

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Вишневский Дмитрий Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 17.10.2025 15:06:46
Уникальный программный ключ:
03474917c4d012283e5ad996a48a5e70bf8da057

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
И.о. проректора по учебной работе
Д.В. Мулов



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Хаотическая динамика нелинейных систем

(наименование дисциплины)

15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

(код, наименование направления)

Автоматизированное управление технологическими процессами и
производствами

(Магистерская программа)

Квалификация магистр
(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, заочная
(очная, очно-заочная, заочная)

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Цель дисциплины. Цель изучения дисциплины 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.

Дисциплина направлена на формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенции (ПК-5) выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины – Факультативные дисциплины (модули) по направлению 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств (профиль: «Автоматизированное управление технологическими процессами и производствами»).

Дисциплина реализуется кафедрой втоматизированного управления и инновационных технологий. Основывается на базе дисциплин: «Цифровые двойники», «Алгоритмизация технологических процессов», «Методы идентификации и алгоритмы обработки сигналов», «Теория автоматического управления».

Является основой по дисциплинам «Интеллектуальные системы управления», «Планирование эксперимента» и при формировании разделов ВКР.

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у студента для решения общепрофессиональных и профессиональных задач деятельности, связанных с актуализацией управленческих решения в динамических системах.

Курс является фундаментом для ориентации студентов в сфере создания динамических моделей и использования их в системах автоматизации.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 ак.ч.

Программой дисциплины предусмотрены:

– при очной форме обучения – лекционные (0 ак.ч.), практические (36 ак.ч.), лабораторные (0 ак.ч) (занятия и самостоятельная работа студента (36 ак.ч.);

– при заочной форме обучения – лекционные (0 ак.ч.), практические (10 ак.ч.), лабораторные (0 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (62 ак.ч.);

Дисциплина изучается:

– при очной форме обучения – на 2 курсе в 4семестре;

– при заочной форме обучения – на 2 курсе в 4 семестре.

Форма промежуточной аттестации – зачет

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Хаотическая динамика нелинейных систем» направлен на формирование компетенции, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен владеть теоретическими основами, методами и алгоритмами интеллектуализации решения прикладных задач при построении автоматизированных систем управления широкого назначения	ПК-5	ПК-5.1. Разбирается в алгоритмах работы механизмов нечетко-логических выводов, анализа и расчета способов построения функций принадлежности, способов адаптации и обучения с помощью нейронных сетей механизмов нечетко-логического вывода. ПК-5.3. Владеет навыками построения на основе механизмов нечетко-логического и вывода структурно-функциональных автоматизированных схем управления. ПК-5.4 Владеет навыками управления результатами научно-исследовательской деятельности и коммерциализацией прав на инновационные объекты автоматизации.

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 2 зачётные единицы, 72 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, выполнение индивидуального задания, самостоятельное изучение материала и подготовку к зачету.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак.ч.	Ак.ч. по семестрам
		3
Аудиторная работа, в том числе:	36	36
Лекции (Л)	0	0
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
Курсовая работа/курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	36	36
Подготовка к лекциям	-	-
Подготовка к лабораторным работам	-	-
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	18	18
Выполнение курсовой работы / проекта	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат (индивидуальное задание)	12	12
Домашнее задание	-	-
Подготовка к контрольной работе	4	4
Подготовка к коллоквиуму	-	-
Аналитический информационный поиск	-	-
Работа в библиотеке	-	-
Подготовка к зачету	2	2
Промежуточная аттестация – зачет(з)	3	3
Общая трудоемкость дисциплины		
ак.ч.	72	72
з.е.	2	2

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенции, приведенной в п.3 дисциплина разбита на 3 темы:

- Тема 1. (Основы динамического подхода к описанию колебательных явлений Теория устойчивости динамических систем. Линейное приближение).
- Тема 2. (Основы теории бифуркации динамических систем. Бифуркации состояний равновесия и предельных циклов. Регулярные и нерегулярные аттракторы динамических систем. Гиперболичность).
- Тема 3. (Динамический хаос Механизмы рождения хаотических режимов).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы приведены в таблице 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ 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	Основы динамического подхода к описанию колебательных явлений Теория устойчивости динамических систем. Линейное приближение		-	Решение обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)	6	-	-
				Решение систем ОДУ	6	-	-
2	Основы теории бифуркации динамических систем. Бифуркации состояний равновесия и предельных		-	Динамические нелинейные системы (ДС) ..	6	-	-

	циклов. Регулярные и нерегулярные аттракторы динамических систем. Гиперболичес- кость			Качественный анализ линейных ДС	6	-	-
3	Динамический хаос Механизмы рождения хаотических режимов		-	Качественный анализ нелинейных ДС	6	-	-
				Последователь- ность бифуркаций удвоения периода. Сценарий Фейгенбаума	6	-	-
Всего аудито- рных занятий				36		-	-

Таблица 4 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Основы динамического подхода к описанию колебательных явлений Теория устойчивости динамических систем. Линейное приближение		-	Решение обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)	10	-	-
				Динамические системы (ДС) ..			
Всего аудиторных часов				10			

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

6.1 Критерии оценивания

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

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Коди и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ПК-5	Зачет	Комплект контролирующих материалов для зачета

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

- тестовый контроль (2) или контрольная работа (2) – всего 30 баллов;
- за выполнение реферата (2) – всего 10 баллов;
- практические работы – всего 60 баллов.

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

Зачет по дисциплине проводится по результатам работы в семестре. В случае, если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время зачета студент имеет право повысить итоговую оценку в форме устного зачета по приведенным ниже вопросам (п.п. 6.4).

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

6.2 Темы для рефератов (контрольных работ) – индивидуальное задание

- 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.

6.3 Оценочные средства (тесты) для текущего контроля успеваемости и коллоквиумов

Тема 1. Основы динамического подхода к описанию колебательных явлений
Теория устойчивости динамических систем. Линейное приближение

- 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.

Тема 2. Основы теории бифуркации динамических систем. Бифуркации состояний равновесия и предельных циклов. Регулярные и нерегулярные аттракторы динамических систем. Гиперболичность

- 1) Как понимать уравнения для малых возмущений.
- 2) Охарактеризуйте сечение Пуанкаре.
- 3) Что собой представляет динамическая система и ее математическая модель: определение, классификация, аттракторы.
- 4) Бифуркации состояний равновесия, коразмерность бифуркации.
- 5) Бифуркация Андронова-Хопфа.
- 6) Классификация бифуркаций по коразмерности.
- 7) Бифуркации предельных циклов.
- 8) Бифуркации одномерных отображений.
- 9) Бифуркации двумерных отображений.

Тема 3. Динамический хаос. Механизмы рождения хаотических режимов

- 1) Дайте определение детерминированного хаоса.
- 2) Как осуществляется переход к хаосу через каскад бифуркаций удвоения периода.
- 3) Поясните разрушение квазипериодических колебаний и возможные сценарии перехода к хаосу
- 4) Что собой представляет гиперболический и негиперболический хаос.
- 5) Приведите классификация аттракторов. Регулярные и хаотические аттракторы динамических систем.
- 6) Сформулируйте постановку задачи о реконструкции динамических систем по одномерной реализации.
- 7) Поясните, что означают аттракторы разных типов: притягивающая точка, предельный цикл, странный аттрактор
- 8) Чему соответствует точка в фазовом пространстве?

- 9) Является ли хаотический режим детерминированным и можно ли сказать в данном случае, что порядок порождает хаос?

6.4 Вопросы для подготовки к зачету

- 1) Являются 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?
- 2) Дайте определение фазового пространства, и поясните на примере сделанных Вами рисунков.
- 3) Чему соответствует точка в фазовом пространстве?
- 4) Что означает движение точки по траектории в фазовом пространстве?
- 5) Поясните, что означают аттракторы разных типов: притягивающая точка, предельный цикл, странный аттрактор.
- 6) Чем отличается странный аттрактор от других типов? Почему, не смотря на непредсказуемость состояния системы в этом случае, этот тип ее поведения назван аттрактором?
- 7) Является ли динамика Ферхюльста частным случаем только динамики численности популяции или отражает возможное поведение сложной реальной системы, описываемой нелинейными уравнениями?
- 8) Дайте определение динамического хаоса и поясните, используя результаты Вашей работы.
- 9) Дайте определение фракталам. Имеет ли возникающий динамический хаос структуру?
- 10) Является ли хаотический режим детерминированным и можно ли сказать в данном случае, что порядок порождает хаос?
- 11) 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?

6.5 Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. 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).
2. 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) Печатные издания

Дополнительная литература

3. 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: 21.05.2024). — Режим доступа: по подписке.
4. 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: 13.09.2023). — Режим доступа: по подписке.

Учебно-методическое обеспечение

1. Методические указания к лабораторным и самостоятельным занятиям по дисциплине «Моделирование систем и процессов» для студентов, обучающихся по специальности 15.04.03 «Автоматизация технологических процессов и производств», профиль — «Управление и инновации в автоматизированных системах и технологических процессах» / Сост.: Шиков Н. Н., Бойко Н. З., Ткачев Р. Ю. — Алчевск: Изд-во Ладос, 2022. — 119 с. library.dstu.education. — Текст: электронный.

7.2 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. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) : официальный сайт. — Москва. — <https://www.gosnadzor.ru/>. — Текст : электронный.
- .

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Специальные помещения: <i>Лекционная аудитория. (25 посадочных мест)</i> Аудитории для проведения практических и лабораторных занятий, для самостоятельной работы: <i>компьютерный класс (учебная аудитория) для проведения лабораторных, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, организации самостоятельной работы, в том числе, научно-исследовательской, <u>оборудованная учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС</u></i> <i>Персональные компьютеры Sepron 3200, Int Celeron 420, принтер LBP2900, локальная сеть с выходом в Internet</i>	ауд. <u>212</u> корп. <u>1</u> ауд. <u>206</u> корп. <u>1</u>

Лист согласования РПД

Разработал

доц. кафедры автоматизированного управления и инновационных технологий _____

(должность)

(подпись)

Н.Н. Шиков

(Ф.И.О.)

(должность)_____
(подпись)_____
(Ф.И.О.)_____
(должность)_____
(подпись)_____
(Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой автоматизированного управления и инновационных технологий _____

(подпись)

Е.В. Мова

(Ф.И.О.)

Протокол №_1___ заседания кафедры автоматизированного управления и инновационных технологий _____

от 09.07.2024г.

Согласовано

Председатель методической комиссии по направлению подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

(подпись)

Е.В. Мова

(Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра _____

О.А. Коваленко

Лист изменений и дополнений

Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	