

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 / институт / филиал)

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

Рабочая программа дисциплины (модуля)

**Спецлаборатория – моделирование динамики
нелинейных систем**

(наименование дисциплины (модуля))

**Уровень высшего образования
бакалавриат**

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

**Направление подготовки
03.03.03 «Радиофизика»**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

**Направленность образовательной программы
«Радиофизика и электроника»**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

**Квалификация (степень)
бакалавр**

(бакалавр / магистр / специалист)

**Форма обучения
очная**

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Спецлаборатория – моделирование динамики нелинейных систем» относится к дисциплинам по выбору (блок Б1.В.ДВ4) основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) высшего образования по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика» на радиофизическом факультете ННГУ, изучается в 8-м семестре. Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

Целями освоения дисциплины являются:

Дисциплина обеспечивает приобретение знаний и умений исследования динамики нелинейных систем, содействует формированию мировоззрения и системного мышления. Цель преподавания дисциплины состоит в ознакомлении студентов с современными методами компьютерного анализа нелинейной динамики многомерных динамических систем, базирующихся на качественных методах теории нелинейных колебаний и теории бифуркаций.

Задачи дисциплины:

- ознакомить с системным подходом исследования нелинейных систем, основанных на методах качественной теории динамических систем и теории бифуркаций;
- дать основные сведения об алгоритмах и способах проведения вычислительного эксперимента при изучении нелинейной динамики многомерных систем;
- выработать навыки по созданию и использованию математических моделей для решения задач анализа и оптимизации нелинейных систем.
- Дать представления о разнообразии и сложности поведения нелинейных систем.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотношенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников) ПК-1, ПК-2, ПК-3

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 осваивать принципы работы и методы эксплуатации современной и перспективной радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры	ПК-1.1. Применяет теоретические основы создания и принципы функционирования радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры ПК-1.2. Осваивает новые технологии радиоэлектронной,	Знать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной аппаратуры и оборудования. Уметь	Задача, собеседование

	оптической и акустической аппаратуры, используя специальную, научную и учебную литературу	применять современную радиоэлектронную аппаратуру и оборудование. Владеть методами эксплуатации современной радиоэлектронной аппаратуры и оборудования.	
ПК-2. Способен осваивать и применять современные и перспективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики	<p>ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов.</p> <p>ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи.</p> <p>ПК-2.3. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации в ходе планирования, подготовки, проведения НИР в области радиофизики.</p>	Знать методы радиофизических измерений. Уметь применять методы радиофизических измерений при анализе динамических процессов нелинейных систем. Владеть методами радиофизических измерений при анализе динамических процессов нелинейных систем	Задача, собеседование
ПК-3. Способен обрабатывать, оформлять и представлять результаты исследований и разработок в области радиофизики	<p>ПК-3.1 Обрабатывает результаты радиофизических исследований</p> <p>ПК-3.2 Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу.</p>	Знать информационные технологии, базирующиеся на современных методах качественной теории нелинейных колебаний и теории бифуркаций. Уметь применять информационные	Задача, собеседование

		е техноло-гии, базирующиеся на методах качественной теории не-линейных колебаний и теории бифуркаций для анализа физических явлений и процессов. Владеть информационны ми технологиями, базирующиеся на современных методах качественной теории нелинейных колебаний и теории бифуркаций.	
--	--	---	--

3. Структура и содержание дисциплины «Спецлаборатория - моделирование динамики нелинейных систем»

Объем дисциплины составляет **2** зачетные единицы, всего **72** часа, из которых **23** часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (**22** часа занятия практического типа, 1 час зачет), **49** часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины

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

	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная
Компьютерное исследование модели генератора Чуа.	44				14						14		30	
Экспериментальное исследование колебаний генератора Чуа.	12				2						2		10	
Моделирование динамики и расчет динамических характеристик системы ФАП с пропорционально-интегрирующим фильтром	15				6						6		9	
В т.ч. текущий контроль	2				2									
Промежуточная аттестация - Зачет														

4. Образовательные технологии

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме практических занятий.

Образовательные технологии, способствующие формированию компетенций используемые на занятиях практического типа:

- семинары с обсуждением учебного материала теоретического характера;
- практические занятия с использованием информационных технологий;
- практические занятия с использованием физических установок;
- регламентированная самостоятельная деятельность студентов;
- решение проблемных ситуаций для реализации технологии коллективной мыслительной деятельности.

5. 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.

Список вопросов для самостоятельной работы:

1. Система ЧУА: структурные схемы, математическая модель, динамические режимы.
2. Системы ФАП: структурные схемы, принцип работы, математические модели, динамические режимы.
3. Классификация состояний равновесия многомерных нелинейных динамических систем и их бифуркации.
4. Практические алгоритмы изучения состояний равновесия.
5. Структура, функциональные возможности и правила работы программного функционального модуля «Состояния равновесия» программного комплекса ДНС (Динамика Нелинейных Систем).
6. Исследования нелинейных динамических моделей путем построения проекций фазовых траекторий и временных реализаций.
7. Особенности представления фазовых траекторий динамических систем с цилиндрическим и тороидальным фазовыми пространствами.
8. Технология исследования нелинейных динамических моделей путем численного построения проекций фазовых траекторий и временных реализаций.
9. Структура, функциональные возможности и правила работы функционального модуля «Фазовые портреты» программного комплекса ДНС.
10. Метод отображений Пуанкаре, его роль при изучении непрерывных динамических систем.
11. Алгоритмы численного построения отображения Пуанкаре, особенности построения для систем с циклическими координатами.
12. Технология исследования динамических систем путем численного построения отображения Пуанкаре.
13. Структура, функциональные возможности и правила работы функциональных модулей «Точечные отображения» и «Бифуркационные диаграммы отображения Пуанкаре» программного комплекса ДНС.
14. Периодические движения многомерных динамических систем и их бифуркации.
15. Практические алгоритмы изучения периодических движений: алгоритмы поиска периодических движений и определения их типа, принципы построения бифуркационных кривых.
16. Технология изучения периодических движений динамических систем с помощью функциональных модулей «Периодические движения» и «Бифуркационные кривые периодических движений» программного комплекса ДНС.
17. Гомоклинические и гетероклинические бифуркации динамических систем.
18. Структура фазового и параметрического пространства в окрестности бифуркационных кривых, соответствующих гомоклиническому и гетероклиническому траекториям.
19. Алгоритм построения бифуркационных кривых, соответствующих совпадению сепаратрис седловых состояний равновесия многомерных динамических систем.
20. Структура, функциональные возможности и правила работы функционального модуля «Сепаратрисные связи» программного комплекса ДНС.
21. Хаотическое поведение. Способы идентификации хаотического поведения в эксперименте.
22. Странные аттракторы. Способы и алгоритмы идентификации странных аттракторов в численном эксперименте.
23. Бифуркационные механизмы перехода к хаосу и метод идентификации их в численном эксперименте.

24. Методы и подходы выделения областей параметров, соответствующих хаотическому поведению динамической системы.
25. Структура, функциональные возможности и правила работы функциональных модулей «Ляпуновские характеристические показатели» и «Спектры и автокорреляционные функции» программного комплекса ДНС.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, навыков), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

ПК-1:

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
Знать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной аппаратуры и оборудования.	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
Уметь применять современную радиоэлектронную аппаратуру и оборудование.	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 и погрешностей	Способность решения стандартных и некоторых нестандартных задач	Способность решения стандартных задач и широкого круга нестандартных задач
Владеть	Полное	Отсут-	Владение	Посред-	Доста-	Хоро-	Всесто-

методами эксплуатации современной радиоэлектронной аппаратуры и оборудования.	отсутствие навыка	стствие навыка	навыком в минимальном объеме	ственное владение навыком	точное владение навыком	шее владение навыком	роннее владение навыком
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20–50%	50 – 70 %	70-80 %	80 –90%	90– 99%	100%

ПК-2:

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
Знать методы радиофизических измерений.	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
Уметь применять методы радиофизических измерений при анализе	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 по-	Способность решения всех стандартных задач без ошибок	Способность решения стандартных и некоторых нестандартных	Способность решения стандартных задач и широ-

динами- ческих процес- сов нели- нейных систем				грешно- стями	и по- грешно- стей	задач	кого круга нестан- дартных задач
Владеть методами радиофи- зических измере- ний при анализе динами- ческих процес- сов нели- нейных систем	Полное отсутст- вие навы- ка	Отсут- ствие навыка	Владение навыком в мини- мальном объёме	Посред- ственное владение навыком	Доста- точное владение на- выком	Хоро- шее владение на- выком	Всесто- роннее владение на- выком
Шкала оценок по про- центу правиль- но вы- полнен- ных кон- трольных заданий	0 – 20 %	20–50%	50 – 70 %	70-80 %	80 –90%	90– 99%	100%

ПК-3:

Индика- торы компе- тенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«не- удовле- творитель- но»	«удовле- творитель- но»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлич- но»	«пре- восход- но»
Знать инфор- мацион- ные тех- нологии, бази- рующие- ся на со- времен- ных ме- тодах ка- чествен- ной тео- рии не-	Отсутст- вие зна- ний мате- риала	Наличие грубых ошибок в основ- ном ма- териале	Знание основного материала с рядом негрубых ошибок	Знание основного материала с ря- дом за- метных погреш- ностей	Знание основ- ного ма- териала с незна- читель- ными погреш- ностями	Знание основ- ного ма- териала без ошибок и по- грешно- стей	Знание основ- ного и до- полнитель- ного ма- териала без ошибок и по- грешно- стей

линейных колебаний и теории бифуркаций.							
Уметь применять информационные технологии, базирующиеся на методах качественной теории нелинейных колебаний и теории бифуркаций для анализа физических явлений и процессов.	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 и погрешностей	Способность решения стандартных и некоторых нестандартных задач	Способность решения стандартных задач и широкого круга нестандартных задач
Владеть информационными технологиями, базирующиеся на современных методах качественной теории нелинейных колебаний и теории бифуркаций	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%
--	----------	--------	-----------	---------	---------	---------	------

6.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде зачета, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Зачет проводится в устной форме и заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой), либо решение задач и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ.

Критерии оценок.

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.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих сформированность компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- устные и письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и навыков используются следующие процедуры и технологии:

- практические контрольные задания (лабораторные работы)

Для проведения итогового контроля сформированности компетенции используются: устный опрос, решение практических задач.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции

Примеры вопросов к зачету для оценки форсированности компетенций ПК-1, ПК-2, ПК-3

№	Вопрос	компетенция
1.	<u>Система ЧУА: структурные схемы, математическая модель, динамические режимы.</u>	ПК-1
2.	<u>Системы ФАП: назначение, принцип работы, структурная схема, элементы структурной схемы, динамические режимы и характеристики.</u>	ПК-1
3.	<u>Назначение, принципы работы и методы эксплуатации осциллографа</u>	ПК-1
4.	<u>Назначение, принципы работы и методы эксплуатации спектроанализатора</u>	ПК-1
5.	<u>Назначение и возможности осциллографа при анализе динамических процессов нелинейных электрических цепей</u>	ПК-2
6.	<u>Назначение и возможности спектроанализатора при анализе динамических процессов нелинейных электрических цепей</u>	ПК-2
7.	<u>Технология исследования нелинейных динамических моделей путем численного построения проекций фазовых траекторий и временных реализаций.</u>	ПК-3
8.	<u>Практические алгоритмы изучения состояний равновесия.</u>	ПК-3
9.	<u>Структура, функциональные возможности и правила работы программного комплекса функционального модуля «Состояния равновесия» программного комплекса ДНС</u>	ПК-3
10.	<u>Структура, функциональные возможности и правила работы функционального модуля «Фазовые портреты» программного комплекса ДНС.</u>	ПК-3
11.	<u>Алгоритмы численного построения отображения Пуанкаре, особенности построения для систем с циклическими координатами</u>	ПК-3
12.	<u>Структура, функциональные возможности и правила работы функциональных модулей «Ляпуновские характеристические показатели» и «Спектры и автокорреляционные функции» программного комплекса ДНС.</u>	ПК-3

Типовые задачи для оценивания сформированности умений и навыков по компетенциям ПК-1, ПК-2, ПК-3

№	задание	компетенция
1.	Получить математическую модель система Чуа	ПК-1
2.	Получить общие уравнения системы ФАП	ПК-1
3.	Составить математическую модель системы ФАП с различными типами фильтров в цепи управления	ПК-1
4.	Настроить осциллограф на анализ динамических процессов генератора Чуа	ПК-2
5.	Построить фазовые портреты динамических процессов гене-	ПК-2

	ратора Чуа	
6.	Построить осциллограммы динамических процессов генератора Чуа	ПК-2
7.	Найти стационарные состояния генератора Чуа, рассчитать условия их устойчивости	ПК-3
8.	Определить период и амплитуду периодических колебаний	ПК-3
9.	Вычислить мультипликаторы предельного цикла	ПК-3
10.	Продемонстрировать бифуркацию удвоения периода периодического решения	ПК-3
11.	Построить фазовый портрет модели второго порядка	ПК-3
12.	Вычислить характеристики хаотического аттрактора	ПК-3

Лабораторная работа 1: «Компьютерное исследование модели генератора Чуа»

Задания:

На плоскости двух активных параметров (плоскость активных задается преподавателем) модели генератора Чуа.

- построить бифуркационные кривые смены устойчивости состояний равновесия O_1 и O_3 .
- на бифуркационных кривых смены устойчивости состояний равновесия определить участки мягкого и жесткого возбуждения автоколебаний.
- на участке жесткого возбуждения колебаний найти границу возникновения автоколебаний;
- построить бифуркационные кривые, отвечающие первому и второму удвоению редельных циклов L_1 и L_2 вокруг состояний равновесия O_1 и O_3
- для фиксированного значения одного из активных параметров найти первые четыре бифуркационных значения второго параметра и вычислить постоянную Фейгенбаума. По вычисленным значениям спрогнозировать пороговое значение второго параметра, при превышении которого в модели генератора Чуа возникают хаотические колебания.
- задав значение второго параметра выше порогового, убедиться, что возникающие в модели генератора Чуа колебания являются хаотическими;
- для фиксированного значения одного из фиксированных параметров построить однопараметрические бифуркационные диаграммы отображения Пуанкаре при увеличении и уменьшении второго активного параметра.
- На диаграммах указать регулярные окна в области хаоса, определить интервалы хаотических колебаний, регулярных «окон», существования двух спирального аттрактора.
- вычислить характеристики двух спирального аттрактора, сравнить их с характеристиками односпирального аттрактора;
- построить кривую, отвечающую возникновению автоколебаний большой амплитуды.

Лабораторная работа 2: «Экспериментальное исследование колебаний генератора Чуа»

Задания:

- Получить фазовые портреты и осциллограммы колебаний генератора Чуа с кусочно-линейной характеристикой диода;

- Проследить и зафиксировать (качественно зарисовать, сфотографировать) эволюцию автоколебательных режимов при изменении параметров резистора R как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения;
- Найти значения параметров R при которых: возникают колебания, колебания удваиваются. Замерить амплитуду и период колебаний до и после удвоения периода.
- Определить интервалы параметра R , соответствующие регулярным и хаотическим колебаниям, хаотическим двух спиральным колебаниям.
- Найти зоны бистабильного поведения, гистерезис.
- Сравнить результаты натурного эксперимента с результатами компьютерного моделирования.

Лабораторная работа 3: «Моделирование динамики и расчет динамических характеристик системы ФАП с пропорционально-интегрирующим фильтром»

Задания:

- Для заданного значения параметра n и определенной характеристики фазового дискриминатора (синусоидальной, трапецеидальной, пилообразной) построить грубые фазовые портреты модели ФАП с ПИФ для областей D_1 , D_2 , D_3 , сохранить их графические образы и файлы настройки.
- Для заданного значения параметра n и определенной характеристики фазового дискриминатора рассчитать границу области захвата в режим синхронизации.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Матросов В.В. Моделирование систем: анализ динамики и расчет динамических характеристик системы ФАП с пропорционально-интегрирующим фильтром// Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: ННГУ, 2012. – 26с.
http://www.rf.unn.ru/rus/ktk/sites/default/files/manual_matrosov_modelling_fap.pdf
2. Матросов В.В. Моделирование нейрореподобных 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>
3. Матросов В.В. Динамика нелинейных систем. // Программный комплекс для исследования нелинейных динамических систем с непрерывным временем: учебно-методическая разработка Нижегородский Государственный Университет им. Н.И. Лобачевского, 2002.

http://www.rf.unn.ru/rus/ktk/sites/default/files/manual_matrosov_dns.PDF

б) дополнительная литература:

1. Шустер Г. Детерминированный хаос. Введение. Пер. с англ. - М.: Мир, 1988. -240с.
2. Неймарк Ю. И. - Метод точечных отображений в теории нелинейных колебаний. - М.: Наука, 1972. - 471 с.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

- 8.1 Аудитория для практических занятий в группе
- 8.2 Лабораторная установка «Генератор Чуа»
- 8.3 Компьютерный класс
- 8.4 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 с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению 03.03.03 «Радиофизика».

Автор _____ Матросов В.В.

Рецензент _____ Осипов Г.В

Заведующий кафедрой _____ Матросов В.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.