



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профес-  
сионального образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ФГБОУ ВПО «ИГУ»  
Кафедра гидрологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ  
  
Декан географического факультета,  
канд. геогр. наук, доцент  
С.Ж. Вологжина  
«15» 05 2023 г.

### Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины (модуля) Б1.О.34.01 Кинематика жидкости и газа

Направление подготовки 05.03.04 «Гидрометеорология»


Направленность (профиль) «Информационные технологии в метеорологии»

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Форма обучения очная

Согласовано с УМК географического  
факультета

Протокол № 5 от «15» мая 2023г.  
Председатель, канд. геогр. наук, доцент

  
С.Ж. Вологжина

Рекомендовано кафедрой гидрологии и  
природопользования:

Протокол №11 от 12.05.2023.

Зав. кафедрой  Е.Н. Сутырина

Иркутск 2023 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 кинематике жидкостей и газов.

Цели освоения данной дисциплины определяют её основные *задачи*:

*Задачи* дисциплины:

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

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина (модуль) **Б1.О.34.01 Кинематика 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
<b>ОПК-1.</b> Способен применять базовые знания в области математических и естественных наук при решении задач профессиональной деятельности	<b>ИДК</b> опк-1.2. Применяет базовые знания физических законов и анализа физических явлений при решении задач профессиональной деятельности	<b>Знать:</b> основные понятия, гипотезы и допущения, применяемые при описании сплошной среды; задачи кинематики жидкости и газа, методы их решения; <b>Уметь:</b> проводить анализ поставленной задачи на основе современного математического аппарата; формулировать и решать задачи по движению жидкостей и газов <b>Владеть:</b> 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/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	<b>1 Основные понятия.</b>	5	16		8	6	2				Проверочная работа (решение задач)
2	<b>2 Методы описания движения жидкости</b>	5	17		7	8	2				Проверочная работа (решение задач)
3	<b>3 Поток, дивергенция, уравнение неразрывности.</b>	5	15		6	7	2				Проверочная работа (решение задач)
4	<b>4 Вихревое движение жидкости</b>	5	54		6	6	2	3	37		Проверочная работа (решение задач) / Реферат
5	<b>5 Безвихревое движение</b>	5	16		7	7	2				Проверочная работа (решение

										задач)
	Контроль		26							
	ИТОГО		144	34	34	10	3	37		экзамен

#### 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	<b>4 Вихревое движение жидкости</b>	Реферат на тему: « <b>Вихревые движения жидкости в атмосфере и океане</b> »	До начала промежуточной аттестации	37	Оценка реферата на educa.isu.ru (оценка в баллах: от 0 до 10 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.

#### 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.	<b>1 Основные понятия.</b>	Решение задач: Действия с векторными величинами. Градиенты скалярных величин	6	-	Проверочная работа (решение задач) (оценка в баллах: от 0 до 10 баллов)	ИДК ОПК-1.2
2.	<b>2 Методы описания движения жидкости</b>	Решение задач: два основных метода описания движения жидкости, разложение индивидуальной производной на	8	-	Проверочная работа (решение задач) (оценка в баллах: от 0 до 10 баллов)	ИДК ОПК-1.2

		локальную и конвективную составляющие, уравнения траектории и линии тока				
3.	<b>3 Поток, дивергенция, уравнение неразрывности.</b>	Решение задач: поток векторного поля через поверхность, уравнение неразрывности	7	-	Проверочная работа (решение задач) (оценка в баллах: от 0 до 10 баллов)	<b>ИДК</b> ОПК-1.2
4.	<b>4 Вихревое движение жидкости</b>	Решение задач: циркуляция вектора скорости по замкнутому контуру, вихрь скорости, уравнение вихревой линии	6	-	Проверочная работа (решение задач) (оценка в баллах: от 0 до 10 баллов)	<b>ИДК</b> ОПК-1.2
5.	<b>5 Безвихревое движение</b>	Решение задач: потенциальное движение жидкости	7		Проверочная работа (решение задач) (оценка в баллах: от 0 до 10 баллов)	<b>ИДК</b> 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.	<b>4 Вихревое движение жидкости</b>	Реферат на тему: «Вихри в атмосфере и океане»	ОПК-1	<b>ИДК</b> 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 системе (реферат может быть от **0 до 10 баллов** в зависимости от степени освещения заданной тематики). При недостаточном освещении заданной темы – студенту возвращается задание на доработку с последующим собеседованием для выявления степени усвоения.

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 Института 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](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:

Программа Microsoft Office Word для написания реферата представления материалов и результатов.

### 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	<b>1 Основные понятия.</b>	Лекция	Информационные технологии	8
2	<b>2 Методы описания движения жидкости</b>	Лекция	Информационные технологии	7
3	<b>3 Поток, дивергенция, уравнение неразрывно-</b>	Лекция	Информационные технологии	6

	<b>сти.</b>			
4	<b>4 Вихревое движение жидкости</b>	Лекция	Информационные технологии	8
5	<b>5 Безвихревое движение</b>	Лекция	Информационные технологии	7

### VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

*Оценочные средства для входного контроля – не предусмотрены*

*Оценочные средства текущего контроля*

Тема или раздел дисциплины	Показатель	Критерий оценивания	Формируемые компетенции и индикаторы
<b>1 Основные понятия.</b>	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»	<b>ОПК-1</b> <b>ИДК</b> опк-1.2
<b>2 Методы описания движения жидкости</b>	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»	<b>ОПК-1</b> <b>ИДК</b> опк-1.2
<b>3 Поток, дивергенция, уравнение неразрывности.</b>	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»	<b>ОПК-1</b> <b>ИДК</b> опк-1.2
<b>4 Вихревое движение жидкости</b>	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»	<b>ОПК-1</b> <b>ИДК</b> опк-1.2
<b>5 Безвихревое движение</b>	Знает понятия потенциала скорости, функции тока, связь потенциала скорости с функцией тока Владеет представлениями о кинематике безвихревого движения жидкости Умеет решать задачи на потенциальное движение жидкости	Владеет материалом данного раздела. Выполнил проверочную работу по разделу с оценкой не ниже «Удовлетворительно»	<b>ОПК-1</b> <b>ИДК</b> опк-1.2

**Критерии оценки практических заданий (текущий контроль, формирование компетенций):**

**«Отлично»:**

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

**«Хорошо»:**

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

**«Удовлетворительно»:**

**6 баллов:** решил все задачи проверочных работ с ошибками, студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями;

**«Неудовлетворительно»:**

**3 балла:** 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 оценивания индивидуального отчета о выполнении самостоятельной работы (реферата) (текущий контроль, формирование компетенций):**

**«Отлично»:**

**10 баллов:** работа выполнена в срок, оформление, структура и стиль работы образцовые; работа выполнена самостоятельно, присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы; правильные ответы на все вопросы при защите реферата; тема реферата раскрыта полностью; список использованных источников содержит требуемое в задании число источников;

**«Хорошо»:**

**8 балла:** содержание работы соответствует тематике реферата; работа выполнена с незначительными замечаниями; работа выполнена в срок, в оформлении, структуре и стиле проекта нет грубых ошибок; работа выполнена самостоятельно, присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы; правильные ответы на все вопросы с помощью преподавателя при защите реферата;

**«Удовлетворительно»:**

**6 балла:** содержание реферата в целом соответствует заявленной теме; написанное реферата имеет значительные замечания; сдана с нарушением графика, в оформлении, структуре и стиле работы есть недостатки; работа выполнена самостоятельно, присутствуют собственные обобщения; ответы не на все вопросы при защите отчета;

**«Неудовлетворительно»:**

**3 балла:** содержание реферата значительно отклоняется от заявленной темы; отсутствуют или сделаны неправильные выводы и обобщения; оформление работы не соответствует требованиям; нет ответов на вопросы при защите отчета.

**0 баллов:** работа не выполнена или не является оригинальной, не соответствует заявленной теме; выполнена не самостоятельно

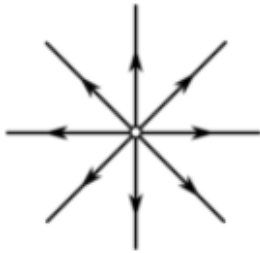
**8.1.1 Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме - экзамен Темы рефератов и заданий поисково-исследовательского характера**

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

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

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

- |   |   |    |   |   |    |    |
|---|---|----|---|---|----|----|
| 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.

- |              |           |            |             |             |
|--------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| 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  ⇨ 
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{V}) = 0$$

является выражением закона сохранения  ⇨

## Темы практических 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

## 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?

## 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.

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

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


Общая оценка выставляется как сумма текущего контроля и промежуточного контроля:

Оценочное средство	Количество баллов за семестр
<b>Текущий контроль:</b>	
Самостоятельная работа:	
Реферат на тему: «Вихри в атмосфере и океане»	0-10
Практические работы:	
Проверочная работа (Решение задач: Действия с векторными величинами. Градиенты скалярных величин)	0-10
Проверочная работа (Решение задач: два основных метода описания движения жидкости, разложение на индивидуальной производной на локальную и конвективную составляющие, уравнения траектории и линии тока)	0-10
Проверочная работа (Решение задач: поток векторного поля через поверхность, уравнение неразрывности)	0-10
Проверочная работа (Решение задач: циркуляция вектора скорости по замкнутому контуру, вихрь скорости, уравнение вихревой линии)	0-10
Проверочная работа (Решение задач: потенциальное движение жидкости)	0-10
<b>Промежуточный контроль:</b>	
Экзаменационный тест	0-40
<b>Итого:</b>	<b>0-100</b>

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:**

  
(подпись)

Доцент кафедры гидрологии и при-  
родопользования

(занимаемая должность)

Е.Н. Сутырина

(инициалы, фамилия)

**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 №11 от 12.05.2023

Зав. кафедрой  Е.Н. Сутырина

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