

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

А.В. Толстикова

2022 г.



МЕХАНИКА МНОГОФАЗНЫХ ТЕЧЕНИЙ В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ
Рабочая программа
для обучающихся по научной специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы
форма обучения (очная)

Шевелёв А.П. Механика многофазных течений в пористых средах. Рабочая программа для обучающихся по научной специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы, форма обучения (очная). Тюмень, 2022.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГТ по научной специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы, утверждённым приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 951 от 20.10.2021 г..

Рабочая программа дисциплины (модуля) Механика многофазных течений в пористых средах опубликована на сайте ТюмГУ: [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

Лекции	12	12
Практические занятия	10	10
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	0	0
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	50	50
Вид промежуточной аттестации (диф. зачет, кандидатский экзамен, экзамен)	36	Дифференцированный зачёт 36

4. Система оценивания

Форма промежуточной аттестации – дифференцированный зачёт, который сдаётся по окончании освоения дисциплины. Дифференцированный зачёт проводится в устно-письменной форме. Дифференцированный зачёт включает письменную часть – ответ по билету, состоящему из трёх вопросов. Устная часть зачёта оценивает полученные знания по дисциплине путем собеседования с преподавателем. При ответе на три вопроса билета ставится оценка "отлично", на два вопроса - "хорошо", на один вопрос - "удовлетворительно" (все оценки приравниваются к оценке "зачтено"), в ином случае - "не зачтено". За устное собеседование выставляется отдельная оценка. Итоговая оценка за зачёт выставляется как среднеарифметическая двух оценок (за письменную и устную части).

Для допуска к дифференцированному зачёту обязательно выполнить и сдать реферат, подготавливаемый на практических занятиях по курсу. Темы рефератов формируются в зависимости от тем научного исследования аспирантов. Тема реферата может являться главой диссертации (расчет основных параметров, создание методики теплофизического расчета и др.). Объем реферата – 30-50 страниц. Реферат сдается на проверку преподавателю не позднее чем за 1 неделю до окончания курса, после проверки защищается на практическом занятии. Если защита проходит успешно (аспирант выполнил реферат, сделал доклад и разбирается в теме исследования), то аспирант допускается к дифференцированному зачёту, в противном случае ставится оценка «не зачтено».

5. Содержание дисциплины

5.1. Тематический план дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины (модуля), час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Иные виды контактной работы
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Основные понятия механики многофазных сред	2	2	0	0	0
2.	Основные понятия механики многофазных сред	2	0	2	0	0

3.	Закон сохранения массы	2	2	0	0	0
4.	Закон сохранения массы	2	0	2	0	0
5.	Законы сохранения импульса и момента импульса. Закон сохранения энергии	2	2	0	0	0
6.	Законы сохранения импульса и момента импульса. Закон сохранения энергии.	2	0	2	0	0
7.	Работа внутренних поверхностных сил. Внутренняя энергия. Поток тепла	2	2	0	0	0
8.	Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил	2	2	0	0	0
9.	Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил	2	0	2	0	0
10.	Теория пограничного слоя. Турбулентность. Газовая динамика	2	2	0	0	0
11.	Ламинарное и турбулентное течение	2	0	2	0	0
12.	Дифференцированный зачет	36	0	0	0	36
	Итого (часов)	58	12	10	0	36

5.2. Содержание дисциплины по темам

1. "Основные понятия механики многофазных сред"

Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы. Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа. Многофазные среды.

2. "Основные понятия механики многофазных сред"

Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы. Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа. Многофазные среды.

3. "Закон сохранения массы"

Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости. Многокомпонентные смеси. Потоки диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей. Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы.

4. "Закон сохранения массы"

Закон сохранения массы.

5. "Законы сохранения импульса и момента импульса. Закон сохранения энергии"

Законы сохранения импульса и момента импульса. Закон сохранения энергии.

6. "Законы сохранения импульса и момента импульса. Закон сохранения энергии"

Законы сохранения импульса и момента импульса. Закон сохранения энергии.

7. "Работа внутренних поверхностных сил. Внутренняя энергия. Поток тепла"

Работа внутренних поверхностных сил. Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах. Понятие о параметрах состояния, пространстве состояний, процессах и циклах. Внутренняя энергия. Уравнение притока тепла. Вектор потока тепла.

8. "Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил"

Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил. Закон Архимеда. Равновесие и устойчивость плавающих тел и атмосферы. Кинематическая задача о произвольном движении твердого тела в неограниченном объеме идеальной несжимаемой жидкости.

9. "Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил"

Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил. Закон Архимеда. Равновесие и устойчивость плавающих тел и атмосферы. Кинематическая задача о произвольном движении твердого тела в неограниченном объеме идеальной несжимаемой жидкости.

10. "Теория пограничного слоя. Турбулентность. Газовая динамика"

Теория пограничного слоя. Турбулентность. Газовая динамика. Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука. Запаздывающие потенциалы. Эффект Доплера. Конус Маха.

11. "Ламинарное и турбулентное течение"

Ламинарное и турбулентное течение.

12. "Дифференцированный зачёт"

Дифференцированный зачёт.

6. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 3

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Основные понятия механики многофазных сред	Проработка лекций, чтение рекомендованной литературы, подготовка реферата
2.	Основные понятия механики многофазных сред	Проработка лекций, чтение рекомендованной литературы, подготовка реферата
3.	Закон сохранения массы	Проработка лекций, чтение рекомендованной литературы, подготовка реферата
4.	Закон сохранения массы	Проработка лекций, чтение рекомендованной литературы, подготовка реферата
5.	Законы сохранения импульса и момента импульса. Закон сохранения энергии	Проработка лекций, чтение рекомендованной литературы, подготовка реферата
6.	Законы сохранения импульса и момента импульса. Закон сохранения энергии.	Проработка лекций, чтение рекомендованной литературы, подготовка реферата
7.	Работа внутренних поверхностных сил. Внутренняя энергия. Поток тепла	Проработка лекций, чтение рекомендованной литературы, подготовка реферата
8.	Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил	Проработка лекций, чтение рекомендованной литературы, подготовка реферата
9.	Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил	Проработка лекций, чтение рекомендованной литературы, подготовка реферата
10.	Теория пограничного слоя. Турбулентность. Газовая динамика	Проработка лекций, чтение рекомендованной литературы, подготовка реферата
11.	Ламинарное и турбулентное течение	Проработка лекций, чтение рекомендованной литературы, подготовка реферата
12.	Дифференцированный зачет	Проработка лекций

7. Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю)

7.1 Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Форма промежуточной аттестации – дифференцированный зачёт, который сдаётся по окончании освоения дисциплины. Дифференцированный зачёт проводится в устно-письменной форме. Дифференцированный зачёт включает письменную часть – ответ по билету, состоящему из трёх вопросов, формируемых из перечня 36 вопросов. Устная часть зачёта оценивает полученные знания по дисциплине путем собеседования с преподавателем. При ответе на три вопроса билета

ставится оценка "отлично", на два вопроса - "хорошо", на один вопрос - "удовлетворительно" (все оценки приравниваются к оценке "зачтено"), в ином случае - "не зачтено". За устное собеседование выставляется отдельная оценка. Итоговая оценка за зачёт выставляется как среднеарифметическая двух оценок (за письменную и устную части).

Для допуска к дифференцированному зачёту обязательно выполнить и сдать реферат, подготовливаемый на практических занятиях по курсу. Темы рефератов формируются в зависимости от тем научного исследования аспирантов. Тема реферата может являться главой диссертации (расчет основных параметров, создание методики теплофизического расчета и др.). Объем реферата – 30-50 страниц. Реферат сдается на проверку преподавателю не позднее чем за 1 неделю до окончания курса, после проверки защищается на практическом занятии. Если защита проходит успешно (аспирант выполнил реферат, сделал доклад и разбирается в теме исследования), то аспирант допускается к дифференцированному зачёту, в противном случае ставится оценка «не зачтено».

Темы рефератов не ограничиваются, они соответствуют предполагаемым темам диссертации на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук. Если защита реферата проходит успешно (аспирант выполнил реферат, сделал доклад и разбирается в теме исследования), то аспирант допускается к зачёту, в противном случае ставится оценка «не зачтено».

Реферат оформляется шрифтом 14 Times New Roman с полуторным интервалом, абзацный отступ 1,25 см, интервал полуторный.

Пример оформления реферата

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра моделирования физических процессов и систем

Реферат
по теме: «Тема диссертации»

Аспирант 2 курса
по научной специальности

Фамилия И.О.
1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы

Проверил:

Фамилия И.О.
кандидат физико-математических наук

Тюмень год

ВВЕДЕНИЕ

Описывается актуальность задачи.

ГЛАВА 1. НАЗВАНИЕ ГЛАВЫ

Текст главы, рисунки, таблицы.

ГЛАВА 2. НАЗВАНИЕ ГЛАВЫ

Текст главы, рисунки, таблицы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

Вопросы к дифференцированному зачёту

1. Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы.
2. Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа.
3. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике. Лагранжевы и эйлеровы координаты.
4. Определения и свойства кинематических характеристик движения. Кинематические свойства вихрей.
5. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости.
6. Многокомпонентные смеси. Потоки диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей. Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы.
7. Законы сохранения импульса и момента импульса.
8. Закон сохранения энергии.
9. Работа внутренних поверхностных сил. Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах.
10. Понятие о параметрах состояния, пространстве состояний, процессах и циклах. Внутренняя энергия. Уравнение притока тепла. Вектор потока тепла.
11. Закон теплопроводности Фурье.
12. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура. Некомпенсированное тепло и производство энтропии.
13. Неравенство диссипации, тождество Гиббса. Диссипативная функция. Основные макроскопические механизмы диссипации. Понятие о принципе Онзагера.
14. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.
15. Явление кавитации. Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Возникновение вихрей. Теорема Бьеркнеса.
16. Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье-Стокса. Полные системы уравнений для вязкой несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия.
17. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости. Применение интегральных соотношений к конечным объемам среды при установившемся движении. Теория реактивной тяги и теория идеального пропеллера.
18. Поверхности слабых и сильных разрывов. Разрывы сплошности. Условия на поверхностях сильного разрыва в материальных средах и в электромагнитном поле. Тангенциальные разрывы и ударные волны.
19. Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил. Закон Архимеда. Равновесие и устойчивость плавающих тел и атмосферы.

20. Кинематическая задача о произвольном движении твердого тела в неограниченном объеме идеальной несжимаемой жидкости.
21. Движение сферы в идеальной жидкости.
22. Определение физического подобия. Моделирование. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда, Рейнольдса, Струхаля, Прандтля.
23. Физическое подобие. Числа Нуссельта, Грасгофа. Комплексы подобия и их задачи.
24. Задачи нелинейной фильтрации жидкости в пласте.
25. Задача Раппопорта-Лиса и её частный случай – задача Баклея-Леверетта.
26. Основы теории присоединенных масс. Парадокс Даламбера. Плоские движения идеальной жидкости. Функция тока.
27. Прямолинейный и кольцевой вихри. Законы распределения давлений, силы, обуславливающие вынужденное движение прямолинейных вихрей в плоском потоке.
28. Постановка задачи Коши—Пуассона о волнах на поверхности тяжелой несжимаемой жидкости.
29. Гармонические волны. Фазовая и групповая скорость. Дисперсия волн. Перенос энергии прогрессивными волнами.
30. Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Течение вязкой жидкости в диффузоре.
31. Теория пограничного слоя. Турбулентность.
32. Газовая динамика. Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука. Запаздывающие потенциалы. Эффект Доплера. Конус Маха.
33. Уравнения газовой динамики. Характеристики. Влияние сжимаемости на форму трубок тока при установившемся движении. Элементарная теория сопла Лавалья.
34. Задачи о поршне и о сильном взрыве в газе. Волны Римана. Эффект опрокидывания волн. Адиабата Гюгонио. Теорема Цемплена.
35. Метод характеристик. Течение Прандтля–Майера.
36. Основы теории плазмы.

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

8.1 Основная литература:

1. Тепломассоперенос в нефтегазовых и строительных технологиях: учебное пособие / А. Б. Шабаров [и др.]; ред.: А. Б. Шабаров, А. А. Кислицын; рец.: В. Н. Антипов, Ю. В. Пахаруков; Тюменский государственный университет. — Тюмень: Изд-во Тюм. гос. ун-та, 2014. — 2-Лицензионный договор №223/2016-03-02. - Доступ по паролю из сети Интернет (чтение). — URL:[https://library.utmn.ru/dl/PPS/Shabarov_Kislitsina_223_223\(1\)_Teplomassoperenos_UP_2014.pdf](https://library.utmn.ru/dl/PPS/Shabarov_Kislitsina_223_223(1)_Teplomassoperenos_UP_2014.pdf) (дата обращения: 23.01.2022).

8.2 Дополнительная литература:

1. Андрижиевский, А. А. Механика жидкости и газа : учебное пособие / А. А. Андрижиевский. — Минск : Вышэйшая школа, 2014. — 207 с. — ISBN 978-985-06-2509-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/35498.html> (дата обращения: 23.01.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
2. Давыдов, А. П. Основы механики жидкости и газа (Современные проблемы техники, технологий и инженерных расчетов) : монография / А. П. Давыдов, М. А. Валиуллин, О. Р. Каратаев ; под редакцией Л. Г. Шевчук. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. — 109 с. — ISBN 978-5-7882-1665-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/63753.html> (дата обращения: 23.01.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
3. Марсден Э. Математические основы механики жидкости / Джерролд Марсден Э., А. Чорин ; перевод В. Е. Зализняк ; под редакцией А. В. Борисова. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 204 с. — ISBN 978-5-4344-0800-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS :

[сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/92048.html> (дата обращения: 23.01.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

8.3 Интернет-ресурсы:

Springer / ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России». URL: <https://rd.springer.com/>

Электронно-библиотечная система «ЗНАНИУМ» / ООО «ЗНАНИУМ». URL: <https://lib.utmn.ru/tpost/mlxo816vg1-znaniumcom>

Электронно-библиотечная система Лань / ООО ЭБС «ЛАНЬ». URL: <https://e.lanbook.com/>

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю):

- Лицензионное ПО: Пакет программ Microsoft Office

10. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

– Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная.

– Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, персональный компьютер.

11. 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); индивидуальные задания и консультации.

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; 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.

12. Методические рекомендации обучающимся по выполнению самостоятельной работы

Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы аспирант должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале. Заканчивать подготовку следует составлением плана (конспекта) по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам. При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю. Перед консультацией необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения. Ведение записей способствует превращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со зрительной, и моторную память. Следует помнить: у аспиранта, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд подсобных материалов для быстрого повторения прочитанного, для мобилизации накопленных знаний. Особенно важны и полезны записи тогда, когда в них находят отражение мысли, возникшие при самостоятельной работе.