоских задач гидродинамики и аэродинамики.

### **Движение вязкой жидкости. Теория пограничного слоя. Турбулентность**

Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Диффузия вихря.

Ламинарный пограничный слой. Задача Блазиуса. Явление отрыва пограничного слоя. Устойчивость пограничного слоя. Теплообмен с потоком на основе теории пограничного слоя.

Турбулентность. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Турбулентный перенос тепла и вещества. Полуэмпирические теории турбулентности. Профиль

скорости в пограничном слое. Логарифмический закон. Прямое численное решение уравнений гидромеханики при наличии турбулентности.

Свободная и вынужденная конвекция. Приближение Буссинеска. Линейная неустойчивость подогреваемого плоского слоя и порог возникновения конвекции.

#### **Движение сжимаемой жидкости. Газовая динамика**

Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука. Эффект Доплера. Конус Маха. Уравнения газовой динамики. Характеристики. Теория волн детонации и горения. Правило Жуге и его обоснование.

#### **Физическое подобие, моделирование**

Система определяющих параметров для выделенного класса явлений. Основные и производные единицы измерения. Формула размерностей. П-теорема. Примеры приложений. Определение физического подобия. Моделирование. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда, Рейнольдса, Струхала, Прандтля.

### **4. Перечень примерных вопросов**

1. Кинематика сплошной среды: компоненты ускорения частицы среды, дифференциальные уравнения линий тока.
  2. Потенциальное течение, потенциал скорости, ротор скорости.
  3. Закон сохранения массы и уравнение непрерывности.
  4. Деформация малого объема среды. Тензор деформации.
  5. Тензор скоростей деформации. Теорема Коши-Гельмгольца.
  6. Объемные и поверхностные силы. Уравнение количества движения для конечного объема сплошной среды.
  7. Дифференциальное уравнение движения идеальной жидкости.
  8. Тензор напряжения.
  9. Уравнения моментов импульса.
  10. Уравнение Эйлера в форме Громеки-Лэмба.
  11. Уравнение Навье-Стокса движения вязкой жидкости.
  12. Формы уравнения Навье-Стокса для плоских задач.
  13. Уравнение Навье-Стокса в цилиндрической системе координат.
- Течение в трубе.
14. Ламинарный пограничный слой.
  15. Уравнения пограничного слоя
  16. Уравнение Бернулли.
  17. Интеграл Коши-Лагранжа.
  18. Приведение уравнений динамики к безразмерному виду.
  19. Определяющие параметры явлений.  $\pi$  - теорема.
  20. Дифференциальное уравнение свободной конвекции.
  21. Теплопроводность в несжимаемой жидкости. Уравнение энергии.
  22. Теплопередача в пограничном слое. Нагревание тела в движущейся жидкости.
  23. Подобие в явлениях теплообмена.
  24. Основы численного решения дифференциальных уравнений движения методом конечных разностей.

25. Звуковые волны. Волновое уравнение.
26. Решение Даламбера волнового уравнения. Скорость звука.
27. Монохроматические волны.
28. Поток энергии в движущейся жидкости.
29. Поток импульса в среде.
30. Энергия и импульс звуковых волн.
31. Общие вопросы газодинамики. Конус Маха, число Маха.
32. Стационарный поток сжимаемого газа.
33. Поверхности разрыва.
34. Ударная адиабата.
35. Ударные волны слабой интенсивности.
36. Гидродинамика горения.
37. Воспламенение. Цепная и тепловая природа воспламенения.  
Самовоспламенение и зажигание.
38. Математическая постановка задачи в теории воспламенения.
39. Адиабатический тепловой взрыв и нестационарная теория теплового взрыва.
40. Стационарная теория теплового взрыва. Теория Семенова Н.Н..  
Решение уравнения теплового взрыва для плоского, цилиндрического и сферического реакционного сосудов.
41. Диффузионное горение газов. Теория Бурке-Шумана.
42. Горение заранее перемешанных горючих газовых смесей. Пределы воспламенения.
43. Нормальное распространение фронта пламени.
44. Диффузионно-тепловая устойчивость волны дефлаграции.
45. Тепловые автоколебания. Положительные и отрицательные обратные связи. «Поющее» пламя.
46. Теневые методы исследования структуры пламени.
47. Интерференционные методы исследования структуры пламени.
48. Термопарные методы исследования структуры пламени и процессов теплообмена.
49. Метод лазерно-индуцированной флуоресценции.
50. Метод обработки цифровых изображений потока.