



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ  
ИМЕНИ ГЛАВНОГО МАРШАЛА АВИАЦИИ А.А. НОВИКОВА»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по научной и инновационной работе

Г.А.Костин

«29» мая 2025 года



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ**

Научная специальность

1.1.9. МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ

Уровень образования

**ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ – ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ  
КВАЛИФИКАЦИИ**

Форма обучения

**ОЧНАЯ**

Санкт-Петербург  
2025

## **1 Цели освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Механика жидкости, газа и плазмы» является формирование у обучающихся профессиональных компетенций, обеспечивающих высокий уровень теоретической и профессиональной подготовки, знаний общих концепций и методологических вопросов механики сплошных сред и умения применять полученные знания для решения исследовательских и прикладных задач.

Задачами освоения дисциплины являются:

- получение знаний в области законов механики сплошных сред;
- освоение умений применения методов, используемых в механике сплошных сред;
- получение навыков разработки моделей механики сплошной среды.

Дисциплина обеспечивает подготовку выпускника к научно-исследовательскому виду профессиональной деятельности.

## **2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина «Механика жидкости, газа и плазмы» представляет собой дисциплину, относящуюся к образовательному компоненту программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Дисциплина «Механика жидкости, газа и плазмы» базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплин «Задачи со свободными границами», «Аэродинамика и теплообмен летательных аппаратов».

Дисциплина «Механика жидкости, газа и плазмы» является обеспечивающей для прохождения «Педагогической практики», проведения «Научной деятельности аспиранта, направленной на подготовку диссертации на соискание ученой степени кандидата наук к защите», прохождения итоговой аттестации.

Освоение данной дисциплины обеспечивает возможность активного участия в международных образовательных программах, конференциях, симпозиумах, чтение специальной литературы и др.

Дисциплина изучается в 4,5 и 6 семестрах.

## **3 Планируемые результаты изучения дисциплины**

### **➤ Знать:**

- набор исходных данных, постановку задачи и граничные условия описания параметров потоков движущихся сред в широком диапазоне условий;
- виды экспериментальных исследований течений и их взаимодействия с телами.

### **➤ Уметь:**

- разрабатывать математические модели для описания параметров потоков движущихся сред;
- интерпретировать результаты экспериментальных исследований течений и их взаимодействия с телами.

➤ *Владеть:*

- навыками исследования математических моделей для описания параметров потоков движущихся сред;
- навыками проведения экспериментальных исследований для решения исследовательских и прикладных задач в рамках диссертационного исследования.

#### 4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 12 зачетных единиц.

| Наименование                                                    | Всего часов | Сем 4     | Сем5      | Сем 6     |
|-----------------------------------------------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| Общая трудоемкость дисциплины                                   | 432         | 108       | 144       | 180       |
| Контактная работа, всего<br><i>в том числе:</i>                 | 72          | 24        | 36        | 36        |
| лекции                                                          | 48          | 12        | 18        | 18        |
| практические занятия                                            | 48          | 12        | 18        | 18        |
| Самостоятельная работа обучающегося                             | 192         | 48        | 72        | 72        |
| <i>Промежуточная аттестация</i>                                 | <i>144</i>  | <i>36</i> | <i>36</i> | <i>72</i> |
| контактная работа                                               | 3,1         | 0,3       | 0,3       | 2,5       |
| контроль                                                        | 50,9        | 8,7       | 8,7       | 33,5      |
| самостоятельная работа по подготовке к промежуточной аттестации | 90          | 27        | 27        | 36        |

#### 5 Содержание дисциплины

##### 5.1 Темы дисциплины и виды занятий

| Наименование темы (раздела) дисциплины                                     | Л  | ПЗ | СРС | Зачет / экзамен | Всего часов |
|----------------------------------------------------------------------------|----|----|-----|-----------------|-------------|
| 4 семестр                                                                  |    |    |     |                 |             |
| Тема 1. Вводные положения                                                  | 4  | 4  | 16  |                 | 24          |
| Тема 2. Кинематика сплошных сред                                           | 4  | 4  | 16  |                 | 24          |
| Тема 3. Основные понятия и уравнения динамики                              | 4  | 4  | 16  |                 | 24          |
| Промежуточная аттестация                                                   |    |    | 27  | 9               | 36          |
| Итого за семестр                                                           | 12 | 12 | 75  | 9               | 108         |
| 5 семестр                                                                  |    |    |     |                 |             |
| Тема 4. Модели жидких и газообразных сред                                  | 4  | 4  | 18  |                 | 26          |
| Тема 5. Поверхности разрыва в течениях жидкости, газа и плазмы             | 4  | 4  | 18  |                 | 26          |
| Тема 6. Гидростатика                                                       | 6  | 6  | 18  |                 | 30          |
| Тема 7. Движение идеальной несжимаемой жидкости                            | 4  | 4  | 18  |                 | 26          |
| Промежуточная аттестация                                                   |    |    | 27  | 9               | 36          |
| Итого за семестр                                                           | 18 | 18 | 99  | 9               | 144         |
| 6 семестр                                                                  |    |    |     |                 |             |
| Тема 8. Движение вязкой жидкости. Теория пограничного слоя. Турбулентность | 4  | 4  | 18  |                 | 24          |
| Тема 9. Движение сжимаемой жидкости. Газовая динамика                      | 4  | 4  | 18  |                 | 24          |
| Тема 10. Электромагнитные явления в жидкостях                              | 4  | 4  | 18  |                 | 24          |
| Тема 11. Физическое подобие, моделирование                                 | 4  | 4  | 18  |                 | 24          |
| Промежуточная аттестация                                                   |    |    | 36  | 36              | 72          |
| Итого за семестр                                                           | 18 | 18 | 108 | 36              | 144         |
| Итого по дисциплине                                                        | 48 | 48 | 282 | 54              | 432         |

## 5.2 Содержание дисциплины

### Тема 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.

### Тема 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.

### **Тема 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. 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.

### **Тема 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.

### **Тема 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.

### **Тема 6. Гидростатика**

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

### **Тема 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 Кортевега-де-Вриза. Нелинейные волны. Солитон.

## **Тема 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 автомобильных решений.

## **Тема 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 Лавала.

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 не эволюционные 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.

### **Тема 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.

### **Тема 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.

#### **5.3 Практические занятия**

| Номер темы дисциплины | Тематика практических занятий                                                                       | Трудоемкость (часы) |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Семестр 4             |                                                                                                     |                     |
| 1                     | Практическое занятие 1. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа.            | 4                   |
| 2                     | Практическое занятие 2. Свойства кинематических характеристик движения.                             | 4                   |
| 3                     | Практическое занятие 3. Основные и уравнения динамики и термодинамики                               | 4                   |
| Итого за семестр      |                                                                                                     | 12                  |
| Семестр 5             |                                                                                                     |                     |
| 4                     | Практическое занятие 4. Модели жидких и газообразных сред                                           | 4                   |
| 5                     | Практическое занятие 5. Поверхности слабых и сильных разрывов                                       | 4                   |
| 6                     | Практическое занятие 1. Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил                | 6                   |
| 7                     | Практическое занятие 2. Плоские задачи о струйных течениях жидкости                                 | 4                   |
| Итого за семестр      |                                                                                                     | 18                  |
| Семестр 6             |                                                                                                     |                     |
| 8                     | Практическое занятие 3. Турбулентность. Уравнения Рейнольдса. Турбулентный перенос тепла и вещества | 4                   |

| Номер темы дисциплины | Тематика практических занятий                                                                                      | Трудо-емкость (часы) |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 9                     | Практическое занятие 4. Уравнения газовой динамики. Плоские стационарные сверхзвуковые течения газа.               | 4                    |
| 10                    | Практическое занятие 5. Электромагнитные явления в жидкостях.                                                      | 6                    |
| 11                    | Практическое занятие 6. Моделирование. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда. Рейнольдса, Струхала, Прандтля | 4                    |
| Итого за семестр      |                                                                                                                    | 18                   |
| Итого по дисциплине   |                                                                                                                    | 48                   |

#### 5.4 Самостоятельная работа

| Номер темы дисциплины | Виды самостоятельной работы                                                                                                                             | Трудо-емкость (часы) |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1                     | Изучение, повторение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка доклада [2, 5]                            | 16                   |
| 2                     | Изучение, повторение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка доклада [1, 2, 5, 12]                     | 16                   |
| 3                     | Изучение, повторение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка доклада, подготовка к коллоквиуму [2, 12] | 16                   |
| 4                     | Изучение, повторение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка доклада [1, 2, 4, 9]                      | 18                   |
| 5                     | Изучение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка доклада [1, 2, 12]                                    | 18                   |
| 6                     | Изучение, повторение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка доклада [1, 2]                            | 18                   |
| 7                     | Изучение, повторение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка доклада [1, 2, 4, 5, 11]                  | 18                   |
| 8                     | Изучение, повторение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка доклада [1, 2, 4, 5, 8-10]                | 18                   |

| Номер темы дисциплины | Виды самостоятельной работы                                                                                                        | Трудо-емкость (часы) |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 9                     | Изучение, повторение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка доклада [1-4, 6, 12] | 18                   |
| 10                    | Изучение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка доклада [2, 7, 12]               | 18                   |
| 11                    | Изучение, повторение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка доклада [3, 5]       | 18                   |
| Итого по дисциплине   |                                                                                                                                    | 192                  |

## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Седов, Л.И. **Механика сплошной среды Т.1** [Текст] / Л. И. Седов. - М. : Наука, 1976. - 535с. - 1 экз.
2. Седов, Л.И. **Механика сплошной среды Т.2** [Текст] / Л. И. Седов. - М. : Наука, 1970. - 576с. - 1 экз.
3. Седов, Л.И. **Методы подобия и размерности в механике** : учебное пособие [Текст] /И.Л. Седов. - Москва: Наука, 1977. 438 с. - 1 экз.
4. Лойцянский, Л.Г. **Механика жидкости и газа** [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Г. Лойцянский. - Электрон. дан. - Москва: Наука, 1987. - 284 с. - Режим доступа: [http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o\\_26853](http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_26853) (дата обращения: 15.01.2025).

### б) дополнительная литература:

5. Абрамович Г.Н. **Прикладная газовая динамика**: Учебник [Текст] / Г. Н. Абрамович. - Изд.4-е,перераб. - М. : Наука, 1976. - 888с. - 2 экз.
6. Черный, Г.Г. **Газовая динамика** [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.Г. Черный. - Электрон. дан. - Москва: Наука, 1988. - 284 с. - Режим доступа: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Cherny1988ru.djvu> (дата обращения: 15.01.2023).
7. Гешев, П. И. **Гидродинамика** : учебник для вузов / П. И. Гешев. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 173 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20183-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/569214> (дата обращения: 27.06.2025).
8. Слезкин, Н.А. **Динамика вязкой несжимаемой жидкости** [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Слезкин. - Электрон. дан. - Москва: Гос. изд.-во физ.-тех. лит-ры, 1955. - 284 с. - Режим доступа:

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Slezkin1955ru.djvu> (дата обращения: 15.01.2023).

9. Прандтль, Л. **Гидроаэромеханика** [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. Прандтль. - Электрон. дан. - Москва: РХД, 2000. - 556 с. - Режим доступа: [http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o\\_18598](http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_18598) (дата обращения: 15.01.2023).

10. Шлихтинг, Г. **Теория пограничного слоя** [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г. Шлихтинг. - Электрон. дан. - Москва: Наука, 1974. - 284 с. - Режим доступа: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Schlichting1974ru.djvu> (дата обращения: 15.01.2023).

в) перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

11. **Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ»** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.intuit.ru/> свободный (дата обращения: 15.01.2025).

12. **Международный научно-образовательный сайт EqWorld** [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm> свободный (дата обращения: 15.01.2025).

г) программное обеспечение (лицензионное), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

13. **Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU»** [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://elibrary.ru> свободный (дата обращения: 15.01.2021).

14. **Электронная библиотека РФФИ** [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> свободный (дата обращения: 15.01.2023).

15. **Электронная библиотека «ЮРАЙТ»** [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://biblio-online.ru> свободный (дата обращения: 15.01.2023).

16. **Электронно-библиотечная система издательства «Лань»** [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://e.lanbook.com> свободный (дата обращения: 15.01.2023).

17. **Официальный сервис публикации научных статей в базе данных Scopus** [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.scopus.su/?yclid=3951429372313358209> свободный (дата обращения: 15.01.2023).

18. **Официальный сервис публикации научных статей в базе данных WoS(ESCI)** [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://apps.webofknowledge.com/> свободный (дата обращения: 15.01.2023).

## **7 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

|                                         |                                                                                                                                               |                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ауд. 800<br>«Компьютерный<br>класс № 1» | Компьютерные столы - 12 шт.,<br>стулья - 12 шт., 12 персональных компьютеров, с доступом в сеть Интернет, учебная доска, экран для проектора. | Kaspersky Anti-Virus Suite (лицензия № 1D0A170720092603110550)<br>Microsoft Windows Office Professional Plus 2007 (лицензия № 43471843) |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Информационно-справочные и материальные ресурсы библиотеки СПбГУ ГА.

## 8 Образовательные и информационные технологии

В структуре дисциплины в рамках реализации компетентностного подхода в учебном процессе используются следующие образовательные технологии: лекции (Л), практические занятия (ПЗ), самостоятельная работа обучающегося (СРС).

*Лекция:* предназначена для предоставления информации обучающимся по теоретическим вопросам, является главным звеном дидактического цикла обучения. Её цель – формирование ориентировочной основы для последующего усвоения материала методом самостоятельной работы.

*Практические занятия:* проводятся в целях: выработки практических умений и приобретения навыков обучающегося, в рамках дисциплины. Цель практических занятий – закрепить отдельные аспекты проблемы в дополнение к лекционному материалу, обучить грамотно и аргументировано излагать свои мысли. На практических занятиях проводятся опросы, коллоквиумы. На практических занятиях заслушиваются доклады обучающихся по выбранным ранее темам. Коллоквиум, позволяет вовлечь обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса (проблемы). Формируется умение аргументировать собственную точку зрения. Также является средством контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.

*Самостоятельная работа:* имеет целью закрепление и углубление полученных знаний, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение заданий, подготовку к предстоящему экзамену. Она предусматривает, как правило, самостоятельное изучение отдельных тем, выполнение заданий в соответствии с учебной программой изучения дисциплины. Основной целью самостоятельной работы является обучение навыкам работы с научно-теоретической литературой и практическими материалами, которые необходимы для углубленного изучения дисциплины. Самостоятельная работа проводится для того, чтобы обучающийся умел самостоятельно изучать, анализировать, перерабатывать и излагать изученный материал.

В процессе реализации образовательной программы при осуществлении образовательного процесса по дисциплине применяются следующие информационные технологии:

1. презентационные материалы (слайды по отдельным темам лекционных и практических занятий);

2. доступ в режиме online в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
3. доступ в электронную информационно-образовательной среду университета.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу и систематический контроль хода этой работой.

## **9 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **9.1 Содержание фонда оценочных средств**

Образовательные технологии и оценочные средства текущего контроля: доклад, устный опрос, коллоквиум. Для оценки этих видов работ используется 5-бальная система

*Доклад.* Оценка при выполнении данного вида работы:

«отлично» – содержание доклада соответствует заявленной в названии тематике; оформлен в соответствии с общими требованиями написания и техническими требованиями оформления доклада; текст структурно выдержан, написан самостоятельно и понятно, материал изложен логично и аргументировано, присутствуют выводы, выступление не является «читкой с листа», обозначены дискуссионные вопросы, в ходе беседы отвечает на вопросы; корректно оформлены и в полном объёме представлены список использованной литературы и ссылки на использованную литературу в тексте доклада; отсутствуют орфографические, пунктуационные, грамматические, лексические, стилистические и иные ошибки в авторском тексте; доклад представляет собой самостоятельное исследование, представлен качественный анализ найденного материала, отсутствуют факты плагиата;

«хорошо» – содержание доклада соответствует заявленной в названии тематике; доклад оформлен в соответствии с общими требованиями написания доклада, но есть погрешности в техническом оформлении; имеет чёткую композицию и структуру; в тексте доклада отсутствуют логические нарушения в представлении материала; в полном объёме представлены список использованной литературы, но есть ошибки в оформлении; корректно оформлены и в полном объёме представлены ссылки на использованную литературу в тексте доклада; отсутствуют орфографические, пунктуационные, грамматические, лексические, стилистические и иные ошибки в авторском тексте; доклад представляет собой самостоятельное исследование, представлен качественный анализ найденного материала, отсутствуют факты плагиата;

«удовлетворительно» – содержание доклада соответствует заявленной в названии тематике; в целом доклад оформлен в соответствии с общими требованиями написания доклада, но есть погрешности в техническом оформлении; в целом доклад имеет чёткую композицию и структуру, но в тексте доклада есть логические нарушения в представлении материала; в полном объёме представлен список использованной литературы, но есть

ошибки в оформлении; некорректно оформлены или не в полном объёме представлены ссылки на использованную литературу в тексте доклада; есть единичные орфографические, пунктуационные, грамматические, лексические, стилистические и иные ошибки в авторском тексте; в целом доклад представляет собой самостоятельное исследование, представлен анализ найденного материала, отсутствуют факты плагиата;

«неудовлетворительно» – содержание доклада соответствует заявленной в названии тематике; в докладе отмечены нарушения общих требований написания; есть погрешности в техническом оформлении; в целом доклад имеет чёткую композицию и структуру, но в тексте доклада есть логические нарушения в представлении материала; в полном объёме представлен список использованной литературы, но есть ошибки в оформлении; некорректно оформлены или не в полном объёме представлены ссылки на использованную литературу в тексте доклада; есть частые орфографические, пунктуационные, грамматические, лексические, стилистические и иные ошибки в авторском тексте; доклад не представляет собой самостоятельного исследования, отсутствует анализ найденного материала, текст доклада представляет собой непереработанный текст другого автора (других авторов).

При оценивании доклада на неудовлетворительно он должен быть переделан в соответствии с полученными замечаниями и сдан на проверку заново не позднее срока окончания приёма докладов. Обучающийся имеет право с разрешения преподавателя доработать доклад, исправить замечания и вновь сдать доклад на проверку.

#### *Устный опрос:*

- «зачтено» в том случае, если обучающийся четко и ясно, по существу дает ответ на поставленный вопрос, или же не сразу дал верный ответ, но смог дать его правильно при помощи ответов на наводящие вопросы.

- «не зачтено» в том случае, если обучающийся затрудняется отвечать на поставленные вопросы, дает не полный ответ при наводящих вопросах, отказывается отвечать на поставленный вопрос, либо отвечает на него неверно и при формулировании дополнительных (вспомогательных) вопросов.

#### *Коллоквиум.*

«зачтено», если обучающийся участвует в обсуждении теоретических вопросов, требуемые для занятий материалы (учебная литература, конспекты и проч.) в наличии.

«не зачтено», если обучающийся отказывается от участия в обсуждении теоретических вопросов, требуемые для занятий материалы (учебная литература, конспекты и проч.) отсутствуют.

Сроки промежуточной аттестации определяются графиком учебного процесса.

## **9.2 Контрольные вопросы для проведения входного контроля знаний**

1. Объект, предмет и задачи педагогики высшей школы.
2. Сущность, движущие силы, противоречия и логика образовательного процесса в вузе.
3. Учебные планы, их виды. Учебные программы и их функции. Виды, принципы построения и структура учебных программ.
4. Учебники и учебные пособия. Функции и структура учебников. Требования к вузовским учебникам.
5. Закономерности обучения. Классификация закономерностей обучения.
6. Принципы обучения, их классификация и краткая характеристика.
7. Характеристика процесса обучения как целостной системы.
8. Функции обучения и их единство.
9. Двусторонний и личностный характер обучения.
10. Учение как познавательная деятельность студентов в целостном процессе обучения.
11. Сущность и принципы программированного обучения.
12. Сущность и специфика проблемного обучения.
13. Технологии традиционного обучения.
14. Компьютерные и игровые технологии.
15. Технологии модульного обучения.
16. Реализация образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.
17. Формы получения образования и формы обучения.
18. Научно-методическое и ресурсное обеспечение системы образования.

## **9.3 Шкала оценивания**

*Отлично.* выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания по рассматриваемой компетенции и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных

задач, свободное и правильное обоснование принятых решений. Отвечая на вопрос, может быстро и безошибочно проиллюстрировать ответ собственными примерами

*Хорошо:* выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности; Хорошо владеет всем содержанием, видит взаимосвязи, но не всегда делает это самостоятельно без помощи преподавателя

*Удовлетворительно:* выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы в рамках заданной компетенции, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации. Отвечает только на конкретный вопрос, соединяет знания из разных разделов курса только при наводящих вопросах преподавателя

*Неудовлетворительно:* выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины в рамках компетенции, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

### **Шкала оценивания промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация в 5 семестре в форме зачета позволяет оценить уровень освоения обучающимися программы дисциплины за отчетный период ее изучения. Промежуточная аттестация предполагает сдачу отчетов к практическим занятиям в письменном виде и устный ответ на один теоретический вопрос.

Методика формирования результирующей оценки в обязательном порядке учитывает активность обучающихся на лекциях и практических занятиях, их участие в конференциях и подготовку ими публикаций.

По промежуточному контролю по дисциплине «Механика жидкости, газа и плазмы» в 6 семестре предусмотрен экзамен, который позволяет оценить степень сформированности компетенций по итогам освоения дисциплины.

Итоговая оценка по экзаменационному билету выставляется следующим образом:

«отлично» - в случае получения отлично по всем сдаваемым компетенциям или по каждому вопросу/заданию в билете.

«хорошо» - в случае получения отлично по всем сдаваемым компетенциям по каждому вопросу/заданию в билете, но одна из компетенций или один из вопросов могут быть оценены на «хорошо»; в случае получения «хорошо» по всем сдаваемым компетенциям или по каждому вопросу/заданию в билете.

«удовлетворительно» - в случае получения «удовлетворительно» по одной из компетенций или одному из вопросов в билете; в случае получения «удовлетворительно» по всем сдаваемым компетенциям или по всем сдаваемым вопросам/заданию в билете.

«неудовлетворительно» - в случае получения «неудовлетворительно» по одной из компетенций или одному из вопросов в билете.

Данная программа представляет собой базовую часть кандидатского экзамена по специальности. Дополнительная часть кандидатского экзамена по специальности разрабатывается индивидуально для каждого аспиранта или соискателя с учетом области его научных исследований и темы диссертационной работы и утверждается Ученым Советом факультета.

Кандидатский экзамен проводится в соответствии с положением о приеме кандидатских экзаменов.

### **9.3 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам обучения по дисциплине**

#### **Шкала оценивания компетенции**

*Отлично.* выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания по рассматриваемой компетенции и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений. Отвечая на вопрос, может быстро и безошибочно проиллюстрировать ответ собственными примерами

*Хорошо:* выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности; Хорошо владеет всем содержанием, видит взаимосвязи, но не всегда делает это самостоятельно без помощи преподавателя

*Удовлетворительно:* выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы в рамках заданной компетенции, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации. Отвечает только на конкретный вопрос, соединяет знания из разных разделов курса только при наводящих вопросах преподавателя

*Неудовлетворительно:* выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины в рамках компетенции, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при

решении типовых практических задач. Не владеет знаниями по рассматриваемой компетенции.

### **Шкала оценивания промежуточной аттестации**

Итоговая оценка по экзаменационному билету выставляется следующим образом:

«отлично» - в случае получения отлично по всем сдаваемым компетенциям или по каждому вопросу/заданию в билете.

«хорошо» - в случае получения отлично по всем сдаваемым компетенциям по каждому вопросу/заданию в билете, но одна из компетенций или один из вопросов могут быть оценены на «хорошо»; в случае получения «хорошо» по всем сдаваемым компетенциям или по каждому вопросу/заданию в билете.

«удовлетворительно» - в случае получения «удовлетворительно» по одной из компетенций или одному из вопросов в билете; в случае получения «удовлетворительно» по всем сдаваемым компетенциям или по всем сдаваемым вопросам/заданию в билете.

«неудовлетворительно» - в случае получения «неудовлетворительно» по одной из компетенций или одному из вопросов в билете.

По промежуточному контролю по дисциплине «Механика жидкости, газа и плазмы» предусмотрен экзамен, который позволяет оценить степень сформированности компетенций по итогам освоения дисциплины.

Данная программа представляет собой базовую часть кандидатского экзамена по специальности. Дополнительная часть кандидатского экзамена по специальности разрабатывается индивидуально для каждого аспиранта или соискателя с учетом области его научных исследований и темы диссертационной работы и утверждается Ученым Советом факультета.

Кандидатский экзамен проводится в соответствии с положением о приеме кандидатских экзаменов.

### **9.3 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам обучения по дисциплине**

#### **9.3.1 Контрольные вопросы для проведения входного контроля остаточных знаний по обеспечивающим дисциплинам**

1. Основные физические свойства воздуха.
2. Сжимаемость газов. Скорость звука.
3. Стандартная атмосфера.
4. Параметры, характеризующие состояние идеального газа.
5. Уравнение состояния идеального газа.
6. Процессы изменения состояния газа.
7. Внутренняя энергия газа.
8. Первый закон термодинамики.
9. Теплоемкость. Теплосодержание.
10. Второй закон термодинамики.

- 11.Энтропия и ее изменение.
- 12.Изэнтропические и неизэнтропические процессы в газах.
- 13.Линия тока, трубка тока, струйка.
- 14.Вихревое течение жидкости.
- 15.Циркуляция скорости.
- 16.Понятие о потенциальном течении.
- 17.Функция тока.
- 18.Плоские потенциальные течения.
- 19.Уравнение неразрывности.
- 20.Уравнения движения, как математическая форма записи основных законов сохранения применительно к потоку жидкости или газа.
- 21.Уравнения Эйлера.
- 22.Интеграл Бернулли.
- 23.Уравнение Бернулли для несжимаемой жидкости и сжимаемого газа.
- 24.Уравнение энергии.
- 25.Подобие физических процессов.
- 26.Распространение слабых возмущений в сверхзвуковом потоке. Конус Маха.
- 27.Обтекание углов плоскопараллельным сверхзвуковым потоком.
- 28.Общие сведения о течении вязкой жидкости.
- 29.Ламинарный и турбулентный режимы течения.
- 30.Понятие пограничного слоя.

### **9.3.2 Примерный перечень контрольных вопросов для проведения устного опроса**

1. Понятие сплошной среды.
2. Определение физического подобия. Моделирование.
3. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа.
4. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.
5. Уравнения Эйлера.
6. Полные системы уравнений для вязкой несжимаемой и сжимаемой жидкостей.
7. Поверхности слабых и сильных разрывов.
8. Тангенциальные разрывы и ударные волны.
9. Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил.
10. Плоские движения идеальной жидкости.
11. Течение вязкой жидкости в диффузоре.
12. Правило Жуковского и Чаплыгина определения циркуляции вокруг крыльев с острой задней кромкой.
13. Течение вязкой жидкости в диффузоре.
14. Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости.
15. Элементарная теория сопла Лавалья.
16. Уравнения Максвелла в пустоте.
17. Взаимодействие электромагнитного поля с проводниками.

### **9.3.3 Примерный перечень контрольных вопросов для проведения коллоквиума**

1. Закон сохранения массы.
2. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа.
3. Условие несжимаемости.
4. Многокомпонентные смеси. Потоки диффузии.
5. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей.
6. Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы.
7. Законы сохранения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды.
8. Дифференциальные уравнения движения и момента количества движения сплошной среды.
9. Работа внутренних поверхностных сил.
10. Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах.
11. Параметры состояния, пространство состояний, процессы и циклы.
12. Закон сохранения энергии, внутренняя энергия.
13. Уравнение притока тепла.
14. Вектор потока тепла.
15. Дифференциальные уравнения энергии и притока тепла.
16. Законы теплопроводности Фурье.
17. Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др.
18. Обратимые и необратимые процессы.
19. Совершенный газ. Цикл Карно.
20. Второй закон термодинамики.
21. Энтропия и абсолютная температура.
22. Некомпенсированное тепло и производство энтропии.
23. Неравенство диссипации, тождество Гиббса.
24. Диссипативная функция.
25. Основные макроскопические механизмы диссипации.
26. Понятие о принципе Онзагера.
27. Уравнения состояния.
28. Термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.

### **9.3.4 Примерный перечень тем для докладов**

1. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа.
2. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике
3. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура.
4. Явление кавитации.
5. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье-Стокса.

6. Теория реактивной тяги и теория идеального пропеллера.
7. Тангенциальные разрывы и ударные волны.
8. Равновесие и устойчивость плавающих тел и атмосферы.
9. Движение сферы в идеальной жидкости.
10. Парадокс Даламбера.
11. Правило Жуковского и Чаплыгина определения циркуляции вокруг крыльев с острой задней кромкой.
12. Теория крыла конечного размаха.
13. Ламинарный пограничный слой.
14. Турбулентность.
15. Эффект Допплера.
16. Элементарная теория сопла Лаваля.
17. Обтекание сверхзвуковым потоком газа клина и конуса.
18. Поляризация и намагничивании жидкостей.
19. Числа Эйлера, Маха, Фруда. Рейнольдса, Струхала, Прандтля.

### **9.3.5 Контрольные вопросы промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

#### **Примерный перечень вопросов к экзамену по дисциплине**

1. Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред.
2. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы. Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований.
3. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа.
4. Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике.
5. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред.
6. 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.
7. Кинематические свойства вихрей.
8. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости. Многокомпонентные смеси. Потоки диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей.
9. 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.

10. Работа внутренних поверхностных сил. Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах.

11. 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.

12. Обратимые и необратимые процессы. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. 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.

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

14. Интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа. Явление кавитации.

15. Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Возникновение вихрей. Теорема Бьеркнеса.

16. 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.

17. Применение интегральных соотношений к конечным объемам среды при установившемся движении. Теория реактивной тяги и теория идеального пропеллера.

18. Поверхности слабых и сильных разрывов. Разрывы сплошности.

19. Условия на поверхностях сильного разрыва в материальных средах и в электромагнитном поле. Тангенциальные разрывы и ударные волны.

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

21. 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.

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

23. 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.

24. Плоские задачи о струйных течениях жидкости. Обтекание тел с отрывом струй. Схемы Кирхгофа, Эфроса и др.

25. 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.

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

27. 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 Кортевега-де-Вриза. Нелинейные волны. Солитон.

28. Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Течение вязкой жидкости в диффузоре. Диффузия вихря.

29. Приближения Стокса и Озеена. Задача о движении сферы в вязкой жидкости в постановке Стокса.

30. 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.

31. 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.

32. Свободная и вынужденная конвекция. Приближение Буссинеска. Линейная неустойчивость подогреваемого плоского слоя и порог возникновения конвекции. Понятие о странном аттракторе.

33. Движение жидкости и газа в пористой среде. Закон Дарси. Система дифференциальных уравнений подземной гидрогазодинамики. Неустановившаяся фильтрация газа. Примеры точных автомобильных решений.

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

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

36. Влияние сжимаемости на форму трубок тока при установившемся движении. Элементарная теория сопла Лаваля.

37. 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.
38. Волны Римана. Эффект опрокидывания волн. Адиабата Гюгонио. Теорема Цемплена. Эволюционные и неэволюционные разрывы.
39. Теория волн детонации и горения. Правило Жуге и его обоснование.
40. Задача о структуре сильного разрыва.
41. Качественное описание решения задачи о распаде произвольного разрыва.
42. 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.
43. Линейная теория обтекания тонких профилей и тел вращения.
44. Течения с гиперзвуковыми скоростями. Закон сопротивления Ньютона.
45. 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.
46. Уравнения магнитной гидродинамики. Условия вмороженности магнитного поля в среду. Понятие о поляризации и намагничивании жидкостей.
47. 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.

### **9.3.6 Структура (кандидатского) экзамена:**

Экзаменационный билет состоит из двух вопросов, включенных в билет из утвержденной программы кандидатского экзамена специальности Механика жидкости, газа и плазмы.

Оценка уровня знаний (баллы):

Каждый вопрос оценивается по десятибалльной шкале. Итоговая оценка выставляется по 5-балльной шкале по следующему принципу пересчета:

"Отлично" - 8-10 баллов (по 10-балльной шкале);

"Хорошо" - 6-7 баллов (по 10-балльной шкале);

"Удовлетворительно" - 4-5 баллов (по 10-балльной шкале);

"Неудовлетворительно" - 0-3 балла (по 10-балльной шкале).

| <b>Критерии оценивания</b>                                                          | <b>Баллы</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Ответ полный без замечаний, продемонстрированы знания специальной дисциплины</b> | <b>10-8</b>  |
| <b>Ответ полный, с незначительными замечаниями</b>                                  | <b>6-7</b>   |
| <b>Ответ не полный, существенные замечания</b>                                      | <b>4-5</b>   |
| <b>Ответ на поставленный вопрос не дан.</b>                                         | <b>0-3</b>   |

Невыполнение одного из заданий (или отказ от его выполнения) является, как правило, основанием для выставления неудовлетворительной оценки за кандидатский экзамен в целом.

Содержание экзамена: в качестве программы экзамена используется программа кандидатского экзамена, утвержденная ВАК РФ, и размещенная на сайте ВАК РФ.

## **10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины**

Приступая к изучению дисциплины, обучающимся необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий и списком рекомендованной литературы. Обучающимся следует уяснить, что уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от его активной и систематической работы на лекциях и практических занятиях. В этом процессе важное значение имеет самостоятельная работа, направленная на его вовлечение в самостоятельную познавательную деятельность с целью формирования самостоятельности мышления, способностей к профессиональному саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации. На первом занятии преподаватель проводит входной контроль в форме устного или письменного опроса по вопросам входного тестирования.

Основными видами аудиторной работы обучающихся являются лекции и практические занятия. В ходе лекции преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия, а также теоретические и практические проблемы, дает задания и рекомендации для практических занятий, а также указания по выполнению обучающимся самостоятельной работы.

Задачами лекции являются:

- ознакомление обучающихся с целями, задачами и структурой дисциплины, ее прикладным значением для развития бизнеса;
- краткое, но, по существу, изложение комплекса основных научных понятий, подходов, принципов, методов данной дисциплины;
- краткое изложение наиболее существенных положений, раскрытие особенно сложных, актуальных вопросов, освещение дискуссионных проблем.

Значимым фактором полноценной и плодотворной работы обучающегося на лекции является культура ведения конспекта. Принципиально неверным, но получившим в наше время достаточно широкое распространение, является отношение к лекции как к «диктанту», который обучающийся может аккуратно и дословно записать. Слушая лекцию, необходимо научиться выделять и фиксировать ее ключевые моменты, записывая их более четко и выделяя каким-либо способом из общего текста.

Полезно применять какую-либо удобную систему сокращений и условных обозначений. Применение такой системы поможет значительно ускорить процесс записи лекции. Конспект лекции предпочтительно писать в одной тетради, а не на отдельных листках, которые потом могут затеряться. Рекомендуется в конспекте лекций оставлять свободные места или поля, например, для того, чтобы была возможность записи необходимой информации при работе над материалами лекций.

При ведении конспекта лекции необходимо четко фиксировать рубрикацию материала – разграничение разделов, тем, вопросов, параграфов и т. п. Обязательно следует делать специальные пометки, например, в случаях, когда какое-либо определение, положение, вывод остались неясными, сомнительными. Иногда обучающийся не успевает записать важную информацию в конспект. Тогда необходимо сделать соответствующие пометки в тексте, чтобы не забыть, восполнить эту информацию в дальнейшем.

Качественно сделанный конспект лекций поможет обучающемуся в процессе самостоятельной работы и при подготовке к сдаче зачета с оценкой.

Практические занятия по дисциплине «Механика жидкости, газа и плазмы» проводятся в соответствии с их тематическим планом.

Практические занятия по дисциплине проводятся в соответствии с учебно-тематическим планом. Цель практических занятий – закрепить теоретические знания, полученные обучающимися на лекциях и в результате самостоятельного изучения соответствующих разделов рекомендуемой литературы.

Темы практических занятий заранее сообщаются обучающимся для того, чтобы они имели возможность подготовиться и проработать соответствующие теоретические вопросы дисциплины. В начале каждого практического занятия преподаватель: кратко доводит до обучающихся цели и задачи занятия, обращая их внимание на наиболее сложные вопросы по изучаемой теме; проводит устный опрос обучающихся, в ходе которого также обсуждаются дискуссионные вопросы.

На практических занятиях обучающиеся представляют самостоятельно подготовленные сообщения, в том числе в виде презентаций, которые выполняются в MS PowerPoint, конспектируют новую информацию и

обсуждают эти сообщения, решают расчетные и ситуационные задачи и выполняют задания, а также участвуют в групповой работе по решению ситуационных задач.

В современных условиях перед обучающимися стоит важная задача – научиться работать с массивами информации. Обучающимся необходимо развивать в себе способность и потребность использовать доступные информационные возможности и ресурсы для поиска нового знания и его распространения. Обучающимся необходимо научиться управлять своей исследовательской и познавательной деятельностью в системе «информация – знание – информация». Прежде всего, для достижения этой цели, в вузе организуется самостоятельная работа обучающихся. Кроме того, современное обучение предполагает, что существенную часть времени в освоении учебной дисциплины обучающийся проводит самостоятельно. Принято считать, что такой метод обучения должен способствовать творческому овладению обучающимися специальными знаниями и навыками.

Самостоятельная работа обучающегося весьма многообразна и содержательна. Она включает в себя:

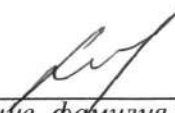
- самостоятельный поиск, анализ информации и проработка учебного материала;
- подготовку к тестированию;
- иные виды в соответствии с планом освоения дисциплины.

Систематичность занятий предполагает равномерное распределение объема работы в течение всего предусмотренного учебным планом срока овладения дисциплиной. Такой подход позволяет избежать дефицита времени, перегрузок, спешки и т. п. в завершающий период изучения дисциплины. Последовательность работы означает преемственность и логику в овладении знаниями по дисциплине. Данный принцип изначально заложен в учебном плане при определении очередности изучения дисциплин. Аналогичный подход применяется при определении последовательности в изучении тем дисциплины.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями Федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №951 от 20.10.2021, программами аспирантуры по научным специальностям, разработанным и утвержденным Университетом.

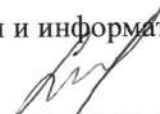
Разработчик:

к.т.н.

 Ю.В. Земсков  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчика)

И.о. зав. кафедрой №8 «Прикладной математики и информатики»

к.т.н.

 Ю.В. Земсков  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

Программа согласована:

Начальник управления аспирантуры и докторантуры

д.э.н., профессор

 Н.В. Байдукова  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы)

Проректор по научной и инновационной работе

д.т.н., доцент

 Г.А. Костин  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы)

Программа рассмотрена и согласована на заседании Ученого совета Университета ,  
протокол № 8 от 29.03.25