

Подписано электронной подписью:  
Вержицкий Данил Григорьевич  
Должность: Директор КГПИ ФГБОУ ВО «КемГУ»  
Дата и время: 2024-02-21 00:00:00  
471086fad29a3b30e244e728abc3661ab35e9d50210dcf0e75e03a5b6fdf6436

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Кузбасский гуманитарно-педагогический институт  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Кемеровский государственный университет»  
Факультет информатики, математики и экономики

УТВЕРЖДАЮ

Декан

\_\_\_\_\_ А. В. Фомина

«08» февраля 2024 г.

### **Рабочая программа дисциплины**

#### **К.М.05ДВ.01.02 Математические модели гидродинамики**

Направление подготовки

01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) подготовки

Математическое моделирование

Программа  
*магистратуры*

Квалификация выпускника  
*магистр*

Форма обучения  
*очная*

Год набора 2024

Новокузнецк 2024

## **Оглавление**

1 Цель дисциплины. ....	3
Формируемые компетенции, индикаторы достижения компетенций, знания, умения, навыки .....	3
Место дисциплины.....	3
2 Объём и трудоёмкость дисциплины по видам учебных занятий. Формы промежуточной аттестации.....	3
3. Учебно-тематический план и содержание дисциплины. ....	4
3.1 Учебно-тематический план .....	4
4 Порядок оценивания успеваемости и сформированности компетенций обучающегося в текущей и промежуточной аттестации. ....	4
5 Материально-техническое, программное и учебно-методическое обеспечение дисциплины. ....	5
5.1 Учебная литература .....	5
5.2 Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины.....	6
5.3 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы. ....	6
6 Иные сведения и (или) материалы. ....	7
6.1. Примерные вопросы и задания / задачи для промежуточной аттестации .	7

## 1 Цель дисциплины.

В результате освоения данной дисциплины у обучающегося должны быть сформированы компетенции основной профессиональной образовательной программы магистратуры (далее - ОПОП):

*ПК-1 Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки при исследовании самостоятельных тем.*

## Формируемые компетенции, индикаторы достижения компетенций, знания, умения, навыки

Таблица 1 – Индикаторы достижения компетенций, формируемые дисциплиной

Код и название компетенции	Индикаторы достижения компетенции по ОПОП	Знания, умения, навыки (ЗУВ), формируемые дисциплиной
ПК-1 Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки при исследовании самостоятельных тем	ПК 1.5 Проводит анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений. ПК 1.6 Осуществляет теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений.	<b>Уметь:</b> - обобщать имеющиеся научные данные, результаты экспериментов и наблюдений и составлять на основе анализа этих данных краевые задачи гидродинамики <b>Владеть:</b> навыками использования методов моделирования течения жидкости для решения научно-исследовательских и опытно-конструкторских задач

### Место дисциплины

Дисциплина включена в модуль «Научно-исследовательская работа в области математического моделирования» ОПОП ВО, дисциплина по выбору. Дисциплина осваивается на 2 курсе в 4 семестре.

## 2 Объём и трудоёмкость дисциплины по видам учебных занятий.

### Формы промежуточной аттестации.

Таблица 4 – Объем и трудоемкость дисциплины по видам учебных занятий

Общая трудоемкость и виды учебной работы по дисциплине, проводимые в разных формах	Объём часов по формам обучения		
	ОФО	ОЗФО	ЗФО
1 Общая трудоемкость дисциплины	108		
2 Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	32		
Аудиторная работа (всего):	32		
в том числе:			
лекции			
практические занятия, семинары	32		
практикумы			
лабораторные работы			
в интерактивной форме			
в электронной форме			
Внеаудиторная работа (всего):	76		
в том числе, индивидуальная работа обучающихся с преподавателем			
подготовка курсовой работы /контактная работа			
групповая, индивидуальная консультация и иные виды			

учебной деятельности, предусматривающие групповую или индивидуальную работу обучающихся с преподавателем)			
творческая работа (эссе)			
3 Самостоятельная работа обучающихся (всего)	76		
4 Промежуточная аттестация обучающегося и объём часов, выделенный на промежуточную аттестацию: - зачет с оценкой	-		

### 3. Учебно-тематический план и содержание дисциплины.

#### 3.1 Учебно-тематический план

Таблица 3 - Учебно-тематический план очной формы обучения

№ недели п/п	Разделы и темы дисциплины по занятиям	Общая трудоёмкость (всего час.)	Трудоёмкость занятий (час.)			Формы текущего контроля и промежуточной аттестации успеваемости
			Аудиторн. занятия		СРС	
			лекц.	практ.		
1-6	1. Уравнения неразрывности, движения, энергии, диффузии	38	6	6	26	Устный опрос
1-2	1.2. Введение. Основные уравнения гидродинамики.	12	2	2	8	
3-4	1.3. Замкнутые системы уравнений гидродинамики.	12	2	2	8	
5-6	1.4. Частные формулировки уравнений гидродинамики. Установившиеся течения. Интеграл Бернулли. Потенциальные течения. Интеграл Коши-Лагранжа	14	2	2	10	
7-10	2. Понятие турбулентности и основные подходы к описанию турбулентных течений	34	4	4	26	Устный опрос
7-8	2.1. Составление моделей течения с учетом турбулентности.	17	2	2	13	
9-10	2.2 Учет кривизны при расчете турбулентных течений.	17	2	2	13	
11-16	3. Получение новых уравнений переноса из комбинаций уравнений неразрывности, движения и энергии	36	6	6	24	Устный опрос
11-12	3.1. Уравнение Лайтхилла и связанные с ним соотношения.	12	2	2	8	
13-14	3.2. Трансформация уравнений Навье-Стокса.	12	2	2	8	
15-16	3.3 Уравнение переноса тензора напряжений Рейнольдса.	12	2	2	8	
	Промежуточная аттестация (зачет с оценкой)					
	<b>Всего:</b>	108	16	16	76	

### 4 Порядок оценивания успеваемости и сформированности компетенций обучающегося в текущей и промежуточной аттестации.

Для положительной оценки по результатам освоения дисциплины обучающемуся необходимо выполнить все установленные виды учебной работы. Оценка результатов работы обучающегося в баллах (по видам) приведена в таблице 4.

Таблица 4 - Шкала и показатели оценивания результатов учебной работы обучающихся по видам в балльно-рейтинговой системе (БРС)

Учебная работа (виды)	Сумма баллов	Виды и результаты учебной работы	Оценка в аттестации (шкала и показатели оценивания)	Баллы
Текущая учебная работа в семестре (Посещение занятий по расписанию и	80	Практические занятия (6 занятий).	3 балл - посещение 1 практического занятия и выполнение работы на 51-65% 5 балла – посещение 1 занятия и существенный вклад на занятии в работу всей группы, самостоятельность и выполнение работы на 85,1-100%	18-30

Учебная работа (виды)	Сумма баллов	Виды и результаты учебной работы	Оценка в аттестации (шкала и показатели оценивания)	Баллы
выполнение заданий)		Устный опрос по теме «Уравнения неразрывности, движения, энергии, диффузии»	<b>8 баллов</b> (выполнено 51 - 65% заданий) <b>14 баллов</b> (выполнено 66 - 85% заданий) <b>20 баллов</b> (выполнено 86 - 100% заданий)	20
		Устный опрос по теме «Понятие турбулентности и основные подходы к описанию турбулентных течений»	<b>8 баллов</b> (выполнено 51 - 65% заданий) <b>14 баллов</b> (выполнено 66 - 85% заданий) <b>20 баллов</b> (выполнено 86 - 100% заданий)	20
		Устный опрос по теме «Получение новых уравнений переноса из комбинаций уравнений неразрывности, движения и энергии»	<b>4 балла</b> (выполнено 51 - 65% заданий) <b>7 баллов</b> (выполнено 66 - 85% заданий) <b>10 баллов</b> (выполнено 86 - 100% заданий)	10
<b>Итого по текущей работе в семестре</b>				41 - 80
Промежуточная аттестация (зачет с оценкой)	20	Решение задачи 1.	<b>5 баллов</b> (пороговое значение) <b>10 баллов</b> (максимальное значение)	5-10
		Решение задачи 2.	<b>5 баллов</b> (пороговое значение) <b>10 баллов</b> (максимальное значение)	5-10
<b>Итого по промежуточной аттестации (зачет)</b>				10-20
<b>Суммарная оценка по дисциплине: Сумма баллов текущей и промежуточной аттестации</b>				51 – 100 б.

## 5 Материально-техническое, программное и учебно-методическое обеспечение дисциплины.

### 5.1 Учебная литература

#### Основная учебная литература

1. Павловский, В. А. Вычислительная гидродинамика. Теоретические основы : учебное пособие / В. А. Павловский, Д. В. Никущенко. — Санкт-Петербург : Издательство «Лань», 2018. — 368 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-8114-2924-0. — Текст : электронный // ЭБС Лань [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/103064/#2> .

#### Дополнительная учебная литература

2. Вольмир, А. С. Оболочки в потоке жидкости и газа: задачи гидроупругости : учебное пособие для вузов / А. С. Вольмир. — 2-е изд., стер. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 326 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06871-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454267> .

3. Тихоненков, Б. П. Гидравлика и гидроприводы : учебное пособие / Б. П. Тихоненков. - Москва : МГАВТ, 2005. - 112 с. : 54 ил. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/400696>. – Режим доступа: по подписке.

4. Шилияев, М. И. Гидродинамика и тепломассообмен пленочных течений в полях массовых сил и их приложения: Монография. — М.: ИНФРА-М, 2019. - 198 с. — (Научная мысль). — DOI 10.12737/603 (www.doi.org). - ISBN 978-5-16-009291-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1013435>. – Режим доступа: по подписке

5. Жуков, М. Использование пакета конечных элементов FreeFem++ для задач гидродинамики, электрофореза и биологии: монография / Жуков М.Ю., Ширяева Е.В. - Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2008. - 256 с. ISBN 978-5-9275-0378-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/551185>. – Режим доступа: по подписке.

## 5.2 Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины.

Учебные занятия по дисциплине проводятся в учебных аудиториях НФИ КемГУ:

<p>410 Учебная аудитория (мультимедийная) для проведения:          - занятий семинарского (практического) типа;          - групповых и индивидуальных консультаций;          - текущего контроля и промежуточной аттестации;          Специализированная (учебная) мебель: доска меловая, кафедра, моноблоки аудиторные.          Оборудование: стационарное - компьютер, экран, проектор.          Используемое программное обеспечение: MSWindows, LibreOffice (свободно распространяемое ПО), Яндекс.Браузер (отечественное свободно распространяемое ПО).          Интернет с обеспечением доступа в ЭИОС.</p>	<p>654079,          Кемеровская область, г. Новокузнецк, пр-кт Metallургов, д. 19</p>
<p>106 Помещение для самостоятельной работы студентов.          Специализированная (учебная) мебель: доска меловая переносная, столы, стулья, рабочее место для обучающегося с ОБЗ.          Оборудование: стационарное – компьютеры для обучающихся (3 шт.), телевизор.          Используемое программное обеспечение: MSWindows, LibreOffice (свободно распространяемое ПО), Яндекс.Браузер (отечественное свободно распространяемое ПО).          Интернет с обеспечением доступа в ЭИОС.</p>	<p>654079,          Кемеровская область, г. Новокузнецк, пр-кт Metallургов, д. 19</p>
<p>225 Помещение для самостоятельной работы студентов.          Специализированная (учебная) мебель: столы, стулья.          Оборудование: стационарное - компьютеры для обучающихся (10 шт.).          Используемое программное обеспечение: MSWindows, LibreOffice (свободно распространяемое ПО), FoxitReader (свободно распространяемое ПО), Firefox 14 (свободно распространяемое ПО), Яндекс.Браузер (отечественное свободно распространяемое ПО).          Интернет с обеспечением доступа в ЭИОС.</p>	<p>654079,          Кемеровская область, г. Новокузнецк, пр-кт Metallургов, д. 19</p>

## 5.3 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

### Перечень СПБД и ИСС по дисциплине

Общероссийский математический портал (информационная система) - <http://www.mathnet.ru/>

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, 62 медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты - [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

Экспонента центр инженерных технологий и моделирования - <http://www.exponenta.ru>

Science Direct содержит более 1500 журналов издательства Elsevier, среди них издания по математике и информатике. <https://www.sciencedirect.com>

База книг и публикаций Электронной библиотеки "Наука и Техника" - <http://www.n-t.ru>

Информационная система «Единое окно доступа к информационным ресурсам» - <http://window.edu.ru/catalog/>

Базы данных и аналитические публикации на портале «Университетская информационная система Россия» - <https://uisrussia.msu.ru/>

## 6 Другие сведения и (или) материалы.

### 6.1. Примерные вопросы и задания / задачи для промежуточной аттестации

Таблица 5 - Примерные теоретические вопросы и практические задания / задачи к зачету

Разделы и темы	Примерные теоретические вопросы	Примерные практические задания / задачи
<b>1. Уравнения неразрывности, движения, энергии, диффузии</b>		
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные понятия гидродинамики. Расход жидкости и средняя скорость потока.</li> <li>2. Типы жидкостей (классификация). Идеальная и вязкая жидкости; понятие о неньютоновской жидкости.</li> <li>3. Методы гидромеханики.</li> <li>4. Дифференциальное уравнение Эйлера (идеальная жидкость).</li> <li>5. Уравнения неразрывности или закон сохранения массы.</li> <li>6. Закон сохранения массы для струйки тока.</li> <li>7. Уравнения Навье-Стокса для несжимаемой жидкости</li> <li>8. Уравнение теплопроводности (конвективного переноса), начальные и граничные условия.</li> <li>9. Простейшие аналитические решения краевых задач гидродинамики и теплообмена</li> <li>10. Завихренность</li> <li>11. Уравнения движения в форме Громеки-Ламба</li> <li>12. Уравнения движения в форме переноса завихренности</li> <li>13. Краевые задачи для уравнений в преобразованных переменных</li> <li>14. Установившееся квазистационарное движение</li> <li>15. Гидростатика</li> <li>16. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной и реальной жидкости.</li> <li>17. Физический смысл уравнения Бернулли. Его геометрическая интерпретация. Гидравлический уклон.</li> <li>18. Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости.</li> <li>19. Применение уравнения Бернулли при решении технических задач по определению расхода жидкости (расходомер Вентури).</li> <li>20. Применение уравнения Бернулли при решении технических задач по определению скорости течения (трубка Пито).</li> <li>21. Применение уравнения Бернулли при решении технических задач по определению мощности насосной установки.</li> <li>22. Движение шара в идеальной жидкости</li> <li>23. Обращение движения в задачах обтекания тел</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Составить и решить задачу о течении вязкой несжимаемой жидкости в прямоугольной области с непроницаемыми стенками в случае, когда на одной из сторон прямоугольника задана постоянная касательная скорость жидкости <math>u_0 = 0</math>.</li> <li>2. Составить и решить задачу и протекании жидкости в Т-образном канале.</li> <li>3. Написать определяющие уравнения для ньютоновой жидкости с нулевой объемной вязкостью <math>\chi^* \equiv 0</math>.</li> <li>4. Написать условия, при которых среднее нормальное давление <math>p_{(m)} = -\sigma_{ii}/3</math> равно термодинамическому давлению <math>p</math> в ньютоновой жидкости.</li> </ol>

2. Понятие турбулентности и основные подходы к описанию турбулентных течений		
	24. Турбулентность 25. Уравнения движение турбулентного потока 26. Гипотеза Бусинеска 27. Турбулентное течение сжимаемой жидкости	1. Из жидкости плотности $\rho$ , заполняющей все пространство, внезапно удаляется сферический объем радиусом $a$ . Определить время в течение которого образовавшаяся полость заполнится жидкостью. На бесконечности поддерживается постоянное давление, внутри полости давление равно нулю. 2. Описать плоское радиальное движение по инерции расходящегося концентрического кольца со свободными границами. Найти асимптотику толщины кольца $d$ при $t \rightarrow \infty$ . 3. Конденсатор паровой турбины состоит из 250 трубок для протока охлаждающей воды. Определить максимально допустимый диаметр трубок, обеспечивающий турбулентный режим течения при общем объемном расходе воды через все трубки $Q = 100 \text{ м}^3 / \text{ч}$ . Коэффициент кинематической вязкости принять равным $1 \text{ мм}^2 / \text{с}$ . Предполагается, что устойчивый турбулентный режим течения воды в трубках удерживается при $Re > 10^4$ , то есть при числах Рейнольдса, превышающих критическое значение.
3. Получение новых уравнений переноса из комбинаций уравнений неразрывности, движения и энергии		
	1. Уравнение Лайтхилла 2. Трансформация уравнения Навье-Стокса 3. Уравнения переноса тензора напряжений Рейнольдса	1. Оценить порядок величины $u_\tau$ изменения скорости данного перемещающегося в пространстве элемента турбулентной жидкости в течение промежутка времени $\tau$ , малого по сравнению с характерным временем $T_L \sim L/u$ движения в целом. 2. Насадок Борда шириной $a$ симметрично установлен в бесконечно длинный сосуд шириной $5a$ . доказать, что коэффициент сжатия струи, вытекающей через насадок, равен $5 - 2\sqrt{5}$ .

Составитель (и): Вячкина Е.А., доцент