

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Высшей математики и теоретической механики

Рабочая программа по дисциплине

### ГИДРОМЕХАНИКА

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования программы бакалавриата по направлению подготовки

**05.03.05 «Прикладная метеорология»**

Направленность(профиль)  
**Полярная метеорология и климатология**

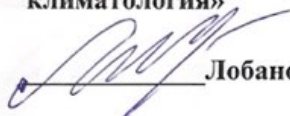
Квалификация:


**Бакалавр**

Форма обучения


**Очная**


Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Полярная метеорология и  
климатология»

  
Лобанов В.А.

Утверждаю  
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета  
11 мая 2019 г., протокол № 7

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры  
21.05 2019 г., протокол № 10  
Зав. кафедрой  Петрова В.В.

Авторы-разработчики:  
 Петрова В.В.

Санкт-Петербург 2019

**Составила:**

Петрова В.В. – доцент кафедры высшей математики и теоретической механики РГГМУ

© В.В. Петрова, 2019.

© РГГМУ, 2019.

## 1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины «Механика жидкости и газа (гидромеханика)» – подготовка бакалавров, владеющих знаниями в объеме, необходимом для изучения специальных дисциплин.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Механика жидкости и газа (гидромеханика)» для направления подготовки 05.03.05 – Прикладная гидрометеорология относится к дисциплинам базовой части математического и естественнонаучного цикла.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить математические дисциплины среднего общего образования.

Параллельно с дисциплиной «Механика жидкости и газа (гидромеханика)» изучаются дисциплины: «Высшая математика», «Физика», «Информатика».

Дисциплина «Механика жидкости и газа (гидромеханика)» является базовой для освоения дисциплин «Учение об атмосфере», «Учение о гидросфере».

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций

### Компетентностная карта дисциплины

Код компетенции	Компетенция
ОПК-1	Способность представить современную картину мира на основе знаний основных положений, законов и методов естественных наук, физики и математики

Ключевыми компетенциями, формируемыми в процессе изучения дисциплины являются: ОПК-1.

### Уровневое описание признаков компетенции ОПК-1:

Уровень освоения	Признаки проявления
Продвинутый	Способен осуществлять анализ гидрометеорологических данных
Базовый	Умеет осуществлять обработку информации
Минимальный	Имеет представление об основных разделах математики

В результате освоения дисциплины обучающийся:

**должен знать:**

- основные понятия механики жидкости и газа;
- основные методы механики жидкости и газа;
- основные методы применения механики жидкости и газа к решению практических задач;

**должен уметь:**

- решать практические задачи различных типов;

**должен иметь представление** о перспективных направлениях развития

математических методов решения практических задач.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

Объем дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>72</b>	
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего</b>	<b>28</b>	
в том числе:		
лекции	<b>14</b>	
практические занятия	<b>14</b>	
семинарские занятия		
<b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>	<b>44</b>	
в том числе:		
курсовая работа		
контрольная работа		
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)</b>	<b>зачет</b>	

#### 4.1. Содержание разделов дисциплины

Очное обучение  
2019 г. набора

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинар Лаборат.	Самост. работа		
1	Механика жидкости и газа(гидромеханика)	3	14	14	44	12	ОПК-1
	<b>ИТОГО-72 ч.</b>		<b>14</b>	<b>14</b>	<b>44</b>	<b>12</b>	

#### 4.2. Лекционные занятия, их содержание

Наименование	Содержание
--------------	------------

разделов и тем	
Кинематика жидкости.	<p>Формулы векторной алгебры. Скалярное, векторное и смешанное произведение, их свойства. Градиент, дивергенция и ротор, их свойства. Поток и циркуляция векторного поля. Основные свойства жидкости и газа. Плотность, удельный вес, коэффициент температурного расширения, теплоемкость, коэффициент теплопроводности. Силы, действующие в жидкой и газообразной средах.</p> <p>Два подхода к исследованию жидкости: подход Эйлера и подход Лагранжа. Индивидуальная и местная производные. Траектории и линии тока, их определения и уравнения. Вихрь скорости, вихревые линии и вихревые трубки. Ламинарное и турбулентное течения. Тензор скоростей деформации, определение и физический смысл. Тензор напряжений, нормальные и касательные напряжения. Потенциал скорости. Функция тока, её свойства и связь с потенциалом скорости. Комплексный потенциал, его свойства.</p>
Статика жидкости.	<p>Основные уравнения гидростатики. Основное гидростатическое уравнение для несжимаемой жидкости, изотермический и адиабатический процессы. Силы, действующие на тело в покоящейся жидкости. Полное и избыточное давление жидкости на поверхность, закон Архимеда. Плавание тел, объемное водоизмещение, остойчивость. Равновесие жидкости в сообщающихся сосудах, гидростатический парадокс.</p>
Динамика жидкости.	<p>Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в криволинейных координатах. Уравнение движения в интегральной и дифференциальной формах. Уравнение движения идеальной жидкости. Закон сохранения энергии в интегральной и дифференциальной форме. Закон сохранения энергии для идеальной жидкости. Система уравнений идеальной нетеплопроводной жидкости. Уравнения движения в форме Лэмба, в форме Эйлера, в форме Лагранжа.</p> <p>Первая и вторая форма интеграла Бернулли, его геометрическая интерпретация. Интеграл Лагранжа-Коши. Задача об истечении жидкости из сосуда через малое отверстие, формула Торричелли. Задача об изменении давления в зависимости от скорости течения жидкости в трубе. Вихревые движения идеальной жидкости. Изобарические и изостерические поверхности, теорема Бьеркнеса. Примеры образования вихрей: муссоны, пассаты, циклоны, морские течения.</p> <p>Вязкая жидкость. Коэффициент вязкости, тензор напряжений вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса, различные формы записи. Некоторые точные решения уравнений вязкой жидкости.</p>
Теория поля.	<p>Скалярное и векторное поле. Стационарные и нестационарные поля. Однородное векторное поле. Градиент, определение и свойства. Векторные линии, векторные трубки. Поток поля. Дивергенция поля, её свойства. Формула Гаусса-Остроградского. Циркуляция поля. Ротор поля, его свойства. Формула Стокса. Векторные дифференциальные операции второго порядка.</p>

### 4.3. Семинарские, практические, лабораторные занятия, их содержание

Наименование разделов и тем	Содержание и формы проведения
Кинематика жидкости.	<p>Формулы векторной алгебры. Скалярное, векторное и смешанное произведение, их свойства. Градиент, дивергенция и ротор, их свойства. Поток и циркуляция векторного поля. Основные свойства жидкости и газа. Плотность, удельный вес, коэффициент температурного расширения, теплоемкость, коэффициент теплопроводности. Силы, действующие в жидкой</p>

	<p>и газообразной средах.</p> <p>Два подхода к исследованию жидкости: подход Эйлера и подход Лагранжа. Индивидуальная и местная производные. Траектории и линии тока, их определения и уравнения. Вихрь скорости, вихревые линии и вихревые трубки. Ламинарное и турбулентное течения. Тензор скоростей деформации, определение и физический смысл. Тензор напряжений, нормальные и касательные напряжения. Потенциал скорости. Функция тока, её свойства и связь с потенциалом скорости. Комплексный потенциал, его свойства.</p>
Статика жидкости.	<p>Основные уравнения гидростатики. Основное гидростатическое уравнение для несжимаемой жидкости, изотермический и адиабатический процессы. Силы, действующие на тело в покоящейся жидкости. Полное и избыточное давление жидкости на поверхность, закон Архимеда. Плавание тел, объемное водоизмещение, остойчивость. Равновесие жидкости в сообщающихся сосудах, гидростатический парадокс.</p>
Динамика жидкости.	<p>Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в криволинейных координатах. Уравнение движения в интегральной и дифференциальной формах. Уравнение движения идеальной жидкости. Закон сохранения энергии в интегральной и дифференциальной форме. Закон сохранения энергии для идеальной жидкости. Система уравнений идеальной нетеплопроводной жидкости. Уравнения движения в форме Лэмба, в форме Эйлера, в форме Лагранжа.</p> <p>Первая и вторая форма интеграла Бернулли, его геометрическая интерпретация. Интеграл Лагранжа-Коши. Задача об истечении жидкости из сосуда через малое отверстие, формула Торричелли. Задача об изменении давления в зависимости от скорости течения жидкости в трубе. Вихревые движения идеальной жидкости. Изобарические и изостерические поверхности, теорема Бьеркнеса. Примеры образования вихрей: муссоны, пассаты, циклоны, морские течения.</p> <p>Вязкая жидкость. Коэффициент вязкости, тензор напряжений вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса, различные формы записи. Некоторые точные решения уравнений вязкой жидкости.</p>
Теория поля.	<p>Скалярное и векторное поле. Стационарные и нестационарные поля. Однородное векторное поле. Градиент, определение и свойства. Векторные линии, векторные трубки. Поток поля. Дивергенция поля, её свойства. Формула Гаусса-Остроградского. Циркуляция поля. Ротор поля, его свойства. Формула Стокса. Векторные дифференциальные операции второго порядка.</p>

#### 4.4 Вид и форма промежуточной аттестации

Промежуточный контроль проводится в виде письменного контроля

#### 5. Используемые образовательные технологии

Лекции, письменный контроль.

*Доля занятий с использованием активных и интерактивных методов составляет 33 %.*

**6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

## 6.1. Текущий контроль

Письменный контроль.

## 6.2. Образцы тестовых заданий текущего контроля

Задание:

1. По заданному полю скоростей

$$v_x = x + 3t,$$

$$v_y = -y - t, \quad (-1, -1).$$

вычислить траекторию, проходящую при  $t=0$  через заданную точку, вычислить линию тока, проходящую при  $t=0$  через заданную точку, найти скорость объемного расширения жидкости, определить тензор скоростей деформации, найти ускорения точек среды.

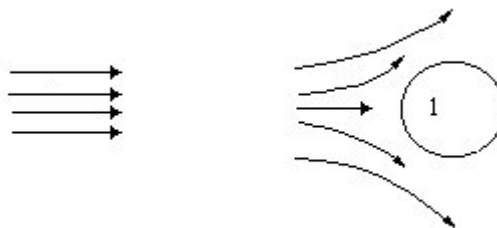
2. По заданному потенциалу скорости  $\varphi(x, y) = (x-2)y$  найти функцию тока  $\psi(x, y)$ .

3. Вычислить давление  $p$  на высоте  $z$ , если задано давление  $p_0$  на высоте  $z_0$ , плотность  $\rho_0$  и указана зависимость между плотностью и давлением ( $\rho = \text{const}$ , изотермический процесс или адиабатический процесс).

$$p_0 = 22 \text{ кН/м}^2, \quad z_0 = 0, \quad \rho_0 = 1.2 \text{ кг/м}^3, \quad z = 2 \text{ м}, \quad \rho = \text{const}.$$

4. Некоторый цилиндрический резервуар, заполненный жидкостью с плотностью  $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$ , движется поступательно с ускорением  $a = 2 \text{ м/с}^2$ . Определить распределение давления в жидкости, а также уравнение свободной поверхности, считая, что жидкость находится в относительном равновесии, объем жидкости  $1 \text{ м}^3$ , радиус круга в основании  $10 \text{ см}$ , давление на свободной поверхности  $p_0 = 98 \text{ кН/м}^2$ , ускорение  $\mathbf{a}$  составляет угол  $\psi = 30^\circ$  с горизонтом.

5. Определить давление и плотность газа в точке 1 при обтекании тела, если задана  $v_0 = 50 \text{ м/с}$  - скорость относительно тела,  $p_0 = 105 \text{ кН/м}^2$  и  $\rho_0 = 1.3 \text{ кг/м}^3$  - давление и плотность на бесконечности. Обтекание считать адиабатическим процессом.



6. Задано некоторое векторное поле и две поверхности в пространстве

$$\vec{a} = (3y - 5x)\vec{i} + (6x + 5y)\vec{j} + (4z - xy + 4)\vec{k}, \quad S_1: x^2 + y^2 = (z+1)^2$$

$$S_2: z = 1$$

Определить поток векторного поля через поверхность  $S_1 \cup S_2$  и циркуляцию векторного поля по контуру  $S_1 \cap S_2$ .

## 6.3. Методические указания по организации самостоятельной работы

Студентам необходимо пользоваться литературой по указанной дисциплине.

## 6.4. Промежуточный контроль

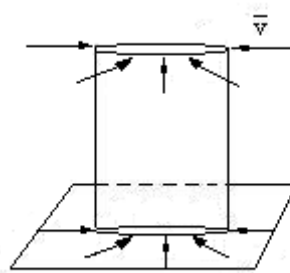
Зачет

### Образцы тестов, заданий

$v_x = 2xy,$ $v_y = x(x-4), \quad (2, 0).$
$\varphi(x, y) = (x+1)y.$

$p_0 = 12 \text{ кН/м}^2$ ,  $z_0 = 6 \text{ м}$ ,  $\rho_0 = 1.35 \text{ кг/м}^3$ ,  $\gamma = 1.4$ ,  $z = 15 \text{ м}$ , адиабатический процесс

Воздух находится в радиальном цилиндрически симметричном движении в слое высотой  $h=2.4 \text{ км}$ . Определить распределение давления в атмосфере в зависимости от расстояния  $r$  и потока (расхода) воздуха  $Q$ , если задана высота  $h$ , давление и плотность на бесконечности  $p_0 = 96.7 \text{ кН/м}^2$ ,  $\rho_0 = 1.41 \text{ кг/м}^3$ . Среду считать несжимаемой.



$$\vec{a} = (3y - 5x)\vec{i} + (6x + 5y)\vec{j} + (4z - xy + 4)\vec{k} \quad S_1 : x^2 + y^2 = z + 1$$
$$S_2 : z = 1$$

### Перечень вопросов к экзамену (зачету)

1. Формулы векторной алгебры. Скалярное, векторное и смешанное произведение, их свойства.
2. Градиент, дивергенция и ротор, их свойства. Поток и циркуляция векторного поля.
3. Основные свойства жидкости и газа. Плотность, удельный вес, коэффициент температурного расширения, теплоемкость, коэффициент теплопроводности.
3. Силы, действующие в жидкой и газообразной средах.
4. Два подхода к исследованию жидкости: подход Эйлера и подход Лагранжа. Индивидуальная и местная производные.
5. Траектории и линии тока, их определения и уравнения.
6. Вихрь скорости, вихревые линии и вихревые трубки. Ламинарное и турбулентное течения.
7. Тензор скоростей деформации, определение и физический смысл.
8. Тензор напряжений, нормальные и касательные напряжения.
9. Потенциал скорости. Функция тока, её свойства и связь с потенциалом скорости.
10. Комплексный потенциал, его свойства.
11. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в криволинейных координатах.
12. Уравнение движения в интегральной и дифференциальной формах. Уравнение движения идеальной жидкости.
13. Закон сохранения энергии в интегральной и дифференциальной форме. Закон сохранения энергии для идеальной жидкости.
14. Основные уравнения гидростатики. Основное гидростатическое уравнение для



несжимаемой жидкости, изотермический и адиабатический процессы.

15. Силы, действующие на тело в покоящейся жидкости. Полное и избыточное давление жидкости на поверхность, закон Архимеда.

16. Плавание тел, объемное водоизмещение, остойчивость. Равновесие жидкости в сообщающихся сосудах, гидростатический парадокс.

17. Система уравнений идеальной нетеплопроводной жидкости. Уравнения движения в форме Лэмба, в форме Эйлера, в форме Лагранжа.

18. Первая и вторая форма интеграла Бернулли, его геометрическая интерпретация. Интеграл Лагранжа-Коши.

19. Задача об истечении жидкости из сосуда через малое отверстие, формула Торричелли. Задача об изменении давления в зависимости от скорости течения жидкости в трубе.

20. Вихревые движения идеальной жидкости. Изобарические и изостерические поверхности, теорема Бьеркнеса. Примеры образования вихрей: муссоны, пассаты, циклоны, морские течения.

21. Вязкая жидкость. Коэффициент вязкости, тензор напряжений вязкой жидкости.

22. Уравнение Навье-Стокса, различные формы записи.

23. Некоторые точные решения уравнений вязкой жидкости.

24. Скалярное и векторное поле. Стационарные и нестационарные поля. Однородное векторное поле.

25. Градиент, определение и свойства.

26. Векторные линии, векторные трубки. Поток поля.

27. Дивергенция поля, её свойства. Формула Гаусса-Остроградского.

28. Циркуляция поля. Ротор поля, его свойства. Формула Стокса.

29. Векторные дифференциальные операции второго порядка.

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

а) Основная литература:

1. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. Т. 1, стр. 60.
2. Калекин А.А. Основы гидравлики и теоретической гидромеханики. Изд. «Мир», 2008, стр.60.

б) Дополнительная литература:

1. А.Б. Бассет. Трактат по гидродинамике. Т. 1,2. М: Ижевск, институт компьютерных исследований, 2014.
2. М.А. Давыдова. Лекции по гидродинамике. М: Физматлит, 2011.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программы обработки и представления данных

## **8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
---------------------	-----------------------------------

<b>Лекции</b>	<p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины.</p> <p>Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.</p> <p>Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе.</p> <p>Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом (семинарском) занятии.</p>
<b>Практические занятия</b>	<p>Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины.</p> <p>Конспектирование источников.</p> <p>Работа с конспектом лекций, -подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы и работа с текстом. Решение тестовых заданий, решение задач и другие виды работ.</p>
<b>Индивидуальные задания (подготовка докладов, рефератов)</b>	<p>Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме.</p> <p>Составление аннотаций к прочитанным литературным источникам и другое. Изложение основных аспектов проблемы, анализ мнений авторов и формирование собственного суждения по исследуемой теме.</p>
<b>Подготовка к зачету</b>	<p>При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, вопросы для подготовки к экзамену и т.д.</p>

## **9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются:

- лекции-визуализации (с использованием слайд-презентаций);
- для размещения учебных и методических материалов по дисциплине, а также для проведения контрольно-проверочного тестирования по каждой теме используется виртуальная образовательная среда филиала (программа Moodle);
- для проведения компьютерного тестирования используется программа Moodle в компьютерном классе (2 варианта по 20 вопросов);
- организация взаимодействия преподавателя со студентами для осуществления консультационной работы по подготовке к семинарским (практическим) занятиям и подбору необходимой литературы, помимо консультаций в филиале, осуществляется посредством электронной почты и форумов.

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

1. Компьютерный класс.
2. Мультимедийный проектор.
3. Лаборатория информационных технологий.

## **Лист изменений**

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2020-2021 учебный год без изменений. Протокол заседания кафедры Высшей математики и теоретической механики от 21.05.2020 № 10