

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)

Утверждаю:
Проректор по учебной работе
Павлов В. Н.
« » 2018 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ»
для подготовки бакалавров
по направлению
09.03.01 - «Информатика и вычислительная техника»

Санкт-Петербург
2018

СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

№ учебного плана:	930
Обеспечивающий факультет:	компьютерных технологий и информатики
Обеспечивающая кафедра:	систем автоматизированного проектирования
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	3
Курс	5
Семестр	9
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	18
Лабораторные занятия (академ. часов)	18
Все аудиторные (контактные) занятия (академ. часов)	36
Самостоятельная работа (академ. часов)	72
Всего (академ. часов)	108
Вид промежуточной аттестации	
Экзамен (семестр)	9

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры систем автоматизированного проектирования 12.04.18, протокол № 4.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией факультета компьютерных технологий и информатики 19.04.18, протокол № 4.

АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

Дисциплина направлена на ознакомление студентов с особенностями нелинейного поведения динамических систем, раскрытие закономерностей нелинейных процессов, возникающих в процессе проектирования и эксплуатации комплексных технических систем. Предусматривает овладение методами научных исследований в области теоретической и экспериментальной нелинейной динамики, современным инструментарием анализа поведения динамических систем и его имплементацией в средах графического программирования. Знакомит с математическим аппаратом описания нелинейных систем и процессов, а также с приемами и подходами для их моделирования на современных цифровых вычислителях.

SUBJECT SUMMARY

«SIMULATION OF NONLINEAR DYNAMIC SYSTEMS»

The discipline is targeted to the study of a nonlinear behavior in dynamical systems. It discovers main properties of nonlinear processes appearing while design and use of complex technical system. Discipline considers the theory and practice of nonlinear dynamics as well as modern instruments of dynamical analysis given through graphical programming environments. Students meet the mathematics describing nonlinear systems and processes and the main routines to their computer simulation.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Изучение научных и технических проблем, связанных с теорией и практикой нелинейной динамики. Приобретение знаний в области математического аппарата нелинейных дифференциальных уравнений, умений идентификации динамических систем, дискретных интегрирующих операторов;

2. Изучение причин и механизмов возникновения хаотических режимов в динамических системах. Освоение навыков анализа и обобщения бифуркационного поведения систем, способствующее пониманию природы детерминированного хаоса и феномена катастроф;

3. Освоение методов анализа и обработки результатов вычислительного и полунатурного эксперимента с использованием современной вычислительной техники и сред графического программирования;

4. Формирование у студентов устойчивых представлений о фундаментальном характере нелинейных процессов в природных и технических системах, положительных и отрицательных эффектах нелинейного поведения, областях практического применения детерминированного хаоса.

Перечень компетенций, в формировании которых участвует дисциплина, приведен в матрице компетенций, прилагаемой к ООП.

МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Моделирование нелинейных динамических систем» относится к вариативной части ООП. Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Дискретная математика»;
2. «Вычислительная математика»;
3. «Математический анализ»;
4. «Физика»,

обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Компьютерные технологии проектирования виртуальных приборов»,
и обеспечивает подготовку выпускной квалификационной работы.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение (2 академ. часа)

Предпосылки возникновения и история нелинейной динамики. Работы Э. Лоренца, А. Пуанкаре, Д. Спротта. Хаотические процессы в природе на примере Солнечной системы, турбулентности, погодных явлений. Важность учета нелинейностей при проектировании технических объектов.

Тема 1. Общие сведения о динамических системах. Способы описания динамических систем (8 академ. часов)

Дифференциальное исчисление. Уравнения в частных производных, обыкновенные уравнения, дифференциально-алгебраические уравнения. Форма пространства состояний. Передаточные функции и типовые звенья. Операторный метод.

Тема 2. Нелинейные системы и процессы. Виды и причины возникновения нелинейностей в природе и технике (10 академ. часов)

Основные типы нелинейностей, встречающиеся в математических моделях динамических систем. Нелинейности, связанные с переходом от дифференциальных уравнений к конечно-разностным схемам. Шаг дискретизации как параметр нелинейности.

Тема 3. Моделирование динамических систем в средах графического программирования (14 академ. часа)

Среда LabVIEW как инструмент моделирования динамических систем. Понятие виртуального прибора. Лицевая панель и блок-диаграмма. Модуль Simulation Module. Переход от графической модели к исполняемому коду. Оптимизация производительности. Виртуальный прибор построения бифуркационных диаграмм.

Тема 4. Дискретные нелинейные отображения (6 академ. часов)

Логистическое отображение. Отображение Богданова. Отображение Хенона. Экспоненциальное отображение. Отображение Фейгенбаума.

Тема 5. Численные методы интегрирования при моделировании нелинейных динамических систем (16 академ. часов)

Численный метод интегрирования как способ перехода от непрерывных моделей динамических систем к конечно-разностным схемам. Явные методы численного интегрирования. Экстраполяционные методы. Полуявные методы интегрирования. Реверсивность и симметричность методов. Оценка производительности численных методов с помощью графика эффективности.

Тема 6. Детерминированный хаос. Хаотические процессы и явления (6 академ. часов)

Явление детерминированного хаоса. Плотность фазовых орбит. Топологическое смешивание. Чувствительность к начальным условиям. Фрактальность решений хаотических систем. Типы бифуркаций. Фазовое пространство.

Тема 7. Алгоритмы и инструменты анализа хаотических систем (14 академ. часов)

Одномерные бифуркационные диаграммы. Двумерные бифуркационные диаграммы. Каскады Фейгенбаума. Н-диаграммы хаотических систем. Отображение фазовых портретов системы и ошибки моделирования. Вычисление ляпуновских экспонент. Обнаружение хаотического поведения в произвольных сигналах.

Тема 8. Синхронизация хаотических систем (14 академ. часов)

Общие принципы хаотической синхронизации. Унимодальная и бимодальная синхронизация. Поиск оптимального значения коэффициента синхронизации. Синхронизация дискретных моделей хаотических систем, полученных различными численными методами. Различные топологические схемы при синхронизации хаотических систем. Синхронизация аналоговых и дискретных моделей хаотических систем.

Тема 9. Практические приложения детерминированного хаоса (16 академ. часов)

Сенсорные элементы на основе хаотических систем. Осциллятор Дуффинга как высокочувствительный детектор гармонических сигналов. Металло-

детекторы на основе принципа синхронизации. Хаос в шифровании и защищенных системах связи.

Заключение (2 академ. часа)

Подведение итогов курса. Перспективы развития и внедрения нелинейных решений в теорию и практику автоматического управления, цифровой обработки сигналов и систем связи.

Перечень лабораторных работ

1. Моделирование линейного и нелинейного плоского маятника с возмущающим сигналом.
2. Моделирование системы Ван Дер Поля с возмущающим сигналом. Осциллятор Дуффинга.
3. Построение фазовых портретов хаотических систем на примере системы Лоренца.
4. Оценка поведения погрешности компьютерного моделирования хаотических систем во временной области и фазовом пространстве при исследовании систем Спротта.
5. Моделирование «катастрофы голубого неба»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№	Название, библиографическое описание	Семестр	К-во экз. в библиот. (на кафедр.)
Основная литература			
1	Анисимов В.И. Моделирование непрерывных систем. Учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ, 2006 г. 172 с.	9	50 (0)
2	Тревис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех / Пер. с англ. Н.А. Клушина. – М.: ДМК Пресс, 2004.	9	42 (2)
3	Киреев, В.И. Численные методы в примерах и задачах. [Электронный ресурс] / В.И. Киреев, А.В. Пантелеев. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2015. — 448 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/65043 — Загл. с экрана.	9	10 ЭБС Лань (0)
4	Юмагулов, М.Г. Введение в теорию динамических систем. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2015. — 272 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/56177	9	2 ЭБС Лань (0)
5	Скубов, Д.Ю. Основы теории нелинейных колебаний. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 320 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/30203 — Загл. с экрана.	9	2 ЭБС Лань (0)
6	Бутусов Д. Н., Андреев В. С., Пестерев Д. О: Моделирование нелинейных динамических систем: методические указания к лабораторным работам. [https://lk.etu.ru/dashboard/api/download/2565]	9	База ЭОР ЭИОС СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
Дополнительная литература			
1	Голубева, Н.В. Математическое моделирование систем и процессов. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 192 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/76825	9	4 ЭБС Лань (0)
2	Поршнева, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. + CD. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 736 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/650	9	5 ЭБС Лань (0)
3	Д. Н. Бутусов, А. И Каримов, Т. И. Каримов Аппаратно-ориентированные численные методы интегрирования - СПб. : Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2016. - 191 с.	9	10 (1)

4	Ю.А. Бычков, С.В. Щербаков Хаос в динамических системах; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ" . - СПб. : Элмор, 2007. - 313 с.	9	50 (0) ✓
---	--	---	----------

Зав. отделом учебной литературы *Кисель* Т.В. Киселева
8.06.18

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети
«Интернет», используемых при освоении дисциплины**

№	Электронный адрес
1	http://www.sgtnd.narod.ru – сайт Саратовской группы нелинейной динамики
2	http://glensstuff.com – сайт, посвященный аналоговому моделированию хаотических систем

Информационные технологии (операционные системы, программное обеспечение общего и специализированного назначения, а также информационные справочные системы) и материально-техническая база, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, соответствуют требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Описание информационных технологий и материально-технической базы приведено в УМКД дисциплины в методических указаниях к лабораторным работам, учебных пособиях к практическим занятиям.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине и методика текущего контроля содержатся в учебно-методическом комплексе дисциплины.

Конкретные формы и процедуры текущего контроля знаний и промежуточной аттестации, а также методические указания для обучающихся по самостоятельной работе при освоении дисциплин (содержащиеся в ООП) доводятся до сведения обучающихся в течение первых недель обучения.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчик

к.т.н., доц.

Бутусов Д.Н.

Рецензент

д.т.н., проф.

Соловьева Е.Б.

Зав. каф. САПР

к.т.н., доц.

Рыжов Н.Г.

Декан ФКТИ

д.т.н., проф.

Куприянов М.С.

Согласовано

Председатель УМК ФКТИ

к.т.н., доц.

Михалков В.А.

Начальник МО

д.т.н., проф.

Грязнов А.Ю.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№	Дата	Изменение	Дата заседания УМК, № прот-ла	Автор	Нач. МО
1					