

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Снежинский физико-технический институт –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СФТИ НИЯУ МИФИ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Зам. руководителя по учебной
и научно-методической работе

« ____ » _____ 2020 г.

_____ П.О. Румянцев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Направление подготовки **01.06.01 – Математика и механика**

Направленность(специальность)

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Квалификация (степень) выпускника **Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения

очная

г. Снежинск, 2020 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель изучения дисциплины – формирование у аспирантов углублённых профессиональных знаний в области математического моделирования с помощью численных методов статистических методов обработки данных, выявления закономерностей характеризуемых объектов и процессов, построения математических моделей.

1.2 Задачи изучения дисциплины:

- сформировать у аспирантов представление о многообразии методов обработки экспериментальных данных и методах построения математических моделей;

- подготовить аспирантов к применению полученных знаний при проведении статистических исследований закономерностей и процессов;

- сформировать у аспирантов представление о современных тенденциях в развитии численных методов решения задач моделирования различных процессов.

- подготовить аспирантов к применению полученных знаний при проведении научных и экспериментальных исследований физических процессов.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Дисциплина Б1.В.04 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» относится к вариативной части Блока Б1 «Дисциплины (модули)» ООП ВО по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика». Основная задача курса – дать необходимые научные знания в области математического моделирования, численных методов и статистических методов обработки данных.

3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Компетентностная модель соответствует требованиям ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика».

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1 – способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

УК-2 – способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки;

ПК-1 – способностью самостоятельно осваивать, создавать и использовать новые математические понятия, гипотезы, теоремы, физико-математические модели и численные алгоритмы и программы, в том числе для исследований в физических и других естественных науках;

ПК-2 – способностью самостоятельно исследовать свойства и создавать алгоритмы численных решений задач для обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений математической физики;

ПК-3 – способностью самостоятельно применять математический инструмент дифференциальных уравнений для описания и исследования свойств физических и других процессов и объектов;

ОСПК-1 – способностью к преподаванию математических дисциплин в образовательных организациях основного общего, среднего общего, среднего профессионального и высшего образования;

ОСПК-3 – способностью разрабатывать аналитические обзоры состояния области прикладной математики и механики;

ОСПК-4 – способностью использовать профессиональные информационные ресурсы, включая базы данных научного цитирования Elibrary, Web of Science, Scopus, при планировании и оформлении результатов научных исследований.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- **владеть:** методикой планирования, постановки и обработки результатов численного эксперимента; математическим моделированием научных задач и задач проектирования техники; понятиями выпуклого анализа, математической статистики; основной терминологией теории принятия решений и теории исследование операций; одной из распространённых систем математического моделирования и методологией постановки вычислительных экспериментов.

- **знать:** основы методологии математического моделирования; элементы вероятностного, операционного, аналитического моделирования; основные классы численных методов, их особенности; теоретические подходы к созданию комплексов программ; новейшие тенденции и принципы программной инженерии.

- **уметь:** разрабатывать и классифицировать математические модели; эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы; представить панораму методов программной инженерии; использовать современные средства создания комплексов программ; планировать оптимальное проведение численного эксперимента; выбирать численные методы, подходящие для решения поставленных задач.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

| Семестр | Трудоем- кость., кр. | Объем курса, час. | Лекции, час. | Практич. занятия, час. | Контроль | СРС, час. | Форма Контроля, Экз./зачет |
|--------------|----------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------------|-----------|--------------|----------------------------------|
| 5 | 4 | 144 | 36 | 36 | - | 72 | зачёт |
| 6 | 5 | 180 | 36 | 36 | 54 | 54 | кандидатский экзамен |
| ИТОГО | 9 | 324 | 72 | 72 | 54 | 126 | |

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 кредитов, 324 часа.

| Наименование разделов и тем | Неделя | Всего учебных занятий (в часах) | Всего учебных занятий (в часах) | | | |
|---|--------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------|
| | | | лекции | практические занятия | самостоятельная работа занятия | Экзамен/зачет |
| 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Тема 1. Вычислительный эксперимент. Алгоритмические языки. Основные принципы математического моделирования. | 1-8 | 68 | 16 | 16 | 36 | |
| Обзорные занятия по теме 1. | 9 | 4 | 2 | 2 | | |
| Тема 2. Теория вероятностей. Математическая статистика. Прикладная статистика. Численные методы. | 10-17 | 68 | 16 | 16 | 36 | |
| Обзорные занятия по теме 2. | 18 | 4 | 2 | 2 | | |
| | | 144 | 36 | 36 | 72 | |
| Тема 3. Элементы выпуклой оптимизации. Элементы теории принятия решений. Исследование операций и задачи искусственного интеллекта. Элементы функционального анализа. | 1-9 | 54 | 16 | 14 | 24 | |
| Обзорные занятия по теме 3. | 10-11 | 8 | 2 | 4 | 2 | |
| Тема 4. Математические модели в научных исследованиях. Модели динамических систем. Объектно- ориентированное и объектное программирование. Элементы дискретной математики. Параллельные методы для решения задач дискретной оптимизации. | 12-20 | 54 | 16 | 14 | 24 | |
| Обзорные занятия по теме 4. | 21-22 | 10 | 2 | 4 | 4 | |
| | | 126 | 36 | 36 | 54 | |
| Кандидатский экзамен по дисциплине | | | | | | 54 |
| Всего по курсу | | 324 | 72 | 72 | 126 | 54 |

Содержание разделов и тем

Тема 1. Вычислительный эксперимент. Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа. Алгоритмические языки.

Представление о языках программирования высокого уровня. Пакеты прикладных программ. Элементарные математические модели в механике, гидродинамике, электродинамике. Классификация математических моделей. Универсальность математических моделей. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы. Вариационные принципы построения математических моделей. Методы исследования математических моделей. Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей.

Тема 2. Аксиоматика теории вероятностей. Вероятность, условная вероятность. Независимость. Случайные величины и векторы. Элементы корреляционной теории случайных векторов. Элементы теории случайных процессов. Точечное и интервальное оценивание параметров распределения. Элементы теории проверки статистических гипотез. Элементы многомерного статистического анализа. Основные понятия теории статистических решений. Основы теории информации. Дисперсионный анализ (ANOVA). Множественная проверка гипотез. Корреляционный анализ. Факторный анализ. Линейный регрессионный анализ. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей. Численное дифференцирование и интегрирование. Численные методы поиска экстремума. Вычислительные методы линейной алгебры. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений. Сплайн-аппроксимация, интерполяция, метод конечных элементов. Преобразования Фурье, Лапласа, Хаара и др. Численные методы вейвлет-анализа.

Тема 3. Экстремальные задачи в евклидовых пространствах. Выпуклые задачи на минимум. Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование. Задачи на минимакс. Основы вариационного исчисления. Задачи оптимального управления. Принцип максимума. Принцип динамического программирования. Общая проблема решения. Функция потерь. Байесовский и минимаксный подходы. Метод последовательного принятия решения. Исследование операций и задачи искусственного интеллекта. Экспертизы и неформальные процедуры. Автоматизация проектирования. Искусственный интеллект. Распознавание образов. Банаховы алгебры. Спектр. Спектр линейного оператора. Классификация операторов. Функциональное исчисление. Спектральная теорема для ограниченных операторов. Свойства неограниченных операторов. Теорема Стоуна-Вейерштрасса. Пространство максимальных идеалов банаховой алгебры. Преобразование Гельфанда. Граница Шилова. Топологические векторные пространства. Локально выпуклые пространства. Теоремы о неподвижной точке и их применения. Квазианалитические классы функций. Сплаины. Аппроксимация сплайнами. Некорректные задачи. Регуляризация.

Тема 4. Математические модели в статистической механике, экономике, биологии. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем. Особые точки. Бифуркации. Динамический хаос. Эргодичность и перемешивание. Понятие о самоорганизации. Диссипативные структуры. Режимы с обострением. Принцип открытости-закрытости в программной инженерии и объектно-ориентированное программирование. Диаграммы проектирования классов в объектно-ориентированном программировании. Паттерны проектирования. Порождающие паттерны. Структурные паттерны. Поведенческие паттерны.

Проектирование шаблонов арифметических выражений. Дискретные алгоритмы. Задачи дискретной оптимизации. Задача о ранце. Метод динамического программирования. Структуры данных, организация обменов. Параллельная реализация. Теоретические подходы к созданию комплексов программ.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации различных видов учебной работы в рамках курса предусмотрено проведение лекций с применением мультимедийных средств обучения в виде презентации PowerPoint, с целью в наиболее концентрированном виде представить материал с указанием значимых моментов содержания дисциплины, освещением основных понятий и категорий, а также для формирования у студентов общего представления о месте дисциплины в общем перечне дисциплин ООП ВО 01.06.01 «Математика и механика» и о формируемых этой дисциплиной компетенциях.

Практические занятия проводятся в интерактивной форме общения студентов между собой, а также в рамках проведения математического семинара заслушивание докладов аспирантов. В докладах излагаются основные положения, проблемы по тематике своих научных исследований.

Практические (семинарские) занятия предусмотрены в рамках соответствующих лекционных разделов.

Самостоятельная работа

Цель самостоятельной работы аспирантов – изучение учебного материала, перенесенного с аудиторных занятий на самостоятельную проработку, закрепление полученных теоретических знаний и приобретение практических навыков.

В рамках дисциплины «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» предполагается самостоятельная подготовка материала к докладам на практических занятиях и изучение материала в рамках разделов дисциплины.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

Савенкова Н. П. Численные методы в математическом моделировании: учебное пособие. - М.: Инфра – М, 2014. – 176 с.

Данилов, Н. Н. Математическое моделирование: учебное пособие / Н. Н. Данилов. — Кемерово: КемГУ, 2014. — 98 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/58313>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

Гулин А. В. Введение в численные методы в задачах и упражнениях: учебное пособие. – М.: Инфра – М, 2014. – 368 с.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и практического типа (л217).

АРМ преподавателя:

ноутбук Dell – 1 шт.,

проектор Casio – 1 шт.,

экран проекционный Cactus WallExpert – 1 шт.,

доска школьная – 1 шт.,

стойка-кафедра – 1 шт.;

56 рабочих мест студента.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика».

Автор: доцент кафедры Высшей и прикладной математики Крутова И.Ю.

Рецензент:

Программа одобрена на заседании ВПМ

Зав. кафедрой ВПМ _____ Крутова И.Ю.