

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

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Моделирование динамики систем

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

03.04.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы

Нелинейные колебания и волны

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.02 Моделирование динамики систем относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	ПК-1.1: Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач ПК-1.2: Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий	ПК-1.1: Знать методы современной теории нелинейных колебаний ПК-1.2: Уметь применять методы современной теории нелинейных колебаний к исследованию нелинейных процессов и явлений	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы Задачи
ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты	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 ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи ПК-2.3: Участвует в	ПК-2.1: Знать современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов ПК-2.2: Уметь выбирать и применять аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы Задачи

	<p>планировании, подготовке и проведении НИР</p> <p>ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p>	<p>ПК-2.3: Владеть навыками планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики.</p> <p>ПК-2.4: Уметь анализировать полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p>		
<p>ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок</p>	<p>ПК-3.1: Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях</p> <p>ПК-3.2: Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу</p> <p>ПК-3.3: Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика</p>	<p>ПК-3.1: Знать нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР, требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных</p> <p>ПК-3.2: Уметь представлять результаты НИР</p> <p>ПК-3.3: Владеть навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направлению радиофизика.</p>	Задания	<p>Зачёт: Контрольные вопросы</p>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72

в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1: Теоретические основы моделирования нелинейных динамических систем	18	10		10	8
Тема 2: Динамика автономных моделей генераторов с фазовым управлением (систем ФАП) и частотно-фазовым управлением (систем ЧФАП)	12	4		4	8
Тема 3: Динамика малых ансамблей ФАП	15	6		6	9
Тема 4: Динамика неавтономных моделей ФАП и ЧФАП	13	6		6	7
Тема 5: Синхронизация регулярных и хаотических колебаний	13	6		6	7
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	32	0	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

-

Практические занятия /лабораторные работы 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 / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

Вопрос 1. Понятие и классификация динамических моделей. Фазовые пространства динамических систем, структура фазового пространства динамической модели, особые траектории.

Вопрос 2. Классификация состояний равновесия многомерных динамических систем.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

Вопрос 1. Классификация динамических режимов, их особенности, способы и алгоритмы их идентификации и определения динамических характеристик.

Вопрос 2. Системы ФАП и ЧФАП: структурные схемы, принцип работы, математические модели, динамические режимы.

Вопрос 3. Состояния равновесия многомерных нелинейных динамических систем и их бифуркации.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

-

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой, или все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне

Оценка	Критерии оценивания
	не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо», или все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо», или хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами и, выполнены все задания в	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

						полном объеме	
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Вопрос 1. Понятие и классификация динамических моделей. Фазовые пространства динамических систем, структура фазового пространства динамической модели, особые траектории.

Вопрос 2. Классификация состояний равновесия многомерных динамических систем.

Вопрос 3. Бифуркации состояний равновесия многомерных динамических систем.

Вопрос 4. Классификация периодических решений многомерных динамических систем.

Вопрос 5. Бифуркации периодических решений многомерных динамических систем.

Вопрос 6. Хаотические аттракторы, критерии их идентификации, характеристики хаотических аттракторов

Вопрос 7. Сценарии хаотизации регулярных колебаний.

Вопрос 8. Теоретические основы построения моделей ФАП (ЧФАП). Аттракторы и структура пространства параметров моделей ФАП (ЧФАП) без фильтров, с фильтрами 1-го и 2-го порядков.

Вопрос 9. Динамические режимы ансамблей фазоуправляемых генераторов, особенности в их идентификации.

Вопрос 10. Карты динамических режимов и характеристик, алгоритмы их построения.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Вопрос 1. Классификация динамических режимов, их особенности, способы и алгоритмы их идентификации и определения динамических характеристик.

Вопрос 2. Структура пространства параметров рассматриваемых моделей.

Вопрос 3. Структура плоскости параметров укороченной модели лампового генератора.

Вопрос 4. Структура плоскости параметров неавтономной модели лампового генератора.

Вопрос 5. Системы ФАП и ЧФАП: структурные схемы, принцип работы, математические модели, динамические режимы.

Вопрос 6. Особенности динамического поведения систем с цилиндрическим фазовым пространством. Спектральные свойства автомодуляционных режимов.

Вопрос 7. Способы и алгоритмы построения карт динамических режимов и динамических характеристик ФАП и ЧФАП (области захвата и удержания в синхронный режим).

Вопрос 8. Состояния равновесия многомерных нелинейных динамических систем и их бифуркации.

Вопрос 9. Генерация колебаний с хаотической угловой модуляцией.

Вопрос 10. Модели ФАП и ЧФАП при приеме ФМ и ЧМ сигналов.

Вопрос 11. Синхронизация колебаний лампового генератора внешним гармоническим сигналом.

Вопрос 12. Периодические решения многомерных нелинейных динамических систем и их бифуркации.

Вопрос 13. АЧХ модели укороченных уравнений лампового генератора внешним гармоническим сигналом в мягком и жестком автоколебательных режимах.

Вопрос 14. Структурные схемы, модели, режимы и динамические характеристики систем синхронизации колебаний с регулярной и хаотической угловой модуляцией.

Вопрос 15. Хаотические аттракторы, способы идентификации. Вопрос

Вопрос 16. Состояния равновесия многомерных нелинейных динамических систем и их бифуркации.

Вопрос 17. Способы и алгоритмы построения карт динамических режимов и динамических характеристик ФАП и ЧФАП (области захвата и удержания в синхронный режим).

Вопрос 18. Фазовые портреты и структура пространства параметров системы ФАП (ЧФАП) с фильтром первого порядка.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

-

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой, или все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо», или все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо», или хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Понятие и классификация динамических моделей. Фазовые пространства динамических систем, структура фазового пространства динамической модели, особые траектории.

Классификация состояний равновесия многомерных динамических систем.

Бифуркации состояний равновесия многомерных динамических систем.

Классификация периодических решений многомерных динамических систем.

Бифуркации периодических решений многомерных динамических систем.

Хаотические аттракторы, критерии их идентификации, характеристики хаотических аттракторов

Сценарии хаотизации регулярных колебаний

Теоретические основы построения моделей ФАП (ЧФАП). Аттракторы и структура пространства параметров моделей ФАП (ЧФАП) без фильтров, с фильтрами 1-го и 2-го порядков.

Динамические режимы ансамблей фазоуправляемых генераторов, особенности в их идентификации.

Карты динамических режимов и характеристик, алгоритмы их построения.

5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Классификация динамических режимов, их особенности, способы и алгоритмы их идентификации и определения динамических характеристик.

Структура пространства параметров рассматриваемых моделей.

Структура плоскости параметров укороченной модели лампового генератора.

Структура плоскости параметров неавтономной модели лампового генератора.

Системы ФАП и ЧФАП: структурные схемы, принцип работы, математические модели, динамические режимы.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой, или все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо», или все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»

Оценка	Критерии оценивания
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо», или хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

Основная литература:

1. Неймарк Ю. И. Метод точечных отображений в теории нелинейных колебаний. - М. : Наука, 1972. - 471 с. - 1.89., 51 экз.
2. Матросов Валерий Владимирович. Динамический хаос в фазовых системах : учеб. пособие. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2007. - 258 с. - В надзаг.: Приоритетный национальный проект "Образование". Инновационная образовательная программа Нижегород. ун-та: Образоват.-науч. центр "Информационно-телекоммуникационные системы: физические основы и математическое обеспечение" . - ISBN 978-591326-022-3 : 58.02., 2 экз.

Дополнительная литература:

1. Методы качественной теории в нелинейной динамике = Methods of qualitative theory in nonlinear dynamics. - М. ; Ижевск : НИЦ "Регулярная и хаот. динамика", Ин-т компьютер. исслед., 2004-. - (Современная математика / ред. совет: А. В. Болсинов [и др.]). Методы качественной теории в нелинейной динамике. Ч. 2 / пер. с англ. В. А. Осотовой ; под науч. ред. Д. В. Тураева и А. Л. Шильникова. - М. ; Ижевск, 2009. - 548 с. - ISBN 978-5-93972-700-6 : 165.00., 2 экз.
2. Методы качественной теории в нелинейной динамике = Methods of qualitative theory in nonlinear dynamics. Ч. 1 / пер. с англ. С. С. Пашкиной [и др.]. - М. ; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2004. - 416 с. - (Современная математика). - ISBN 5-93972-305-5 : 47.00., 2 экз.
3. Шустер Гейнц Георг. Детерминированный хаос : Введение / пер. с англ. Ф. М. Израйлева [и др.] ; под ред. А. В. Гапонова-Грехова, М. И. Рабиновича. - М. : Мир, 1988. - 240 с. : ил. - 2.60., 3 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. <http://www.unn.ru/e-library/aids.html?pscience=2&posdate=2006>
2. <http://www.unn.ru/e-library/aids.html?pscience=2&posdate=2007>
3. <http://www.unn.ru/e-library/methodmaterial?pscience=7&posdate=2010>
4. http://www.rf.unn.ru/rus/ktk/sites/default/files/manual_matrosov_dns.PDF
5. http://www.rf.unn.ru/rus/ktk/sites/default/files/manual_matrosov_modelling_fap.pdf

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с

возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.04.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Матросов Валерий Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор.

Рецензент(ы):

Осипов Григорий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Матросов Валерий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18.12.2023, протокол № 09/23.