Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Вишневский Дмитрий Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 30.04.2025 11:55:50
Уникальный программный ключ:
03474917c4d012283e5ad996a48abe7bb8cab57

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет Информационных технологий и автоматизации производственных процессов

Кафедра Автоматизированного управления и инновационных технологий

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ Д.В. Мулов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Нелинейные процессы и системы»
(наименование дисциплины)

2.3 Информационные технологии и телекоммуникации

2.3.3 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами
(шифры научных специальностей, наименование научных специальностей)

Квалификация —

Форма обучения очная

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Цели дисциплины.

Цель изучения дисциплины «Нелинейные процессы и системы» состоит в изложении основ современной теории нелинейных динамических систем. В данной дисциплине излагаются методы нелинейной динамики, основанные на исследовании предельных множеств в фазовом пространстве ДС. Излагаются основы теории устойчивости и бифуркаций, даются характеристики основных типов поведения ДС, анализируются универсальные сценарии развития хаоса, приводится классификация хаотических аттракторов.

Задачи изучения дисциплины:

– углубленное изучение теоретических вопросов в области анализа поведения нелинейных динамических систем;

– развитие общепрофессиональных компетенций в автоматизированном управлении;

– освоение методов обработки и анализа сигналов, методов нелинейной динамики и анализа нелинейных, нестационарных, хаотических систем.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины: дисциплина «Нелинейные процессы и системы» относится к элективным дисциплинам блока 2 «Образовательный компонент» образовательной программы, направлена на повышение компетенций обучающихся по всем специальностям подготовки научных и научно-педагогических кадров в ФГБОУ ВО «ДонГТУ».

Дисциплина реализуется кафедрой автоматизированного управления и инновационных технологий.

Основывается на базе дисциплин, изученных в результате освоения предшествующих программ бакалавриата, специалитета и магистратуры.

Является основой для изучения следующих дисциплин: Педагогическая практика, Производственная практика (научно-исследовательская работа), Научная деятельность аспиранта, направленная на выполнение диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, Подготовка публикаций и (или) заявок на патенты на изобретения, полезные модели, а также направлена на формирование компетенций по способности использовать знания в различных сферах жизнедеятельности, способности к изучению и анализу исследовательской деятельности, способности к научно-методическому сопровождению исследовательской деятельности, способности к ведению преподавательской деятельности.

Дисциплина читается на 1 курсе. Форма промежуточной аттестации – диф. зачет.

3 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (36 ч.), практические (36 ч.) занятия и самостоятельная работа (72ч.).

Самостоятельная работа аспиранта включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, выполнение индивидуального задания, самостоятельное изучение материала и подготовку к дифференцированному зачету.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на самостоятельную работу аспиранта в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Распределение бюджета времени на самостоятельную работу аспиранта

Вид учебной работы	Всего ак.ч.	Ак.ч.
		1
Аудиторная работа, в том числе:	72	72
Лекции (Л)	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Курсовая работа/курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа аспирантов, в том числе:	72	72
Подготовка к лекциям	18	18
Подготовка к лабораторным работам	-	-
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	18	18
Выполнение курсовой работы / проекта	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат (индивидуальное задание)	16	16
Домашнее задание	-	-
Подготовка к контрольной работе	-	-
Подготовка к коллоквиуму	-	-
Аналитический информационный поиск	-	-
Работа в библиотеке	16	16
Подготовка к зачету	4	4
Промежуточная аттестация – диф. зачет (д/з)	д/з	д/з
Общая трудоемкость дисциплины		
ак.ч.	144	144
з.е.	4	4

4 Содержание дисциплины

Дисциплина разбита на 4 темы:
– Тема 1 (Введение в предмет «Нелинейные процессы и системы»);
– Тема 2 (Хаотическая динамика консервативных систем);
– Тема 3 (Хаотическая динамика диссипативных систем).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Введение в предмет «Нелинейные процессы и системы»	Рождение нелинейной динамики: модели Лоренца, Хенона – Хейлеса и Синая. Показатель Ляпунова и определение хаоса. Кинематика теории колебаний: модели регулярного движения. Расширение кинематики: модель хаотического движения - случайный процесс; описание движения усредненными характеристиками (средние значения, функции распределения, корреляционные функции, спектры). Расширение динамики: модели с дискретным временем (отображения). Отображение Фибоначчи и его обобщения. Методы численного решения основных задач. Алгоритм Бенеттина для вычисления показателя Ляпунова. Корреляционная функция, скорость перемешивания. Спектр мощности.	12	Введение в предмет «Нелинейные процессы и системы»	12	–	–
2	Хаотическая динамика консервативных систем	Стандартное отображение: определение и физическая модель-прототип, ротатор с дельта-толчками. Неподвижные точки и их устойчивость. Случай малых - резонанс и сепаратриса. Устойчивое и	12	Хаотическая динамика консервативных систем	12	–	–

		неустойчивое многообразия. Расщепление сепаратрисы. Мера стохастической компоненты.					
3	Хаотическая динамика диссипативных систем	Отбор моделей. Сингулярное поведение при исчезающее малой диссипации. Логистическое отображение: определение, неподвижные точки, циклы. Сценарий Фейгенбаума: переход к хаосу через каскад удвоений периода. Свойства подобия каскада.	12	Хаотическая динамика диссипативных систем	12	–	–

5 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

5.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» (https://dontu.ru/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Всего по текущей работе аспирант может набрать 100 баллов, в том числе:

– за выполнение практического задания согласно таблице 2 рабочей программы (по выбору аспиранта) – всего 40 баллов;

– за выполнение индивидуального задания – всего 60 баллов.

Дифференцированный зачет проставляется автоматически, если аспирант набрал в течении курса не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Дифференцированный зачет по дисциплине «Нелинейные процессы и системы» проводится по результатам работы за курс. В случае, если полученная сумма баллов не устраивает аспиранта, во время промежуточной аттестации аспирант имеет право повысить итоговую оценку в форме устного собеседования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
1-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

5.2 Темы индивидуального задания

1. Основные математические модели теории колебаний.
2. Модели ускорения Ферми.
3. Явление синхронизации: его изучение и диагностика.
4. Методы расчета ляпуновских показателей.

5. Примеры систем с хаотической динамики различной природы.
6. Основные сценарии возникновения динамического хаоса.
7. Фракталы. Приложения фракталов в физике и естественных науках.
8. Странные нехаотические аттракторы.
9. Особенности стохастических колебательных систем.
10. Эмпирическое моделирование по временным рядам.
11. Нелинейная динамика уравнения Гинзбурга-Ландау:
12. Амплитудная и фазовая турбулентность.
13. Примеры абсолютной и конвективной неустойчивости в природе и технике.
14. Модели открытых систем: приложение методов нелинейной динамики к изучению сложных биологических и химических объектов.
15. Конструктивная роль флуктуаций в нелинейных системах.

5.3 Перечень вопросов и заданий для подготовки к дифференцированному зачету

1. Как влияют на поведение системы начальные значения переменных.
2. Как возникают новые стационарные состояния при изменении управляющего параметра системы.
3. Как может влиять параметр сложной системы на ее поведение?
4. Можно ли для сложных реальных систем меняя их параметр, и не обнаружив внешних изменений в системе, утверждать, что с ней все в порядке?
5. Можно ли утверждать, что, воздействуя на реальную систему, модель поведения которой в фазовом пространстве имеет аттракторы типа - притягивающая точка и предельный цикл, после воздействия мы вернемся к исходному ее состоянию?
6. Проведите классификацию динамических систем.
7. Объясните устойчивость решений обыкновенных дифференциальных уравнений.
8. Что собой представляет спектр характеристических ляпуновских показателей.
9. Сформулируйте устойчивость периодических решений, мультипликаторы предельного цикла.
10. Изложите простейшие свойства одномерных отображений. Неподвижные точки, циклы и их мультипликаторы.
11. Как понимать уравнения для малых возмущений.
12. Охарактеризуйте сечение Пуанкаре.
13. Что собой представляет динамическая система и ее математическая модель: определение, классификация, аттракторы.
14. Бифуркации состояний равновесия, коразмерность бифуркации.
15. Бифуркация Андронова-Хопфа.

16. Классификация бифуркаций по коразмерности.
17. Бифуркации предельных циклов.
18. Бифуркации одномерных отображений.
19. Бифуркации двумерных отображений.
20. Дайте определение детерминированного хаоса.
21. Как осуществляется переход к хаосу через каскад бифуркаций удвоения периода.
22. Поясните разрушение квазипериодических колебаний и возможные сценарии перехода к хаосу
23. Что собой представляет гиперболический и негиперболический хаос.
24. Приведите классификация аттракторов. Регулярные и хаотические аттракторы динамических систем.
25. Сформулируйте постановку задачи о реконструкции динамических систем по одномерной реализации.
26. Поясните, что означают аттракторы разных типов: притягивающая точка, предельный цикл, странный аттрактор
27. Чему соответствует точка в фазовом пространстве?
28. Является ли хаотический режим детерминированным и можно ли сказать в данном случае, что порядок порождает хаос?
29. Является ли изученные Вами случаи поведения сложных систем в фазовом пространстве частным случаем поведения конкретных систем, или они дают общее представление о возможном характере поведения реальных систем?
30. Дайте определение фазового пространства, и поясните на примере сделанных Вами рисунков.
31. Чему соответствует точка в фазовом пространстве?
32. Что означает движение точки по траектории в фазовом пространстве?
33. Поясните, что означают аттракторы разных типов: притягивающая точка, предельный цикл, странный аттрактор.
34. Чем отличается странный аттрактор от других типов? Почему, не смотря на непредсказуемость состояния системы в этом случае, этот тип ее поведения назван аттрактором?
35. Является ли динамика Ферхюльста частным случаем только динамики численности популяции или отражает возможное поведение сложной реальной системы, описываемой нелинейными уравнениями?
36. Дайте определение динамического хаоса и поясните, используя результаты Вашей работы.
37. Дайте определение фракталам. Имеет ли возникающий динамический хаос структуру?
38. Является ли хаотический режим детерминированным и можно ли сказать в данном случае, что порядок порождает хаос?
39. Можно ли к таким системам применять стандартный подход:

меняя параметр следить за изменениями в системе, в расчете на то, что, как только начнутся изменения, мы всегда можем вернуться в нормальное состояние, чуть-чуть изменив этот параметр?

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Строгац, С. Нелинейные динамические системы и хаос. Применение в физике, биологии, химии и технике : учебное пособие / С. Строгац ; пер. с англ. В. С. Яценкова. – Москва : ДМК Пресс, 2024. - 582 с. – ISBN 978-5-93700-246-4. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2204264 (дата обращения: 18.05.2024)

2. Юмагулов,М.Г. Обыкновенные дифференциальные уравнения : теория и приложения.; Регулярная хаотическая динамика. М. Г.Юмагулов, Институт компьютерных исследований, Москва, Ижевск;2021;http://www.iprbookshop.ru/91969.html (Электронное издание) (дата обращения: 18.05.2024)

3. Кузнецов, С. П. Динамический хаос и гиперболические аттракторы : от математики к физике. Регулярная и хаотическая динамика. С. П. Кузнецов. Ижевский институт компьютерных исследований, Москва, Ижевск; 2022; http://www.iprbookshop.ru/28886.html (Электронное издание) (дата обращения: 18.05.2024)

Дополнительная литература

1. Градов, В.М. Компьютерное моделирование : учебник / В.М. Градов, Г.В. Овечкин, П.В. Овечкин, И.В. Рудаков. — Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2023. — 264 с. - ISBN 978-5-906818-79-9. - Текст: электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1896364 (дата обращения: 18.05.2024).

2. Астраханцева, И. А. Моделирование систем : учебное пособие / И. А. Астраханцева, С. П. Бобков. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 216 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1831624. - ISBN 978- 5-16-017220-0. - Текст: электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1831624 (дата обращения: 18.05.2024).

3. Трофимов, В. Б. Интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими объектами: учебное пособие / В. Б. Трофимов, С. М. Кулаков. - 2-е изд., испр. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 256 с. : ил., табл. - ISBN 978-5-9729-0488-4. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1167725 (дата обращения: 18.05.2024).

4. Савенкова, Н. П. Численные методы в математическом моделировании : учебное пособие / Н. П. Савенкова, О. Г. Проворова, А. Ю. Мокин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 176 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-00024-019-9. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1013459 (дата обращения: 18.05.2024).

6.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ: официальный сайт. — Алчевск. — URL: library.dstu.education. — Текст : электронный.
2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: http://ntb.bstu.ru/jirbis2/. — Текст : электронный.
3. Консультант студента : электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x. — Текст : электронный.
4. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red. — Текст : электронный.
5. IPR BOOKS : электронно-библиотечная система. — Красногорск. — URL: http://www.iprbookshop.ru/. — Текст : электронный.
6. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования http://www.fgosvo.ru/
7. Сайт Национального фонда профессиональных квалификаций (НФПК) http://univer.ntf.ru/p82aa1.html
8. Сайт Проекта 5/100 https://5top100.ru/
9. Сайт опорных университетов http://опорныйуниверситет.рф/
10. Сайты ведущих университетов РФ

7 Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Специальные помещения: *Компьютерный класс* (38 посадочных мест) Доска для написания мелом - 1шт. Компьютер ПК на базе Intel(R) Pentium(R) Gold G6405 CPU @ 4.10GHz - 13 шт. Компьютер Intel Pentium(R)-4 CPU @2.40GHz - 1 шт. Компьютер ПК на базе Intel CeleronCPU @2.40GHz - 2шт. Компьютер Intel Pentium(R) Dual-Core CPU E5200 @2.50GHz - 1 шт. Мультимедийный проектор Accer - 1 Web камера - 1шт. Колонки (комплект) - 1 шт. Рециркулятор - 1 шт. Экран для проектора S`OK CINEMA MOTOSCREEN - 1 шт.	ауд. *222* корп. *1*

Лист согласования РПД

Разработал

доц. каф. АУИТ _____ _____ Шиков Н.Н.
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой автоматизированного управления и инновационных технологий _____ Мова Е.В.
(подпись) (Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры автоматизированного управления и инновационных технологий от 09.07.2024 г.

Согласовано

Заведующий аспирантурой _____ Филатов М.А.
(подпись) (Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра _____ Коваленко О.А.
(подпись) (Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
БЫЛО:	СТАЛО:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	