

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Проректор по учебной работе и
довузовской подготовке**

А.А. Воронов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Математическое моделирование нелинейных процессов
по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра вычислительной физики
курс:	2
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 30 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: В.А. Гущин, д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры вычислительной физики 01.06.2020

Аннотация

Цель дисциплины является формирование у студентов знаний и получение практических навыков математического моделирования с использованием современных численных методов современных задач механики сплошных сред.

Задачи дисциплины включают освоение студентами базовых знаний (понятий, концепций, методов) в области численного моделирования в механике сплошных сред; приобретение теоретических знаний и практических умений и навыков в области математического моделирования; оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических исследований в области математического моделирования.

После освоения курса студент будет знать основные модели механики сплошных сред; основные понятия и принципы численных методов для решения задач механики сплошных сред и уметь понять поставленную задачу; использовать свои знания для решения фундаментальных и прикладных задач механики сплошных сред; оценивать корректность постановок задач.

Он будет владеть навыками освоения большого объема информации; навыками самостоятельной работы и освоения новых дисциплин; культурой постановки, анализа и решения математических и прикладных задач, требующих для своего решения использования математических подходов и методов решения задач механики сплошных сред.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Формирование у студентов знаний и получение практических навыков математического моделирования с использованием современных численных методов современных задач механики сплошных сред.

Задачи дисциплины

- освоение студентами базовых знаний (понятий, концепций, методов) в области численного моделирования в механике сплошных сред;
- приобретение теоретических знаний и практических умений и навыков в области математического моделирования;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических исследований в области математического моделирования.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области информатики и вычислительной техники, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области информатики и вычислительной техники и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области математики, естественных наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.2 Способен применять знание информационно-коммуникационных технологий для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования

ОПК-4.4 Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные модели механики сплошных сред;
- основные понятия и принципы численных методов для решения задач механики сплошных сред.

уметь:

- понять поставленную задачу;
- использовать свои знания для решения фундаментальных и прикладных задач механики сплошных сред;
- оценивать корректность постановок задач.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы и освоения новых дисциплин;
- культурой постановки, анализа и решения математических и прикладных задач, требующих для своего решения использования математических подходов и методов решения задач механики сплошных сред.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Метод МАС.			4	10
2	Метод расщепления по физическим факторам для расчетов течений несжимаемой жидкости.			4	10
3	Основные принципы математического моделирования.			6	10
4	Примеры решения конкретных задач.			4	10
5	Проблемы моделирования турбулентности.			2	10
6	Сеточно-характеристические методы.			4	15
7	Уравнения несжимаемой жидкости.			6	10
Итого часов				30	75
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 3 (Осенний)

1. Метод МАС.

Одномерное модельное уравнение переноса. Конечно-разностные схемы, устойчивость (метод Неймана, метод дифференциальных приближений), монотонность. Метод МАС (структура ячейки, конечно-разностная схема, маркеры). Метод SMAC и другие модификации метода МАС.

2. Метод расщепления по физическим факторам для расчетов течений несжимаемой жидкости.

Метод расщепления по физическим факторам для расчетов течений несжимаемой жидкости (МЕРАНЖ). Построение гибридной конечно-разностной схемы МЕРАНЖ для одномерного модельного уравнения. Конечно-разностная схема, аппроксимация, схемная диссипация, монотонность. Сопоставление с известными схемами первого (Годунов), второго (Мак Кормак), третьего (Холодов) порядков точности. Постановка задачи и ее дискретизация для случая двух пространственных переменных - потоковый вариант записи разностных уравнений. Расчет давления в приграничных ячейках (Истон). Прямые и итерационные методы решения уравнения Пуассона.

3. Основные принципы математического моделирования.

Введение. Математическое моделирование (ММ) и его место в научных исследованиях и автоматизации проектирования. Основные принципы математического моделирования. ММ нелинейных процессов механики сплошной среды.

4. Примеры решения конкретных задач.

Обобщение метода на случаи течений со свободной поверхностью, течений неоднородной по плотности жидкости, пространственных течений. Примеры расчетов конкретных задач. Построение пакета прикладных программ. Примеры практического использования пакета.

5. Проблемы моделирования турбулентности.

Основные математические модели турбулентности, их свойства, сравнение.

6. Сеточно-характеристические методы.

Область применения, особенности реализации, примеры использования.

7. Уравнения несжимаемой жидкости.

Законы сохранения и уравнения движения несжимаемой жидкости в примитивных переменных и в переменных вихрь-функция тока. Консервативная форма уравнений. Постановка задач. Граничные условия на твердой поверхности. Условия Тома, Вудса.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная мультимедиапроектором и экраном.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Фейнмановские лекции по физике [Текст] / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс ; пер.с англ. А. В. Ефремова, Ю. А. Симонова ; под ред. Я. А. Смородинского [Вып.] 7. Физика сплошных сред - М. УРСС : Книжный дом "Либроком", 2011
2. Численные методы [Текст] / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков ; МГУ им. Ломоносова - М. БИНОМ. Лаб. знаний, 2006

Дополнительная литература

1. Численное моделирование в механике сплошных сред [Текст]/О. М. Белоцерковский, [монография], -М., Наука, 1984
2. Механика жидкости и газа [Текст] / Л. Г. Лойцянский - М.Наука,1987
3. Вычислительная гидродинамика [Текст] = Computational fluid dynamics/П. Роуч, -М., Мир, 1980
4. Методы решения сеточных уравнений [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. А. Самарский, Е. С. Николаев .— М. : Наука, 1978 .— 592 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

<http://www.icad.org.ru>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Компиляторы C++

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий курс, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения понятия, аксиомы, методы доказательств.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- выполнение заданий по курсу;
- подготовку лабораторным занятиям, экзамену.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению: Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки: Прикладная математика и информатика
Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики
кафедра вычислительной физики
курс: 2
квалификация: магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен

Разработчик: В.А. Гуцин, д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области информатики и вычислительной техники, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области информатики и вычислительной техники и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области математики, естественных наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.2 Способен применять знание информационно-коммуникационных технологий для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
	ОПК-4.4 Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Математическое моделирование нелинейных процессов» обучающийся должен:

знать:

- основные модели механики сплошных сред;
- основные понятия и принципы численных методов для решения задач механики сплошных сред.

уметь:

- понять поставленную задачу;
- использовать свои знания для решения фундаментальных и прикладных задач механики сплошных сред;
- оценивать корректность постановок задач.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы и освоения новых дисциплин;
- культурой постановки, анализа и решения математических и прикладных задач, требующих для своего решения использования математических подходов и методов решения задач механики сплошных сред.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

1. Математическое моделирование (ММ) и его место в научных исследованиях и автоматизации проектирования.
2. Основные принципы математического моделирования. ММ нелинейных процессов механики сплошной среды.

3. Законы сохранения и уравнения движения несжимаемой жидкости в примитивных переменных и в переменных вихрь-функция тока. Консервативная форма уравнений. Постановка задач. Граничные условия на твердой поверхности. Условия Тома, Вудса.
4. Одномерное модельное уравнение переноса.
5. Конечно-разностные схемы, устойчивость (метод Неймана, метод дифференциальных приближений), монотонность.
6. Метод МАС (структура ячейки, конечно-разностная схема, маркеры).
7. Метод SMAC и другие модификации метода МАС.
8. Метод расщепления по физическим факторам для расчетов течений несжимаемой жидкости (МЕРАНЖ). Построение гибридной конечно-разностной схемы МЕРАНЖ для одномерного модельного уравнения.
9. Конечно-разностная схема, аппроксимация, схемная диссипация, монотонность. Сопоставление с известными схемами первого (Годунов), второго (Мак Кормак), третьего (Холодов) порядков точности.
10. Постановка задачи и ее дискретизация для случая двух пространственных переменных - потоковый вариант записи разностных уравнений.
11. Расчет давления в приграничных ячейках (Истон).
12. Прямые и итерационные методы решения уравнения Пуассона.
13. Примеры расчетов конкретных задач.
14. Построение пакета прикладных программ.
15. Примеры практического использования пакета.
16. Сеточно-характеристические методы.
17. Проблемы моделирования турбулентности.

Максимальный балл за семестр – 100. Из них:

- Первое задание – максимум 30 баллов (в срок предоставлена работающая программа – 15 баллов, в срок предоставлен отчет с описанием метода, анализом сходимости и верным результатом – 15 баллов). Каждая следующая неделя задержки – уменьшение максимума на 10%.
- Второе задание – максимум 30 баллов (в срок предоставлена работающая программа – 15 баллов, в срок предоставлен отчет с описанием метода, анализом порядка аппроксимации метода и верным результатом – 15 баллов). Каждая следующая неделя задержки – уменьшение максимума на 10%.
- Ответ на экзаменационный билет – максимум 30 баллов.
- Посещение лекций – максимум 10 баллов (1 балл за лекцию).

Соответствие баллов и оценки: 80 – 100 – отлично, 50 – 79 – хорошо, 30 – 49 – удовлетворительно.

Итоговая оценка вычисляется после деления балла на 10 и округления до ближайшего целого числа.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Математическое моделирование (ММ) и его место в научных исследованиях и автоматизации проектирования.
2. Основные принципы математического моделирования. ММ нелинейных процессов механики сплошной среды.
3. Законы сохранения и уравнения движения несжимаемой жидкости в примитивных переменных и в переменных вихрь-функция тока. Консервативная форма уравнений. Постановка задач. Граничные условия на твердой поверхности. Условия Тома, Вудса.
4. Одномерное модельное уравнение переноса.
5. Конечно-разностные схемы, устойчивость (метод Неймана, метод дифференциальных приближений), монотонность.
6. Метод МАС (структура ячейки, конечно-разностная схема, маркеры).
7. Метод SMAC и другие модификации метода МАС.

8. Метод расщепления по физическим факторам для расчетов течений несжимаемой жидкости (МЕРАНЖ). Построение гибридной конечно-разностной схемы МЕРАНЖ для одномерного модельного уравнения.
9. Конечно-разностная схема, аппроксимация, схемная диссипация, монотонность. Сопоставление с известными схемами первого (Годунов), второго (Мак Кормак), третьего (Холодов) порядков точности.
10. Постановка задачи и ее дискретизация для случая двух пространственных переменных - потоковый вариант записи разностных уравнений.
11. Расчет давления в приграничных ячейках (Истон).
12. Прямые и итерационные методы решения уравнения Пуассона.
13. Примеры расчетов конкретных задач.
14. Построение пакета прикладных программ.
15. Примеры практического использования пакета.
16. Сеточно-характеристические методы.
17. Проблемы моделирования турбулентности.

Критерии оценивания

Максимальный балл за семестр – 100. Из них:

- Первое задание – максимум 30 баллов (в срок предоставлена работающая программа – 15 баллов, в срок предоставлен отчет с описанием метода, анализом сходимости и верным результатом – 15 баллов). Каждая следующая неделя задержки – уменьшение максимума на 10%.
- Второе задание – максимум 30 баллов (в срок предоставлена работающая программа – 15 баллов, в срок предоставлен отчет с описанием метода, анализом порядка аппроксимации метода и верным результатом – 15 баллов). Каждая следующая неделя задержки – уменьшение максимума на 10%.
- Ответ на экзаменационный билет – максимум 30 баллов.
- Посещение лекций – максимум 10 баллов (1 балл за лекцию).

Соответствие баллов и оценки: 80 – 100 – отлично, 50 – 79 – хорошо, 30 – 49 – удовлетворительно.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также литературными источниками и ноутбуками.