



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра гидрологии и природопользования



Декан географического факультета,
канд. геогр. наук, доцент
С. Ж. Вологжина

«16» апреля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины

Б1.В.19 МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА

Направление подготовки

05.03.06 Экология и природопользование

Направленность (профиль) подготовки

Экологическая безопасность и управление природопользованием

Квалификация выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

Согласовано с УМК географического
факультета

Протокол № 5 от «16» апреля 2025 г.
Председатель: канд. геогр. наук, доцент

С. Ж. Вологжина

Рекомендовано кафедрой гидрологии
и природопользования

Протокол № 12 от «08» апреля 2025 г.
Зав. кафедрой

Е. Н. Сутырина

Иркутск 2025 г.

Содержание

- I. Цели и задачи дисциплины (модуля)
- II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП.
- III. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)
- IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)
 - 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов
 - 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине
 - 4.3 Содержание учебного материала
 - 4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ
 - 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов
 - 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов
- V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
 - а) перечень литературы
 - б) базы данных, поисково-справочные и информационные системы
- VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
 - 6.1. Учебно-лабораторное оборудование:
 - 6.2. Программное обеспечение
 - 6.3. Технические и электронные средства обучения:
- VII. Образовательные технологии
- VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

I. Цели и задачи дисциплины (модуля):

Цель: Получение общих и специальных знаний о механике жидкостей и газов.

Цели освоения данной дисциплины определяют её основные *задачи*:

Задачи дисциплины:

- получению базовых знаний по механике жидкости и газа
- формировать умение решать задачи механике жидкости и газа.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина (модуль) **Механика жидкости и газа** относится к обязательной части. Совокупность разделов, включенных в программу данного курса, представляет собой важный этап единой системы подготовки бакалавров в области *гидрометеорологии*.

Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

Математический анализ

Физика

Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

Математические методы и модели в задачах окружающей среды

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки **05.03.06 Экология и природопользование**.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-1. Способен использовать знания математических наук при решении научно-исследовательских задач в сфере экологии, природопользования и охраны окружающей среды	ИДК ПК-1.1. Применяет знания, подходы и методический аппарат математических наук для решения профильных научно-исследовательских задач	Знать: основные понятия, гипотезы и допущения, применяемые при описании сплошной среды; задачи механики жидкости и газа, методы их решения; Уметь: проводить анализ поставленной задачи на основе современного математического аппарата; формулировать и решать задачи по движению жидкостей и газов Владеть: представлениями о прикладных задачах изучения течений жидкости для решения профильных научно-исследовательских задач.

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов

Форма промежуточной аттестации: экзамен

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
					Контактная работа преподавателя с обучающимися						
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие	КО	КСР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	1 Основные понятия.	5	5		2	2	1				Проверочная работа (решение задач)
2	2 Методы описания движения жидкости	5	8		2	5	1				Проверочная работа (решение задач)
3	3 Поток, дивергенция, уравнение неразрывности.	5	9		2	6	1				Проверочная работа (решение задач)
4	4 Вихревое движение жидкости	5	10		4	5	1				Проверочная работа (решение задач) /

5	5 Безвихревое движение	5	10		4	5	1			Проверочная работа (решение задач)
	6. Классификация сил, действующих на жидкость	5	18		4		1	1	12	Проверочная работа (самостоятельная)
	7. Уравнения движения идеальной жидкости	5	9		4	4	1			Проверочная работа (решение задач)
	8. Интегралы уравнений движения идеальной жидкости .	5	8		4	3	1			Проверочная работа (решение задач)
	9. Гидростатика	5	7		4	2	1			Проверочная работа (решение задач)
	10. Динамика вязкой жидкости	5	7		4	2	1			Проверочная работа (решение задач)
	Контроль		17							экзамен
	ИТОГО		108		34	34	10	1	12	

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
5	6. Классификация сил, действующих на жидкость	Практическая работа: определение ускорения силы тяжести и силы Кориолиса для заданных пунктов	До начала промежуточной аттестации	12	Оценка практической работы на educa.isu.ru (оценка в баллах: от 0 до 6 баллов)	осн. – 1-4 доп. – 1-3

4.3. Содержание учебного материала

1 Основные понятия. Механика жидкости и газа – один из разделов теоретической механики. Гипотеза сплошности. Жидкая частица (элементарный объем). Кинематика материальной точки и абсолютно твердого тела. Плотность. Общность и различия между капельной жидкостью и газом. Жидкости сжимаемые и несжимаемые. Векторные и скалярные величины. Градиент скалярной величины. Режимы движения жидкости. Понятие турбулентности. Структура и основные характеристики турбулентности. Понятие пульсации.

2 Методы описания движения жидкости. Два основных метода описания движения жидкости – Лагранжа и Эйлера. Индивидуальная (субстанциональная) производная, ее разложение на локальную и конвективную составляющие. Траектории и линии тока, их дифференциальные уравнения. Установившееся движение. Трубка тока. Струя.

3 Поток, дивергенция, уравнение неразрывности. Поток векторного поля через поверхность. Дивергенция. Формула Остроградского – Гаусса в векторном виде. Вывод уравнения неразрывности. Частные виды уравнения неразрывности. Гидравлическое уравнение неразрывности.

4 Вихревое движение жидкости. Циркуляция вектора скорости по замкнутому контуру. Вихрь скорости. Теорема Стокса в векторной форме. Связь между ротором вектора скорости и угловой скоростью вращения твердого тела. Теорема Коши – Гельмгольца (1-я теорема Гельмгольца) о движении жидкой частицы. Скорость деформации. Физический смысл составляющих тензора деформаций: деформации растяжения, сжатия, сдвига. Вихревая линия и ее дифференциальное уравнение. Вихревая трубка. 2-я теорема Гельмгольца (о постоянстве потока вихря скорости через произвольное сечение вихревой трубки). Интенсивность вихревой трубки. Теорема Стокса о связи интенсивности вихревой трубки с циркуляцией по замкнутому контуру, охватывающему трубку.

5 Безвихревое движение. Потенциал скорости. Уравнение неразрывности для потенциального движения. Плоско-параллельное движение несжимаемой жидкости. Функция тока. Безвихревое плоско-параллельное движение. Связь потенциала скорости с функцией тока и геометрическая интерпретация этой связи. Потенциалы скоростей и функций тока простейших потоков.

6 Классификация сил, действующих на жидкость. Понятие сплошной среды. Понятие динамики. Системы отсчета. Инерционные системы отсчета. Закон инерции. Классификация сил, действующих в жидкости: массовые, поверхностные силы. Главный вектор массовых сил. Главный вектор поверхностных сил. Примеры сил. Сила тяжести, сила Кориолиса. Баротропность и бароклинность. Случай несжимаемой жидкости. Случай сжимаемой жидкости. Вязкая (реальная) и идеальная жидкость. Модели жидкости.

7 Уравнения движения идеальной жидкости. Уравнения движения идеальной жидкости в форме Эйлера. Уравнения движения идеальной жидкости в форме Громека. Уравнение притока энергии. Возможности замыкания системы уравнений движения идеальной жидкости. Начальные и граничные условия (на свободной поверхности и на твердой стенке).

8 Интегралы уравнений движения идеальной жидкости. Интегралы уравнений движения идеальной жидкости (Бернулли, Лагранжа, Лагранжа-Бернулли). Их физическая и геометрическая интерпретации. Примеры применения интеграла Бернулли к простейшим задачам. Динамические свойства вихревого движения (основные уравнения теории вихрей, примеры образования вихрей).

9 Гидростатика. Уравнения гидростатики. Условия для сил, удерживающих жидкость в равновесии. Закон Паскаля. Равновесие тяжелой жидкости. Барометрические формулы. Гидростатическая подъемная сила и устойчивость.

10 Динамика вязкой жидкости. Уравнения движения вязкой жидкости в напряжениях (в форме Навье). Гипотезы Стокса. Уравнения движения вязкой жидкости в форме Навье-Стокса. Закон Ньютона. Коэффициент вязкости.

4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1.	1 Основные понятия.	Решение задач: Действия с векторными величинами. Градиенты скалярных величин	2	-	Проверочная работа (решение задач) (оценка в баллах: от 0 до 6 баллов)	ИДК ПК-1.1
2.	2 Методы описания движения жидкости	Решение задач: два основных метода описания движения жидкости, разложение индивидуальной производной на локальную и конвективную составляющие, уравнения траектории и линии тока	5	-	Проверочная работа (решение задач) (оценка в баллах: от 0 до 6 баллов)	ИДК ПК-1.1
3.	3 Поток, дивергенция, уравнение неразрывности.	Решение задач: поток векторного поля через поверхность, уравнение неразрывности	6	-	Проверочная работа (решение задач) (оценка в баллах: от 0 до 6 баллов)	ИДК ПК-1.1
4.	4 Вихревое движение жидкости	Решение задач: циркуляция вектора скорости по замкнутому контуру, вихрь скорости, уравнение вихревой линии	5	-	Проверочная работа (решение задач) (оценка в баллах: от 0 до 6 баллов)	ИДК ПК-1.1
5.	5 Безвихревое движение	Решение задач: потенциальное движение жидкости	5	-	Проверочная работа (решение задач) (оценка в баллах: от 0 до 6 баллов)	ИДК ПК-1.1

6.	7. Уравнения движения идеальной жидкости	Решение задач: уравнения движения идеальной жидкости в форме Громека и Эйлера	4	-	Проверочная работа (решение задач) (оценка в баллах: от 0 до 6 баллов)	ИДК ПК-1.1
7.	8. Интегралы уравнений движения идеальной жидкости .	Решение задач: примеры применения интеграла Бернулли к простейшим задачам	3	-	Проверочная работа (решение задач) (оценка в баллах: от 0 до 6 баллов)	ИДК ПК-1.1
8.	9. Гидростатика	Решение задач: Уравнения гидростатики. Условия для сил, удерживающих жидкость в равновесии. Закон Паскаля. Равновесие тяжелой жидкости. Барометрические формулы	2	-	Проверочная работа (решение задач) (оценка в баллах: от 0 до 6 баллов)	ИДК ПК-1.1
9.	10. Динамика вязкой жидкости	Решение задач: Уравнения движения вязкой жидкости в форме Навье и в форме Навье-Стокса.	2	-	Проверочная работа (решение задач) (оценка в баллах: от 0 до 6 баллов)	ИДК ПК-1.1

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	2	3	4	5
1.	6. Классификация сил, действующих на жидкость	Практическая работа: определение ускорения силы тяжести и силы Кориолиса для заданных пунктов	ПК-1	ИДК ПК-1.1

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Цель самостоятельной работы – изучить определенные темы некоторых разделов дисциплины самостоятельно. Для лучшей проработки и усвоения материала студенту необходимо написать реферат на заданную тему. Проверка самостоятельной работы осуществляется путем размещения студентом реферата на портале educa.isu.ru.

Выполненная работа оценивается в баллах, согласно разработанной балльной си-

стеме (практическая работа может быть оценена от 0 до 6 баллов (Критерии оценки практической работы):

«Отлично»:

6 баллов: выполнены все задания практической работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы;

«Хорошо»:

4 балла: выполнены все задания практической работы, студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями;

«Удовлетворительно»:

2 балла: выполнены все задания практической работы с замечаниями, студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями;

«Неудовлетворительно»:

1 балл: студент выполнил неправильно задания практических работ, студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на конкретные вопросы.

0 баллов: студент не выполнил задания практической работы.

Результаты самостоятельных работ фиксируются на портале educa.isu.ru в электронном виде, что является основанием для отслеживания успеваемости студентов.

Для выполнения всех перечисленных самостоятельных работ студенту предоставляется возможность использования одного из трех компьютерных классов во внеучебное время (все компьютеры подключены к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду университета), фондов стационарной библиотеки и фундаментальной библиотеки ИГУ, читальных залов Институты академии наук (согласно заключенным с ними Договорами), фондов библиотеки Иркутского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, индивидуальных консультаций с преподавателями факультета (согласно графику еженедельных консультаций).

Методические указания по организации самостоятельной работы, с подробным описанием каждого задания, представленного в таблице 4.3.2, размещены в ЭИОС по соответствующей дисциплине.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) перечень литературы

- 1. Аргучинцев В.К.** Механика жидкости и газа [Текст] : учеб. пособие / В. К. Аргучинцев, А. В. Аргучинцева. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2015. – 125 с. (45 экз.)+
- 2. Аргучинцев В.К., Аргучинцева А.В.** Механика жидкости и газа [Текст] : учеб.-метод. пособие / Иркутский гос. ун-т, Геогр. фак. ; сост.: В. К. Аргучинцев, А. В. Аргучинцева. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2010. - 59 с.. **Имеются экземпляры в отделах:** всего 61 : нф (1), геохим (60) +
- 3. Лойцянский, Лев Герасимович** Механика жидкости и газа [Текст] : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 010500 "Механика" / Л. Г. Лойцянский. - 7-е изд., испр. - М. : Дрофа, 2003. - 840 с. **Имеются экземпляры в отделах:** всего 15 : нф (1), геохим (14)+
- 4. Учайкин, В. В.** Механика. Основы механики сплошных сред [Электронный ресурс] / В. В. Учайкин. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Лань, 2017. - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-2235-7 : Б. ц.

дополнительная литература

- 1. Высоцкий, Л. И.** Математическое и физическое моделирование потенциальных течений жидкости [Электронный ресурс] / Л. И. Высоцкий, Г. Р. Коперник, И. С. Высоцкий. - Москва : Лань", 2014. - 64 с. ; 21 см. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. +
- 2. Пиралишвили, Ш. А.** Физические основы механики [Электронный ресурс] / Ш. А. Пиралишвили. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Лань, 2017. - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-2432-0 : Б. ц.

3. **Токарева, С. А.** Прикладная газовая **динамика**. Численные методы решения гиперболических систем уравнений [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. А. Токарева. - Электрон. текстовые дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 244 с. - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-3741-2 : Б. ц.

б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<http://e.lanbook.com/> - ЭБС «Издательство Лань»

<https://isu.bibliotech.ru/> - ЭБС ЭЧЗ «Библиотех»

<http://rucont.ru/> - ЭБС «Национальный цифровой ресурс «Руконт»

<http://ibooks.ru> - ЭБС «Айбукс.py/ibooks.ru»

<http://www.sciencemag.org> - Научная база данных SCIENCE –ONLINE- SCINCE-NOW

<http://www.nature.com> - Научная база данных Nature

<http://ingrid.Idgo.colombia.edu/> - Библиотека климатических данных (IRILDEO);

<http://www.ncdc.noaa.gov> - Всемирный центр метеорологических и океанографических данных (NOAA);

Сайт Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, <http://www.meteorf.ru>;

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Учебная аудитория с мультимедийным проектором для проведения лекционных занятий. Компьютерные классы для выполнения практических и самостоятельных работ. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети ИГУ и находятся в едином домене.

6.2. Программное обеспечение:

- Libreoffice (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <http://www.libreoffice.org/about-us/licenses/> (бессрочно).

6.3. Технические и электронные средства:

Учебный материал подается с использованием современных средств визуализации с применением мультимедийного оборудования.

Персональные компьютеры для выполнения практических и самостоятельных работ.

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

Информационные технологии: использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к занятиям, занятия сопровождаются мультимедийными презентациями, просмотром роликов по проходимым темам.

Проектная технология: организация самостоятельной работы студентов, когда обучение происходит в процессе деятельности, направленной на разрешение проблемы, возникшей в ходе изучения темы

Проблемное обучение: стимулирование студентов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы, его элементы используются в ходе занятий.

Контекстное обучение: мотивация студентов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретным знанием и его применением;

Обучение на основе опыта: активизация познавательной деятельности студента проводится за счет ассоциации и собственного опыта.

Обучение критическому мышлению: построение занятия по определенному алгоритму – последовательно, в соответствии с тремя фазами: вызов, осмысление и рефлексия. Цель

данной образовательной технологии – развитие мыслительных навыков обучающихся, необходимых не только при изучении учебных предметов, но и в обычной жизни, и в профессиональной деятельности (умение принимать взвешенные решения, работать с информацией и др.).

Станционное обучение: организация целенаправленной и планомерной самостоятельной работы студентов на занятии в мини-группах в целях более эффективного усвоения проходимого материала, когда каждая группа выбирает свою образовательную траекторию, и студенты сами оценивают свою работу.

Наименование тем занятий с использованием активных форм обучения:

№	Тема занятия	Вид занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	Кол-во часов
1	1 Основные понятия.	Лекция / практическая работа	Информационные технологии / Обучение критическому мышлению	4
2	2 Методы описания движения жидкости	Лекция / практическая работа	Информационные технологии / Обучение критическому мышлению	7
3	3 Поток, дивергенция, уравнение неразрывности.	Лекция / практическая работа	Информационные технологии / Обучение критическому мышлению	8
4	4 Вихревое движение жидкости	Лекция / практическая работа / самостоятельная работа	Информационные технологии / Обучение критическому мышлению / Контекстное обучение	9
5	5 Безвихревое движение	Лекция / практическая работа	Информационные технологии / Обучение критическому мышлению	9
6	6. Классификация сил, действующих на жидкость	Лекция / Самостоятельная работа	Информационные технологии / Обучение критическому мышлению	16
7	7. Уравнения движения идеальной жидкости	Лекция / практическая работа	Информационные технологии / Обучение критическому мышлению	8
8	8. Интегралы уравнений движения идеальной жидкости .	Лекция / практическая работа	Информационные технологии /	7

			Обучение критическому мышлению	
9	9. Гидростатика	Лекция / практическая работа	Информационные технологии / Обучение критическому мышлению	6
10	10. Динамика вязкой жидкости	Лекция / практическая работа	Информационные технологии / Обучение критическому мышлению	6

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Оценочные материалы для входного контроля – не предусмотрены

Оценочные материалы текущего контроля

Тема или раздел дисциплины	Показатель	Критерий оценивания	Формируемые компетенции и индикаторы
1 Основные понятия.	Знает основные понятия, гипотезы и допущения, применяемые при описании сплошной среды. Владеет представлениями о прикладных задачах изучения течений жидкости для решения профильных научно-исследовательских задач Умеет выполнять действия с векторными величинами, определять градиенты скалярных величин	Владеет материалом данного раздела. Выполнил проверочную работу по разделу с оценкой не ниже «Удовлетворительно»	ПК-1, ИДК ПК-1.1
2 Методы описания движения жидкости	Знает основные методы описания движения жидкости. Владеет представлениями о траектории и линии тока, трубке тока и струе. Умеет описывать движение в переменных Лагранжа и Эйлера, определять уравнения траектории и линии тока	Владеет материалом данного раздела. Выполнил проверочную работу по разделу с оценкой не ниже «Удовлетворительно»	ПК-1, ИДК ПК-1.1
3 Поток, дивергенция, уравнение неразрывности.	Знает формулу Остроградского – Гаусса, знает вывод уравнения неразрывности и частные виды уравнения неразрывности. Владеет представлениями о потоке векторного поля и дивергенции Умеет использовать уравнение неразрывности, вычислять поток векторного поля, дивергенцию	Владеет материалом данного раздела. Выполнил проверочную работу по разделу с оценкой не ниже «Удовлетворительно»	ПК-1, ИДК ПК-1.1
4 Вихревое движение жидкости	Знает понятия циркуляции вектора скорости, вихря скорости Владеет представлениями о кинематике вихревого движения жидкости, о вихрях в атмосфере и океане Умеет определять циркуляцию вектора скорости по замкнутому контуру, вихрь скорости, уравнение вихревой линии	Владеет материалом данного раздела. Выполнил проверочную работу по разделу с оценкой не ниже «Удовлетворительно» Написал реферат с оценкой не ниже «Удовлетворительно»	ПК-1, ИДК ПК-1.1
5 Безвихревое движение	Знает понятия потенциала скорости, функции тока, связь потенциала скорости с функцией тока	Владеет материалом данного раздела.	ПК-1, ИДК ПК-1.1

Тема или раздел дисциплины	Показатель	Критерий оценивания	Формируемые компетенции и индикаторы
	Владеет представлениями о кинематике безвихревого движения жидкости Умеет решать задачи на потенциальное движение жидкости	Выполнил проверочную работу по разделу с оценкой не ниже «Удовлетворительно»	
6. Классификация сил, действующих на жидкость	Знает понятия баротропности и бароклинности, идеальной и реальной жидкости, знает силы, действующие на жидкость. Владеет представлениями о системах отсчета Умеет определять ускорение силы тяжести и силы Кориолиса	Владеет материалом данного раздела. Выполнил практическую работу по разделу с оценкой не ниже «Удовлетворительно»	ПК-1, ИДК ПК-1.1
7. Уравнения движения идеальной жидкости	Знает уравнения движения идеальной жидкости в форме Эйлера и Громека. Владеет представлениями о возможности замыкания системы уравнений движения идеальной жидкости. Умеет решать задачи на движение идеальной жидкости	Владеет материалом данного раздела. Выполнил проверочную работу по разделу с оценкой не ниже «Удовлетворительно»	ПК-1, ИДК ПК-1.1
8. Интегралы уравнений движения идеальной жидкости .	Знает примеры применения интеграла Бернулли к простейшим задачам. Владеет представлениями о физической и геометрической интерпретации интегралов Бернулли, Бернулли-Эйлера и Лагранжа-Коши. Умеет интегрировать уравнения движения идеальной жидкости	Владеет материалом данного раздела. Выполнил проверочную работу по разделу с оценкой не ниже «Удовлетворительно»	ПК-1, ИДК ПК-1.1
9. Гидростатика	Знает уравнения гидростатики и условия для сил, удерживающих жидкость в равновесии Умеет применять на практике уравнение гидростатики	Владеет материалом данного раздела. Выполнил проверочную работу по разделу с оценкой не ниже «Удовлетворительно» Написал реферат с оценкой не ниже «Удовлетворительно»	ПК-1, ИДК ПК-1.1
10. Динамика вязкой жидкости	Знает уравнение движения вязкой жидкости в форме Навье и Навье-Стокса Владеет представлениями о критериях подобия и их физическом смысле Умеет решать задачи на динамику вязкой жидкости	Владеет материалом данного раздела. Выполнил проверочную работу по разделу с оценкой не ниже «Удовлетворительно»	ПК-1, ИДК ПК-1.1

Критерии оценки проверочной работы (текущий контроль, формирование компетенций):

«Отлично»:

6 баллов: правильно решил все задачи проверочных работ, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы;

«Хорошо»:

4 балла: решил все задачи проверочных работ с отдельными недочетами, студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями;

«Удовлетворительно»:

2 балла: решил все задачи проверочных работ с ошибками, студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями;

«Неудовлетворительно»:

1 балл: студент неправильно решил все задачи проверочных работ или решил не все задачи, студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на конкретные вопросы.

0 баллов: студент не решил все задачи проверочных работ.

Критерии оценки практической работы (текущий контроль, формирование компетенций):

«Отлично»:

6 баллов: выполнены все задания практической работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы;

«Хорошо»:

4 балла: выполнены все задания практической работы, студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями;

«Удовлетворительно»:

2 балла: выполнены все задания практической работы с замечаниями, студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями;

«Неудовлетворительно»:

1 балл: студент выполнил неправильно задания практических работ, студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на конкретные вопросы.

0 баллов: студент не выполнил задания практической работы.

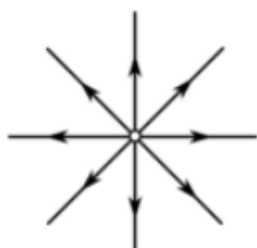
8.1.1 Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме - экзамен Темы рефератов и заданий поисково-исследовательского характера

Реферат на тему: «Реферат на тему: «Вихри в атмосфере и океане»

Демонстрационный вариант теста (фрагмент)

равняется удвоенной угловой скорости вращения частиц жидкости или газа и является характеристикой вращательной способности поля скорости в данной точке

Дивергенция вектора скорости	Поток вектора скорости	Трубка тока
Вихрь скорости	Линия тока	



На рисунке показан

Найти **дивергенцию** скоростного векторного поля, если

$$u=2x, v=2y, w=2z$$

$$\operatorname{div} \vec{V} = \square$$

2 0 2z 4 6 2y 2x

Согласно гипотезе в механике жидкости и газа при решении большинства задач принимают жидкость (газ) как сплошную среду ввиду чрезвычайной малости не только самих молекул, но и расстояний между ними по сравнению с объемами, рассматриваемыми при изучении равновесия и движения жидкости.

кинетиности текучести сплошности сжимаемости хаотичности

Часть жидкости, ограниченная траекториями точек замкнутого контура, называется .

– линия, проведенная в жидкости в данный момент времени так, что скорости всех частиц, находящихся на этой линии, направлены по касательным к этой линии.

Уравнение :
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \vec{V}) = 0$$
 является выражением закона сохранения .

– раздел механики, в котором изучаются причины, вызывающие движение.

Динамика Магнетизм Статика
Релятивизм Кинематика

Сила является равнодействующей двух сил: гравитационной силы притяжения Земли и центробежной силы инерции. Данная сила относится к силам

$$\rho \vec{F} = \text{grad} p$$

Уравнение называется векторным уравнением .

Уравнения движения идеальной жидкости в форме Эйлера имеют вид:

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad} p :$$

жидкости обладают абсолютной подвижностью, т. е. отсутствием сил трения и касательных напряжений и абсолютной неизменностью в объеме под воздействием внешних сил.

жидкости, обладают сжимаемостью, сопротивлением, растягивающим и сдвигающим усилиям и достаточной подвижностью, т. е. наличием сил трения и касательных напряжений.

Если из массовых сил действует только **сила тяжести**, а оси OX и OY направить по горизонтали, ось OZ вертикально вверх, то

$$F_x = \text{input}$$

$$F_y = \text{input}$$

$$F_z = \text{input}$$

Темы проверочных работ

- Решение задач: Действия с векторными величинами. Градиенты скалярных величин
- Решение задач: два основных метода описания движения жидкости, разложение на индивидуальной производной на локальную и конвективную составляющие, уравнения траектории и линии тока
- Решение задач: поток векторного поля через поверхность, дивергенция, уравнение неразрывности
- Решение задач: циркуляция вектора скорости по замкнутому контуру, вихрь скорости, уравнение вихревой линии

- Решение задач: потенциальное движение жидкости
- Решение задач: уравнения движения идеальной жидкости в форме Громека и Эйлера
- Решение задач: примеры применения интеграла Бернулли к простейшим задачам
- Решение задач: Уравнения гидростатики. Условия для сил, удерживающих жидкость в равновесии. Закон Паскаля. Равновесие тяжелой жидкости. Барометрические формулы
- Решение задач: Уравнения движения вязкой жидкости в форме Навье и в форме Навье-Стокса.

Тематика вопросов для самостоятельной работы

Примеры сжимаемых и несжимаемых жидкостей.

Когда жидкость однородна?

Жидкая частица – что это.

В чем общность и различие методов описания жидкости по Лагранжу и Эйлеру?

Что характеризует дивергенция? Является она скалярной или векторной величиной?

Основные предпосылки при выводе гидравлического уравнения неразрывности.

Может ли быть плоскопараллельное движение вихревым?

В чем суть уравнения Громека?

Для чего проводят усреднение уравнений движения?

В чем суть критериев подобия?

В чем различия уравнений движения, записанных в различных формах: Эйлера, Навье, Навье-Стокса, Рейнольдса?

Барометрические формулы.

Гидростатическая подъемная сила и устойчивость

Практическая работа: определение ускорения силы тяжести и силы Кориолиса для заданных пунктов(пример):

1) Найти компоненты и модуль ускорения силы Кориолиса [м/с²] по формулам:

для следующих пунктов:

Вар. 1	Анадырь, Хабаровск, Дели, Эльбрус	$u= 2,5 \text{ м/с}; v=2 \text{ м/с}; w= -0,1 \text{ м/с}$
Вар. 2	Иркутск, Владивосток, Анкоридж, пик Ленина	$u= 3,5 \text{ м/с}; v=1 \text{ м/с}; w=0,1 \text{ м/с}$
Вар. 3	Воркута, Улан-Удэ, Мумбаи, Арарат	$u= 1,5 \text{ м/с}; v=4 \text{ м/с}; w= 0,2 \text{ м/с}$
Вар. 4	Новосибирск, Норильск, Мехико, Эверест	$u= 0,5 \text{ м/с}; v=7,5 \text{ м/с}; w=-0,2 \text{ м/с}$

2) Найти ускорение силы тяжести g [м/с²] по формулам:

$$a) \quad g_{z,\varphi} = 9,780327 \cdot (1 + 0,0053024 \cdot \sin \varphi - 0,0000058 \cdot \sin^2 2\varphi) - 0,000003086 \cdot z$$

$$b) \quad g_{z,\varphi} = g_{0,45} (1 - a_1 \cos 2\varphi)(1 - a_2 z),$$

где $g_{z,\varphi}$ - ускорение силы тяжести на широте φ

и на высоте над уровнем моря Z , м,

$g_{0,45} = 9,806159 \text{ м/с}^2$ - ускорение силы тяжести на широте 45° и на уровне моря;

$$a_1 = 0,0026, \quad a_2 = 3,14 \cdot 10^{-7} \text{ 1/м},$$

с) Как равнодействующую ускорений сил земного притяжения \vec{g}_0 , направленной к центру Земли, и центробежной силы \vec{c} :

$$g = (g_0^2 + c^2 - g_0 \cdot c \cdot \cos \varphi)^{0,5}$$

$$g_0 = GM_3 / (R_3 + z)^2$$

$$c = \omega^2 (R_3 + z) \cos \varphi,$$

где $\omega = 7,297 \cdot 10^{-5} 1/c$ - угловая скорость вращения Земли; $R_3 = 6371000$ м - радиус Земли; φ - географическая широта, z - на высоте над уровнем моря, м.
 $G = 6,67430 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1}$; $M_3 = 5,9736 \cdot 10^{24}$ кг

для следующих пунктов:

Вар. 1	Анадырь, Хабаровск, Дели, Эльбрус
Вар. 2	Иркутск, Владивосток, Анкоридж, пик Ленина
Вар. 3	Воркута, Улан-Удэ, Мумбаи, Арарат
Вар. 4	Новосибирск, Норильск, Мехико, Эверест

d)

Пример проверочной работы (фрагмент)

Задача 1. Движение жидкости описывается потенциалом скоростей $\varphi = x \ln(x) + 3e^y$

Требуется определить:

- 1) проекции вектора скорости и его модуль
- 2) дивергенцию векторного поля
- 3) компоненты ускорения
- 4) является ли жидкость несжимаемой

...

Примерный перечень вопросов и заданий к экзамену

Механика жидкости и газа – один из разделов теоретической механики. Понятие о сплошной среде. Жидкая частица (элементарный объем).

Кинематика материальной точки и абсолютно твердого тела. Плотность. Общность и различия между капельной жидкостью и газом. Жидкости сжимаемые и несжимаемые. Градиент скалярной величины.

Два основных метода описания движения жидкости – Лагранжа и Эйлера.

Индивидуальная (субстанциональная) производная, ее разложение на локальную и конвективную составляющие.

Траектории и линии тока, их дифференциальные уравнения. Установившееся движение. Трубка тока. Струя.

Поток векторного поля через поверхность. Дивергенция. Формула Остроградского – Гаусса в векторном виде.

Вывод уравнения неразрывности. Частные виды уравнения неразрывности. Гидравлическое уравнение неразрывности.

Циркуляция вектора скорости по замкнутому контуру. Вихрь скорости. Теорема Стокса в векторной форме. Связь между ротором вектора скорости и угловой скоростью вращения твердого тела.

Теорема Коши – Гельмгольца (1-я теорема Гельмгольца) о движении жидкой частицы. Скорость деформации. Физический смысл составляющих тензора деформаций: деформации растяжения, сжатия, сдвига.

Вихревое движение жидкости. Вихревая линия и ее дифференциальное уравнение. Вихревая трубка.

2-я теорема Гельмгольца (о постоянстве потока вихря скорости через произвольное сечение вихревой трубки). Интенсивность вихревой трубки. Теорема Стокса о связи интенсивности вихревой трубки с циркуляцией по замкнутому контуру, охватывающему трубку.

Безвихревое движение. Потенциал скорости.

Уравнение неразрывности для потенциального движения.

Плоско-параллельное движение несжимаемой жидкости. Функция тока. Безвихревое плоско-параллельное движение. Связь потенциала скорости с функцией тока и геометрическая интерпретация этой связи.

Потенциалы скоростей и функций тока простейших потоков.

Режимы движения жидкости. Понятие турбулентности. Структура и основные характеристики турбулентности. Понятие пульсации.

Понятие сплошной среды. Понятие динамики. Системы отсчёта. Инерционные системы отсчета. Закон инерции.

Классификация сил, действующих в жидкости: массовые, поверхностные силы. Главный вектор массовых сил. Главный вектор поверхностных сил. Примеры сил. Сила тяжести сила Кориолиса. Случай несжимаемой жидкости. Случай сжимаемой жидкости. Баротропность и бароклинность. Вязкая (реальная) и идеальная жидкость. Модели жидкости.

Уравнения движения идеальной жидкости в форме Эйлера.

Уравнения движения жидкости в форме Громека.

Интегралы уравнений движения идеальной жидкости (Бернулли, Лагранжа, Лагранжа – Бернулли).

Их физическая и геометрическая интерпретации.

Уравнения гидростатики. Условия для сил, удерживающих жидкость в равновесии. Закон Паскаля. Равновесие тяжелой жидкости.

Уравнения движения вязкой жидкости в напряжениях (в форме Навье).

Тензор напряжений. Уравнения движения вязкой жидкости в форме Навье – Стокса. Допущения, предложенные Стоксом. Коэффициент вязкости.

Критерии оценивания устного ответа на контрольные вопросы (промежуточный контроль, формирование компетенций):

Экзамен проводится в форме тестового задания средствами образовательного портала *educa.isu.ru* из 20 вопросов и оценивается по 2 балла за каждый правильный ответ на вопрос (максимально 40 баллов за тест).

Оценка выставляется как сумма текущего контроля и промежуточного контроля:

Оценочные материалы	Количество баллов за семестр
Текущий контроль:	
Самостоятельная работа:	
Практическая работа: определение ускорения силы тяжести и силы Кориолиса для заданных пунктов	0-6
Практические работы:	
Проверочная работа (Решение задач: Действия с векторными величинами. Градиенты скалярных величин)	0-6
Проверочная работа (Решение задач: два основных метода описания движения жидкости, разложение на индивидуальной производной на локальную и конвективную составляющие, уравнения траектории и линии тока)	0-6
Проверочная работа (Решение задач: поток векторного поля через поверхность, уравнение неразрывности)	0-6
Проверочная работа (Решение задач: циркуляция вектора скорости по замкнутому контуру, вихрь скорости, уравнение вихревой линии)	0-6
Проверочная работа (Решение задач: потенциальное движение жидкости)	0-6
Проверочная работа (Решение задач: уравнения движения идеальной жидкости в форме Громека и Эйлера)	0-6
Проверочная работа (Решение задач: примеры применения интеграла Бернулли к простейшим задачам)	0-6
Проверочная работа (Решение задач: Уравнения гидростатики. Условия для сил, удерживающих жидкость в равновесии. Закон Паскаля. Равновесие тяжелой жидкости. Барометрические формулы)	0-6
Проверочная работа (Решение задач: Уравнения движения вязкой жидкости в форме Навье и в форме Навье-Стокса.)	0-6
Промежуточный контроль:	
Экзаменационный тест	0-40
Итого:	0-100

по балльной системе:

Суммарные баллы, полученные обучающимся за текущий контроль и промежуточный контроля	Академическая оценка
Менее 60 баллов	неудовлетворительно
60-70 баллов	удовлетворительно
71-85 баллов	хорошо
86-100 баллов	отлично

Разработчик:



Доцент кафедры гидрологии
и природопользования
Е.Н. Сутырина

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование.

Программа рассмотрена на заседании кафедры гидрологии и природопользования протокол №12 от 8.04.2025

Зав. кафедрой  Е.Н. Сутырина

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

**Лист согласования, дополнений и изменений
на 2026/2027 учебный год**

Изменений в рабочей программе дисциплины на 2026/2027 учебный год нет.

Декан географического факультета



Вологжина С.Ж.