

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

Качественно-численные методы исследования
нелинейных динамических систем

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.03.03 Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Фундаментальная радиофизика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина <i>Б1.В.ДВ.01.02</i> , Качественно-численные методы исследования нелинейных динамических систем относится к части ООП направления подготовки <i>03.03.03 Радиофизика</i> , формируемой участниками образовательных отношений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-1. Способен анализировать текущую научную и научно-техническую литературу в области физики и радиофизики.	ПК-1.1. Применяет основные методы анализа текущей научной и научно-технической литературы в области физики и радиофизики. ПК-1.2. Анализирует текущую научную и научно-техническую литературу в области физики и радиофизики.	Знать методы и подходы решения задач изучения нелинейных динамических систем на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности. Владеть аппаратом теории нелинейных колебаний на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	<i>Собеседование</i>
	ПК-1.1. Применяет основные методы анализа текущей	Уметь применять методы изучения нелинейных динамических систем на	<i>Задача</i>

	<p>научной и научно-технической литературы в области физики и радиофизики. ПК-1.2. Анализирует текущую научную и научно-техническую литературу в области физики и радиофизики.</p>	<p>основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.</p>	
<p>ПК-2. Способен осваивать и применять новейшие методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.</p>	<p>ПК-2.1. Обладает базовыми знаниями, необходимыми для освоения новейших методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики. ПК-2.2. Осваивает и применяет новейшие методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.</p>	<p>Знать методы радиофизических измерений, использующих знания теории нелинейных колебаний Уметь применять методы радиофизических измерений для анализа нелинейных колебательных процессов.</p>	<p><i>Собеседование</i></p>
	<p>ПК-2.1. Обладает базовыми знаниями, необходимыми для освоения новейших методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики. ПК-2.2. Осваивает и применяет новейшие методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.</p>	<p>Владеть методами радиофизических измерений нелинейных колебательных процессов.</p>	<p><i>Задача</i></p>

	области радиофизики.		
--	-------------------------	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа): - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
самостоятельная работа	39
КСР	1
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)		В том числе							
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы	
			Занятия лекционного типа		Занятия семинарског типа		Занятия лабораторного типа		Всего	
	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная

Исследование состояний равновесия многомерных нелинейных динамических систем и их бифуркаций.	12				6				6		6	
Исследования нелинейных динамических моделей путем построения проекций фазовых траекторий и временных реализаций.	9				4				4		5	
Исследования нелинейных динамических моделей методом отображения Пуанкаре	8				4				4		4	
Исследование периодических движения многомерных динамических систем и их бифуркации.	10				4				4		6	
Исследование гомоклинических и гетероклинических бифуркаций динамических систем	9				4				4		5	
Странные аттракторы и способы их исследования	9				4				4		5	
Динамика конкретных динамических систем	14				6				6		8	

В т.ч.текущий контроль	2				2							
Промежуточная аттестация - Зачет												

Содержание разделов дисциплины

Раздел I. Состояния равновесия многомерных нелинейных динамических систем и их бифуркации. Практические алгоритмы изучения состояний равновесия: поиск координат состояний равновесия, определение их типа, вычисление бифуркационных значений параметров и построение бифуркационных кривых, алгоритмы вычисления первой ляпуновской величины функционального модуля «Состояния равновесия» программного комплекса ДНС (Динамика Нелинейных Систем).

Раздел II. Исследования нелинейных динамических моделей путем построения проекций фазовых траекторий и временных реализаций. Численные методы интегрирования систем ОДУ (одношаговые, многошаговые, жестких и стохастических систем), основные принципы построения программ численного интегрирования. Особенности представления фазовых траекторий динамических систем с цилиндрическим и тороидальным фазовыми пространствами. Технология исследования нелинейных динамических моделей путем численного построения проекций фазовых траекторий и временных реализаций. Структура, функциональные возможности и правила работы функционального модуля «Фазовые портреты» программного комплекса ДНС.

Раздел III. Метод отображений Пуанкаре, его роль при изучении непрерывных динамических систем. Алгоритмы численного построения отображения Пуанкаре, особенности построения для систем с циклическими координатами. Технология исследования динамических систем путем численного построения отображения Пуанкаре. Структура, функциональные возможности и правила работы функциональных модулей «Точечные отображения» и «Бифуркационные диаграммы отображения Пуанкаре» программного комплекса ДНС.

Раздел IV. Периодические движения многомерных динамических систем и их бифуркации. Практические алгоритмы изучения периодических движений: алгоритмы поиска периодических движений (методы простой итерации, секущих, Ньютона, сеток) и определения их типа (вычисление мультипликаторов), принципы построения бифуркационных кривых. Технология изучения периодических движений динамических систем с помощью функциональных модулей «Периодические движения» и «Бифуркационные кривые периодических движений» программного комплекса ДНС.

Раздел V. Гомоклинические и гетероклинические бифуркации динамических систем. Структура фазового и параметрического пространства в окрестности бифуркационных кривых, соответствующих гомоклиническим и гетероклиническим траекториям. Алгоритм построения бифуркационных кривых, соответствующих совпадению сепаратрис седловых состояний равновесия многомерных динамических систем. Структура, функциональные возможности и правила работы функционального модуля «Сепаратрисные связки» программного комплекса ДНС.

Раздел VI. Практические занятия по применению информационных технологий, базирующихся на методах теории нелинейных колебаний.

Текущий контроль успеваемости проходит в рамках занятий практического типа. Итоговый контроль осуществляется на зачете.

Практические занятия организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий в форме практической подготовки отводится 4 часа.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения аудиторных занятий и в конце курса при проведении зачета по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
Знания Знать методы и подходы решения задач изучения нелинейных динамических систем на основе информационных технологий	Отсутствие знаний материала	Наличие грубых ошибок в основном материале	Знание основного материала с рядом негрубых ошибок	Знание основного материала с рядом заметных погрешностей	Знание основного материала с незначительными погрешностями	Знание основного материала без ошибок и погрешностей	Знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей
Умения Уметь применять методы изучения нелинейных динамических систем	Отсутствует способность решения стандартных задач	Наличие грубых ошибок при решении стандартных задач	Способность решения основных стандартных задач с существенными ошибками	Способность решения всех стандартных задач с незначительными погрешностями	Способность решения всех стандартных задач без ошибок	Способность решения стандартных и некоторых нестандартных	Способность решения стандартных задач и широкого круга нестандартных

систем на основе информационных технологий				стями	и погрешностей	задач	артных задач
Навыки Владеть аппаратом теории нелинейных колебаний с использованием информационных технологий	Полное отсутствие навыка	Отсутствие навыка	Владение навыком в минимальном объеме	Посредственное владение навыком	Достаточное владение навыком	Хорошее владение навыком	Всестороннее владение навыком
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20–50%	50 – 70 %	70-80 %	80 –90%	90– 99%	100%

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Зачтено	Обучающийся после подготовки с использованием конспекта лекций может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, знает основные понятия и определения из материала дисциплины, может решить задачу из практических контрольных занятий.
Не зачтено	Студент после подготовки с использованием конспекта лекций не может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, либо не знает основные понятия и определения из материала дисциплины, не может решить задачу из практических контрольных занятий.

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Контрольные вопросы

№	Вопрос	компетенция
1.	Классификация состояний равновесия многомерных	<i>ПК-1</i>

	нелинейных динамических систем	
2.	Бифуркации состояний равновесия многомерных нелинейных динамических систем	ПК-1
3.	Классификация периодических решений многомерных нелинейных динамических систем	ПК-1
4.	Бифуркации периодических решений многомерных нелинейных динамических систем	ПК-1
5.	Технология исследования нелинейных динамических моделей путем численного построения проекций фазовых траекторий и временных реализаций.	ПК-1
6.	Практические алгоритмы изучения состояний равновесия.	ПК-2
7.	Структура, функциональные возможности и правила работы программного комплекса функционального модуля «Состояния равновесия» программного комплекса ДНС	ПК-2
8.	Структура, функциональные возможности и правила работы функционального модуля «Фазовые портреты» программного комплекса ДНС.	ПК-2
9.	Алгоритмы численного построения отображения Пуанкаре, особенности построения для систем с циклическими координатами	ПК-2
10.	Структура, функциональные возможности и правила работы функциональных модулей «Ляпуновские характеристические показатели» и «Спектры и автокорреляционные функции» программного комплекса ДНС.	ПК-2

5.2.2. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ПК-1, ПК-2

№	задание	компетенция
1.	Найти и определить тип состояния равновесия модели третьего порядка	ПК-1
2.	Построить отображение Пуанкаре хаотического аттрактора	ПК-1
3.	Измерить период и амплитуду периодических предельного цикла 2-го рода	ПК-2
4.	Вычислить мультипликаторы предельного цикла	ПК-1
5.	Продемонстрировать бифуркацию удвоения периода периодического решения	ПК-2
6.	Построить фазовый портрет модели второго порядка	ПК-2
7.	Вычислить характеристики хаотического аттрактора	ПК-1

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Матросов В.В. Моделирование нейроподобных элементов и сетей на базе фазоуправляемых генераторов. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский университет, 2011.
<http://www.unn.ru/e-library/methodmaterial.html?pscience=7>

2. Матросов В.В., Шалфеев В.Д., Динамический хаос в фазовых системах: Учебное пособие. Издание второе, дополненное. Нижний Новгород. Издательство Нижегородский университет 2009.

б) дополнительная литература:

3. Пономаренко В. П., Матросов В. В. - Моделирование динамических процессов в автогенераторных системах с частотным управлением: учеб. пособие. - Н. Новгород: ННГУ, 1997. - 114 с.
4. Неймарк Ю. И. - Метод точечных отображений в теории нелинейных колебаний. - М.: Наука, 1972. - 471 с. – 51 экз.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория для практических занятий в группе

Компьютерный класс

Комплексы программ для ЭВМ:

Программный комплекс «Динамика нелинейных систем»

Программа ЭВМ для построения фазовых портретов и осциллограмм многомерных нелинейных динамических систем с непрерывным временем

Программа ЭВМ для построения проекций отображения Пуанкаре многомерных нелинейных динамических систем с непрерывным временем

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 7 августа 2020 г. N 912.

Автор Матросов В.В.

Заведующий кафедрой Матросов В.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета/института

от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.