

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)
Прикладная метеорология

Квалификация:
Бакалавр

Форма обучения
Очная/Заочная

Согласовано
Руководитель ОПОП
«Прикладная метеорология»


Волобуева О.В.

Утверждаю
Председатель УМС  И.И. Палкин

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

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
21 мая 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 «Гидромеханика» – подготовка бакалавров, владеющих знаниями в объеме, необходимом для изучения специальных дисциплин.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «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 «Гидромеханика» изучаются дисциплины: «Высшая математика», «Физика», «Информатика».

Дисциплина «Гидромеханика» является базовой для освоения дисциплин «Учение об атмосфере»

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций

Код компетенции	Компетенция
ОПК-1 (частично)	Владение базовыми знаниями в области фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом в гидрологии, для обработки и анализа данных, прогнозирования гидрометеорологических характеристик

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 дисциплины «Гидромеханика»;
- основные методы дисциплины «Гидромеханика»;
- основные методы применения дисциплины «Гидромеханика» к решению практических задач;

Уметь:

- решать практические задачи математическими методами;

Владеть:

- перспективными математическими методами решения практических задач.

Основные признаки проявленности формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Гидромеханика» представлены в таблице:

Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения		
		2	3 минимальный	4
Первый этап (уровень) ОПК-1 (частично)	Владеть: - терминологией; - способами устного и письменного изложения информации - методологией решения задач по всем разделам дисциплины	Не владеет: - терминологией; - способами устного и письменного изложения информации - методологией решения задач по всем разделам дисциплины	Слабо владеет: - терминологией; - способами устного и письменного изложения информации - методологией решения задач по всем разделам дисциплины	Хорошо владеет: - терминологией; - способами устного и письменного изложения информации - методологией решения задач по всем разделам дисциплины
	Уметь: - выводить основные уравнения механики жидкости и газа - решать простые прикладные задачи по основным разделам дисциплины; - объяснять смысл переменных, входящих в рассматриваемые уравнения	Не умеет: - выводить основные уравнения механики жидкости и газа - решать простые прикладные задачи по основным разделам дисциплины; - объяснять смысл переменных, входящих в рассматриваемые уравнения	Затрудняется: - выводить основные уравнения механики жидкости и газа - решать простые прикладные задачи по основным разделам дисциплины; - объяснять смысл переменных, входящих в рассматриваемые уравнения	Хорошо умеет: - выводить основные уравнения механики жидкости и газа - решать простые прикладные задачи по основным разделам дисциплины; - объяснять смысл переменных, входящих в рассматриваемые уравнения
	Знать: - основные понятия механики жидкости и газа; основные уравнения гидромеханики; простейшие модели жидких сред, их системы уравнений, начальные и граничные условия;	Не знает: - основные понятия механики жидкости и газа; основные уравнения гидромеханики; простейшие модели жидких сред, их системы уравнений, начальные и граничные условия;	Плохо знает: - основные понятия механики жидкости и газа; основные уравнения гидромеханики; простейшие модели жидких сред, их системы уравнений, начальные и граничные условия;	Хорошо знает: - основные понятия механики жидкости и газа; основные уравнения гидромеханики; простейшие модели жидких сред, их системы уравнений, начальные и граничные условия;

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

4.1. Содержание разделов дисциплины

Очное обучение

№ 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	Гидромеханика	3	14	14	44	Опрос, тестирование	72
ИТОГО			14	14	44	Зачет	72

Заочное обучение

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	КУРС	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	Гидромеханика	2	4	4	64	Опрос, тестирование	72
ИТОГО			4	4	64	Зачет	72

4.2. Лекционные занятия, их содержание

Наименование разделов и тем	Содержание
-----------------------------	------------

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</p>

	<p>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 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 иде-</p>

	альной 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 $\psi(x, y)$.

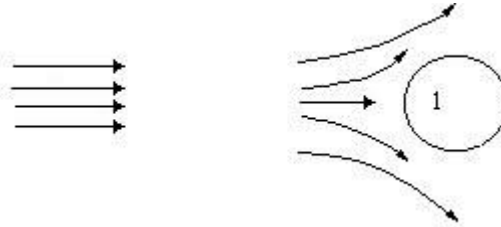
3. Вычислить давление p на высоте z , если задано давление p_0 на высоте z_0 , плотность ρ_0 и указана зависимость между плотностью и давлением ($\rho = \text{const}$, изотермический процесс или адиабатический процесс).

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

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 , давле-

ние 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

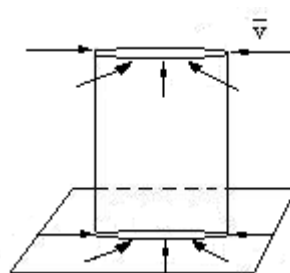
Зачет

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	<p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить 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>
Практические занятия	<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>
Индивидуальные задания (подготовка докладов, рефератов)	<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>
Подготовка к зачету	<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.