



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ШКОЛА)

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

Пак Т.В.
(Ф.И.О.)

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента Математического и
компьютерного моделирования

(подпись)



« 26 » января

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Математические модели живых систем

Направление подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика

(Математические и компьютерные технологии)

Форма подготовки очная

курс 1 семестр 1

лекции 00 час.

практические занятия 10 час.

лабораторные работы 36 час.

всего часов аудиторной нагрузки 46 час.

самостоятельная работа 62 час.

в том числе на подготовку к экзамену не предусмотрены

контрольные работы (количество) не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет 1 семестр

экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 10 января 2018 г. №13

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента математического и компьютерного моделирования протокол № 5 от «17» января 2022 г.

Директор департамента: А.А. Сущенко

Составитель (ли): А.И. Абакумов

Владивосток

2022

Оборотная сторона титульного листа РПД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

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

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

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

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Математические модели живых систем»

Дисциплина «Математические модели живых систем» предназначена для магистрантов 1 курса магистратуры 01.04.02 Прикладная математика и информатика, магистерской программы «Математические и компьютерные технологии».

Дисциплина «Математические модели живых систем» входит в блок дисциплин по выбору, части дисциплин, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.ДВ.01.03), реализуется на 1 курсе, в 1 семестре, завершается зачетом. Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 З.Е. (108 час.). Учебным планом предусмотрены лабораторные занятия (36 час.), практические занятия (10 час.), самостоятельная работа студента (62 час.).

Язык реализации – русский.

Цели и задачи освоения дисциплины.

Цель: изучение тенденций развития, теоретических основ, особенностей математических моделей живых систем, а также углубление знаний и совершенствование умений и навыков в вопросах построения и функционирования математических моделей живых систем.

Задачи:

- получить первоначальные знания о математических моделях живых систем;
- научиться применять полученные знания в процессе лабораторных занятий, овладеть методами построения математических моделей живых систем;
- привить навыки научно-исследовательской деятельности, в том числе использование наукоемких технологий и пакетов прикладных программ для решения прикладных задач, а также инструментов планирования.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются профессиональные компетенции.

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
научно-исследовательский	ПК-1 Способен проводить научные исследования и	ПК-1.1 Демонстрирует знание основных достижений и концепций в области прикладной математики и информатики

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива	ПК-1.2 Использует методы проведения научных исследований и получения новых научных и прикладных результатов самостоятельно и в составе научного коллектива
		ПК-1.3 Самостоятельно и в составе научного коллектива проводит научные исследования

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-1.1 Демонстрирует знание основных достижений и концепций в области прикладной математики и информатики	Знает новые научные результаты и предысторию их появления
	Умеет систематизировать научные результаты, выделять из них главное, и удалять второстепенное
	Владеет навыками сбора и математическими источниками информации
ПК-1.2 Использует методы проведения научных исследований и получения новых научных и прикладных результатов самостоятельно и в составе научного коллектива	Знает классические методы, применяемые в прикладной математике и информатике, необходимые и достаточные условия их реализации
	Умеет самостоятельно выбирать эффективные методы решения поставленных задач и разрабатывать новые методы для получения новых научных и прикладных результатов
	Владеет наукоемкими технологиями и пакетами прикладных программ для решения прикладных задач
ПК-1.3 Самостоятельно и в составе научного коллектива проводит научные исследования	Знает основы стратегического планирования работы коллектива для достижения поставленной цели
	Умеет планировать командную работу, распределять поручения и делегировать полномочия членам команды
	Владеет навыками преодоления возникающих в коллективе разногласий, споров и конфликтов на основе учета интересов всех сторон

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

НЕ ПРЕДУСМОТРЕНО

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Лабораторные работы (36 час.)

Исследуется вариант модели Вольтерра для биологического сообщества двух видов:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = x_1(a_1 - b_{11}x_1 - b_{12}x_2) \\ \frac{dx_2}{dt} = x_2(a_2 - b_{21}x_1 - b_{22}x_2) \end{cases}.$$

На основе этой системы уравнений студенты выполняют следующие этапы работы.

Лабораторная работа № 1 (4 час.). При контроле преподавателя назначают значения параметров $a = (a_1, a_2)$, $B = (b_{ij})_{i,j=1}^2$. Параметры b_{ij} выбираются студентами среди ненулевых чисел порядка 10^{-2} . Назначают равновесие $x_i^* \in [1,10]$, после этого из равенства нулю круглых скобок в правых частях уравнений вычисляют параметры a_i .

Лабораторная работа № 2 (4 час.). Находят в системе точки равновесия и исследуют их на устойчивость по линейным приближениям.

Лабораторная работа № 3 (2 час.). Строят фазовый портрет системы.

Лабораторная работа № 4 (6 час.). Имитируют создание экспериментальных данных для объекта модели следующим образом:

- а) вычисляют одну из траекторий $x(t) = (x_1(t), x_2(t))$ системы при положительных начальных значениях $x(0)$;
- б) изменяют траекторию по формуле $\tilde{x}_i(t) = x_i(t)(1 + \delta\xi_i(t))$ при целых значениях $t=0,1,2,\dots,100$; здесь $\xi_i(t)$ - случайная величина с равномерным распределением на промежутке $[-1,1]$, $\delta = 1/8$.

Лабораторная работа № 5 (6 час.). По траектории $\tilde{x}_i(t)$ при целых $t=0,1,2,\dots,100$ находят измененные значения параметров \tilde{a}, \tilde{B} методом наименьших квадратов, используя линейную связь $\tilde{y}_i(t) = \frac{d\tilde{x}_i(t)}{dt} / \tilde{x}_i(t)$ с $\tilde{x}_i(t)$ согласно с уравнениями системы.

Лабораторная работа № 6 (6 час.). Для модели с этими параметрами \tilde{a}, \tilde{B} выполняют аналоги лабораторных работ №2, 3.

Лабораторная работа № 7 (4 час.). Качественно (визуально) сравнивают фазовые портреты начальной и измененной систем между собой и сопоставляют их с результатами качественного исследования устойчивости равновесий.

Лабораторная работа № 8 (4 час.). Готовят и устно сдают отчет, содержащий для начальной и измененной систем параметры, координаты

равновесий и собственные числа якобианов линеаризаций в окрестностях равновесий, а также фазовые портреты.

Практические занятия (10 час.)

Занятие 1 (2 час.). Введение. История моделирования в экологии и биологии. Модель «хищник-жертва». Модель Колмогорова. Модель Вольтерры. Трофические цепи.

Занятие 2 (2 час.). Матричные модели. Матричная устойчивость. Знак-устойчивость. Модель Лесли.

Занятие 3 (2 час.). Распределенные модели популяций, сообществ, экологических систем. Модель Колмогорова-Петровского-Пискунова (КПП). Решения для КПП в виде волн.

Занятие 4 (2 час.). Модели микробных систем. Замкнутые и проточные. Множество равновесий, устойчивость.

Занятие 5 (2 час.). Управление в моделях экодинамики и проблемах охраны среды. Принцип максимума Понтрягина. Примеры применения. Задача оптимального сбора урожая. Поиск оптимального решения в задаче оптимального сбора урожая. Общий вид.

Содержание самостоятельной работы

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	Неделя 1-2	Подготовка к лабораторной работе №1	7	лабораторная работа №1
2	Неделя 3-4	Подготовка к лабораторной работе №2	7	лабораторная работа №2
3	Неделя 4-5	Подготовка к лабораторной работе №3	7	лабораторная работа №3
4	Неделя 5-6	Подготовка к лабораторной работе №4	7	лабораторная работа №4
5	Неделя 6-7	Подготовка к лабораторной работе №5	7	лабораторная работа №5
6	Неделя 7-8	Подготовка к лабораторной работе №6	7	лабораторная работа №6
7	Неделя 9-11	Подготовка к лабораторной работе №7	7	лабораторная работа №7
8	Неделя 12-14	Подготовка к	7	лабораторная работа

		лабораторной работе №8		№8
9	Неделя 15-17	Подготовка к защите лабораторных работ	6	Защита отчетов по лабораторным работам
Итого:			62 часа	Итоговый контроль

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Непрерывные математические модели» представлено включает в себя:

- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Самостоятельная работа студентов состоит из подготовки к лабораторным работам в компьютерном классе, работы над рекомендованной литературой и текстами лекций в процессе изучения теоретического материала.

Темы заданий для самостоятельной работы представлены в плане-графике выполнения самостоятельной работы по дисциплине.

При подготовке к лабораторным занятиям необходимо сначала прочитать основные понятия и теоремы по теме. При выполнении задания нужно сначала понять, что требуется в задаче, какой теоретический материал нужно использовать, наметить план решения задачи.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Результатом самостоятельной работы являются отчеты по лабораторным работам. В процессе подготовки отчетов к лабораторным работам у студентов развиваются навыки составления письменной документации и систематизации имеющихся знаний. При составлении отчетов рекомендуется придерживаться следующей структуры:

1. Постановка задачи;
2. Математическая постановка задачи;
3. Описание метода решения;

4. Описание алгоритма метода;
5. Спецификация используемых функций и типов данных;
6. Описание тестов, на которых программа проходит проверку;
7. Анализ результатов численного эксперимента.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Отчет по лабораторной работе должен полностью удовлетворять условию задачи. В случае некачественно выполненных отчетов (не соответствующих заявленным требованиям) результирующий балл за работу может быть снижен. Студент должен продемонстрировать отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией. Наличие всех отчетов является допуском к зачету.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: контроль со стороны преподавателя с использованием рейтинга и самоконтроль с использованием ЭУК BlackBoard, доступного в компьютерной сети ДВФУ, и содержащего электронные тесты по дисциплине.

Критерии оценивания лабораторной работы

Результатом лабораторной работы является отчет по лабораторной работе. В процессе подготовки отчетов к лабораторным работам у студентов развиваются навыки составления письменной документации и систематизации имеющихся знаний. При составлении отчетов рекомендуется придерживаться следующей структуры:

1. Постановка задачи;
2. Математическая постановка задачи;
3. Описание метода решения;
4. Описание алгоритма метода;
5. Спецификация используемых функций и типов данных;
6. Описание тестов для проверки работоспособности программы;
7. Результаты численного эксперимента.

Отчет по лабораторной работе должен полностью удовлетворять условию задачи. В случае некачественно выполненных отчетов (не соответствующих заявленным требованиям) результирующий балл за работу может быть снижен. Студент должен продемонстрировать отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
научно-исследовательский	ПК-1 Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива	ПК-1.1 Демонстрирует знание основных достижений и концепций в области прикладной математики и информатики
		ПК-1.2 Использует методы проведения научных исследований и получения новых научных и прикладных результатов самостоятельно и в составе научного коллектива
		ПК-1.3 Самостоятельно и в составе научного коллектива проводит научные исследования

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

Плюснина Т. Ю., Фурсова П. В., Тёрлова Л. Д., Ризниченко Г. Ю. Математические модели в биологии. Изд. 2-е доп. Учебное пособие. М.-Ижевск: НИЦ: «Регулярная и хаотическая динамика», 2014. 136 с.

Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. Изд-во РХД, М–Ижевск, 2011 г. 560 стр.

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

Мюррей Дж. Математическая биология. М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Ин-т компьютер, исслед., 2009. Т. 1. 776 с.

Белолипецкий В.М., Шокин Ю.И. Математическое моделирование в задачах охраны окружающей среды. Новосибирск: Инфолио-пресс, 1998.

Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математическая биофизика. М.: Наука, 1984, 304 с.

Свирижев Ю.М., Логофет Д.О. Устойчивость биологических сообществ. М.: Наука, 1978. 352 с.

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При подготовке к лабораторным занятиям следующего дня необходимо сначала прочитать основные понятия и теоремы по теме домашнего задания.

При выполнении задания нужно сначала понять, что требуется в задаче, какой теоретический материал нужно использовать, наметить план решения задачи. Если это не дало результатов, и Вы сделали задачу «по образцу» аудиторной задачи, или из методического пособия, нужно после решения такой задачи обдумать ход решения и опробовать решить аналогичную задачу самостоятельно.

При подготовке к лабораторной работе необходимо сначала прочитать теорию по каждой теме. Отвечая на поставленные вопросы, предварительно следует понять, что требуется от Вас в данном случае, какой теоретический материал нужно использовать, наметить общий план решения.

Литературу по курсу желательно изучать в библиотеке. Полезно использовать несколько учебников, однако легче освоить курс, придерживаясь одного учебника и конспекта. Рекомендуется, кроме «заучивания» материала, добиться понимания изучаемой темы дисциплины. Кроме того, очень полезно мысленно задать себе и попробовать ответить на следующие вопросы: о чем эта глава, какие новые понятия в ней введены.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, практических занятий: компьютерный класс (690001, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, Корпус 20, ауд. D733, D733а, D734).

D733: Моноблок lenovo C360G-i34164G500UDK - 13 шт.
Мультимедийное оборудование: Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice 50 см черная кайма сверху, размер рабочей области 236x147 см Документ-камера Avergence CP355AF ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA Мультимедийный проектор Mitsubishi EW330U, 3000 ANSI Lumen, 1280x800 Сетевая видеочамера Multipix MP-HD718.

D733а: Компьютер (твердотельный диск - объемом 128 ГБ; жесткий диск - объем 1000 ГБ; форм-фактор - Tower; комплектуется клавиатурой, мышью, монитором AOC i2757Fm; комплектом шнуров эл. питания) модель - M93p1 - 13 шт.

D734: Моноблок HPP-B0G08ES#ACB/8200E AIO i52400S 500G 4.0G 28 PC - 15 шт Мультимедийное оборудование: Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice 50 см черная кайма сверху, размер рабочей области 236x147 см Документ-камера Avergence CP355AF ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA Мультимедийный проектор Mitsubishi EW330U, 3000 ANSI Lumen, 1280x800 Сетевая видеочамера Multipix MP-HD718.

Программное обеспечение:

- 1) Acrobat Pro DC. Договор ЭА-442-15 от 18.01.16 лот 1. Лицензия 20.01.2019.
- 2) Photoshop CC. Договор ЭА-442-15 от 18.01.16 лот 1. Лицензия 20.01.2019.
- 3) Statistica Ultimate Academic Bundle. Договор ЭА-442-15 от 18.01.16 лот 9. Лицензия 14.01.2020.
- 4) Statistica. Договор ЭА-442-15 от 18.01.16 лот 9. Лицензия 14.01.2020.
- 5) Office Professional Plus 2019. Договор № ЭА-261-18. Лицензия.

VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Вопросы для подготовки к зачету

1. История моделирования в экологии и биологии. Модель «хищник-жертва».
2. Модель Колмогорова. Модель Вольтерры.
3. Трофические цепи.
4. Нелинейные модели, исследование. Точечные и распределенные модели. Основные особенности математического моделирования живых систем. Свойства решений в динамических моделях. Устойчивость и бифуркации.
5. Матричная устойчивость. Знак-устойчивость
6. Модель Лесли
7. Распределенные модели популяций, сообществ, экологических систем.
8. Модель Колмогорова-Петровского-Пискунова (КПП). Решения в КПП в виде волн.
9. Модели микробных систем. Замкнутые и проточные. Множество равновесий, устойчивость.
10. Управление в моделях экодинамики и проблемах охраны среды
11. Принцип максимума Понтрягина. Примеры применения. Задача оптимального сбора урожая. Поиск оптимального решения в задаче оптимального сбора урожая. Общий вид.
12. Магистральные свойства решений в задаче оптимального сбора урожая. Задачи оптимизации в проблеме охраны окружающей среды.