




МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

«СОГЛАСОВАНО»

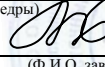
Руководитель ОП  
«Прикладная механика»

  
(подпись) Озерова Г.П.  
(Ф.И.О. рук.ОП)

«25»июня 2016г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой  
Механики и математического моделирования  
(название кафедры)

  
(подпись) Бочарова А.А.  
(Ф.И.О. зав. каф.)

«24» июня 2016г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (РПУД)**  
**ОСНОВЫ МЕХАНИКИ ЖИДКОСТИ И ГАЗА**

**Направление подготовки: 15.03.03 Прикладная механика**

Профиль подготовки:

«Математическое и компьютерное моделирование механических систем и процессов»

**Форма подготовки (очная)**

курс 4 семестр 7  
лекции 36 час.  
практические занятия 18 час.  
лабораторные работы 18 час.  
в том числе с использованием МАО лек. 8 час. /пр. 12 час. /лаб. - час.  
всего часов аудиторной нагрузки 72 час.  
в том числе с использованием МАО 20 час.  
самостоятельная работа 108 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 27 час.  
контрольные работы -  
курсовая работа / курсовой проект -  
зачет - семестр  
экзамен 7 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования Дальневосточного федерального университета, принятого решением Ученого совета ДВФУ, протокол от 25.02.2016 № 02-16, введенного в действие приказом ректора ДВФУ от 10.03.2016 № 12-13-391

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры механики и математического моделирования, протокол № 9 от «23» июня 2016 г.

Заведующий кафедрой: к.ф.-м.н., доцент Бочарова А.А.

Составитель: к.т.н., доцент Амосова Е.В.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

**Bachelor's degree in 15.03.03 Applied Mechanics**

**Study profile “Mathematical and Computer Modeling Mechanical Systems and Processes”**

**Course title:**

**Variable part of Block 1, 7credits**

**Instructor:** Amosova Elena Vladimirovna

**At the beginning of the course a student should be able to:**

- be able to apply the basic laws of natural sciences in educational activities;
- the ability to solve problems arising in the surrounding reality, using mathematical knowledge and methods and analyze the used methods of solving and interpret the results obtained taking into account the problem posed.
- the ability to speak orally and in writing about the results of his research using computer tools and technologies (text and graphic editors, presentations).

**Learning outcomes:**

GPC 4 – ability to take into account modern trends in the development of technology and technology in their professional activities

PC 3 - willingness to carry out research and development work and solve scientific and technical problems in the field of applied mechanics based on the achievements of engineering and technology, classical and technical theories and methods, physico-mechanical, mathematical and computer models with a high degree of adequacy to real processes, machines and structures

PC 13 - Willingness to participate in the design of machines and structures to ensure their strength, stability, durability and safety, ensure the reliability and durability of machine components and parts

**Course description:** The content of the course covers the following range of issues: continuous environment approximation, basic concepts of hydromechanics and thermogas dynamics, the concept of a continuous element, two methods for describing the motion of a liquid medium, the laws of conservation of mass, momentum and energy, the equations of motion of a gas (liquid), the continuity

equation (integral and differential), the general formulation of the problems of hydrodynamics, vortex fluid motion, equilibrium equation, equilibrium of a uniformly rotating fluid, Bernoulli equation, Bernoulli, Lagrange – Cauchy integrals and their application, dynamic and hydrostatic pressure, function Green's solution, One-dimensional ideal gas flow, the propagation velocity of small perturbations in an ideal gas, the elementary theory of a Laval nozzle, the potential motion of an ideal fluid, turbulent motion of an incompressible fluid.

**Main course literature:**

1. Amosova E.V. Fluid and gas mechanics: a textbook for universities // Amosova EV Far Eastern Federal University. - Vladivostok: Ed. House of the Far Eastern Federal University, 2013.- 124 p.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:688651&theme=FEFU>

2. Andrizhievsky A.A. Fluid and gas mechanics [Electronic resource]: study guide / A.A. Andrizhievsky. - Electron. text data. - Minsk: Higher School, 2014. - 207 p. <http://www.iprbookshop.ru/35498.html>

3. Novikova, A. M. Fluid and gas mechanics [Electronic resource]: study guide / A. M. Novikova, A. V. Kudryavtsev, I. I. Ivanenko. - Electron. text data. - St. Petersburg: St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, EBS DIA, 2014. - 140 p. - 978-5-9227-0538-7. <http://www.iprbookshop.ru/58534.html>

4. Shablovsky, A. S. Completion of homework and term papers on the discipline "Fluid and gas mechanics." Part 2. Hydrodynamics [Electronic resource]: a tutorial / A. S. Shablovsky. - Electron. text data. - M.: Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, 2012. - 68 p. - 2227-8397. <http://www.iprbookshop.ru/30870.html>

5. Alekseev, G. V. Virtual laboratory workshop on the course “Fluid and Gas Mechanics” [Electronic resource]: study guide / G. V. Alekseev, I. I. Bridenko. - Electron. text data. - Saratov: University education, 2013. - 132 p. - 2227-8397. <http://www.iprbookshop.ru/16895.html>

**Form of final knowledge control:** exam.

## **Аннотация дисциплины**

### **«Основы механики жидкости и газа»**

Дисциплина «Основы механики жидкости и газа» разработана для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика», профиль «Математическое и компьютерное моделирование механических систем и процессов» и является обязательной дисциплиной вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана (Б1.В.ОД.11).

Трудоемкость дисциплины составляет 180 часов (5 зачетных единиц). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 часов), практические занятия (18 часов), лабораторные работы (18 часов) и самостоятельная работа студентов (108 часов, из них 27 часов на экзамен). Дисциплина реализуется на 4 курсе в 7 семестре. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

Дисциплина «Основы механики жидкости и газа» логически связана с дисциплинами «Термодинамика и теплопередача», «Механика сплошных сред», «Математическое моделирование процессов механики».

**Цель дисциплины:** дать теоретические и практические знания по механике жидкости и газа, а также понимание важнейших тенденций развития гидродинамики, предоставить возможность студентам более уверенно ориентироваться в сложных и многообразных явлениях современных представлений, без которых не может быть плодотворной деятельность инженера, соприкасающегося в своей практической работе с проблемами движений жидкости и газа.

#### **Задачи дисциплины:**

- Получение представлений об истинном характере реальных гидромеханических явлений.
- Изучение современных инженерных методов гидромеханических расчетов.

Рассмотреть особенности применения численных методов для решения практических задач механики деформируемого твердого тела. Для успешного изучения дисциплины «Основы механики жидкости и газа» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- уметь применять основные законы естественнонаучных дисциплин в учебной деятельности;
- знать основные физические законы и положения, иметь представление о законах гидромеханики и гидродинамики;
- умение решать проблемы, возникающие в окружающей действительности, используя математические знания и методы и анализировать использованные методы решения и интерпретировать полученные результаты с учетом поставленной проблемы.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p><b>ОПК-4</b> способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности</p>	знает	критерии подбора и изучения литературных источников, методику анализа поставленных задач в области механики жидкости и газа
	умеет	владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации
	владеет	работы с компьютером как средством управления информацией
<p><b>ПК-3</b> готовность выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным</p>	Знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные физические свойства жидкостей и газов и факторы, на эти свойства влияющие;</li> <li>- законы равновесия жидких и газообразных сред;</li> <li>- основные законы движения сплошной среды;</li> <li>- режимы движения жидкостей и газов и структурные особенности потоков этих сред;</li> <li>- энергетику потоков жидкостей и</li> </ul>

процессам, машинам и конструкциям		газов, закономерности, описывающие потери энергии при их движении; - законы истечения жидких и газообразных сред; - свойства вязко- пластичных жидкостей и их движение по трубам.
	Умеет	- производить расчеты равновесия жидкостей и газов, движения этих сред в трубопроводах и каналах, их истечения через отверстия и сопла; - проводить экспериментальные исследования в области механики жидкостей и газов, пользоваться экспериментальной аппаратурой; - проектировать системы подачи и эвакуации жидких и газообразных сред и определять необходимые для этого параметры энергетической аппаратуры.
	Владеет	- методами расчета равновесия жидкостей и газов, движения этих сред в трубопроводах и каналах; - методиками проведения экспериментальных исследований, пользоваться экспериментальной аппаратурой; - методами проектирования подачи и отведения жидкостей и газов.
<b>ПК-13</b> готовностью участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин	знает	- способы задания движения сплошной среды; - тензорные величины, описывающие деформационное и жесткое движение жидкой частицы и ее напряженное состояние; - основные законы механики сплошной среды; - основные модели жидких и газообразных сред.
	умеет	- находить кинематические характеристики сплошной среды при задании ее движения способами Эйлера и Лагранжа; - находить тензорные кинематические характеристики, характеризующие деформационное и жесткое движения жидкой частицы; - вектор напряжений, его касательную и нормальную

		<p>составляющие на произвольно ориентированной площадке;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- скорости и давления в точках идеальной жидкости для различных случаев ее равновесия и движения;</li> <li>- скорости, давления и напряжения в точках вязкой жидкости при ее ламинарном и турбулентном движении;</li> </ul>
	владеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками формулировки реальных задач, связанных с равновесием или движением жидкости или газа в терминах механики жидкости и газа;</li> <li>- навыками рационального выбора модели жидкости или газа, описывающей основные черты исследуемого явления;</li> <li>- навыками выбора метода решения поставленной задачи механики жидкости и газа.</li> </ul>

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Основы механики жидкости и газа» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: проблемные лекции, групповые консультации, лабораторные работы с использованием программных комплексов.

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (36 часов)**

### **Раздел I. Приближение сплошной среды. Вихревое движение.**

#### **Гидростатика (22 часа)**

#### **Тема 1. Предмет гидромеханики (механики жидкости и газа).**

#### **Основные понятия гидромеханики и термогазодинамики. Понятие элемента сплошной среды (2 часа)**

Приближение сплошной среды. Движущиеся системы отсчета. Динамика идеальной жидкости. Классификация сил. Тензор напряжений. Модель идеальной жидкости. Основные модели механики жидкости и газа.

#### **Тема 2. Два метода описания движения жидкой среды. Законы сохранения массы, импульса и энергии (2 часа)**



Переменные Лагранжа. Переменные Эйлера. Траектория частицы. Уравнение линии тока. Трубка тока. Расход жидкости через заданную поверхность. Интегральные законы сохранения массы, импульса и энергии.

### **Тема 3. Необходимые сведения из математики (2 часа)**

Скалярное и векторное произведение двух векторов. Градиент скалярного поля. Поток вектора. Дивергенция вектора. Формулы Остроградского-Гаусса.

### **Тема 4. Уравнения движения газа (жидкости). Уравнение неразрывности (интегральные и дифференциальные) Общая постановка задач гидродинамики (4 часа)**

Кинематика и общие теоремы. Теорема переноса и ее следствие. Закон сохранения массы и количества движения в дифференциальной форме. Закон сохранения кинетической энергии несжимаемой среды в дифференциальной форме. Уравнение неразрывности.

Одномерные задачи. Теорема Бернулли. Система Эйлера идеальной жидкости. Уравнение состояния. Баротропный процесс. Однородная жидкость. Сжимаемость сплошной среды. Кинематические граничные условия. Динамические краевые условия. Начальные данные. Математическая модель движения однородной несжимаемой жидкости. Математическая модель движения неоднородной несжимаемой жидкости. Плоские безвихревые течения идеальной жидкости и газа: основные теоремы, потенциал скоростей, до- и сверхзвуковые обтекания тонких профилей.

### **Тема 5. Вихревое движение жидкости. Свойства вихревого течения жидкости (2 час)**

Вихревое движение жидкости. Вихревая трубка. Интенсивность вихревого шнура. Циркуляция скорости. Теорема Кельвина. Теорема Гельмгольца. Теорема Лагранжа-Коши. Теорема Гельмгольца о сохранение вихревых трубок. Преобразования Громеки-Лэмба. Уравнение Эйлера в форме Громеки-Лэмба.

**Тема 6. Уравнение равновесия. Равновесие равномерно вращающейся жидкости. Функция давления (2 часа)**

Условия равновесия. Закон Паскаля. Давление жидкости. Гидростатическая подъемная сила. Гидростатический парадокс. Равновесие равномерно вращающейся жидкости. Функция давления.

**Тема 7. Уравнение Бернулли. Интегралы Бернулли, Лагранжа-Коши и их применение. Уравнение Бернулли для несжимаемой жидкости (2 часа)**

Теорема Бернулли. Уравнение Бернулли. Закон сохранения энергии для потенциального установившегося движения идеальной жидкости. Интеграл Лагранжа. Интеграл Лагранжа-Коши. Применение уравнения Бернулли для несжимаемой жидкости.

**Тема 8. Динамическое и гидростатическое давление (2 часа)**

Динамика вязкой несжимаемой жидкости, пограничный слой. Скорость течения несжимаемой жидкости из сосуда. Формула Торричелли. Водослив. Динамическое и гидростатическое давление. Течение несжимаемой жидкости в трубе переменного поперечного сечения. Явление кавитации. Турбулентные движения несжимаемой жидкости.

**Тема 9. Гармонические функции. (2 часа)**

Безвихревые движения жидкости. Потенциальные течения несжимаемой жидкости. Движения сжимаемой жидкости или газа, представляющие собой малые возмущения некоторого известного состояния равновесия или движения. Установившиеся движения сжимаемой жидкости. Одномерные неустановившиеся течения. Основные частные решения уравнения Лапласа.

**Тема 10. Функция Грина. Классификация задач безвихревого течения (2 часа)**

Свойства гармонических функций. Формулы Грина. Классификация задач безвихревого течения. Задача Дирихле, задача Неймана, смешанная задача. Функция Грина.

Критерии подобия в механике жидкости и газа.

## **Раздел II. Термодинамика (6 часов)**

### **Тема 11. Одномерный поток идеального газа (2 часа)**

Уравнение баланса энергии при адиабатическом движении идеального и совершенного газа.

### **Тема 12. Скорость распространения малых возмущений в идеальном газе. Скорость звука (2 часа)**

Скорость распространения малых возмущений в идеальном газе для изотермического процесса. Скорость распространения малых возмущений в идеальном газе для адиабатического процесса. Числа  $M$  и  $\lambda$ . Изэнтропические формулы.

### **Тема 13. Элементарная теория сопла Лаваля (2 часа)**

Сверхзвуковой поток. Дозвуковой поток. Простое сопло. Противодавление.

Течение в сопле Лаваля. Расчетный режим сопла. Воздействие струи жидкости или газа на плоскую стенку. Насадок Борда.

## **Раздел III. Виды потенциального движения идеальной среды (6 часов)**

### **Тема 14. Потенциальное движение идеальной жидкости (2 часа)**

Потенциальное движение идеальной жидкости. Комплексный потенциал. Функция тока. Простейшие потенциальные потоки. Источник и сток. Вихрь. Вихревой поток. Диполь. Бесциркулярное обтекание круглого цилиндра. Циркуляционное обтекание круглого цилиндра.

### **Тема 15. Примеры применения метода конформных отображений (2 часа)**

Решение задач обтекания по методу конформных отображений. Постулат Жуковского-Чаплыгина. Формула циркуляции. Обтекание Эллипса и пластинки.

### **Тема 16. Турбулентные движения несжимаемой жидкости. (2 часа)**

Переходные явления в потоке при переходе к турбулентному движению. Опыт Рейнольдса. Применение теории устойчивости к задаче о переходе от

ламинарной к турбулентной форме движения. Число Рейнольдса. Критерии подобия в механике жидкости и газа.

**Тема 17. Общая схема применения численных методов в механике жидкости и газа. (2 часа)**

Разностные схемы задач и их реализация.

**II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

**Практические занятия (36 час.)**

**Занятие 1. Течение Пуазейля (2 час.)**

- Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость.
- Связь между компонентами тензоров вязких напряжений и скоростей деформаций в изотропной линейно-вязкой жидкости.
- Уравнения Навье-Стокса.
- Граничное условие прилипания на поверхности твердых тел.
- Течение Куэтта. Течение Пуазейля между двумя параллельными пластинами.

**Занятие 2. Условия неустойчивости произвольного адиабатического движения (2 час.)**

- Вывод дисперсионного соотношения.
- Условие устойчивости.
- Свойства дисперсионного уравнения.

**Занятие 3. Методы изучения турбулентных течений (2 час.)**

- Временной метод Рейнольдса осреднения параметров потока.
- Уравнение Навье-Стокса в форме Рейнольдса.
- Тензор напряжений и явление переноса при турбулентном течении.

**Занятие 4. Уравнение баланса для плотности кинетической энергии турбулентности (2 час.)**

- Уравнение движения вязкой жидкости.
- Частные случаи интегрирования уравнений движения.

- Диссипация механической энергии.
- Диссипативная функция.
- Диффузия завихренности.

**Занятие 5.** Свойства модели турбулентного перемешивания (2 час.)

- Модели нулевого порядка (пути перемешивания).
- Приближения Буссинекса.
- Модель Колмогорова-Прандтля. Модели кинетической энергии и скорости диссипации.
- Нелинейные модели турбулентной вязкости.
- «Пристенная» турбулентность.
- Логарифмический профиль скоростей.
- «Свободная» турбулентность.
- Затопленные струи.
- Дальний след.

**Занятия 6.** Модель турбулентного перемешивания, основанная на уравнении баланса для кинетической энергии турбулентности (2 час.)

- Уравнение  $k$ - $\varepsilon$  – модели в приближении несжимаемости.
- Приближение кусочно-постоянного коэффициента диффузии.

**Занятия 7.** Пограничный слой при наличии градиента давления и массовых сил. Влияние массовых сил на турбулентный обмен. (2 часа)

- Метод Кутателадзе -Леонтьева расчёта турбулентного пограничного слоя.
- Предельные относительные законы трения для пограничного слоя при различных воздействиях. Определение точки отрыва.
- Пространственный пограничный слой. Взаимодействие скачка уплотнения с пограничным слоем.

**Занятия 8.** Предельные относительные законы трения для пограничного слоя при различных воздействиях. Определение точки отрыва. (2 часа)

- Закон сопротивления трению Прандтля для турбулентного течения.

– **Занятия 9** .Пространственный пограничный слой. (2 часа)

Пространственный пограничный слой.

– Взаимодействие скачка уплотнения с пограничным слоем.

### **Лабораторные работы (18 часов)**

**Лабораторная работа №1.** Методы и приборы для измерения гидравлических элементов потока жидкости .(2 час.)

**Лабораторная работа №2** Поверхности равного давления и свободные поверхности .(4 час.)

**Лабораторная работа №3..** Уравнение Бернулли для установившегося движения вязкой несжимаемой жидкости (4 час.)

**Лабораторная работа №4.** Режимы движения жидкости.(4 час.)

**Лабораторная работа №5.** Потери энергии при движении жидкости.(4 час.)

## **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Основы механики жидкости и газа» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

## **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I	ОПК-4	Знает критерии подбора и изучения литературных источников, методику анализа поставленных	Собеседование (УО-1)	Вопросы к экзамену

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
			задач в области механики жидкости и газа		
			Умеет владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации	Индивидуальное домашнее задание	Задачи к экзамену
			Владеет работой с компьютером как средством управления информацией		
2	Раздел II	ПК-3	Знает: основные физические свойства жидкостей и газов и факторы, на эти свойства влияющие; - законы равновесия жидких и газообразных сред; - основные законы движения сплошной среды; - режимы движения жидкостей и газов и структурные особенности потоков этих сред; - энергетику потоков жидкостей и газов, закономерности, описывающие потери энергии при их движении; - законы истечения жидких и газообразных сред; - свойства вязко-пластичных жидкостей и их движение по трубам.	Собеседование (УО-1)	Вопросы к экзамену
			- умеет: - производить расчеты равновесия жидкостей и газов, движения этих сред в трубопроводах и каналах, их истечения через отверстия и сопла; - проводить экспериментальные исследования в области механики жидкостей и		

№ п/п	Контролируем ые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
		<p>газов, пользоваться экспериментальной аппаратурой;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проектировать системы подачи и эвакуации жидких и газообразных сред и определять необходимые для этого параметры энергетической аппаратуры.</li> </ul> <p>Владеет:- методами расчета равновесия жидкостей и газов, движения этих сред в трубопроводах и каналах;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методиками проведения экспериментальных исследований, пользоваться экспериментальной аппаратурой;</li> <li>- методами проектирования подачи и отведения жидкостей и газов.</li> </ul>			
3	Раздел III	ПК-13	<p>Знает:- способы задания движения сплошной среды;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- тензорные величины, описывающие деформационное и жесткое движение жидкой частицы и ее напряженное состояние;</li> <li>- основные законы механики сплошной среды;</li> <li>- основные модели жидких и газообразных сред.</li> </ul>	Собеседование (УО-1)	Вопросы к экзамену
			<p>Умеет:- находить кинематические характеристики сплошной среды при задании ее движения способами</p>	Индивидуальное домашнее задание	Задачи к экзамену



№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства	
			текущий контроль	промежуточная аттестация
		<p>Эйлера и Лагранжа;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- находить тензорные кинематические характеристики, характеризующие деформационное и жесткое движения жидкой частицы;</li> <li>- вектор напряжений, его касательную и нормальную составляющие на произвольно ориентированной площадке;</li> <li>- скорости и давления в точках идеальной жидкости для различных случаев ее равновесия и движения;</li> <li>- скорости, давления и напряжения в точках вязкой жидкости при ее ламинарном и турбулентном движении;</li> </ul> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>навыками формулировки реальных задач, связанных с равновесием или движением жидкости или газа в терминах механики жидкости и газа;</li> <li>навыками рационального выбора модели жидкости или газа, описывающей основные черты исследуемого явления;</li> <li>навыками выбора метода решения поставленной задачи механики жидкости и газа.</li> </ul>		

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки

знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Амосова Е.В. Механика жидкости и газ: учебное пособие для вузов// Амосова Е.В. Дальневосточный федеральный университет. - Владивосток : Изд. дом Дальневосточного федерального университета, 2013.- 124 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:688651&theme=FEFU>

2. Андрижиевский А.А. Механика жидкости и газа [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Андрижиевский. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Вышэйшая школа, 2014. — 207 с. <http://www.iprbookshop.ru/35498.html>

3. Новикова, А. М. Механика жидкости и газа [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. М. Новикова, А. В. Кудрявцев, И. И. Иваненко. — Электрон. текстовые данные. — Санкт- Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 140 с. — 978-5-9227-0538-7. <http://www.iprbookshop.ru/58534.html>

4. Шабловский, А. С. Выполнение домашних заданий и курсовых работ по дисциплине «Механика жидкости и газа». Часть 2. Гидродинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. С. Шабловский. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2012. — 68 с. — 2227-8397. <http://www.iprbookshop.ru/30870.html>

5. Алексеев, Г. В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Механика жидкости и газа» [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г. В. Алексеев, И. И. Бриденко. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Вузовское образование, 2013. — 132 с. — 2227-8397. <http://www.iprbookshop.ru/16895.html>

## Дополнительная литература

1. Механика жидкости и газа [Электронный ресурс] : методические указания / . — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013. — 31 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26873.html>
2. Исаев А.П. Гидравлика: Учебник / Исаев А.П., Кожевникова Н.Г., Ещин А.В. - М.:НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 420 с. <http://znanium.com/catalog/product/464379>
3. Гиргидов А.Г. Механика жидкости и газа (гидравлика): Учебник / А.Д. Гиргидов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 704 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=443613>
4. Шиляев М.И. Аэродинамика и тепломассообмен газодисперсных потоков: Учебное пособие/М.И.Шиляев - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 288 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=486371>

## VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

На практических занятиях преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, подсказывает ход и метод решения. Если полученных в аудитории знаний окажется недостаточно, студент может самостоятельно повторно прочесть лекцию или соответствующее пособие, просмотреть практикум с разобранными примерами. После выполнения задания, студент защищает его преподавателю в назначенное время.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Основы механики жидкости и газа» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;

- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для проведения лекционных и практических занятий необходима аудитория со следующим оборудованием:

Акустическая система для потолочного монтажа с низким профилем,  
Extron SI 3CT LP (пара)

Акустическая система для потолочного монтажа с низким профилем,  
Extron SI 3CT LP (пара)

Врезной интерфейс с системой автоматического втягивания кабелей TLS  
ТАМ 201 Standart III

Документ-камера Avervision CP355AF

Комплект удлинителей DVI по витой паре (передатчик/приёмник),  
Extron DVI 201 Tx/Rx

Матричный коммутатор DVI 4x4. Extron DXP 44 DVI PRO

Микрофонная петличная радиосистема УВЧ диапазона Sennheiser EW  
122 G3 в составе рэкового приёмника EM 100 G3, передатчика SK 100 G3,  
петличного микрофон ME 4 с ветрозащитой и антенн (2 шт.)

Мультимедийный проектор, Mitsubishi EW330U, 3000 ANSI Lumen,  
1280x800

Расширение для контроллера управления Extron IPL T CR48

Сетевая видеокамера Multipix MP-HD718

Сетевой контроллер управления Extron IPL T S4

Усилитель мощности, Extron XPA 2001-100V

Цифровой аудиопроцессор, Extron DMP 44 LC

Шкаф настенный 19" 7U, Abacom VSP-W960SG60

Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice, 50 см черная кайма сверху, размер рабочей области 236x147 см

Для проведения лабораторных работ необходима аудитория со следующим оборудованием:

Мойка с сушкой, МДС-Ce1500Hg (две встроенных раковины глубиной 250 мм из нержавеющей стали

Магазин сопротивления P-4831 (многознач. мера электрич.),

Ноутбук Lenovo IdeaPad S205 Bra C50/2G/320Gb/int/11/6', сумка PC PET Nylon 12/1

МФУ SHARP AR-M205

Термометр электронный (-5...100С)

Ноутбук 15" P29 (M740/512/40GB/HP ProOne 400 G1 AiO 19.5" Intel Core i3-4130T 4GB DDR3-1600 SODIMM (1x4GB)500GB

Автоматизированное рабочее место 3. Компьютер "DNS Prestige" без ПО

Источник питания Б5-48

секундомер СОСпр-2б-2-010,

Лабораторный стенд: Изучение работы напорных скоростных фильтров

Рейка геодезическая Vega TS 5M2-

Унив.гидрав.стенд ГС-3

Уч.гидрав.лаборатория "Капелька"

HP ProOne 400 G1 AiO 19.5" Intel Core i3-4130T 4GB DDR3-1600 SODIMM (1x4GB)500GB

Проектор PB6210 1024\*768

Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK

вискозиметр Энглера

Компьютеризированный гидравлический лоток



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Основы механики жидкости и газа»**

**Направление подготовки: 15.03.03 Прикладная механика**

**Профиль подготовки: «Математическое и компьютерное моделирование  
механических систем и процессов»**

**Форма подготовки очная**

**Владивосток**

**2016**

## 1. План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-4 неделя семестра	Выполнение расчетно-графического задания по разделу «Приближение сплошной среды. Вихревое движение. Гидростатика»	18 часов	ПР-12
2	5-6 неделя семестра	Подготовка к устному опросу по разделу «Приближение сплошной среды. Вихревое движение. Гидростатика»	9 часов	УО-1
3	7-10 неделя семестра	Выполнение расчетно-графического задания по разделу «Термодинамика»	18 часов	ПР-12
4	11-12 неделя семестра	Подготовка к устному опросу по разделу «Термодинамика»	9 часов	УО-1
5	13-16 неделя семестра	Выполнение расчетно-графического задания по разделу «Виды потенциального движения идеальной среды»	18 часов	ПР-12
6	17-18 неделя семестра	Подготовка к устному опросу по разделу «Виды потенциального движения идеальной среды»	9 часов	УО-1
7	Экзаменационная сессия	Подготовка к экзамену	27 часов	экзамен
<b>Итого</b>			<b>108 час.</b>	

## 2. Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

### Устные опросы

Устные опросы осуществляется преподавателем по завершению изучения раздела дисциплины. Вопросы и задания приведены в приложении

2. Для подготовки используется основная и дополнительная литература по дисциплине «Основы механики жидкости и газа». Вопросы, возникающие в процессе подготовки, студент может задать преподавателю либо на консультациях.

## Расчетно-графические задания

При организации самостоятельной работы преподаватель должен учитывать уровень подготовки каждого студента и предвидеть трудности, которые могут возникнуть при выполнении самостоятельной работы. Преподаватель дает каждому студенту индивидуальные и дифференцированные задания.

Некоторые из них могут осуществляться в группе. Выдача расчетно-графических заданий производится в зависимости от проходимой тематики курса и определяется преподавателем.

### Примерные варианты расчетно-графических заданий.

#### Расчетно-графическое задание по разделу «Приближение сплошной среды. Вихревое движение. Гидростатика»

**Задача 1.** Для плоского поля скоростей  $\vec{v} = \{v_1; v_2\}$ ,

$$v_1 = x_1 - 1, \quad v_2 = t + 1$$

определить линию тока, проходящую через точку  $A(1; 1)$  в момент времени  $t = 0$ .

**Задача 2.** В плоском ( $\vec{v} = \{v_1; v_2\}$ ) несжимаемом потоке составляющие скорости заданы уравнениями

$$v_1 = x_1 - 4x_2, \quad v_2 = -4x_1 - x_2.$$

Покажите, что эти составляющие скорости удовлетворяют уравнению неразрывности, а также найдите выражение для функции тока. В потенциальном потоке получите выражение потенциала скоростей.

**Задача 3.** Из напорного бака вода течет по трубе диаметром  $d_1 = 20$  мм. и затем вытекает в атмосферу через насадок (брандспойт) выходного отверстия  $d_2 = 10$  мм. Избыточное давление воздуха в баке  $p_0 = 0,18$  Мпа, высота  $H = 1,6$  м. Пренебрегая потерями энергии, определить скорости течения воды в трубе  $\vec{v}_1$  и на выходе из насадки  $\vec{v}_2$ .

**Задача 4.** *Вихревой линией* называется такая линия, касательная к которой в каждой точке движущейся среды направлена по вектору вихря  $\vec{\omega} = \frac{1}{2}\text{rot}\vec{v}$ . Доказать, что уравнения вихревых линий имеют вид

$$\frac{dx_1}{\omega_1} = \frac{dx_2}{\omega_2} = \frac{dx_3}{\omega_3}.$$

#### Расчетно-графическое задание по разделу «Термодинамика»



**Задача 1.** Будем считать атмосферный воздух совершенным газом, температура которого меняется линейно с высотой (до 11 км.)  $T = T_0 - \alpha x_3$ , где  $T_0$  — абсолютная температура при  $x_3 = 0$ , координата  $x_3$  отсчитывается от уровня Земли вверх. Величина  $\alpha = \Delta/100$ , где  $\Delta$  — значение, на которое убывает температура при подъеме на 100 м. В ряде практических вопросов можно для действительной атмосферы принять, что  $\Delta = 0,65^\circ$ ,  $T_0 = 288^\circ K$  и что  $x_3 = 0$  соответствует уровню моря. Определить атмосферное давление как функцию  $x_3$  в условиях гидростатики.

**Задача 2 .** Широкий сосуд, наполненный несжимаемой жидкостью, движется с постоянным ускорением  $\vec{a} = a_2\vec{j} + a_3\vec{k}$  в поле силы тяжести, направленном вдоль оси  $x_3$ . Найти наклон свободной поверхности жидкости в сосуде.

### Расчетно-графическое задание по разделу «Виды потенциального движения идеальной среды»

Задание.

- По заданным параметрам потенциального потока выполнить расчеты и построить картину обтекания кругового цилиндра: линии тока, эквипотенциальные линии.
- Выполнить расчеты и построить эпюры скоростей и давлений для одного сечения потока.
- Выполнить расчеты и построить диаграмму скоростей и давлений по контуру кругового цилиндра.

Использовать следующие исходные данные:

$V, \text{ м/с}$	$r_0, \text{ м}$	$C_\varphi$	$C_\psi$	$\Theta_0, ^\circ C$
5	0,030	2	17	40

### Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает индивидуальные задания и подготовку к устным опросам. Критерии оценки каждого вида работы приведены в приложении 2.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

---

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Основы механики жидкости и газа»  
Направление подготовки – 15.03.03 «Прикладная механика»  
профиль «Математическое и компьютерное моделирование механических  
систем и процессов»  
Форма подготовки (очная)

Владивосток  
2016

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p><b>ОПК-4</b>                      способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности</p>	знает	критерии подбора и изучения литературных источников, методику анализа поставленных задач в области механики жидкости и газа
	умеет	владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации
	владеет	работы с компьютером как средством управления информацией
<p><b>ПК-3</b>                      готовность выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям</p>	Знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные физические свойства жидкостей и газов и факторы, на эти свойства влияющие;</li> <li>- законы равновесия жидких и газообразных сред;</li> <li>- основные законы движения сплошной среды;</li> <li>- режимы движения жидкостей и газов и структурные особенности потоков этих сред;</li> <li>- энергетику потоков жидкостей и газов, закономерности, описывающие потери энергии при их движении;</li> <li>- законы истечения жидких и газообразных сред;</li> <li>- свойства вязко- пластичных жидкостей и их движение по трубам.</li> </ul>
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- производить расчеты равновесия жидкостей и газов, движения этих сред в трубопроводах и каналах, их истечения через отверстия и сопла;</li> <li>- проводить экспериментальные исследования в области механики жидкостей и газов, пользоваться экспериментальной аппаратурой;</li> <li>- проектировать системы подачи и эвакуации жидких и газообразных сред и определять необходимые для этого параметры энергетической аппаратуры.</li> </ul>
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методами расчета равновесия жидкостей и газов, движения этих сред в трубопроводах и каналах;</li> <li>- методиками проведения</li> </ul>

		<p>экспериментальных исследований, пользоваться экспериментальной аппаратурой;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами проектирования подачи и отведения жидкостей и газов.</li> </ul>
<p><b>ПК-13</b> готовностью участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин</p>	знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способы задания движения сплошной среды;</li> <li>- тензорные величины, описывающие деформационное и жесткое движение жидкой частицы и ее напряженное состояние;</li> <li>- основные законы механики сплошной среды;</li> <li>- основные модели жидких и газообразных сред.</li> </ul>
	умеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- находить кинематические характеристики сплошной среды при задании ее движения способами Эйлера и Лагранжа;</li> <li>- находить тензорные кинематические характеристики, характеризующие деформационное и жесткое движения жидкой частицы;</li> <li>- вектор напряжений, его касательную и нормальную составляющие на произвольно ориентированной площадке;</li> <li>- скорости и давления в точках идеальной жидкости для различных случаев ее равновесия и движения;</li> <li>- скорости, давления и напряжения в точках вязкой жидкости при ее ламинарном и турбулентном движении;</li> </ul>
	владеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками формулировки реальных задач, связанных с равновесием или движением жидкости или газа в терминах механики жидкости и газа;</li> <li>- навыками рационального выбора модели жидкости или газа, описывающей основные черты исследуемого явления;</li> <li>- навыками выбора метода решения поставленной задачи механики жидкости и газа.</li> </ul>

№	Контролируем	Коды и этапы формирования	Оценочные средства
---	--------------	---------------------------	--------------------

п/п	ые разделы / темы дисциплины	компетенций		текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I	ОПК-4	Знает критерии подбора и изучения литературных источников, методику анализа поставленных задач в области механики жидкости и газа	Собеседование (УО-1)	Вопросы к экзамену
			Умеет владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации	Индивидуальное домашнее задание	Задачи к экзамену
			Владеет работой с компьютером как средством управления информацией		
2	Раздел II	ПК-3	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>основные физические свойства жидкостей и газов и факторы, на эти свойства влияющие;</li> <li>- законы равновесия жидких и газообразных сред;</li> <li>- основные законы движения сплошной среды;</li> <li>- режимы движения жидкостей и газов и структурные особенности потоков этих сред;</li> <li>- энергетику потоков жидкостей и газов, закономерности, описывающие потери энергии при их движении;</li> <li>- законы истечения жидких и газообразных сред;</li> <li>- свойства вязко-пластичных жидкостей и их движение по трубам.</li> </ul>	Собеседование (УО-1)	Вопросы к экзамену
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- умеет:</li> <li>- производить расчеты равновесия жидкостей и газов, движения этих сред в трубопроводах и каналах, их истечения через отверстия и сопла;</li> <li>- проводить экспериментальные исследования в области механики жидкостей и газов, пользоваться экспериментальной аппаратурой;</li> </ul>	Индивидуальное домашнее задание	Задачи к экзамену

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- проектировать системы подачи и эвакуации жидких и газообразных сред и определять необходимые для этого параметры энергетической аппаратуры.</li> </ul>			
		<p>Владеет:-</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>методами расчета равновесия жидкостей и газов, движения этих сред в трубопроводах и каналах;</li> <li>- методиками проведения экспериментальных исследований, пользоваться экспериментальной аппаратурой;</li> <li>- методами проектирования подачи и отведения жидкостей и газов.</li> </ul>			
3	Раздел III	ПК-13	<p>Знает:-</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>способы задания движения сплошной среды;</li> <li>- тензорные величины, описывающие деформационное и жесткое движение жидкой частицы и ее напряженное состояние;</li> <li>- основные законы механики сплошной среды;</li> <li>- основные модели жидких и газообразных сред.</li> </ul>	Собеседование (УО-1)	Вопросы к экзамену
			<p>Умеет:-</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>находить кинематические характеристики сплошной среды при задании ее движения способами Эйлера и Лагранжа;</li> <li>- находить тензорные кинематические характеристики, характеризующие деформационное и жесткое движения жидкой частицы;</li> <li>- вектор напряжений, его касательную и нормальную составляющие на произвольно ориентированной площадке;</li> <li>- скорости и давления в точках идеальной жидкости для</li> </ul>	Индивидуальное домашнее задание	Задачи к экзамену

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства	
			текущий контроль	промежуточная аттестация
		<p>различных случаев ее равновесия и движения;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- скорости, давления и напряжения в точках вязкой жидкости при ее ламинарном и турбулентном движении;</li> </ul> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>навыками формулировки реальных задач, связанных с равновесием или движением жидкости или газа в терминах механики жидкости и газа;</li> <li>- навыками рационального выбора модели жидкости или газа, описывающей основные черты исследуемого явления;</li> <li>- навыками выбора метода решения поставленной задачи механики жидкости и газа.</li> </ul>		

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
<b>ОПК-4</b> способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности	знает	критерии подбора и изучения литературных источников, методiku анализа поставленных задач в области механики жидкости и газа	<ul style="list-style-type: none"> <li>- знание определений и основных понятий физических свойств жидкостей и газов;</li> <li>- знание формулировок законов статики, кинематики и динамики жидкости;</li> <li>- знание основных положений прикладной теории течения жидкости</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность дать определения и сформулировать основные понятия физических свойств жидкостей и газов;</li> <li>- способность сформулировать и объяснить положения основных законов статики, кинематики и динамики жидкости;</li> <li>- способность раскрыть основные положения прикладной теории течения жидкости</li> </ul>
	умеет	владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации	<ul style="list-style-type: none"> <li>- умение находить кинематические характеристики сплошной среды (скорости, ускорения, линии тока, траектории) при задании ее движения способами Эйлера и Лагранжа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность находить кинематические характеристики сплошной среды (скорости, ускорения, линии тока, траектории) при задании ее движения способами Эйлера и Лагранжа;</li> <li>- способность находить</li> </ul>

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
			- умение находить тензорные кинематические характеристики, характеризующие деформационное и жесткое движения жидкой частицы	тензорные кинематические характеристики, характеризующие деформационное и жесткое движения жидкой частицы
	владеет	работы с компьютером как средством управления информацией	владение методами поиска, отбора и анализа современной научно-технической и нормативной литературой по механике жидкости и газа.	способность эффективно использовать методы поиска, отбора и анализа современной научно-технической и нормативной литературой по механике жидкости и газа
<p align="center"><b>ПК-3</b></p> <p>готовность выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям</p>	Знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные физические свойства жидкостей и газов и факторы, на эти свойства влияющие;</li> <li>- законы равновесия жидких и газообразных сред;</li> <li>- основные законы движения сплошной среды;</li> <li>- режимы движения жидкостей и газов и структурные особенности потоков этих сред;</li> <li>- энергетику потоков жидкостей и газов, закономерности, описывающие потери энергии при их движении;</li> <li>- законы истечения жидких и газообразных сред;</li> <li>- свойства вязкопластичных жидкостей и их движение по трубам.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- знание уравнений, описывающих равновесие и движение жидких и газообразных сред,</li> <li>- знание уравнений состояния и определяющие соотношения;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность вывести и объяснить уравнения, описывающие равновесие и движение жидких и газообразных сред,</li> <li>- способность вывести и объяснить уравнений состояния и определяющие соотношения;</li> </ul>
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- производить расчеты равновесия жидкостей и газов, движения этих сред в трубопроводах и каналах, их истечения через отверстия и сопла;</li> <li>- проводить экспериментальные</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- умение находить вектор напряжений, его касательную и нормальную составляющие на произвольно ориентированной площадке;</li> <li>- умение вычислять скорости и давления в</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность находить вектор напряжений, его касательную и нормальную составляющие на произвольно ориентированной площадке;</li> <li>- способность вычислить скорости и давления в</li> </ul>



Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
		исследования в области механики жидкостей и газов, пользоваться экспериментальной аппаратурой; проектировать системы подачи и эвакуации жидких и газообразных сред и определять необходимые для этого параметры энергетической аппаратуры.	точках идеальной жидкости для различных случаев ее равновесия и движения; - умение находить скорости, давления и напряжения в точках вязкой жидкости при ее ламинарном и турбулентном движении;	точках идеальной жидкости для различных случаев ее равновесия и движения; - способность находить скорости, давления и напряжения в точках вязкой жидкости при ее ламинарном и турбулентном движении;
	Владеет	- методами расчета равновесия жидкостей и газов, движения этих сред в трубопроводах и каналах; - методиками проведения экспериментальных исследований, пользоваться экспериментальной аппаратурой; - методами проектирования подачи и отведения жидкостей и газов.	владение навыками рационального выбора модели жидкости или газа, описывающей основные черты исследуемого явления	способность рационально выбрать и обосновать основания выбора модели жидкости или газа, описывающей основные черты исследуемого явления для конкретной задачи
<b>ПК-13</b> готовностью участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин	знает	- способы задания движения сплошной среды; - тензорные величины, описывающие деформационное и жесткое движение жидкой частицы и ее напряженное состояние; - основные законы механики сплошной среды; - основные модели жидких и газообразных сред.	- знание основных положения классических методов исследования проблем механики жидкости и газа; - знание последних достижений экспериментальной механики жидкости и газа	- способность объяснить с достаточной степенью научной полноты основные положения классических методов исследования проблем механики жидкости и газа; - способность раскрыть на конкретных примерах последние достижения экспериментальной механики жидкости и газа
	умеет	- находить кинематические характеристики сплошной среды при задании ее движения способами Эйлера и Лагранжа; - находить тензорные кинематические	- умение использовать основные расчетные формулы механики жидкости и газа при постановке конкретных технических задач	- способность использовать основные расчетные формулы механики жидкости и газа при постановке конкретных технических задач

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
		<p>характеристики, характеризующие деформационное и жесткое движения жидкой частицы;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вектор напряжений, его касательную и нормальную составляющие на произвольно ориентированной площадке;</li> <li>- скорости и давления в точках идеальной жидкости для различных случаев ее равновесия и движения;</li> <li>- скорости, давления и напряжения в точках вязкой жидкости при ее ламинарном и турбулентном движении;</li> </ul>		
	владеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками формулировки реальных задач, связанных с равновесием или движением жидкости или газа в терминах механики жидкости и газа;</li> <li>- навыками рационального выбора модели жидкости или газа, описывающей основные черты исследуемого явления;</li> <li>- навыками выбора метода решения поставленной задачи механики жидкости и газа.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- владение навыками формулировки, постановки и решения реальных задач, связанных с равновесием или движением жидкости или газа в терминах механики жидкости и газа</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность сформулировать выполнить математическую постановку и решить реальные задачи, связанные с равновесием или движением жидкости или газа в терминах механики жидкости и газа</li> </ul>

**Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

**Оценочные средства для промежуточной аттестации**

**Перечень типовых экзаменационных вопросов**

1. Приближение сплошной среды (лагранжевы, эйлеровы координаты; субстациональная производная)
2. Динамика идеальной жидкости
3. Теорема переноса
4. Уравнение равновесия. Закон Паскаля
5. Равновесие равномерно вращающейся жидкости
6. Вихревое движение жидкости
7. Функция давления. Интеграл Бернулли
8. Динамическое и гидростатическое давления
9. Явление кавитации
10. Воздействие струи жидкости или газа на плоскую стенку
11. Насадок Борда
12. Одномерный поток идеального газа
13. Теория сопла
14. Сопла Лавалья
15. Свойства гармонических функций
16. Потенциальное течение идеальной жидкости

**Перечень типовых задач к экзамену**

**Задача 1.** Показать, что движение частиц среды происходит по окружностям, если в эйлеровом описании поле скоростей равно

$$v_1 = x_2 - 2x_3, \quad v_2 = x_3 - x_1, \quad v_3 = 2x_1 - x_2.$$

**Задача 2** Поле скоростей вращательного движения около оси  $Oz$  несжимаемой жидкости имеет вид

$$v_1 = -\omega(r)x_2, \quad v_2 = \omega(r)x_1, \quad v_3 = 0, \quad r = \sqrt{x_1^2 + x_2^2}$$

определить вид функции  $\omega(r)$ , считая движение безвихревым.

**Задача 3.** Адиабатическое (или изэнтропическое) течение идеального (без трения) совершенного (подчиняющегося уравнению Клайперона) газа представляет собой баротропное течение и описывается уравнением  $p = c^2 \rho^\gamma$ , где  $c$  и  $\gamma > 1$  — постоянные. Найти зависимости между температурой и давлением для данного процесса.

**Задача 4.** Будем считать атмосферный воздух совершенным газом, температура которого меняется линейно с высотой (до 11 км.)  $T = T_0 - \alpha x_3$ , где  $T_0$  — абсолютная температура при  $x_3 = 0$ , координата  $x_3$  отсчитывается от уровня Земли вверх. Величина  $\alpha = \Delta/100$ , где  $\Delta$  — значение, на которое убывает температура при подъеме на 100 м. В ряде практических вопросов можно для действительной атмосферы принять, что  $\Delta = 0,65^\circ$ ,  $T_0 = 288^\circ K$  и что  $x_3 = 0$  соответствует уровню моря. Определить атмосферное давление как функцию  $x_3$  в условиях гидростатики.

**Задача 5.** Широкий сосуд, наполненный несжимаемой жидкостью, движется с постоянным ускорением  $\vec{a} = a_2 \vec{j} + a_3 \vec{k}$  в поле силы тяжести, направленном вдоль оси  $x_3$  (рис. 7.2.). Найти наклон свободной поверхности жидкости в сосуде.

**Задача 6.** Прямоугольная коробка высотой  $H$  и площадью основания  $S$  плавает на поверхности жидкости, погрузившись на глубину  $h$ . Через какое время  $t$  она утонет, если в центре основания проделать малое отверстие площади  $\sigma$ ?

**Задача 7.** Потенциал скорости  $\Phi(z) = \varphi + i\psi$  является аналитической функцией комплексного переменного  $z = x_1 + ix_2 = r e^{i\theta}$ . Показать, что в полярных координатах

$$\frac{\partial \varphi}{\partial r} = \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \quad \text{и} \quad \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial \theta} = -\frac{\partial \psi}{\partial r}.$$

**Задача 8.** Построить линии тока обтекания эллипса с коэффициентом сжатия 4 ( $a/b = 4$ ).

**Задача 9.** Построить линии тока обтекания эллипса с коэффициентом сжатия 2,5 ( $a/b = 2,5$ ).

**Задача 10.** Построить линии тока обтекания плоской пластины, установленной поперек потока.

**Задача 11.** Построить линии тока обтекания окружности.

**Задача 12.** Построить линии тока обтекания эллипса с коэффициентом сжатия 0,5 ( $a/b = 0,5$ ).

**Задача 13.** Построить линии тока обтекания эллипса с коэффициентом сжатия 0,8 ( $a/b = 0,8$ ).

**Задача 14** Пусть  $v_1(t, x_1, x_2), v_2(t, x_1, x_2), v_3 = 0$  — поле скорости плоскопараллельного течения несжимаемой жидкости.

- а). Доказать, что существует функция тока  $\psi(t, x_1, x_2)$  такая, что  $v_1 = \frac{\partial \psi}{\partial y}, v_2 = -\frac{\partial \psi}{\partial x}$ .
- б). Доказать, что через любую, соединяющую точки  $A(x_{11}, x_{21})$  и  $B(x_{12}, x_{22})$ , в единицу времени протекает количество жидкости, равное  $\psi(t, x_{12}, x_{22}) - \psi(t, x_{11}, x_{21})$ . Эта величина называется расходом через линию  $AB$ ;
- в). Вектор касательной к линии  $\psi(t, x_1, x_2) = const$  коллинеарен скорости  $\vec{v}$ ;
- г). Доказать, что  $\psi(t, x_1, x_2) = const(t)$  — является линией тока;
- д). Показать, что вектор вихря  $\text{rot } \vec{v} = (0, 0, -\Delta \psi)$ .

### Принцип составления экзаменационного билета

Первые два вопроса являются теоретическими и предназначены для оценивания порогового уровня освоения дисциплины. Третий вопрос, в котором необходимо решить задачу, предназначен для оценки продвинутого и высокого уровня освоения.

### Пример экзаменационного билета

1. Динамика идеальной жидкости.
2. Свойства гармонических функций

**Задача 3.** Пусть  $v_1(t, x_1, x_2), v_2(t, x_1, x_2), v_3 = 0$  — поле скорости плоскопараллельного течения несжимаемой жидкости.

- а). Доказать, что существует функция тока  $\psi(t, x_1, x_2)$  такая, что  $v_1 = \frac{\partial \psi}{\partial y}, v_2 = -\frac{\partial \psi}{\partial x}$ .
- б). Доказать, что через любую, соединяющую точки  $A(x_{11}, x_{21})$  и  $B(x_{12}, x_{22})$ , в единицу времени протекает количество жидкости, равное  $\psi(t, x_{12}, x_{22}) - \psi(t, x_{11}, x_{21})$ . Эта величина называется расходом через линию  $AB$ ;
- в). Вектор касательной к линии  $\psi(t, x_1, x_2) = const$  коллинеарен скорости  $\vec{v}$ ;
- г). Доказать, что  $\psi(t, x_1, x_2) = const(t)$  — является линией тока;
- д). Показать, что вектор вихря  $\text{rot } \vec{v} = (0, 0, -\Delta \psi)$ .

### Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине

#### «Основы механики жидкости и газа»

Баллы (рейтинговая оценка)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86-100	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту: обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение применять его и владение изученным материалом; излагающему ответы полно, последовательно и логически стройно; усвоившему взаимосвязь основных и производных понятий; проявившему творческие способности в знании, умении и владении изученным материалом; знающему, умеющему и

		владеющему навыками приемами выполнения практических заданий и профессиональных задач; показывающему знакомство с основной и дополнительной учебной литературой; способному самостоятельно пополнять и развивать знания, умения и навыки в профессиональной деятельности
76-85	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту: обнаружившему системное знание, хорошее умение и владение учебным материалом; излагающему ответы грамотно и по существу заданных вопросов; не допускающему грубых неточностей; умеющему применять основные методики решения стандартных задач; способному самостоятельно пополнять умения и навыки в учебной деятельности
61-75	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту: обнаружившему знание программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности; усвоившему взаимосвязь основных понятий; допускающему в ответах неточности, испытывающему затруднения при решении практических задач, способному ликвидировать пробелы в знаниях и умениях под руководством преподавателя
0-60	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту: обнаружившему большие пробелы в знании основного программного материала; допускающему принципиальные ошибки в изложении материала или в ответах на вопросы; не умеющему применять имеющиеся знания в решении практических и профессиональных задач; не владеющему основными методиками решения задач или испытывающему значительные затруднения в этом; изучившим материал в объеме, недостаточном для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности; не могущему продолжить обучение без дополнительных занятий дисциплине

### Оценочные средства для текущей аттестации

Текущая аттестация по дисциплине «Основы механики жидкости и газа» проводится в форме контрольных мероприятий (устного опроса, расчетно-графического задания) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;

- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

**Вопросы для устного опроса по дисциплине «Основы механики жидкости и газа»**

1. Приближение сплошной среды. Движущиеся системы отсчета
2. Динамика идеальной жидкости. Классификация сил. Тензор напряжений
3. Модель идеальной жидкости. Основные модели механики жидкости и газа
4. Два метода описания движения жидкой среды
5. Интегральные законы сохранения массы, импульса и энергии
6. Скалярное и векторное произведение двух векторов. Градиент скалярного поля.
7. Поток вектора. Дивергенция вектора. Формулы Остроградского-Гаусса
8. Уравнения движения газа (жидкости)
9. Интегральные и дифференциальные уравнения неразрывности
10. Математическая модель движения однородной несжимаемой жидкости
11. Математическая модель движения неоднородной несжимаемой жидкости
12. Вихревое движение жидкости
13. Свойства вихревого течения жидкости
14. Гидростатика. Условия равновесия. Закон Паскаля
15. Давление жидкости. Гидростатическая подъемная сила. Гидростатический парадокс
16. Равновесие равномерно вращающейся жидкости. Функция давления
17. Теорема Бернулли. Уравнение Бернулли

18. Закон сохранения энергии для потенциального установившегося движения идеальной жидкости
19. Применение уравнения Бернулли для несжимаемой жидкости
20. Динамика вязкой несжимаемой жидкости, пограничный слой
21. Скорость течения несжимаемой жидкости из сосуда. Формула Торричелли. Водослив
22. Динамическое и гидростатическое давление. Течение несжимаемой жидкости в трубе переменного поперечного сечения
23. Явление кавитации. Турбулентные движения несжимаемой жидкости
24. Безвихревые движения жидкости. Потенциальные течения несжимаемой жидкости
25. Движения сжимаемой жидкости или газа, представляющие собой малые возмущения некоторого известного состояния равновесия или движения
26. Установившиеся движения сжимаемой жидкости
27. Одномерные неустановившиеся течения. Основные частные решения уравнения Лапласа
28. Свойства гармонических функций. Формулы Грина
29. Классификация задач безвихревого течения. Задача Дирихле, задача Неймана, смешанная задача
30. Критерии подобия в механике жидкости и газа.
31. Одномерный поток идеального газа
32. Уравнение баланса энергии при адиабатическом движении идеального и совершенного газа
33. Скорость распространения малых возмущений в идеальном газе для изотермического процесса
34. Скорость распространения малых возмущений в идеальном газе для адиабатического процесса
35. Сверхзвуковой поток. Дозвуковой поток. Простое сопло. Противодавление



36. Течение в сопле Лавая. Расчетный режим сопла. Воздействие струи жидкости или газа на плоскую стенку
37. Потенциальное движение идеальной жидкости
38. Комплексный потенциал. Функция тока. Простейшие потенциальные потоки. Источник и сток
39. Вихрь. Вихревой поток. Диполь. Бесциркулярное обтекание круглого цилиндра. Циркуляционное обтекание круглого цилиндра
40. Примеры применения метода конформных отображений
41. Постулат Жуковского-Чаплыгина. Формула циркуляции. Обтекание Эллипса и пластинки.
42. Турбулентные движения несжимаемой жидкости
43. Поле скоростей в турбулентном потоке
44. Переходные явления в потоке при переходе к турбулентному движению
45. Опыт Рейнольдса
46. Применение теории устойчивости к задаче о переходе от ламинарной к турбулентной форме движения
47. Число Рейнольдса. Критерии подобия в механике жидкости и газа
- 48.** Применение численных методов в механике жидкости и газа

#### **Критерии оценки:**

✓ 100-85 баллов выставляется студенту, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание программного материала, умение применять его и владение изученным материалом; излагающему ответы полно, последовательно и логически стройно; усвоившему взаимосвязь основных и производных понятий; проявившему творческие способности в знании, умении и владении изученным материалом; знающему, умеющему и владеющему навыками приемами выполнения практических заданий и профессиональных задач; показывающему знакомство с основной и дополнительной учебной литературой; способному

самостоятельно пополнять и развивать знания, умения и навыки в профессиональной деятельности

✓ 85-76 баллов выставляется студенту, обнаружившему системное знание, хорошее умение и владение учебным материалом; излагающему ответы грамотно и по существу заданных вопросов; не допускающему грубых неточностей; умеющему применять основные методики решения стандартных задач; способному самостоятельно пополнять умения и навыки в учебной деятельности

✓ 75-61 балл выставляется студенту, обнаружившему знание программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности; усвоившему взаимосвязь основных понятий; допускающему в ответах неточности, испытывающему затруднения при решении практических задач, способному ликвидировать пробелы в знаниях и умениях под руководством преподавателя

✓ 60-50 баллов выставляется студенту, обнаружившему большие пробелы в знании основного программного материала; допускающему принципиальные ошибки в изложении материала или в ответах на вопросы; не умеющему применять имеющиеся знания в решении практических и профессиональных задач; не владеющему основными методиками решения задач или испытывающему значительные затруднения в этом.

### **Варианты задачи для расчетно-графических заданий**

#### **Раздел «Приближение сплошной среды. Вихревое движение.**

#### **Гидростатика»**

**Задача 1.** Для поля скорости идеальной несжимаемой жидкости в полупространстве  $y > 0$  известны две компоненты скорости  $v_1 = x + ay$ ,  $v_3 = 0$ . Плоскость  $y = 0$  является непроницаемой для жидкости границей.

- а). Найти компоненту  $v_2$ ;
- б). Найти функцию тока  $\psi$ ;
- в). Изобразить линию тока  $\psi = const$ ;
- г). Вычислить компоненты вектора вихря;
- д). При каком значении параметра  $a$  будет существовать потенциал поля скорости и каково его выражение?

**Задача 2.** Даны потенциалы векторных полей  $\varphi = \operatorname{sh}(x) \sin(y)$ ,  $\varphi = e^{x+y}$ .

- а). Выбрать потенциал, который определяет поле скорости идеальной несжимаемой жидкости;
- б). Написать для этого течения интеграл Бернулли;
- в). Вычислить функцию тока;
- г). Вычислить расход жидкости через параболу  $y = x^2$ , проходящую от точки  $(0, 0)$  до точки  $(1, 1)$ ;
- д). Вычислить вектор вихря.

**Задача 3.** Пусть  $v_1(t, x_1, x_2)$ ,  $v_2(t, x_1, x_2)$ ,  $v_3 = 0$  — поле скорости плоскопараллельного течения несжимаемой жидкости.

- а). Доказать, что существует функция тока  $\psi(t, x_1, x_2)$  такая, что  $v_1 = \frac{\partial \psi}{\partial y}$ ,  $v_2 = -\frac{\partial \psi}{\partial x}$ .
- б). Доказать, что через любую, соединяющую точки  $A(x_{11}, x_{21})$  и  $B(x_{12}, x_{22})$ , в единицу времени протекает количество жидкости, равное  $\psi(t, x_{12}, x_{22}) - \psi(t, x_{11}, x_{21})$ . Эта величина называется расходом через линию  $AB$ ;
- в). Вектор касательной к линии  $\psi(t, x_1, x_2) = const$  коллинеарен скорости  $\vec{v}$ ;
- г). Доказать, что  $\psi(t, x_1, x_2) = const(t)$  — является линией тока;
- д). Показать, что вектор вихря  $\operatorname{rot} \vec{v} = (0, 0, -\Delta \psi)$ .

**Задача 4.** Проверить, что функция  $\varphi = A(x_1^2 - x_2^2)$  может служить потенциалом скорости несжимаемой жидкости, и описать заданное ею течение.

**Задача 5.** Дан потенциал скорости  $\varphi = Ax_1 + Bx_1/r^2$ , где  $r^2 = x_1^2 + x_2^2$ . Найти функцию тока  $\psi$  для этого течения.

**Задача 6.** Дифференцированием комплексного потенциала  $\Phi(z) = A/z$  получить компоненты скорости.

**Задача 7.** Построить линии тока обтекания эллипса с коэффициентом сжатия 2 ( $a/b = 2$ ).

**Задача 8.** Построить линии тока обтекания эллипса с коэффициентом сжатия 4 ( $a/b = 4$ ).

**Задача 9.** Построить линии тока обтекания эллипса с коэффициентом сжатия 2,5 ( $a/b = 2,5$ ).

**Задача 10.** Построить линии тока обтекания плоской пластины, установленной поперек потока.

**Задача 11.** Построить линии тока обтекания окружности.

**Задача 12.** Построить линии тока обтекания эллипса с коэффициентом сжатия 0,5 ( $a/b = 0,5$ ).

**Задача 13.** Построить линии тока обтекания эллипса с коэффициентом сжатия 0,8 ( $a/b = 0,8$ ).

**Задача 14.** Дан закон движения континуума

$$x_1 = \xi_1, \quad x_2 = \frac{e^t(\xi_2 + \xi_3)}{2} + \frac{e^{-t}(\xi_2 - \xi_3)}{2}, \quad x_3 = \frac{e^t(\xi_2 + \xi_3)}{2} - \frac{e^{-t}(\xi_2 - \xi_3)}{2}.$$

Определить компоненты скорости в эйлеровой и лагранжевой форме.

**Задача 15.** Задан закон движения сплошной среды

$$\begin{aligned} x_1 &= A + \frac{e^{-B\lambda}}{\lambda} \sin(\lambda(A + \omega t)), \\ x_2 &= -B - \frac{e^{-B\lambda}}{\lambda} \cos(\lambda(A + \omega t)), \\ x_3 &= \xi_3. \end{aligned}$$

Показать, что траектории — окружности, а величина скорости постоянна. Определить также связь между  $\xi_1$  и  $\xi_2$  и константами  $A$  и  $B$ .

**Задача 16.** Показать, что движение частиц среды происходит по окружностям, если в эйлеровом описании поле скоростей равно

$$v_1 = x_2 - 2x_3, \quad v_2 = x_3 - x_1, \quad v_3 = 2x_1 - x_2.$$

**Задача 17.** Поле скоростей вращательного движения около оси  $Oz$  несжимаемой жидкости имеет вид

$$v_1 = -\omega(r)x_2, \quad v_2 = \omega(r)x_1, \quad v_3 = 0, \quad r = \sqrt{x_1^2 + x_2^2}$$

определить вид функции  $\omega(r)$ , считая движение безвихревым.

## Раздел «Термодинамика»

**Задача 1.** Адиабатическое (или изэнтропическое) течение идеального (без трения) совершенного (подчиняющегося уравнению Клайперона) газа представляет собой баротропное течение и описывается уравнением  $p = c^2 \rho^\gamma$ , где  $c$  и  $\gamma > 1$  — постоянные. Найти зависимости между температурой и давлением для данного процесса.

**Задача 2.** Будем считать атмосферный воздух совершенным газом, температура которого меняется линейно с высотой (до 11 км.)  $T = T_0 - \alpha x_3$ , где  $T_0$  — абсолютная температура при  $x_3 = 0$ , координата  $x_3$  отсчитывается от уровня Земли вверх. Величина  $\alpha = \Delta/100$ , где  $\Delta$  — значение, на которое убывает температура при подъеме на 100 м. В ряде практических вопросов можно для действительной атмосферы принять, что  $\Delta = 0,65^\circ$ ,  $T_0 = 288^\circ K$  и что  $x_3 = 0$  соответствует уровню моря. Определить атмосферное давление как функцию  $x_3$  в условиях гидростатики.

**Задача 3.** Широкий сосуд, наполненный несжимаемой жидкостью, движется с постоянным ускорением  $\vec{a} = a_2\vec{j} + a_3\vec{k}$  в поле силы тяжести, направленном вдоль оси  $x_3$  (рис. 7.2.). Найти наклон свободной поверхности жидкости в сосуде.

**Задача 4.** Прямоугольная коробка высотой  $H$  и площадью основания  $S$  плавает на поверхности жидкости, погрузившись на глубину  $h$ . Через какое время  $t$  она утонет, если в центре основания проделать малое отверстие площади  $\sigma$ ?

**Задача 5.** Потенциал скорости  $\Phi(z) = \varphi + i\psi$  является аналитической функцией комплексного переменного  $z = x_1 + ix_2 = r e^{i\theta}$ . Показать, что в полярных координатах

$$\frac{\partial \varphi}{\partial r} = \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \quad \text{и} \quad \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial \theta} = -\frac{\partial \psi}{\partial r}.$$

### Раздел «Виды потенциального движения идеальной среды»

#### Задание.

- а) По заданным параметрам потенциального потока выполнить расчеты и построить картину обтекания кругового цилиндра: линии тока, эквипотенциальные линии.
- б) Выполнить расчеты и построить эпюры скоростей и давлений для одного сечения потока.
- в) Выполнить расчеты и построить диаграмму скоростей и давлений по контуру кругового цилиндра.

#### Исходные данные для расчета потенциального течения

№ варианта	Бесциркуляционное обтекание цилиндра				
	$V, \text{ м/с}$	$r_0, \text{ м}$	$C_\varphi$	$C_\psi$	$\Theta_0, \text{ }^\circ\text{C}$
1	5	0,030	2	17	40
2	4,8	0,032	4	15	60
3	4,6	0,034	6	13	80
4	4,4	0,036	8	11	100
5	4,2	0,038	10	9	120
6	4,0	0,040	12	7	140
7	3,8	0,042	14	5	160
8	4,9	0,029	3	3	10
9	4,7	0,031	5	14	30
10	4,5	0,033	7	12	50
11	4,3	0,035	9	10	70
12	4,1	0,037	11	8	110
13	3,9	0,039	13	6	130
14	3,7	0,041	15	4	150
15	3,5	0,043	17	2	170

### **Критерии оценки выполнения расчетно-графического задания**

✓ 10-9 баллов выставляется студенту, если студент выполнил все задания РГЗ. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; ошибок в формулах нет, работа оформлена правильно. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 8-7 - баллов – работа выполнена полностью. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; допущено не более 1 ошибки при решении заданий РГЗ, или одна-две ошибки в оформлении работы. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 7-6 балл – работа выполнена полностью. Есть ошибки, связанные с пониманием проблемы; допущено 2-3 ошибки при решении заданий контрольной работы, или грубые ошибки в оформлении работы. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

✓ 6-5 баллов - работа выполнена не полностью. Допущено три или более трех ошибок в расчётах, в оформлении работы. При защите студент не отвечает на 2-3 вопроса преподавателя.