

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича  
Сибирского отделения Российской академии наук**



Принято Ученым советом Института  
протокол № 8 от 19.09.2014

Директор ИТПМ СО РАН  
академик В.М. Фомин

**МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ**

Рабочая программа дисциплины

**Направление подготовки** аспирантов Института 01.06.01 – «Математика и механика»,

**Специальность:** 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»

**Квалификация выпускника**

Исследователь. Преподаватель - исследователь.

**Форма обучения** - очная

Новосибирск  
2014

## Содержание

Аннотация	3
1. Цели освоения дисциплины (курса)	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	3
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины	3
4. Структура и содержание дисциплины «Механика жидкости, газа и плазмы»	4
5. Образовательные технологии	7
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов	8
7. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков	8
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	9
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины	9
10. Банк контролирующих материалов	9

## Аннотация

Программа курса (дисциплины) «**Механика жидкости, газа и плазмы**» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 01.06.01 «математика и механика».

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

### 1. Цели освоения дисциплины (курса)

Дисциплина (курс) «**Механика жидкости газа и плазмы**» имеет своей целью дать аспирантам углубленные знания и методы решения задач, возникающих при изучении динамики сплошной среды. Выделены проблемы, имеющие первостепенное значение в работах, связанных с изучением течения как идеального, так и реальных газов. Особое внимание уделено описанию течения газа с доминирующим влиянием диссипативных эффектов, вызванных наличием у газа внутреннего трения – вязкости. В курсе выделены отдельные проблемы, иллюстрирующие влияние вязкости среды наиболее наглядно и дающие представление об основных методах решения задач, важных для практического использования. Изучение курса направлено на подготовку аспирантов к сдаче кандидатского экзамена по специальности **01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы»**.

### 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина относится к группе вариативных дисциплин Блока 1 направления подготовки аспирантов Института - 01.06.01 - "Математика и механика" в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС) по направленности - механика жидкости, газа и плазмы (физико-математические, технические науки).

Данный курс является базисом, на основе которого строится единая связанная структура динамической теории континуальной модели материи и основных уравнений механики сплошных сред. Он является составной частью обширного раздела механики сплошных сред – гидродинамики и газовой динамики.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

способность свободно владеть фундаментальными разделами математики и механики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач механики жидкости, газа и плазмы (ПК-1);

способность использовать знания современных проблем и новейших достижений механики жидкости газа и плазмы в своей научно-исследовательской деятельности (ПК-2);

способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области механики жидкости, газа и плазмы, а также решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (ПК-3).

способность и готовность применять на практике навыки написания и оформления

научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей в области механики жидкости, газа и плазмы (ПК-4)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** корректную постановку физической задачи динамики жидкости газа и плазмы (основные уравнения и граничные условия); свойства и модели жидкости и газов; основы кинематики и динамики жидкостей и газов; основы теории слоистых течений; основные понятия теории устойчивости, современные модели турбулентных течений; методики расчета сопротивления и нагрева тел в газовом потоке; физику формирования струйных течений и акустику; методологию, конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы в области механики жидкости газа и плазмы с использованием современных компьютерных технологий; особенности написания и оформления обзоров, докладов и статей в области механики жидкости, газа и плазмы;
- **Уметь:** использовать полученные теоретические знания при решении практических задач, относящихся к области механики жидкости газа и плазмы;
- **Владеть:** современными методами и подходами исследований в области механики жидкости газа и плазмы.

#### 4. Структура и содержание дисциплины «Механика жидкости, газа и плазмы»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов. Из них 56 часов лекции, 32 часа семинары, 36 часов кандидатский экзамен экзамена по специальности **01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы»**.

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)
		Всего	Аудиторные часы			Сам. работа в течение семестра	
			Лекции	Семинары	Лабораторные работы		
1	2	4	5	6	7	8	9
<b>3 семестр</b>							
1.	Разделы 4.1-4.6	88	28	16		44	
2.	Самостоятельная подготовка обучающегося к зачету	16				16	
3.	Зачет	4					4
Итого		108	28	16		60	4
<b>4 семестр</b>							
1.	Разделы 4.7-4.11	72	28	16		28	
2.	Самостоятельная подготовка обучающегося к экзамену	30				30	
3.	Экзамен	6					6
Итого		108	28	16		58	6

## **Краткое содержание разделов дисциплины**

### **4.1. 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. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа.

### **4.2. 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 деформации и его инварианты, вектор вихря, потенциал скорости, циркуляция скорости, установившееся и неустановившееся движение среды. Кинематические свойства вихрей.

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

Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости. Многокомпонентные смеси. Потоки 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. Работа внутренних поверхностных сил. Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах. Понятие о параметрах состояния, пространстве состояний, процессах и циклах. Закон сохранения энергии, внутренняя энергия. Уравнение притока тепла. 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. Некомпенсированное тепло и производство энтропии. Неравенство диссипации, тождество Гиббса. Диссипативная функция. Основные макроскопические механизмы диссипации. Понятие о принципе Онзагера. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.

### **4.4. 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. Явление кавитации. Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Возникновение вихрей. Теорема Бьеркнеса. 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. Применение интегральных соотношений к конечным объемам среды при установившемся движении. Теория реактивной тяги и теория идеального пропеллера.

#### **4.5. 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.

#### **4.6. Гидростатика**

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

#### **4.7. Движение идеальной несжимаемой жидкости**

Общая теория непрерывных потенциальных движений несжимаемой жидкости. Свойства гармонических функций. Многозначность потенциала в многосвязных областях. 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. 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. Стационарное обтекание жидкостью цилиндра и профиля. Формулы Чаплыгина и теорема Жуковского. Правило Жуковского и Чаплыгина определения циркуляции вокруг крыльев с острой задней кромкой. Нестационарное обтекание профилей. Плоские задачи о струйных течениях жидкости. Обтекание тел с отрывом струй. Схемы Кирхгофа, Эфроса и др.

Определение поля скоростей по заданным вихрям и источникам. Формулы Био-Савара. Прямолинейный и кольцевой вихри. Законы распределения давлений, силы, обуславливающие вынужденное движение прямолинейных вихрей в плоском потоке. 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. Гармонические волны. Фазовая и групповая скорость. Дисперсия волн. Перенос энергии прогрессивными волнами. Теория мелкой воды. Уравнения Буссинеска и Кортвега-де-Вриза. Нелинейные волны. Солитон.

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

Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Течение вязкой жидкости в диффузоре. Диффузия вихря. Приближения Стокса и Озеена. Задача о движении сферы в вязкой жидкости в постановке Стокса.

Ламинарный пограничный слой. Задача Блазиуса. Интегральные соотношения и основанные на их использовании приближенные методы в теории ламинарного пограничного слоя. 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. Понятие о странном аттракторе. Движение жидкости и газа в пористой среде. Закон Дарси. Система дифференциальных уравнений подземной гидрогазодинамики. Неустановившаяся фильтрация газа. Примеры точных автомодельных решений.

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

Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука.

Запаздывающие потенциалы. Эффект Доплера. Конус Маха. Уравнения газовой динамики. Характеристики.

Влияние сжимаемости на форму трубок тока при установившемся движении. Элементарная теория сопла Лаваля. Одномерные неустановившиеся движения газов с плоскими, цилиндрическими и сферическими волнами. Автомодельные движения и классы соответствующих задач. Задачи о поршне и о сильном взрыве в газе.

Волны Римана. Эффект опрокидывания волн. Адиабата Гюгонио. Теорема Цемплена. Эволюционные и неэволюционные разрывы. Теория волн детонации и горения. Правило Жуге и его обоснование. Задача о структуре сильного разрыва. Качественное описание решения задачи о распаде произвольного разрыва. Плоские стационарные сверхзвуковые течения газа. Метод характеристик. Течение Прандтля-Майера. Косой скачок уплотнения. Обтекание сверхзвуковым потоком газа клина и конуса. Понятие об обтекании тел газом с отошедшей ударной волной. Линейная теория обтекания тонких профилей и тел вращения. Течения с гиперзвуковыми скоростями. Закон сопротивления Ньютона.

#### **4.10. Электромагнитные явления в жидкостях**

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

Уравнения магнитной гидродинамики. Условия вмороженности магнитного поля в среду. Понятие о поляризации и намагничивании жидкостей.

#### **4.11. 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.

### **5. Образовательные технологии**

В учебном процессе широко используются активных и интерактивных формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Демонстрация основных физических явлений проводится на действующих аэродинамических установках, таких как аэродинамические трубы ИТПМ СО РАН Т-327, Т-325, Т-324, Т-326, Т-313, АТ-303, ИТ-302, на моделях летательных аппаратов и их элементов. В процессе обучения используются серии видеофильмов по авиационной тематике, плакаты, видео-презентации. Аспиранты привлекаются к семинарам института, в том числе к интерактивному видео-семинару по аэрогидромеханике (фундаментальные исследования) ЦАГИ-ИТПМ-СПбГПУ-НИИМех МГУ.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.**

Самостоятельная работа аспирантов поддерживается рекомендованными учебными пособиями. Система контроля включает текущий (по ходу семестра) контроль освоения практического материала, зачет в конце третьего семестра. Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем проведения контрольных работ и приема обязательных заданий.

Окончательная оценка работы аспиранта происходит на кандидатском экзамене. Экзамен проводится в конце четвертого семестра, по билетам, в устной форме.

## **7. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков**

Зачет в конце третьего семестра проходит по билетам в устной форме. Во время экзамена обучающийся тянет билет, содержащий вопрос из материала, пройденного в третьем семестре (см. вопросы к экзамену и зачету, вопросы 1-15).

Критерии оценки знаний на зачете:

**«зачет»** заслуживает аспирант, показавший на зачете основного материала первой части дисциплины, знакомый с основной литературой, предусмотренной программой, демонстрирующий основные знания, умения и владения;

**«незачет»** выставляется студенту, не усвоившему основной программный материал первой части дисциплины, допустивший принципиальные ошибки при ответе.

Окончательная оценка работы аспиранта происходит на кандидатском экзамене. Экзамен проводится в конце четвертого семестра по билетам, в устной форме. Во время экзамена обучающийся тянет билет, содержащий два вопроса из разных разделов дисциплины (см. вопросы к экзамену и зачету, первый - из вопросов 1-15, второй - из вопросов 15-30). Время подготовки к ответу – 1 час.

Критерии оценки знаний на кандидатском экзамене:

**«отлично»** заслуживает аспирант, показавший при ответе на экзамене всесторонние и глубокие знания материала дисциплины, в полном объеме, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, свободно владеющий профессиональной терминологией, в полном объеме демонстрирующий необходимые знания, умения и владения;

**«хорошо»** заслуживает аспирант, показавший при ответе полное знание программы материала дисциплины, использовавший при ответе материал основной литературы, правильно пользующийся терминологией, тщательно обдумывающий содержание излагаемого материала, демонстрирующий необходимые знания и умения;

**«удовлетворительно»** заслуживает аспирант, показавший на экзамене знание основного материала дисциплины, знакомый с основной литературой, предусмотренной программой, однако, при ответе допустивший неточности в использовании терминологией;

**«неудовлетворительно»** выставляется аспиранту, не усвоившему основной программный материал дисциплины, допустивший принципиальные ошибки при ответе.

Освоение компетенций оценивается по двухбалльной шкале «сформирована / не сформирована». Положительная оценка (выше) удовлетворительно по дисциплине



выставляется в том случае, если заявленные компетенции сформированы в полном объеме в части, относящейся к содержанию дисциплины.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) Основная литература**

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. 6-е изд. М.: Наука, 2006.

### **б) Дополнительная литература**

1. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. Ч. I, II. М.: Физматгиз, 1963.
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. I, II. 5-е изд. М.: Наука, 1994.
3. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. 10-е изд. М.: Наука, 1987.
4. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. 5-е изд. М.: Наука, 1978.
5. Черный Г.Г. Газовая динамика. М.: Наука, 1988.
6. Куликовский А.Г., Любимов Г.А. Магнитная гидродинамика. М.: Физматгиз, 1962.
7. Слезкин Н.А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М.: Гос. изд-во физ.-тех. лит-ры, 1955.
8. Прандтль Л. Гидроаэромеханика. РХД, 2000.
9. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука, 1974.
10. Седов Л.И. Плоские задачи гидродинамики и аэродинамики. 3-е изд. М.: Наука, 1980.
11. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. М.: Наука, 1976.
12. Механика сплошных сред в задачах. Т. 1, 2 / Г.Я. Галин, А.Н. Голубятников, Я.А.
13. Каменярж и др. М.: Московский лицей, 1996.
14. Чарный И.А. Подземная гидрогазодинамика. М.: Гостоптехиздат, 1963.
15. Липанов А.М., Кисаров Ю.Р., Ключников И.Г. Численный эксперимент в классической гидромеханике турбулентных потоков. Екатеринбург: Изд-во Ур. ОРАН, 2001.
16. Гершуни Г.З., Жуховицкий Е.М. Конвективная неустойчивость несжимаемой жидкости. М.: Наука, 1972.
17. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны. М.: Мир, 1977.

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- аудиторный фонд ИТПМ СО РАН,
- рабочее место с выходом в Интернет,
- библиотечный фонд ИТПМ СО РАН.

## **10. Банк контролирующих материалов**

Список вопросов, предлагаемых на кандидатском экзамене и зачете:

1. Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы.
2. Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа.
3. Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике.
4. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред.

5. Определения и свойства кинематических характеристик движения: перемещения, траектории, скорость, линии тока, критические точки, ускорение, тензор скоростей деформации и его инварианты, вектор вихря, потенциал скорости, циркуляция скорости, установившееся и неустановившееся движение среды. Кинематические свойства вихрей.
6. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости. Многокомпонентные смеси. Потoki диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей. Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы.
7. Законы сохранения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды. Дифференциальные уравнения движения и момента количества движения сплошной среды. Работа внутренних поверхностных сил. Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах. Понятие о параметрах состояния, пространстве состояний, процессах и циклах.
8. Закон сохранения энергии, внутренняя энергия. Уравнение притока тепла. Вектор потока тепла. Дифференциальные уравнения энергии и притока тепла. Законы теплопроводности Фурье.
9. Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др. Обратимые и необратимые процессы. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура.
10. Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа. Явление кавитации.
11. Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Возникновение вихрей. Теорема Бьеркнеса.
12. 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.
13. Применение интегральных соотношений к конечным объемам среды при установившемся движении. Теория реактивной тяги и теория идеального пропеллера.
14. Поверхности слабых и сильных разрывов. Разрывы сплошности. Условия на поверхностях сильного разрыва в материальных средах и в электромагнитном поле. Тангенциальные разрывы и ударные волны.
15. Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил. Закон Архимеда. Равновесие и устойчивость плавающих тел и атмосферы.
16. 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. Движение сферы в идеальной жидкости. Силы воздействия идеальной жидкости на тело, движущееся в безграничной массе жидкости. Основы теории присоединенных масс. Парадокс Даламбера.
17. Плоские движения идеальной жидкости. Функция тока. Применение методов теории аналитических функций комплексного переменного для решения плоских задач гидродинамики и аэродинамики. Стационарное обтекание жидкостью цилиндра и профиля. Формулы Чаплыгина и теорема Жуковского. Правило Жуковского и Чаплыгина определения циркуляции вокруг крыльев с острой задней кромкой. Нестационарное обтекание профилей. Плоские задачи о струйных течениях жидкости. Обтекание тел с отрывом струй. Схемы Кирхгофа, Эфроса и др.
18. Определение поля скоростей по заданным вихрям и источникам. Формулы Био-Савара. Прямолинейный и кольцевой вихри. Законы распределения давлений, силы, обуславливающие вынужденное движение прямолинейных вихрей в плоском потоке. Постановка задачи и основные результаты теории крыла конечного размаха. Несущая линия и несущая поверхность.
19. Постановка задачи Коши-Пуассона о волнах на поверхности тяжелой несжимаемой жидкости. Гармонические волны. Фазовая и групповая скорость. Дисперсия волн. Перенос

- энергии прогрессивными волнами. Теория мелкой воды. Уравнения Буссинеска и Кортвега-де-Вриза. Нелинейные волны. Солитон.
20. Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Течение вязкой жидкости в диффузоре. Диффузия вихря. Приближения Стокса и Озеена. Задача о движении сферы в вязкой жидкости в постановке Стокса.
  21. Ламинарный пограничный слой. Задача Блазиуса. Интегральные соотношения и основанные на их использовании приближенные методы в теории ламинарного пограничного слоя. Явление отрыва пограничного слоя. Устойчивость пограничного слоя. Теплообмен с потоком на основе теории пограничного слоя.
  22. 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.
  23. Свободная и вынужденная конвекция. Приближение Буссинеска. Линейная неустойчивость подогреваемого плоского слоя и порог возникновения конвекции. Понятие о странном аттракторе. Движение жидкости и газа в пористой среде. Закон Дарси. Система дифференциальных уравнений подземной гидрогазодинамики. Неустановившаяся фильтрация газа. Примеры точных автомодельных решений.
  24. Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука. Запаздывающие потенциалы. Эффект Допплера. Конус Маха.
  25. Уравнения газовой динамики. Характеристики. Влияние сжимаемости на форму трубок тока при установившемся движении. Элементарная теория сопла Лаваля. Одномерные неустановившиеся движения газов с плоскими, цилиндрическими и сферическими волнами. Автомодельные движения и классы соответствующих задач. Задачи о поршне и о сильном взрыве в газе.
  26. Волны Римана. Эффект опрокидывания волн. Адиабата Гюгонио. Теорема Цемплена. Эволюционные и неэволюционные разрывы. Теория волн детонации и горения. Правило Жуге и его обоснование. Задача о структуре сильного разрыва. Качественное описание решения задачи о распаде произвольного разрыва.
  27. Плоские стационарные сверхзвуковые течения газа. Метод характеристик. Течение Прандтля-Майера. Косой скачок уплотнения. Обтекание сверхзвуковым потоком газа клина и конуса. Понятие об обтекании тел газом с отошедшей ударной волной. Линейная теория обтекания тонких профилей и тел вращения. Течения с гиперзвуковыми скоростями. Закон сопротивления Ньютона.
  28. Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в пустоте. Взаимодействие электромагнитного поля с проводниками. Сила Лоренца. Закон сохранения полного заряда. Закон Ома. Среды с идеальной проводимостью. Вектор и уравнение Умова—Пойнтинга. Джоулево тепло. Уравнения импульса и притока тепла для проводящей среды.
  29. Уравнения магнитной гидродинамики. Условия замороженности магнитного поля в среде. Понятие о поляризации и намагничивании жидкостей.
  30. 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.

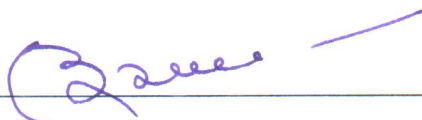
**Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:**

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ;

2. Приказ Министерства образования и науки РФ от 19.11.2013 года № 1259 «Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;

3. Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования по направлениям подготовки кадров высшей квалификации: 01.06.01 - «Математика и механика» - приказ Минобрнауки России от 30.07.2014 г. № 866.

Разработчик: академик РАН \_\_\_\_\_



В.М. Фомин