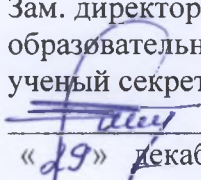


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт автоматики и процессов управления
Дальневосточного отделения Российской академии наук
(ИАПУ ДВО РАН)

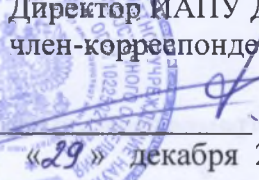
«СОГЛАСОВАНО»

Зам. директора по научно-
образовательной деятельности,
ученый секретарь, к.т.н.

 С.Б. Змеу
«29» декабря 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИАПУ ДВО РАН,
член-корреспондент РАН

 П.В. Ромашко
«29» декабря 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (РПУД)

Математическое моделирование сложных систем

**Группа научных специальностей 2.3 – «Информационные технологии и телекоммуникации»,
научная специальность 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации»**

Форма подготовки (очная)

Междисциплинарная кафедра подготовки кадров высшей квалификации (МК ПКВК) ИАПУ ДВО РАН

курс 2 семестр 4
лекции – 18 час. / 0,5 з.е.
практические занятия – 18 час. / 0,5 з.е.
лабораторные работы – не предусмотрены
всего часов аудиторной нагрузки 36 час. / 1 з.е.
самостоятельная работа 20 час.
контрольные работы не предусмотрены
курсовая работа / курсовой проект - не предусмотрены
зачет - 4 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации и срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий обучающихся, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20 октября 2021 года № 951.

Рабочая программа обсуждена на заседании МК ПКВК ИАПУ ДВО РАН, протокол № 3 от «17» ноября 2021 г.

Заведующий кафедрой: д-р физ.- мат. наук, профессор Н.Г. Галкин

Составители: д.ф.-м.н., профессор А.И. Абакумов, доцент Е.Е. Гиричева

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

(И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Математическое моделирование сложных систем» предназначена для аспирантов, обучающихся по основной образовательной программе «Системный анализ, управление и обработка информации» и входит в число дисциплин по выбору вариативной части учебного плана.

При разработке рабочей программы учебной дисциплины использованы федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по группе научных специальностей 2.3. «Информационные технологии и телекоммуникации» и научной специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации», и учебный план подготовки аспирантов по научной специальности «Системный анализ, управление и обработка информации».

Цель

Совершенствование умений математического моделирования сложных систем, развитие способности обосновывать адекватность используемых моделей, самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

Задачи:

- способствовать осознанному практическому овладению методами математического моделирования;
- обеспечить овладение аспирантами системой знаний и усвоение определенных методов решения задач путём построения и анализа конкретной математической модели;
- совершенствовать практические умения в области математического моделирования.

Компетенции выпускника, формируемые в результате изучения дисциплины.

Универсальные компетенции:

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

Общепрофессиональные компетенции:

- ОПК-1. Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области информатики и вычислительной техники.

- ОПК-3. Способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности.

- ОПК-6. Способность представлять полученные результаты научно-исследовательской деятельности на высоком уровне и с учетом соблюдения авторских прав.

Профессиональные компетенции:

- ПК-2. Способность разрабатывать новые математические модели объектов и явлений, развивать аналитические и численные методы их исследования.

Требования к уровню усвоения содержания дисциплины.

Аспиранты должны приобрести следующие знания и умения:

Знать:

- теоретические положения и методы построения математических моделей, моделирования сложных объектов;
- методы анализа математических моделей.

Уметь:

- применять методы математического моделирования для решения конкретных фундаментальных и прикладных задач.

Владеть:

- современными фундаментальными и прикладными методами в области математического моделирования.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Раздел 1. Основные принципы математического моделирования (4 часа)

Математические основы моделирования. Элементы функционального анализа. Виды пространств. Дифференциальное и интегральное исчисления. Элементы выпуклого анализа. Основы математической статистики.

Классификация математических моделей. Свойства математических моделей. Элементарные математические модели. Универсальность математических моделей. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы.

Методы исследования математических моделей. Проверка адекватности моделей.

Математические модели технологических процессов и природных явлений.

Раздел 2. Модели динамических систем (4 часа)

Матричные модели. Теория неотрицательных матриц. Теорема Перрона-Фробениуса и ее обоснование.

Асимптотические свойства решений в матричных моделях. Предел скользящего среднего в матричных моделях. Использование матричных моделей в естественных науках.

Теория динамических систем. Элементы теории бифуркаций. Локальный анализ и грубость динамических систем. Качественный анализ системы двух обыкновенных дифференциальных уравнений.

Автоколебания. Бифуркация Андронова – Хопфа. Фракталы. Динамический хаос.

Нелинейные волны. Автоволновые процессы. Стационарные диссипативные структуры. Синергетические эффекты. Нестационарные диссипативные структуры.

Раздел 3. Статистические методы обработки данных.

Стохастические модели (4 часа)

Точечные и интервальные оценки. Проверка гипотез. Регрессионный и корреляционный анализ. Дисперсионный анализ. Основные понятия теории статистических решений.

Раздел 4. Методы оптимизации (2 часа)

Задачи линейной оптимизации. Постановка задачи, свойства. Примеры. Элементы выпуклого анализа. Задача выпуклой оптимизации. Подход Лагранжа. Теорема Куна-Таккера.

Многокритериальная оптимизация. Элементы теории игр.

Раздел 5. Задачи оптимального управления (4 часа)

Методы оптимального управления. Метод Кротова, принцип максимума Понтрягина.

Задачи оптимального управления в приложениях. Оптимизационные задачи в экономике и экологии. Задачи оптимального сбора урожая.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия (18 час.)

Занятие 1. Матричные модели в экономике и экологии (2 час.)

Занятие 2. Построение и исследование непрерывных моделей (4 час.)

Занятие 3. Статистические методы обработки данных (4 час.)

Занятие 4. Задачи линейной оптимизации (2 час.)

Занятие 5. Задачи выпуклой оптимизации (2 час.)

Занятие 6. Оптимальное управление в задачах экономической динамики (4 час.)

III. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА ВОПРОСЫ К ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОМУ ЗАЧЕТУ

1. Классификация и свойства математических моделей
2. Универсальность математических моделей. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы
3. Методы исследования математических моделей. Проверка адекватности моделей
4. Математические модели технологических процессов и природных явлений
5. Матричные модели. Свойства неотрицательных матриц
6. Теорема Перрона-Фробениуса и ее обоснование
7. Асимптотические свойства решений в матричных моделях
8. Использование матричных моделей в естественных науках
9. Нелинейные математические модели. Элементы теории бифуркаций
10. Локальный анализ и грубость динамических систем. Качественный анализ системы обыкновенных дифференциальных уравнений
11. Автоколебания. Бифуркация Андронова – Хопфа.
12. Фракталы. Динамический хаос.
13. Простейшие нелинейные волны. Автоволновые процессы.
14. Стационарные диссипативные структуры. Синергетика и концепция параметров порядка. Нестационарные диссипативные структуры.
15. Задачи линейной оптимизации. Постановка задачи, свойства. Примеры.
16. Задача выпуклой оптимизации. Подход Лагранжа. Теорема Куна-Таккера.
17. Методы оптимального управления. Метод Кротова, принцип максимума Понтрягина.
18. Задачи оптимального управления в приложениях. Оптимизационные задачи в экономике и экологии.

IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. - М.: Наука. Физматлит, 1997. - 320 с. <http://window.edu.ru/resource/958/52958>
2. Ашихмин В.Н. Гитман М.Б. Келлер И.Э. Введение в математическое моделирование. М.: Логос, 2004. 439 с. (Библиотека ИАПУ)
3. Алексеев В.М. Тихомиров В.М. Фомин С.В. Оптимальное управление. М.: Физматлит, 1979. 430 с. (Библиотека ИАПУ, лаборатория № 32, новое издание: М.: Физматлит, 2007. 408 с.)
4. Лебедев В.И. Функциональный анализ и вычислительная математика. М.: Физматлит, 2000. 295 с. (Библиотека ИАПУ)

Дополнительная литература

1. Маликов Р.Ф. Основы математического моделирования [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Маликов Р.Ф. — Электрон. текстовые данные.— М.: Горячая линия - Телеком, 2010. — 368 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12015>. — ЭБС «IPRbooks».
2. Прохоров Ю.В. Лекции по теории вероятностей и математической статистике [Электронный ресурс]: учебник/ Прохоров Ю.В., Пономаренко Л.С. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2012. — 254 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13173>.— ЭБС «IPRbooks».
3. Алексеев В.М. Оптимальное управление [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Алексеев В.М., Тихомиров В.М., Фомин С.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.— 408 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12964>.— ЭБС «IPRbooks».
4. Бахвалов Н.С. Численные методы [Электронный ресурс]/ Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. — Электрон. текстовые данные. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 635 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6502>.— ЭБС «IPRbooks».

5. Ашихмин В.Н. Введение в математическое моделирование [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ашихмин В.Н., Гитман М.Б., Келлер И.Э.— Электрон. текстовые данные.— М.: Логос, 2004.— 439 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9063>.— ЭБС «IPRbooks».

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети
«Интернет»**

1. Электронно-библиотечная система. 2015. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
2. Электронная библиотека ММФ МГУ, М.: МГУ, 2014. Режим доступа: <http://lib.mexmat.ru/>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

1. Алгоритмические языки программирования C++, Fortran
2. Вычислительные пакеты Mathematics, Statistics, MatLab.