

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

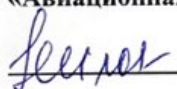
05.03.04 «Прикладная гидрометеорология»

Направленность (профиль):
Авиационная метеорология

Квалификация:
Бакалавр

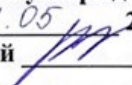
Форма обучения
Очная

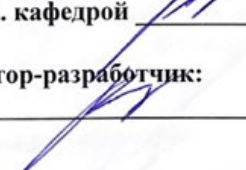
Согласовано
Руководитель ОПОП
«Авиационная метеорология»

 Неслова Л.О.

Утверждаю
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета
22 10 2019 г., протокол № 2

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

Автор-разработчик:
 Петрова В.В.

Санкт-Петербург
2019 г.

Составила:

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

Рецензент:

© 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.

Объём дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения 2019 год набора
Общая трудоёмкость дисциплины	72
Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	28
в том числе:	
лекции	14
практические занятия	14
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	44
в том числе:	
курсовая работа	-
контрольная работа	-
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	Зачет

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.			Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.
			Лекции	Практич.	Самост. работа		
1	Механика жидкости и газа(гидромеханика)	3	14	14	44	Опрос, тестирование	72
	ИТОГО		14	14	44	Зачет	72

4.2. Лекционные занятия, их содержание

Наименование разделов и тем	Содержание
Кинематика жидкости.	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. 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.
Статика жидкости.	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.
Динамика жидкости.	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. 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. Вязкая жидкость. Коэффициент вязкости, тензор напряжений вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса, различные формы записи. Некоторые точные решения уравнений вязкой жидкости.
Теория поля.	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.

4.3. Семинарские, практические, лабораторные занятия, их содержание

Наименование разделов и тем	Содержание и формы проведения
Кинематика жидкости.	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. 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.
Статика жидкости.	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.
Динамика жидкости.	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. 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. Вязкая жидкость. Коэффициент вязкости, тензор напряжений вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса, различные формы записи. Некоторые точные решения уравнений вязкой жидкости.
Теория поля.	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.

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.

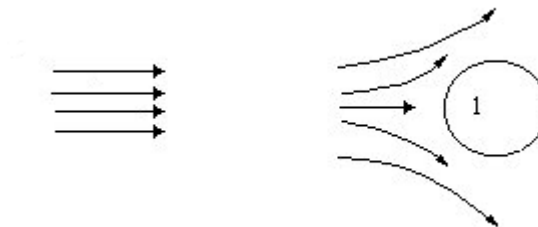
2. По заданному потенциалу скорости $\varphi(x, y) = (x - 2)y$ найти функцию тока $\psi(x, y)$.

3. Вычислить давление p на высоте z , если задано давление p_0 на высоте z_0 , плотность ρ_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 м^3 , радиус круга в основании 10 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

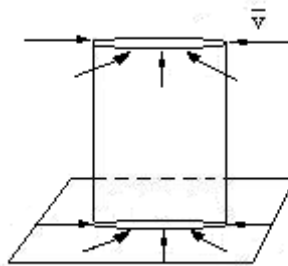
$$v_x = 2xy,$$

$$v_y = x(x - 4), \quad (2, 0).$$

$\varphi(x, y) = (x+1)y.$

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

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

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.