

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ребковец Ольга Александровна
Должность: И.о. ректора
Дата подписания: 01.11.2023 16:19:49
Уникальный идентификатор документа:
e789ec8739030382afc5ebff702928adf1af5cfb

ОПОП

СМК-РПД-В1.П2-2023

Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред»
направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий
профиль подготовки (уровень бакалавриата)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга»

Рассмотрено и утверждено на заседании
кафедры информатики и математики
14.05.2023 г., протокол №9
Зав. кафедрой _____ И.А. Кашутина

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред»

Направление подготовки: 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Профили подготовки: общий

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Курс 4, семестр 8

Год набора: 2023

Экзамен: 8 семестры

Курсовая работа: 8 семестр

Петропавловск-Камчатский 2023 г.

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», утвержденного 10.01.2018 (приказ №9)

Разработчик(и):

доцент кафедры математики и физики,
кандидат физико-математических наук, доцент Водинчар Глеб Михайлович

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи освоения дисциплины.....	стр. 4
2. Место дисциплины в структуре ОП ВО.....	стр. 4
3. Планируемые результаты обучения по дисциплине.....	стр. 4
4. Содержание дисциплины.....	стр. 6
5. Тематическое планирование.....	стр. 7
6. Самостоятельная работа.....	стр. 10
7. Тематика контрольных работ, курсовых работ (при наличии).....	стр. 16
8. Перечень вопросов на зачет (дифференцированный зачет, экзамен).....	стр.16
9. Учебно-методическое и информационное обеспечение.....	стр.18
10. Формы и критерии оценивания учебной деятельности студента.....	стр. 19
11. Материально-техническая база.....	стр. 24

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – овладение основными методами моделирования сплошных сред, изучение связей этих моделей с другими подходами в математическом моделировании физических процессов; выработка умений и овладение навыками по исследованию математических моделей сплошных сред необходимых для успешной профессиональной деятельности математика-прикладника в будущем. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные математические модели сплошных сред, наиболее распространенные методы решения задач по их исследованию; уметь применять пакеты прикладных программ для решения задач моделирования.

Задачи освоения дисциплины заключаются в:

- изучение аксиоматики сплошной среды, лагранжева и эйлера формализмов и связи между ними, общих правил перехода от интегральной формы законов сохранения к дифференциальной;
- изучении общей модели сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах, основных моделей гидродинамики;
- изучение моделей турбулентности;
- выработка умений по решению задач по моделированию сплошных сред;
- овладение навыками использования математических пакетов программ для исследования моделей сплошных сред.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина относится к группе дисциплин по выбору блока Б1 и предусматривает наличие базовых знаний по «Математическому анализу», «Теории вероятностей и математической статистике», «Функциональному анализу», «Численным методам». Усвоение содержания дисциплины необходимо для прохождения практики и подготовки выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки:

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

Теоретические и практические основы профессиональной деятельности	ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук. ОПК-1.2. Умеет использовать базовые знания, полученные в области математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности. ОПК-1.3. Имеет навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе полученных теоретических знаний.
	ОПК-2. Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	ОПК-2.1. Знает базовые математические методы решения прикладных задач. ОПК-2.2. Умеет адаптировать существующие математические методы для решения конкретной прикладной задачи. ОПК-2.3. Имеет опыт решения прикладных задач с использованием математических методов и систем программирования.
	ОПК-3. Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1. Знает классические математические модели, применяемые в различных областях человеческой деятельности. ОПК-3.2. Умеет модифицировать классические математические модели для решения конкретных задач профессиональной деятельности. ОПК-3.3. Имеет опыт применения методов математического моделирования для решения конкретных задач профессиональной деятельности.

4. Содержание дисциплины

Общие интегральная и дифференциальная модели движения сплошной среды.

Аксиомы пространства-времени, материального континуума, баланса сил и моментов, передачи тепла, энергии. Лагранжево и эйлерово описание движения. Интегральная модель движения сплошной среды. Общая схема преобразования интегрального соотношения в дифференциальное. Субстанциональная производная. Уравнение неразрывности. Тензор напряжений и закон сохранения импульса в дифференциальной форме. Эквивалентность закона сохранения момента импульса симметрии тензора напряжений. Тензор скоростей деформации. Уравнение притока тепла. Дифференциальная модель движения сплошной среды.

Модели термомеханики

Первое и второе начала термодинамики. Аксиоматический подход в термодинамике.

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

Деформации, тензоры деформации и скоростей деформации. Принципы причинности, пространственной локализации, независимости от системы отсчета. Жидкости, газы, твердые тела в механике сплошных сред.

Модели гидродинамики

Уравнения идеальной жидкости. Уравнения вязкой жидкости. Параметры подобия. Устойчивость течений.

Модели конвекции

Свободная конвекция несжимаемой жидкости. Конвективная устойчивость. Конвекция в плоском слое. Конвекция в сферической оболочке. Конвекция во вращающейся сферической оболочке.

Модели турбулентности

Теория средних полей в турбулентности: развитая турбулентность, уравнение Рейнольдса, проблема замыкания, турбулентная вязкость, модели переноса турбулентной вязкости, двухпараметрические модели. Теория Колмогорова мелкомасштабной турбулентности: однородная и изотропная турбулентность, передача энергии по масштабам, модели K41, K62, фрактальные модели, логпуассоновские модели. Иерархические и каскадные модели турбулентности.

Модели магнитной гидродинамики

Уравнения МГД. Волны Альфвена. Модель динамо Рикитаки. Крупномасштабное магнитное поле в турбулентной среде. МГД-турбулентность. Проблема динамо звезд и планет. Модели геодинамо.

5. Тематическое планирование

Модули дисциплины

№	Наименование модуля	Лекции	Практики/ семинары	Лабораторные	Сам. работа	Контроль	Всего, часов
1	Общие модели сплошной среды	10	12	0	14	12	48
2	Модели гидродинамики	10	12	0	14	24	60
	Всего	20	24	0	28	36	108

Тематический план

Модуль 1

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

№ темы	Тема	Кол-во часов	Формируемые компетенции
	Лекции		
1	Эйлеров и лагранжев подход к описанию динамики сплошной среды	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
2	Уравнения движения сплошной среды в интегральной форме	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
3	Тензор напряжений	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
4	Уравнения движения сплошной среды в дифференциальной форме	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
5	Термомеханика сплошной среды	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
	Практические занятия (семинары)		
1	Основные операции векторного и тензорного анализа	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
2	Эйлеров и лагранжев подход к описанию динамики сплошной среды	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
3	Уравнения движения сплошной среды в интегральной форме	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
4	Дифференциальные операторы механики сплошной среды	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
5	Уравнения движения сплошной среды в дифференциальной форме	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
6	Термомеханика сплошной среды	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
	Самостоятельная работа		
1	Основные интегральные и дифференциальные операции векторного анализа	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
2	Аксиоматика сплошной среды	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
3	Дифференцирование интегралов по материальному континууму	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
4	Законы сохранения в интегральной форме	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
5	Эквивалентность закона сохранения момента импульса симметрии тензора напряжений	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

6	Дифференциальные уравнения движения сплошной среды	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
7	Термомеханика сплошной среды	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3

Модуль 2

№ темы	Тема	Кол-во часов	Формируемые компетенции
	Лекции		
1	Уравнения движения идеальной и вязкой жидкостей	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
2	Конвекция вязкой жидкости	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
3	Полуэмпирические модели турбулентности	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
4	Модели Колмогорова мелкомасштабной турбулентности	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
5	Уравнения магнитной гидродинамики	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
	Практические занятия (семинары)		
1	Обезразмеривание уравнений гидродинамики	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
2	Задача Релея-Бенара	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
3	Модель Лоренца маломодовой конвекции в плоском слое	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
4	Фрактальные модели турбулентности	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
5	Каскадные модели турбулентности	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
6	Динамо космических объектов	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
	Самостоятельная работа		

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

1	Уравнения гидродинамики	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
2	Теория подобия	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
3	Задача Рэлея-Бенара	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
4	Модель Лоренца маломодовой конвекции в плоском слое	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
5	Фрактальные модели турбулентности	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
6	Каскадные модели турбулентности	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3
7	Динамо космических объектов	2	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3

6. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа включает две составные части: аудиторная самостоятельная работа и внеаудиторная самостоятельная работа.

Аудиторная самостоятельная работа включает решение задач на доказательство и вычисления на практических занятиях, доклады на семинарских занятиях, обсуждение заслушанных докладов.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов заключается в следующих формах:

- изучение литературы, осмысление изучаемой литературы;
- работа с математическими интернет-ресурсами;
- аналитическая обработка текста (конспектирование, реферирование);
- составление плана и тезисов ответа в процессе подготовки к занятию;
- решение задач на доказательство и вычисление;
- подготовка ответов на вопросы зачета.

6.1. Планы семинарских (практических, лабораторных) занятий

Семинар 1.1. Основные операции векторного и тензорного анализа

Вопросы для обсуждения.

1. Скалярные, векторные и тензорные поля.

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

2. Градиент и производная по направлению.
3. Ротор и дивергенция.
4. Циркуляция и поток векторного поля.
5. Специальные классы векторных полей – потенциальные, соленоидальные, тороидальные, полоидальные. Теорема Гельмгольца.

Литература для подготовки.

1. Водинчар Г.М., Водинчар М.И. Элементы векторного анализа и теории поля в пакете MAPLE. – Петропавловск-Камчатский, КамГУ им. Витуса Беринга, 2008.
2. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. Курс лекций. – М.: Физматлит, 2006.
3. Седов Л.И. Механика сплошной среды: В 2-х томах: Т. 1. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004.

Семинар 1.2. Эйлеров и лагранжев подход к описанию динамики сплошной среды

Вопросы для обсуждения.

1. Материальный континуум. Эйлеровы и лагранжевы координаты.
2. Инвариантность кинематических величин.
3. Основные характеристики деформаций и перемещений – тензоры деформации, дисторсии, смещения, скоростей деформации, спин-тензор.
4. Малые деформации.
5. Условия совместности Сен-Венана.

Литература для подготовки.

1. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. Курс лекций. – М.: Физматлит, 2006.
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды: В 2-х томах: Т. 1. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004.

Семинар 1.3. Уравнения движения сплошной среды в интегральной форме

Вопросы для обсуждения.

1. Объемные и массовые плотности.
2. Интегральная форма закона сохранения массы

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

3. Интегральная форма закона изменения количества движения. Массовые и поверхностные силы.
4. Интегральная форма закона изменения момента импульса.
5. Интеральная форма закона изменения полной энергии сплошной среды.

Литература для подготовки.

1. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. Курс лекций. – М.: Физматлит, 2006.
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды: В 2-х томах: Т. 1. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004.

Семинар 1.4. Дифференциальные операторы механики сплошной среды

Вопросы для обсуждения.

1. Субстанциональная производная.
2. Формальные выражения с оператором набла для скалярных, векторных и тензорных полей.
3. Дифференцирование по времени объемного интеграла по деформируемой движущейся области
4. Дивергенция тензорного поля второго ранга.
5. Теорема Остроградского-Гаусса для тензорных полей второго ранга.

Литература для подготовки.

1. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. Курс лекций. – М.: Физматлит, 2006.
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды: В 2-х томах: Т. 1. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004.

Семинар 1.5. Уравнения движения сплошной среды в дифференциальной форме

Вопросы для обсуждения.

1. Уравнение неразрывности.
2. Дифференциальная форма уравнения изменения импульса.
3. Симметрия тензора напряжений.
4. Дифференциальная форма закона изменения полной энергии сплошной среды.

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

Литература для подготовки.

1. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. Курс лекций. – М.: Физматлит, 2006.
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды: В 2-х томах: Т. 1. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004.

Семинар 1.6. Термомеханика сплошной среды

Вопросы для обсуждения.

1. Уравнение неразрывности.
2. Дифференциальная форма уравнения изменения импульса.
3. Симметрия тензора напряжений.
4. Дифференциальная форма закона изменения полной энергии сплошной среды.

Литература для подготовки.

3. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. Курс лекций. – М.: Физматлит, 2006.
4. Седов Л.И. Механика сплошной среды: В 2-х томах: Т. 1. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004.

Семинар 1.7. Обезразмеривание уравнений гидродинамики

Вопросы для обсуждения.

1. Размерности физических величин. Основные системы единиц.
2. П-теорема теории размерностей.
3. Примеры применения теории размерностей к построению моделей.
4. Различные подходы к обезразмериванию уравнений гидродинамики. Параметры подобия.
5. Автомодельность.

Литература для подготовки.

4. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М.: Физматлит, 2002.

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

5. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. Курс лекций. – М.: Физматлит, 2006.
6. Баренблатт Г.И. Подобие, автомодельность, промежуточная асимптотика. – Л.: Гидрометеиздат, 1982.

Семинар 1.8. Задача Рэлея-Бенара

Вопросы для обсуждения.

1. Приближение Буссинеска для уравнений конвекции.
2. Метод Галеркина в гидродинамике.
3. Линейный анализ задачи Рэлея-Бенара.
4. Планформы конвективных ячеек.

Литература для подготовки.

3. Гетлинг А.В. Конвекция Рэлея-Бенара. Структуры и динамика. – М.: Эдиториал УРСС, 1999.
4. Фрик П.Г. Турбулентность: Подходы и модели. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010.
5. Гледзер Е.Б., Должанский Ф.В., Обухов А.М. Системы гидродинамического типа и их применение. – М.: Наука, 1981.

Семинар 1.9. Модель Лоренца маломодовой конвекции в плоском слое

Вопросы для обсуждения.

1. Бифуркации в динамических системах.
2. Детерминированный хаос.
3. Вывод системы Лоренца для трехмодовой конвекции в плоском слое.
4. Динамические режимы в системе Лоренца.

Литература для подготовки.

3. Фрик П.Г. Турбулентность: Подходы и модели. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010.
4. Заславский Г.М., Сагдеев Р.З. Введение в нелинейную физику. От маятника до турбулентности и хаоса. – М.: Наука, 1988.

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

Семинар 1.10. Фрактальные модели турбулентности

Вопросы для обсуждения.

5. Фракталы.
6. Вычисление размерности фрактала.
7. Бифрактальная модель турбулентности.
8. Мультифрактальная модель турбулентности.

Литература для подготовки.

1. Фрик П.Г. Турбулентность: Подходы и модели. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010.
2. Кроновер Л.М. Фракталы и хаос в динамических системах. – М.: Постмаркет, 2000.

Семинар 1.11. Каскадные модели турбулентности

Вопросы для обсуждения.

1. Уравнения гидродинамики в Фурье-пространстве масштабов.
2. Модель Новикова-Деснянского.
3. Общая идея каскадных моделей.
4. Спиральность в каскадных моделях.
5. Модель GOY.

Литература для подготовки.

1. Фрик П.Г. Турбулентность: Подходы и модели. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010.
2. Гледзер Е.Б., Должанский Ф.В., Обухов А.М. Системы гидродинамического типа и их применение. – М.: Наука, 1981.

Семинар 1.12 Динамо космических объектов

Вопросы для обсуждения.

1. Задача динамо.
2. Теоремы запрета.
3. Динамо Земли.

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

4. Динамо Солнца.
5. Инверсии магнитных полей.

Литература для подготовки.

1. Краузе Ф., Рэдлер К.-Х. Магнитная гидродинамика средних полей и теория динамо. – М.: Мир, 1984.
2. Зельдович Я.Б., Рузмайкин А.А., Соколов Д.Д. Магнитные поля в астрофизике. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Ин-т компьютерных исследований, 2006.
3. Моффат Г. Возбуждение магнитного поля в проводящей среде. – М.: Мир, 1980.

7. Примерная тематика курсовых работ.

Примерные темы курсовых работ в 7 семестре:

1. Свободные колебания вязкой несжимаемой жидкости в сферической оболочке
2. Каскадная модель турбулентности GOY
3. Каскадная модель турбулентности SABRA
4. Модели IGRF геомагнитного поля
5. Приближение Буссинеска для модели конвекции вязкой жидкости
6. Волны Россби
7. Волны в упругой среде
8. Тороидальные и полоидальные поля
9. Модели многокомпонентных сплошных сред
10. Свистящие атмосферерики
11. Модели волн цунами

8. Перечень вопросов на экзамен.

8 семестр

1. Аксиомы пространства-времени и материального континуума.
2. Аксиомы баланса сил и моментов, передачи тепла, энергии.
3. Лагранжево описание движения.

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

4. Эйлерово описание движения.
5. Эквивалентность лагранжева и эйлерова описаний.
6. Интегральная модель движения сплошной среды.
7. Общая схема преобразования интегрального соотношения в дифференциальное.
8. Субстанциональная производная.
9. Уравнение неразрывности.
10. Тензор напряжений.
11. Закон сохранения импульса в дифференциальной форме.
12. Эквивалентность закона сохранения момента импульса симметрии тензора напряжений.
13. Тензор скоростей деформации.
14. Уравнение притока тепла.
15. Дифференциальная модель движения сплошной среды.
16. Аксиоматический подход в термодинамике. Первое и второе начала термодинамики.
17. Деформации, тензоры деформации и скоростей деформации.
18. Принципы причинности, пространственной локализации, независимости от системы отсчета.
19. Жидкости (газы) и твердые тела в механике сплошных сред — формальные определения через связи деформаций и напряжений.
20. Уравнения идеальной жидкости.
21. Уравнения вязкой жидкости.
22. Обезразмеривание. Параметры подобия.
23. Свободная конвекция несжимаемой жидкости. Приближение Буссинеска
24. Конвекция в плоском слое.
25. Теория средних полей в турбулентности: развитая турбулентность, уравнение Рейнольдса.
26. Проблема замыкания в полуэмпирических моделях турбулентности.
27. Модели переноса турбулентной вязкости.
28. Турбулентность в пространстве масштабов. Инерционный интервал.
29. Теория Колмогорова мелкомасштабной турбулентности.
30. Фрактальные модели турбулентности.
31. Каскадные модели турбулентности.
32. Уравнения магнитогидродинамики.
33. Волны Альфвена.
34. Крупномасштабное магнитное поле в турбулентной среде.
35. Магнитогидродинамическая турбулентность.
36. Проблема динамо звезд и планет.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение

9.1. Основная учебная литература:

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

1. Хакимзянов Г. С., Чубаров Л. Б., Воронина П. В. Математическое моделирование. - Новосибирск: Изд-во НГУ, 2014.
<http://www.ict.nsc.ru/matmod/files/textbooks/MatModel-1.pdf>

9.2. Дополнительная учебная литература:

2. Баренблатт Г.И. Подобие, автомодельность, промежуточная асимптотика. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-090593.pdf
3. Водинчар Г.М., Водинчар М.И. Элементы векторного анализа и теории поля в пакете MAPLE. – Петропавловск-Камчатский, КамГУ им. Витуса Беринга, 2008.
4. Гледзер Е.Б., Должанский Ф.В., Обухов А.М. Системы гидродинамического типа и их применение. – М.: Наука, 1981. <https://eknigi.org/engine/download.php?id=122276>
5. Заславский Г.М., Сагдеев Р.З. Введение в нелинейную физику. От маятника до турбулентности и хаоса. – М.: Наука, 1988. <https://eknigi.org/engine/download.php?id=41461>
6. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. Курс лекций. – М.: Физматлит, 2006. <https://studizba.com/files/show/pdf/15601-1-pobedrya-b-e-georgievskiy-d-v--osnovy.html>
7. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М.: Физматлит, 2002. <http://samarskii.ru/books/book2001.pdf>
8. Седов Л.И. Механика сплошной среды: В 2-х томах: Т. 1. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 2004. http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Sedov_MSS_t1_1970ru.djvu
9. Седов Л.И. Механика сплошной среды: В 2-х томах: Т. 2. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 2004. http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Sedov_MSS_t2_1970ru.djvu
10. Фрик П.Г. Турбулентность: Подходы и модели. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010. http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Frik_ch2_1999ru.pdf

9.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

<i>Название электронного ресурса</i>	<i>Используемый для работы адрес</i>
eLibrary – Научная электронная библиотека	https://www.elibrary.ru
ЭБС ibooks.ru – библиотека цифрового века	http://ibooks.ru

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

Math-Net – Общероссийский математический портал	http://www.mathnet.ru/
dxdy – научный форум	https://dxdy.ru/
EqWorld – мир математических уравнений	http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm

10. Формы и критерии оценивания учебной деятельности студента

На основании разработанной компетентностной модели выпускника образовательные цели представлены в виде набора компетенций как планируемых результатов освоения образовательной программы. Определение уровня достижения планируемых результатов освоения образовательной программы осуществляется посредством оценки уровня сформированности компетенции и оценки уровня успеваемости обучающегося по пятибалльной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», «зачтено», «не зачтено»).

Основными критериями оценки в зависимости от вида работы обучающегося являются: сформированность компетенций (знаний, умений и владений), степень владения профессиональной терминологией, логичность, обоснованность, четкость изложения материала, ориентирование в научной и специальной литературе.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций и оценки уровня успеваемости обучающегося

Текущий контроль

Уровень сформированности компетенции	Уровень освоения модулей дисциплины (оценка)	Критерии оценивания отдельных видов работ обучающихся	
		<i>Практическое/семинарское занятие</i>	<i>Процентное соотношение полноты ответа</i>
Высокий	отлично	Оценивается ответ студента, которым даны полные, развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы. Студентом продемонстрированы глубокие исчерпывающие знания всего программного материала,	91-100%

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

		понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, твердое знание основных положений смежных дисциплин. Ответ логически последователен, содержателен. Стил ь изложения материала научный с использованием математической терминологии. Студентом продемонстрирована сформированность компетенций (знаний, умений, навыков). Студентом могут быть допущены отдельные недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно.	
Базовый	хорошо	Оценивается ответ студента, которым даны полные, развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы. Студентом продемонстрированы глубокие знания всего программного материала, понимание существенных и несущественных признаков, причинно-следственные связи, твердое знание основных положений смежных дисциплин. Ответ логически последователен, содержателен. Стил ь изложения материала научный с использованием математической терминологии. Студентом продемонстрирована в целом успешная сформированность компетенций (знаний, умений, навыков), вместе с тем имеют место отдельные пробелы в умении, студент не вполне осознанно, владеет навыками. Студентом могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки.	76 до 90 %
Пороговый	удовлетворительно	Оценивается ответ студента, которым даны недостаточно полные и развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы. Логика и последовательность изложения нарушены. Допущены ошибки в определении употреблении понятий. Студент с затруднением самостоятельно выделяет существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Речевое оформление требует поправок, коррекции. Студентом в целом продемонстрирована сформированность компетенций (знаний, умений, навыков), вместе с тем имеют место несистематическое использование умений и фрагментарные навыки.	50 до 75 %
Компетенции не	неудовлетворительно	Оценивается ответ студента, представляющей собой разрозненные знания с существенными	менее 50 %

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

сформированы	о	ошибками. Ответ фрагментарен, нелогичен. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса с другими вопросами дисциплины. Отсутствуют конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, математическая терминология не используется или используется неверно. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента. Компетенции (знания, умения, навыки) по дисциплине не сформированы: теоретические знания имеются, но они разрознены, умения и навыков отсутствуют // Либо ответ на вопрос полностью отсутствует или студент отказывается от ответа на поставленные вопросы.	
--------------	---	---	--

Промежуточная аттестация

Уровень сформированности компетенции	Уровень освоения дисциплины	Критерии оценивания обучающихся (работ обучающихся)	
		зачет/дифференцированный зачет/экзамен	контрольная работа, курсовая работа (проект)
Высокий	отлично (зачтено)	Оценивается ответ студента, которым даны полные, развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы. Студентом продемонстрированы глубокие исчерпывающие знания всего программного материала, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, твердое знание основных положений смежных дисциплин. Ответ логически последователен, содержателен. Стиль изложения материала научный с использованием математической терминологии. Студентом	Оценивается работа, в которой дано всестороннее и глубокое освещение избранной темы (проблематики) в тесной взаимосвязи с практикой и современностью. Студент показал умение работать с научной и учебной литературой, делать теоретические и практические выводы. На защите студентом продемонстрированы глубокое знание темы исследования, умение использовать математической терминологию, способность вести научную дискуссию, аргументировано отстаивать свою научную позицию по результатам работы. Выступление выстроено логично

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

		<p>продемонстрирована сформированность компетенций (знаний, умений, навыков) по дисциплине. Студентом могут быть допущены отдельные недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно.</p>	<p>и последовательно, четко отражает результаты исследования. При защите студент дает правильные и обоснованные ответы на вопросы, свободно ориентируется в тексте работы. Студентом продемонстрирована готовность к самостоятельной профессиональной деятельности.</p>
Базовый	хорошо (зачтено)	<p>Оценивается ответ студента, которым даны полные, развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы. Студентом продемонстрированы глубокие знания всего программного материала, понимание существенных и несущественных признаков, причинно-следственные связи, твердое знание основных положений смежных дисциплин. Ответ логически последователен, содержателен. Стиль изложения материала научный с использованием математической терминологии. Студентом продемонстрирована в целом успешная сформированность компетенций (знаний, умений, навыков) по дисциплине, вместе с тем имеют место отдельные пробелы в умении, студент не вполне осознанно, владеет навыками. Студентом могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки.</p>	<p>Оценивается работа, в которой дано всестороннее освещение избранной темы (проблематики) в тесной взаимосвязи с практикой и современностью. Студент показал умение работать с научной и учебной литературой, делать теоретические и практические выводы. Тема работы в целом раскрыта. На защите студентом продемонстрированы знание темы исследования, умение использовать математическую терминологию. Выступление выстроено логично и последовательно, достаточно хорошо отражает результаты исследования. При защите студент дает правильные ответы на большинство вопросов, хорошо ориентируется в тексте работы, достаточно обосновано защищает свою точку зрения. Студентом продемонстрирована готовность к самостоятельной профессиональной деятельности.</p>

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

Пороговый	удовлетворительно (зачтено)	<p>Оценивается ответ студента, которым даны недостаточно полные и развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы. Логика и последовательность изложения нарушены. Допущены ошибки в определении употреблении понятий. Студент с затруднением самостоятельно выделяет существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Речевое оформление требует поправок, коррекции. Студентом в целом продемонстрирована сформированность компетенций (знаний, умений, навыков) по дисциплине, вместе с тем имеют место несистематическое использование умений и фрагментарные навыки.</p>	<p>Оценивается работа, выполнена самостоятельно, присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы, носящие общий характер. В оформлении, структуре и стиле работы есть недостатки. В работе соблюдаются общие требования. Автор работы в основном владеет материалом, однако литература и источники по теме работы использованы в недостаточном объеме. Выступление выстроено не вполне последовательно, с нарушением логики, недостаточно четко отражает результаты исследования. Отвечая на вопросы, студент допускает ошибки. Вместе с тем, студент способен осуществлять самостоятельную профессиональную деятельность.</p>
Компетенции не сформированы	неудовлетворительно (не зачтено)	<p>Оценивается ответ студента, представляющей собой разрозненные знания с существенными ошибками. Ответ фрагментарен, нелогичен. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса с другими вопросами дисциплины. Отсутствуют конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, математическая терминология не используется или используется неверно. Дополнительные и уточняющие вопросы</p>	<p>Оценивается работа, содержание которой не соответствует заявленной проблематике. При написании работы не были использованы современные источники и литература. Оформление работы не соответствует требованиям. В докладе студента отсутствует логика и последовательность, не приведены результаты исследования. Студент не ориентируется в тексте работы, при защите допускает грубые фактические ошибки при ответах на поставленные вопросы или вовсе не отвечает на них.</p>

ОПОП		СМК-РПД-В1.П2-2023
Рабочая программа дисциплины Б1.О.20 «Математические модели сплошных сред» направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, общий профиль подготовки (уровень бакалавриата)		

		преподавателя не приводят к коррекции ответа студента. Компетенции (знаний, умений, навыков) по дисциплине не сформированы: теоретические знания имеются, но они разрознены, умения и навыков отсутствуют // Либо, если ответ на вопрос полностью отсутствует или студент отказывается от ответа на поставленные вопросы.	Студентом продемонстрирована неготовность к самостоятельной профессиональной деятельности.
--	--	---	--

11. Материально-техническая база

Для изучения студентами дисциплины «Математические модели сплошных сред» направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», профиль «Прикладная математика и информатика» требуется:

1. Лекционная аудитория, укомплектованная учебной мебелью, мультимедийной техникой(проектор и ноутбук), экраном. Для проведения практических занятий требуется компьютерный класс, укомплектованный учебной мебелью, мультимедийной техникой(проектор и ноутбук), экраном, рабочими станциями с установленной системой компьютерной алгебры MAXIMA, математическими пакетами SciLab и Octave, пакетом научной визуализации gnuplot.
2. Для подготовки студентов (самостоятельной работы) необходима следующая материально-техническая база: помещение для самостоятельной работы, оборудованное учебной мебелью, рабочими станциями с установленной системой компьютерной алгебры MAXIMA, математическими пакетами SciLab и Octave, пакетом научной визуализации gnuplot и подключением к сети Интернет и ЭБС ibooks.ru, ЭБС elibrary; библиотека