

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова»

Кафедра цифровых технологий и машинного обучения

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

И.С. Огнев
(подпись)

«23» мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины
«Исследование нелинейной динамики, хаотических явлений и самоорганизации в
радиофизических системах»

программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
по научной специальности
1.3.4 «Радиофизика»

Форма обучения очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от «17» апреля 2023 года, протокол № 8

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются:

- изучение основ теории колебаний электронных систем дискретного времени;
- изучение основных понятий и идей, связанных с информационными свойствами динамического хаоса.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина является дисциплиной по выбору.

3. Планируемые результаты освоения дисциплины:

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- математический аппарат для описания динамических процессов в электронных системах дискретного времени, теоретические основы физики колебаний в цифровых системах;
- основы современных информационных технологий, программные средства, базы данных, способы компьютерного моделирования хаотических процессов в цифровых системах, ресурсы Интернет; сущность и значение информации в развитии современного информационного общества;
- теоретические и экспериментальные методы оценки характеристик хаотических процессов в цифровых системах.

Уметь:

- пользоваться основными методами описания динамических процессов в электронных системах дискретного времени, методами расчета динамических режимов;
- использовать компьютер для моделирования динамических процессов в системах дискретного времени, проводить расчет характеристик динамических процессов в цифровых системах, собирать, обобщать и интерпретировать с использованием современных информационных технологий информацию, необходимую для формирования суждений по научным проблемам.

Владеть:

- теоретическими и экспериментальными методами исследования динамических процессов в цифровых системах, навыками работы с современным экспериментальным оборудованием, методами обработки данных;
- компьютером на уровне опытного пользователя, навыками работы с пакетами прикладных программ и в компьютерных сетях.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 акад. часов

Дисциплина изучается в течение второго семестра. Формой итоговой промежуточной аттестации по дисциплине является зачет.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий и их трудоемкость (в академических часах)					Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			лекции	практические	лабораторные	консультации	самостоятельная работа	
1	Основы теории одномерных точечных отображений	2	1	1			13	Устный опрос
2	Динамика линейного цифрового осциллятора	2	2	1			13	Устный опрос
3	Колебания в линейной и нелинейной системе 2-го порядка	2	1	1		1	13	Коллоквиум 1
4	Свободные колебания в цифровой рекурсивной системе 1-го порядка	2	1	1			13	Устный опрос
5	Вынужденных колебаний в нелинейных системах 1-го и 2-го порядков	2	1	1			14	Коллоквиум 2
6	Динамический хаос, как носитель при передаче информации	2	1			1	13	Устный опрос
7	Хаотическая синхронизация. Разделение хаотических сигналов	2	1	1			13	Зачет
	Всего		8	6		2	92	

Содержание разделов дисциплины:

Тема 1. Основы теории одномерных точечных отображений

Устойчивость состояния равновесия. Устойчивость периодических движений. Нейтральная устойчивость. Суперустойчивость. Полуустойчивость. Орбитная устойчивость. Сущность метода точечных отображений. Функция последования. Диаграмма Ламерея. Простые и кратные неподвижные точки. Теоремы Кенигса для простой неподвижной точки и кратного цикла.

Тема 2. Динамика линейного цифрового осциллятора

Вынужденные колебания в линейной системе 1-го порядка при гармоническом воздействии. Вынужденные колебания в нелинейной системе 1-го порядка при гармоническом воздействии: методика анализа, спектральные характеристики реакции, нелинейные искажения гармонического сигнала, избирательные свойства нелинейной системы.

Тема 3. Колебания в линейной и нелинейной системе 2-го порядка

Уравнения свободных колебаний в линейной системе 2-го порядка и их решения в общем виде. Характеристическое уравнение и его корни. Бифуркационная диаграмма состояний равновесия линейной системы второго порядка. Свободные колебания в линейной системе

2-го порядка, когда корни характеристического уравнения комплексно сопряженные, с модулем, равным 1. Область параметров. Тип состояния равновесия. Траектория движения. Вынужденные колебания в линейной системе 2-го порядка при гармоническом воздействии. Уравнения свободных колебаний в системе 2-го порядка с нелинейностью насыщения, пилообразной нелинейностью. Методика анализа процессов: разбиение характеристики сумматора, разбиение плоскости состояний, уравнения границ областей. Колебания в автономной системе 2-го порядка с нелинейностью насыщения. Бифуркационная диаграмма периодов колебаний. Автономная система 2-го порядка с пилообразной нелинейностью: Уравнения движения в областях I, II, III. Движения с периодами $T=\{1; 2; 3\}$ (координаты инвариантных точек, область параметров). Вынужденные колебания в нелинейной системе 2-го порядка при гармоническом воздействии: методика анализа, спектральные характеристики реакции, нелинейные искажения гармонического сигнала, избирательные свойства нелинейной системы.

Тема 4. Свободные колебания в цифровой рекурсивной системе 1-го порядка

Методика анализа свободных колебаний и колебаний при постоянном входном воздействии в системах 1-го порядка с учетом эффектов квантования при использовании целочисленной арифметики с фиксированной запятой. Свободные колебания в цифровой рекурсивной системе 1-го порядка, использующей целочисленную арифметику с прямым кодом и округлением результатов сложения, с учетом эффектов квантования. Колебания при постоянном входном воздействии в цифровой рекурсивной системе 1-го порядка, использующей целочисленную арифметику с прямым кодом и округлением результатов сложения, с учетом эффектов квантования.

Тема 5. Вынужденных колебаний в нелинейных системах 1-го и 2-го порядков

Метод расчета и анализа вынужденных колебаний в нелинейных системах 1-го и 2-го порядков при гармоническом воздействии с учетом эффектов квантования. Спектральные характеристики реакции. Нелинейные искажения гармонического сигнала. Избирательные свойства нелинейной системы. Вынужденные колебания в нелинейной системе 1-го порядка при гармоническом воздействии с учетом эффектов квантования: метод расчета, спектральные характеристики реакции, нелинейные искажения гармонического сигнала, избирательные свойства нелинейной системы. Вынужденные колебания в нелинейной системе 2-го порядка при гармоническом воздействии с учетом эффектов квантования: метод расчета, спектральные характеристики реакции, нелинейные искажения гармонического сигнала, избирательные свойства нелинейной системы.

Тема 6. Динамический хаос, как носитель при передаче информации

Параметры порядка и возможность конечномерного описания сложных объектов. Потенциальные достоинства динамического хаоса, как носителя при передаче информации. Свойства динамического хаоса, вытекающие из классической теории связи. Производство информации в системах с хаосом. Символьная динамика и информация.

Тема 7. Хаотическая синхронизация. Разделение хаотических сигналов

Хаотическая синхронизация. Хаотическая синхронизация двумерных динамических систем. Информационный подход. Разделение хаотических сигналов.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Аспиранты знакомятся с

назначением и задачами дисциплины, ее ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор дисциплины, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков, а также получению кратких теоретических сведений. Задействованы: решение задач; коллективная мыслительная деятельность, в т.ч. мозговой штурм; анализ конкретных ситуаций; выступления с презентацией доклада.

Консультация – занятие, посвященное консультациям по организации самостоятельной работы, ответам на вопросы студентов или разбору трудных тем.

В процессе обучения используются:

- графические, аудио- и видеоматериалы;
- мультимедийная презентация;
- проведение электронных презентаций рефератов по дисциплине;
- для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ: Автоматизированная библиотечная информационная система «БУКИ-NEXT» (АБИС «Буки-Next»).

Учебно-методическое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав:

а) Профессиональные базы данных:

1. Портал научной электронной библиотеки - <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Федеральная университетская компьютерная сеть России - <http://www.runnet.ru/>

б) Информационные справочные правовые системы:

3. СПС «Консультант-плюс» - <http://www.consultant.ru/>
4. СПС «Гарант» - <http://www.garant.ru/>

6. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Брюханов Ю. А. Динамика цифровых колебательных систем: учеб. пособие для вузов. / Ю. А. Брюханов; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова - 2-е изд., перераб. и доп. - Ярославль: Б.и., 2005. - 152 с. Электронный вариант: <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20050704.pdf>

б) дополнительная литература

1. Горяченко В. Д. Элементы теории колебаний: Учебное пособие для вузов. / В. Д. Горяченко; Мин-во образования РФ - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш.шк., 2001. - 395с.
2. Биркган С. Е. Разностные уравнения: учеб. пособие. / С. Е. Биркган, Ю. А. Брюханов; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова - Ярославль: ЯрГУ, 1994. - 62 с.

3. Бутенин Н. В. Введение в теорию нелинейных колебаний: учеб. пособие для вузов. / Н. В. Бутенин, Ю. И. Неймарк, Н. А. Фуфаев; М-во высш. и сред. спец. образования СССР - М.: Наука, 1976. - 384 с.
4. Дмитриев А. С. Прикладной динамический хаос: курс лекций. Ч. 1. / А. С. Дмитриев - Ярославль: ЯрГУ, 1999. - 86 с.
5. Дмитриев А. С. Прикладной динамический хаос: курс лекций. Ч. 2. / А. С. Дмитриев; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова - Ярославль: ЯрГУ, 2000. - 101 с.

в) ресурсы сети «Интернет»:

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ
(http://www.lib.uni Yar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).

7. Материально-техническая база и учебно-методическое обеспечение, необходимые для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, хранящиеся на электронных носителях и обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочим программам дисциплин.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Автор:

Доцент, к.т.н.

В.В. Хрящев

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Исследование нелинейной динамики, хаотических явлений
и самоорганизации в радиофизических системах»**

**Оценочные материалы
для проведения текущей и/или промежуточной аттестации аспирантов
по дисциплине**

**1. Контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

Коллоквиум

Для проведения 1-го коллоквиума по темам № 1–3 предлагается воспользоваться приведенным выше списком вопросов к зачету (вопросы 1–14).

Для проведения 2-го коллоквиума по темам № 4–5 предлагается воспользоваться приведенным выше списком вопросов к зачету (вопросы 15–19).

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов к зачету

1. Устойчивость состояния равновесия. Устойчивость периодических движений. Нейтральная устойчивость. Суперустойчивость. Полуустойчивость. Орбитная устойчивость.
2. Сущность метода точечных отображений. Функция последования. Диаграмма Ламерея. Простые и кратные неподвижные точки.
3. Теоремы Кенигса для простой неподвижной точки и кратного цикла.
4. Вынужденные колебания в линейной системе 1-го порядка при гармоническом воздействии.
5. Вынужденные колебания в нелинейной системе 1-го порядка при гармоническом воздействии: методика анализа, спектральные характеристики реакции, нелинейные искажения гармонического сигнала, избирательные свойства нелинейной системы.
6. Уравнения свободных колебаний в линейной системе 2-го порядка и их решения в общем виде. Характеристическое уравнение и его корни.
7. Бифуркационная диаграмма состояний равновесия линейной системы второго порядка.
8. Свободные колебания в линейной системе 2-го порядка, когда корни характеристического уравнения комплексно сопряженные, с модулем, равным 1. Область параметров. Тип состояния равновесия. Траектория движения.
9. Вынужденные колебания в линейной системе 2-го порядка при гармоническом воздействии.
10. Уравнения свободных колебаний в системе 2-го порядка с нелинейностью насыщения, пилообразной нелинейностью. Методика анализа процессов: разбиение характеристики сумматора, разбиение плоскости состояний, уравнения границ областей.
11. Колебания в автономной системе 2-го порядка с нелинейностью насыщения. Бифуркационная диаграмма периодов колебаний.
12. Автономная система 2-го порядка с пилообразной нелинейностью: Уравнения движения в областях I, II, III. Движения с периодами $T=\{1; 2; 3\}$ (координаты инвариантных точек, область параметров).

13. Вынужденные колебания в нелинейной системе 2-го порядка при гармоническом воздействии: методика анализа, спектральные характеристики реакции, нелинейные искажения гармонического сигнала, избирательные свойства нелинейной системы.
14. Методика анализа свободных колебаний и колебаний при постоянном входном воздействии в системах 1-го порядка с учетом эффектов квантования при использовании целочисленной арифметики с фиксированной запятой.
15. Свободные колебания в цифровой рекурсивной системе 1-го порядка, использующей целочисленную арифметику с прямым кодом и округлением результатов сложения, с учетом эффектов квантования.
16. Колебания при постоянном входном воздействии в цифровой рекурсивной системе 1-го порядка, использующей целочисленную арифметику с прямым кодом и округлением результатов сложения, с учетом эффектов квантования.
17. Метод расчета и анализа вынужденных колебаний в нелинейных системах 1-го и 2-го порядков при гармоническом воздействии с учетом эффектов квантования. Спектральные характеристики реакции. Нелинейные искажения гармонического сигнала. Избирательные свойства нелинейной системы.
18. Вынужденные колебания в нелинейной системе 1-го порядка при гармоническом воздействии с учетом эффектов квантования: метод расчета, спектральные характеристики реакции, нелинейные искажения гармонического сигнала, избирательные свойства нелинейной системы.
19. Вынужденные колебания в нелинейной системе 2-го порядка при гармоническом воздействии с учетом эффектов квантования: метод расчета, спектральные характеристики реакции, нелинейные искажения гармонического сигнала, избирательные свойства нелинейной системы.
20. Параметры порядка и возможность конечномерного описания сложных объектов.
21. Потенциальные достоинства динамического хаоса, как носителя при передаче информации.
22. Свойства динамического хаоса, вытекающие из классической теории связи.
23. Производство информации в системах с хаосом.
24. Символьная динамика и информация.
25. Хаотическая синхронизация.
26. Хаотическая синхронизация двумерных динамических систем. Информационный подход.
27. Разделение хаотических сигналов.

3. Критерии выставления оценки

По окончании освоения дисциплины аспиранту выставляется одна из оценок: «зачтено», «незачтено».

Оценка «зачтено» выставляется аспиранту, если ответ на вопрос в ходе зачёта соответствует минимум пороговому уровню (см. таблицу критериев оценивания ответов на вопросы).

Если же ответы на вопросы имеют уровень ниже порогового, выставляется оценка «незачтено».

Критерии оценивания ответов на вопросы билета

Критерий	Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (<i>не относящееся к вопросу не подлежит проверке</i>)	Полное	Полное

Критерий	Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
Полнота ответа	Вопрос билета раскрыт на 50 и более %	Ответ почти полный, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей	Ответ полный и без ошибок
Наличие примеров	Имеются отдельные примеры	Много примеров	Есть практически ко всем утверждениям
Рисунки (если требуются)	Имеются	Корректные	Корректные