

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Поверинов Игорь Егорович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 07.05.2024 10:55:54

Уникальный программный ключ:

6d465b936eef331cede482bde6d12a09821b052f016469833871a2ca0bde1b2

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

(ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова»)

Факультет прикладной математики, физики и информационных технологий
Кафедра высшей математики и теоретической механики им. С.Ф.Сайкина

Утверждена в составе
образовательной программы
высшего образования

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) **«МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ»**

Научная специальность – 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы

Форма обучения – очная

Год начала освоения – 2024

СОСТАВИТЕЛЬ (СОСТАВИТЕЛИ):

Профессор кафедры высшей математики
и теоретической механики. С.Ф.Сайкина
Доктор ф.м. наук, профессор
А.Г. Терентьев

ОБСУЖДЕНО:

На заседании кафедры кафедры высшей математики и теоретической механики.
С.Ф.Сайкина 27 марта 2024 г., протокол № 6
Заведующий кафедрой
А.С. Сабиров

СОГЛАСОВАНО:

Декан факультета А.Ю. Иваницкий
Начальник отдела подготовки и
повышения квалификации
научно-педагогических кадров С.Б. Харитонов

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля).

Цель освоения учебной дисциплины: формирование у аспирантов углубленных знаний по теоретическим проблемам, возникающих при движении газообразных, жидких и твердых деформируемых твердых тел, основных методов аналитического и численного исследования математических задач механики сплошных сред.

Задачи освоения дисциплины: формирование у аспирантов знаний и умений, позволяющих применять основные положения дисциплины «Механика жидкости газа и плазмы» в исследовательской и преподавательской деятельности; изучение законов механики сплошных сред; изучение методов и моделей, используемых в механике жидкости, газа и плазмы; развитие навыков творческого и поискового подхода к выполнению конкретных заданий; развитие умения работать с учебной и научной литературой; развитие умения моделировать и решать задачи механики сплошных сред, в том числе с использованием современной вычислительной техники.

2. Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля).

В процессе освоения данной дисциплины обучающиеся формируют следующие результаты освоения дисциплины:

К7 – способность понимать и представлять теоретические и практические проблемы в области механики жидкости газа и плазмы;

К8 – Иметь навыки построения математических моделей для описания параметров потоков движущихся сред в широком диапазоне условий для решения задач механики сплошных сред;

К9 – способность к интерпретации экспериментальных исследований течений и их взаимодействия с телами и экспериментальных данных компьютерного моделирования.

3. Структура и содержание дисциплины (модуля).

3.1. Структура дисциплины (модуля).

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Код формируемой компетенции	Форма текущего контроля
1.	Раздел 1. Векторный и тензорный анализ	Векторы. Свойства векторов. Тензоры и действия над ними. Производные векторных и тензорных функций. Производные векторных и тензорных функций.	К7, К8	Контрольная работа; устный контроль; тестирование
2.	Раздел 2. Механика сплошной среды	Деформация сплошной среды. Напряженное состояние сплошной среды.	К8, К9	Контрольная работа; устный контроль; тестирование
3.	Раздел 3. Механика жидкости и газа	Изотропная жидкая среда. Динамика идеальной жидкости. Вязкая жидкость. Ламинарное и турбулентное течения. Газовая динамика. Механическое подобие и моделирование.	К8, К9	Контрольная работа; устный контроль; тестирование

3.2. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы.

№ п/п	Темы занятий	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	Всего часов
	Семестр 3	16	16	76	108
	Раздел 1. Векторный и тензорный анализ				
1.	Тема 1. Векторы. Свойства векторов.	2	2	8	10
2.	Тема 2. Тензоры и действия над ними.	2	2	8	10
3.	Тема 3. Производные векторных и тензорных функций.	4	4	8	14
	Раздел 2. Механика сплошной среды				
4.	Тема 4. Деформация сплошной среды	4	4	8	14
5.	Тема 5. Напряженное состояние сплошной среды.	4	4	8	14
	Итого за 3 сем., час	16	16	40	108
	Семестр 4				
6.	Тема 6. Анализ напряжений сплошной среды..	2	2	12	10
	Раздел 3. Механика жидкости и газа				
7.	Тема 7. Изотропная жидкая среда.	2	2	12	12
8.	Тема 8. Динамика идеальной жидкости.	4	4	12	16
9.	Тема 9. Вязкая жидкость. Ламинарное и турбулентное течения.	4	4	12	16
10.	Тема 10. Газовая динамика.	2	2	14	16
11.	Тема 11. Механическое подобие и моделирование.	2	2	14	10
	Итого за 4 сем., час	16	16	76	108
	Итого, час.	32	32	116	180
	Итого, з.е.				5

Вид промежуточной аттестации:

зачет – семестр 3,4;

3.3 Темы занятий и краткое содержание.

Тема 1. Векторы. Свойства векторов.

Лекция 1. Векторы. Свойства векторов.

1. Скалярное произведение. Базисные векторы и компоненты векторов. Ортонормированный базис. Символьные обозначения. Переход от одного базиса к другому. Произвольный базис и компоненты векторов.

Практическое занятие 1. Векторы. Свойства векторов.

1. Действия над векторами

Тема 2. Тензоры и действия над ними

Лекция 2. Тензоры и действия над ними.

1. Тензор второго ранга. Симметричный тензор. Главные направления и главные значения тензора. Инварианты тензора. Евклидово пространство. Декартова и аффинная система координат. Криволинейные координаты и локальный базис. Преобразование криволинейных координат.

Практическое занятие 2. *Тензоры и действия над ними.*

1. Определение главного направления и главного значения тензора.

Тема 3. Производные векторных и тензорных функций

Лекция 3. Производные векторных и тензорных функций.

1. Тензор Римана-Кристоффеля. Условия евклидовости пространства.

Лекция 4. Дифференциальные операторы.

1. Дифференциальные операторы. Ортогональные координаты.

Практическое занятие 3. Производные векторных и тензорных функций.

1. Нахождение производных векторных и тензорных функций.

Тема 4. Деформация сплошной среды.

Лекция 5. Способы задания деформации.

1. Тензор деформации. Геометрический смысл компонент тензора деформаций.

Деформация малого объема. Инварианты тензора деформаций. Уравнения неразрывности в Лагранжевых и Эйлеровых переменных.

Практическое занятие 4. Дифференциальные операторы.

1. Дифференциальные операторы.

Практическое занятие 5. *Деформация сплошной среды.*

1. Нахождение инварианта тензора деформаций.

Тема 5. Напряженное состояние сплошной среды.

Лекция 6. Способы задания деформации.

1. Напряженное состояние. Классификация сил. Поверхностные силы и вектор напряжения. Тензор напряжений. Выражение вектора напряжений через тензор напряжений

Лекция 7. Свойства тензора напряжений

1. Свойства тензора напряжений. Инварианты тензора напряжений. Главные значения и главные направления.

Практическое занятие 6. Способы задания деформации.

1. Выражение вектора напряжений через тензор напряжений.

Практическое занятие 7. Свойства тензора напряжений.

1. Нахождение инварианта тензора напряжений.

Тема 6. Анализ напряжений сплошной среды.

Лекция 8. Анализ напряжений.

1. Поверхность напряжений Коши. Максимальное и минимальное касательное напряжение. Область изменения нормального и касательного напряжения. Круги Мора.

Практическое занятие 8. . Анализ напряжений.

1. Шаровой тензор напряжений и девиатор.

Тема 7. Изотропная жидкая среда

Лекция 9. Изотропная жидкая среда.

1. Связь между тензором напряжений и тензором скорости деформации. Модели вязкой и идеальной жидкости. Диссипация энергии в вязкой жидкости.

Практическое занятие 9. Изотропная жидкая среда .

1. Модели вязкой и идеальной жидкости.

Тема 8. Динамика идеальной жидкости.

Лекция 10. Динамика идеальной жидкости.

1. Динамика идеальной жидкости. Общая теория идеальной несжимаемой жидкости.

Лекция 11. Гидродинамические силы при движении тела в жидкости.

1. Гидродинамические силы при движении тела в жидкости.

Практическое занятие 10. Динамика идеальной жидкости.

1. Модели вязкой и идеальной жидкости.

Практическое занятие 11. Гидродинамические силы при движении тела в жидкости

1. Плоские задачи. Задачи, обладающие осевой симметрией.

Тема 9. Вязкая жидкость.

Лекция 12. Вязкая жидкость. Ламинарное и турбулентное течения.

1. Вязкая жидкость. Ламинарное и турбулентное течения.

Лекция 13. Упрощения постановки задачи, течения предельно вязкой жидкости.

Практическое занятие 12. Вязкая жидкость.

1. Задачи, обладающие осевой симметрией. Ламинарное и турбулентное течения.

Практическое занятие 13. Постановка задачи, течения предельно вязкой жидкости.

1. Постановка задачи, течения предельно вязкой жидкости.

Тема 10. Газовая динамика.

Лекция 14. Газовая динамика.

1. Основные соотношения между параметрами совершенного газа.

Лекция 15. Распространение звука.

1. Дозвуковые и сверхзвуковые течения. Метод подобия и характеристик.

Практическое занятие 14. Газовая динамика.

1. Метод подобия и характеристик. Основные соотношения между параметрами совершенного газа.

Практическое занятие 15. Распространение звука

1. Дозвуковые и сверхзвуковые течения..

Тема 11. Механическое подобие и моделирование.

Лекция 16. Механическое подобие и моделирование.

1. Механическое подобие и моделирование. Критерии подобия.

Практическое занятие 16. Динамика идеальной жидкости.

1. Модели вязкой и идеальной жидкости.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (модуля).

Формы и виды контроля знаний аспирантов, предусмотренные по данной дисциплине:

текущий контроль;

промежуточная аттестация (зачет).

Критерии получения зачета по дисциплине (модулю):

- оценка «зачтено» ставится, если обучающийся выполнил не менее половины аудиторных контрольных работ, домашних заданий, докладов, ответил на половину вопросов к зачету;

- оценка «не зачтено» ставится, если обучающийся выполнил менее половины аудиторных контрольных работ, домашних заданий, докладов, не ответил на половину вопросов к зачету.

4.1. Примерный перечень вопросов к зачету

1. Сплошные среды как непрерывные континуумы.
2. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы.
3. Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач.
4. Экспериментальные методы исследований в механике жидкости и газа.
5. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости, газа и плазмы.
6. Системы координат и системы отсчета.
7. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошной среды.
8. Определение и свойства кинематических характеристик движения.
9. Масса и плотность.
10. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера
11. Уравнение неразрывности в переменных Лагранжа.
12. Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы.
13. Элементарная работа внутренних массовых и поверхностных сил.
14. Закон сохранения энергии
15. Понятие о внутренней энергии.
16. Совершенный газ.
17. Цикл Карно.
18. Второй закон термодинамики.
19. Модели идеальной несжимаемой и сжимаемой жидкостей и совершенного газа.
20. Модель вязкой жидкости.
21. Законы Навье-Стокса. Явление кавитации.
22. Общая теория непрерывных потенциальных движений несжимаемой жидкости.
23. Силы воздействия идеальной жидкости на тело, движущееся в безграничной массе жидкости.
24. Применение методов теории аналитических функций комплексного переменного для решения плоских задач гидродинамики и аэродинамики.
25. Плоские задачи о стационарном обтекании жидкостью профиля.
26. Определение поля скоростей по заданным вихрям и источникам.
27. Постановка задачи и основные результаты теории крыла конечного размаха.
28. Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости в цилиндрических трубах.
29. Турбулентные движения жидкости в цилиндрических трубах.
30. Уравнения Рейнольдса.
31. Теплообмен с газовым потоком на основе теории пограничного слоя.
32. Теория распространения звука.
33. Проблемы дифракции звука.
34. Кинематика распространения волн, фазы, амплитуда.
35. Запаздывающие потенциалы.
36. Простая волна Римана и эффект опрокидывания волны.
37. Метод характеристик.
38. Течение Прандтля-Майера.
39. Система определяющих параметров для выделенного класса явлений в теории и при постановке экспериментов.
40. Критерии подобия.
41. Числа Эйлера, Маха, Фруда.
42. Числа Рейнольдса, Струхала, Прандтля.
43. Векторы, их свойства и действия над ними.
44. Базисные векторы.
45. Тензоры и действия над ними.

46. Главные направления и главные значения тензора.
47. Евклидово пространство.
48. Декартова и аффинная система координат.
49. Криволинейные координаты и локальный базис.
50. Преобразование криволинейных координат.
51. Производные векторных и тензорных функций.
52. Тензор Римана-Кристоффеля.
53. Деформация сплошной среды.
54. Тензор деформации.
55. Напряженное состояние. Вектор и тензор напряжений.
56. Главные значения и главные направления.
57. Анализ напряжений.
58. Поверхность напряжений Коши.
59. Круги Мора.
60. Линейные дифференциальные уравнения эллиптического типа второго порядка.
61. Полигармонические уравнения.
62. Элементарные решения и функция Грина. Граничные задачи.
63. Приложения полигармонического уравнения в теории упругости.
64. Методы граничных и конечных элементов при решении гидродинамических задач и задач теории упругости.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).

5.1. Рекомендуемая основная литература.

№	Название
1.	Андрижиевский А.А. Механика жидкости и газа [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Андрижиевский А.А.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2014.— 207 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/35498.html .— ЭБС «IPRbooks»
2.	Новикова А.М. Механика жидкости и газа [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Новикова А.М., Кудрявцев А.В., Иваненко И.И.— Электрон. текстовые данные.— Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 140 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/58534.html .— ЭБС «IPRbooks»

7.2. Рекомендуемая дополнительная литература.

№	Название
1.	Гусев В.П. Основы гидравлики [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО/ Гусев В.П., Гусева Ж.А.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Профобразование, 2017.— 221 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/66394.html .— ЭБС «IPRbooks»
2.	Удовин В.Г. Гидравлика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Удовин В.Г., Оденбах И.А.— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 132 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/33625.html .— ЭБС «IPRbooks»
3	Крестин Е.А. Гидравлика [Электронный ресурс]: курс лекций/ Крестин Е.А.—

	Электрон. текстовые данные.— Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 189 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/29784.html .— ЭБС «IPRbooks»
4	Липницкий, Ю.М. Нестационарная аэродинамика баллистического полета [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.М. Липницкий, А.В. Красильников, А.Н. Покровский, В.Н. Шманенков. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2003. — 87 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/48224 . — Загл. с экрана.
5	Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.6 Гидродинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2001. — 736 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/2232 . — Загл. с экрана.
6	Чугаев Р. Р. Гидравлика. (Техническая механика жидкости): учебник для гидротехнических специальностей высших учебных заведений / Чугаев Р. Р. - Изд. 5-е, репр. - М.: Бастет, 2008. - 672с.: ил.. - ISBN 978-5-903178-07-0.
7	Ухин Б. В. Гидравлика: учебное пособие для вузов по направлению "Строительство" / Ухин Б. В. - М.: Форум, Инфра-М, 2009. - 463с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-003450-8.
8	Волков К. Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: Физматлит / Волков К. Н., Емельянов В. Н. - Москва: Физматлит, 2012. - 465с.: ил.. - ISBN 978-5-9221-1438-7.
9	Зарянкин А. Е. Механика несжимаемых и сжимаемых жидкостей: учебник для вузов [по направлениям "Энергетическое машиностроение" и "Теплоэнергетика и теплотехника"] / Зарянкин А. Е. - Москва: МЭИ, 2014. - 590с.: ил.. - ISBN 978-5-383-00903-1.
10	Иваненко И. И. Гидравлика: Учебное пособие / Иваненко И. И., И. И. Иваненко - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. - 150 с.. - ISBN 978-5-9227-0412-6.
11	Саталкина Л. В. Математическое моделирование: Задачи и методы механики. Учебное пособие / Саталкина Л. В., Пеньков В. Б., Л. В. Саталкина, В. Б. Пеньков - Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. - 97 с.. - ISBN 978-5-88247-584-9.
12	Андрижиевский А. А. Механика жидкости и газа: Учебное пособие / Андрижиевский А. А., А. А. Андрижиевский - Механика жидкости и газа - Минск: Вышэйшая школа, 2014. - 207 с.. - ISBN 978-985-06-2509-0.
13	Барсуков В. И. Физика. Механика: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям / Барсуков В. И., Дмитриев О. С., В. И. Барсуков, О. С. Дмитриев - Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. - 248 с.. - ISBN 978-5-8265-1441-2.

5.3. Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы, интернет-ресурсы.

№	Перечень программного обеспечения и профессиональных баз данных
1	Пакет офисных программ Microsoft Office
2	Операционная система Windows
3	Математическое ПО: MathCad.
1	Научная библиотека ЧувГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://library.chuvsu.ru
2	Электронно-библиотечная система IPRBooks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru

3	Электронная библиотечная система «Юрайт»: электронная библиотека для вузов и ссузов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.biblio-online.ru
4	ЭБС «Издательство «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/
1.	Единое окно к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://window.edu.ru
2.	Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rsl.ru
3.	Российская национальная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nlr.ru
4.	Научная электронная библиотека «Киберленинка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cyberleninka.ru

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).

Учебные аудитории для лекционных занятий по дисциплине оснащены автоматизированным рабочим местом (АРМ) преподавателя, обеспечивающим тематические иллюстрации и демонстрации, соответствующие программе дисциплины в составе:

- ПЭВМ с доступом в Интернет (операционная система, офисные программы, антивирусные программы);
- мультимедийный проектор с дистанционным управлением
- настенный экран;

Учебные аудитории для практических и самостоятельных занятий по дисциплине оснащены АРМ преподавателя и пользовательскими АРМ по числу обучающихся, объединенных локальной сетью («компьютерный» класс), с возможностью подключения к сети Интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».

7. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям лиц с ограниченными возможностями.

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

–для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

–для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

–для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

8. Методические рекомендации обучающимся по выполнению самостоятельной работы.

Самостоятельная работа определяется спецификой дисциплины и методикой ее преподавания, временем, предусмотренным учебным планом, а также ступенью обучения, на которой изучается дисциплина.

Для самостоятельной подготовки можно рекомендовать следующие источники: конспекты лекций и/или практических и лабораторных занятий, учебную литературу соответствующего профиля.

Преподаватель в начале чтения курса информирует обучающихся о формах, видах и содержании самостоятельной работы, разъясняет требования, предъявляемые к результатам самостоятельной работы, а также формы и методы контроля и критерии оценки.

Методические рекомендации по подготовке к зачету

Подготовка к зачету начинается с первого занятия по дисциплине, на котором обучающиеся получают предварительный перечень вопросов к зачёту и список рекомендуемой литературы, их ставят в известность относительно критериев выставления зачёта и специфике текущей и промежуточной аттестации. С самого начала желательно планомерно осваивать материал, руководствуясь перечнем вопросов к зачету и списком рекомендуемой литературы, а также путём самостоятельного конспектирования материалов занятий и результатов самостоятельного изучения учебных вопросов.

Темы, вынесенные на самостоятельное изучение, необходимо законспектировать. В конспекте кратко излагается основная сущность учебного материала, приводятся необходимые обоснования, табличные данные, схемы, эскизы, графики и т.п. Конспект целесообразно составлять целиком на тему. При этом имеется возможность всегда дополнять составленный конспект материалами из журналов, данных из Интернета и других источников. Таким образом, конспект становится сборником необходимых материалов, куда аспирант вносит всё новое, что он изучил, узнал. Такие конспекты представляют, большую ценность при подготовке к занятиям.

Основные этапы самостоятельного изучения учебных вопросов:

1. Первичное ознакомление с материалом изучаемой темы по тексту учебника, картам, дополнительной литературе.
2. Выделение главного в изучаемом материале, составление обычных кратких записей.
3. Подбор к данному тексту опорных сигналов в виде отдельных слов, определённых знаков, графиков, рисунков.
4. Продумывание схематического способа кодирования знаний, использование различного шрифта и т.д.
5. Составление опорного конспекта.