МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра гидрологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ
Декан географического факультета,
канд. геогр. наук, доцент
С. Ж. Вологжина
«16» апреля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины
Б1.О.34 МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА

Направление подготовки
05.03.04 Гидрометеорология

Направленность (профиль) подготовки
Гидрология: управление водными ресурсами

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) **Б1.О.34 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*:*

Б1.О.16.02 Математический анализ

Б1.О.15 Физика

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

Б1.О.39 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 ***05.03.04 Гидрометеорология***.

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

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области математических и естественных наук при решении задач профессиональной деятельности	**ИДК** ОПК-1.2. Применяет базовые знания физических законов и анализа физических явлений при решении задач профессиональной деятельности	**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 задач профессиональной деятельности.

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 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/н	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)					Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися				Самостоятельная работа	
					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	**45**		4		1	3	37	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		**26**							**экзамен**
	ИТОГО		**144**		34	**34**	**10**	3	37	

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	37	Оценка практическойна 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 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. 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/н	№ 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** ОПК-1.2
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** ОПК-1.2
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** ОПК-1.2
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** ОПК-1.2
5.	**5 Безвихревое движение**	Решение задач: потенциальное движение жидкости	5	-	Проверочная работа (решение задач) (оценка в баллах: от 0 до 6 баллов)	**ИДК** ОПК-1.2

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** ОПК-1.2
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** ОПК-1.2
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** ОПК-1.2
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** ОПК-1.2

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	ОПК-1	**ИДК** ОПК-1.2

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 Институтов 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 **динамик**а. 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.ру/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	41
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»	**ОПК-1** **ИДК** $_{\text{ОПК-1.2}}$
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»	**ОПК-1** **ИДК** $_{\text{ОПК-1.2}}$
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»	**ОПК-1** **ИДК** $_{\text{ОПК-1.2}}$
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»	**ОПК-1** **ИДК** $_{\text{ОПК-1.2}}$
5 Безвихревое движение	Знает понятия потенциала скорости, функции тока, связь потенциала скорости с функцией тока	Владеет материалом данного раздела.	**ОПК-1** **ИДК** $_{\text{ОПК-1.2}}$

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 жидксоть. 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»	**ОПК-1** **ИДК** ОПК-1.2
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»	**ОПК-1** **ИДК** ОПК-1.2
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»	**ОПК-1** **ИДК** ОПК-1.2
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»	**ОПК-1** **ИДК** ОПК-1.2
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»	**ОПК-1** **ИДК** ОПК-1.2

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

«Удовлетворительно»:

2 балла: решил все 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

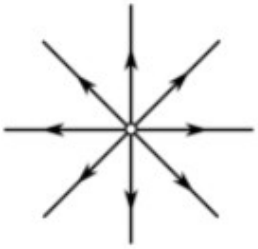
Темы рефератов и заданий поисково-исследовательского характера

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

$\mathrm{div}\vec{V}$ = ☐

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.

кинетичности | 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 ☐: $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \mathrm{div}(\rho\vec{V}) = 0$

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

Уравнение $\rho\vec{F} = gradp$ называется векторным уравнением [ ].

Уравнения движения идеальной жидкости в форме Эйлера имеют вид:

$\frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{F} - \frac{1}{\rho}$ [ ]:

dτ	gradφ	dp	ds	gradp

[ ] 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.

растяжимые	текучие	реальные
фракционные	идеальные	тангенциальные

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

F_x= [ ]

F_y= [ ]

F_z= [ ]

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

Подробное выполнение практических и самостоятельных работ указано в методических материалах, размещенных на educa.isu.ru

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

1) Найти компоненты и модуль ускорения силы Кориолиса [м/с^2] по формулам: для следующих пунктов:

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

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

1) $g_{z,\phi} = 9{,}780327*(1+0{,}0053024*\sin\phi - 0{,}0000058*\sin^2 2\phi) - 0{,}000003086*z$

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

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

и на высоте над уровнем моря z, м,

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

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

3) Как равнодействующую ускорений сил земного притяжения $\vec{g}_\circ$,

направленной к центру Земли, и центробежной силы $\vec{c}$:

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

$g_o = GM_з/(R_з+z)^2$

$c = \omega^2 (R_з + z)\cos\varphi$,

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

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 сос-тавляющих 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 бароклин-ность. 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 05.03.04 Гидрометеорология.

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.