

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

Нелинейная динамика фазовых 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.06 Нелинейная динамика фазовых 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	<p>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</p> <p>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</p>	<p>ПК-1.1: Знать возможные направления применения фазовых моделей и фазового подхода к описанию динамических систем. Знать основные фазовые модели динамических систем</p> <p>ПК-1.2: Уметь выбирать необходимую модель для изучения исследуемой системы по информации, полученной из различных источников.</p>	Задания	<p>Экзамен: Контрольные вопросы Задания</p>
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	<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: Участвует в</p>	<p>ПК-2.1: Знать современное состояние исследований в области математического моделирования нейросистем.</p> <p>ПК-2.2: Уметь выбирать и применять аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования к исследованию нейросистем.</p> <p>ПК-2.3: Уметь выбирать и применять аналитические, аналитико-</p>	Задания	<p>Экзамен: Контрольные вопросы Задания</p>

	планировании, подготовке и проведении НИР ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики	численные, экспериментальные методы исследования к исследованию нейросистем. ПК-2.4: Уметь анализировать полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики.		
ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	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 ПК-3.2: Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу ПК-3.3: Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика	ПК-3.1: Знать основные требования к содержанию публикации в рецензируемых научных изданиях в области радиофизики. ПК-3.2: Уметь представлять результаты исследований в области радиофизики и моделирования нейросистем академическому и бизнес-сообществу. ПК-3.3: Владеть навыками формулировки цели, задач и составления плана исследования в области радиофизики и математического моделирования нейросистем.	Задания	Экзамен: Контрольные вопросы Задания

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0

- КСР	2
самостоятельная работа	29
Промежуточная аттестация	45 Экзамен

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/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1: Основные понятия. Вывод уравнений фазовых систем	11	6		6	5
Тема 2: Анализ динамики систем фазовой автоподстройки частоты	11	6		6	5
Тема 3: Динамика малых ансамблей фазовых систем	8	4		4	4
Тема 4: Коллективная динамика фазовых систем	8	4		4	4
Тема 5: Фазовые модели нейрона	11	6		6	5
Тема 6: Фазовые модели нейросистем	12	6		6	6
Аттестация	45				
КСР	2				2
Итого	108	32	0	34	29

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:

1. Сформулируйте понятия фазы, частоты и синхронизации.
2. Приведите примеры синхронизации в природе и технике и явлений, основанных на синхронизации.
3. Опишите принцип автоматической синхронизации.
4. Опишите принцип фазовой автоподстройки частоты.
5. Вывод основного уравнения фазовой автоподстройки частоты.
6. Вывод математических моделей систем фазовой автоподстройки частоты для различных типов фильтров.
7. Основные динамические режимы системы ФАП и соответствующие им аттракторы.
8. Динамика системы ФАП с идеализированным фильтром.
9. Динамика системы ФАП с интегрирующим фильтром первого порядка. Влияние параметров на динамические режимы.
10. Динамика системы ФАП с пропорционально-интегрирующим фильтром первого порядка. Влияние параметров на динамические режимы

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

1. Динамика системы ФАП с фильтром нижних частот второго порядка. Влияние параметров.
2. Динамика системы ФАП с полосовым фильтром второго порядка.
3. Параллельное соединение двух систем ФАП.
4. Каскадное соединение двух систем ФАП.
5. Кольцевое соединение двух систем ФАП.
6. Соединение систем ФАП через дополнительный дискриминатор.
7. Динамика ансамблей систем ФАП.
8. Фазовое описание ансамблей взаимодействующих осцилляторов, сети Курамото.
9. Фазовые модели нейрона.
10. Использование фазовых систем для описания нейросетевых феноменов.
11. Модель плавательного ЦГР миноги на основе фазовых осцилляторов.
12. Модель ассоциативной памяти на основе фазовых осцилляторов.

Модель фокуса внимания на основе фазовых осцилляторов

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

1. Понятие фазы, частоты и синхронизации

2. Кольцевое соединение двух систем ФАП

1. Примеры синхронизации в природе и технике
2. Соединение систем ФАП через дополнительный дискриминатор.

1. Принцип автоподстройки частоты.
2. Каскадное соединение двух систем ФАП.

1. Фазовая автоподстройка частоты – структурная схема принципа.
2. Параллельное соединение двух систем ФАП.

1. Вывод основного уравнения фазовой автоподстройки частоты.
2. Динамика системы ФАП с фильтром нижних частот второго порядка. Влияние параметров

1. Вывод математических моделей систем фазовой автоподстройки частоты для различных типов фильтров.
2. Использование фазовых систем для описания нейросетевых феноменов.

1. Фазовые модели нейрона
2. Динамика системы ФАП с идеализированным фильтром.

1. Фазовое описание ансамблей взаимодействующих осцилляторов, сети Курамото
2. Динамика системы ФАП с пропорционально-интегрирующим фильтром первого порядка. Влияние параметров на динамические режимы.

1. Основные динамические режимы системы ФАП и соответствующие им аттракторы.
2. Модель ассоциативной памяти на основе фазовых осцилляторов

1. Вывод основного уравнения фазовой автоподстройки частоты.
2. Динамика ансамблей систем ФАП.

1. Вывод основного уравнения фазовой автоподстройки частоты
2. Динамика системы ФАП с полосовым фильтром второго порядка.

1. Принцип автоподстройки частоты.
2. Модель плавательного ЦГР миноги на основе фазовых осцилляторов.

1. Фазовое описание ансамблей взаимодействующих осцилляторов, сети Курамото
2. Динамика системы ФАП с интегрирующим фильтром первого порядка. Влияние параметров на динамические режимы.

1. Понятие фазы, частоты, синхронизации.
2. Модель фокуса внимания на основе фазовых осцилляторов.

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

Оценка	Критерии оценивания
	программой. Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично». Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо». Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо». 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». 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, 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

1. Понятие фазы, частоты, синхронизации. Примеры синхронизации в природе и технике.
2. Принцип автоподстройки частоты. Фазовая автоподстройка частоты – структурная схема принципа. Вывод основного уравнения фазовой автоподстройки частоты.
3. Фазовое описание ансамблей взаимодействующих осцилляторов, сети Курамото.

4. Фазовые модели нейрона. Использование фазовых систем для описания нейросетевых феноменов.

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

1. Вывод математических моделей систем фазовой автоподстройки частоты для различных типов фильтров
2. Основные динамические режимы системы ФАП и соответствующие им аттракторы. Динамика системы ФАП с идеализированным фильтром.
3. Динамика системы ФАП с интегрирующим фильтром первого порядка. Влияние параметров на динамические режимы. Динамика системы ФАП с пропорционально-интегрирующим фильтром первого порядка. Влияние параметров на динамические режимы.
4. Динамика системы ФАП с фильтром нижних частот второго порядка. Влияние параметров. Влияние характеристики фазового детектора.
5. Динамика системы ФАП с полосовым фильтром второго порядка.
6. Параллельное соединение двух систем ФАП.
7. Каскадное соединение двух систем ФАП.
8. Соединение систем ФАП через дополнительный дискриминатор.
9. Динамика ансамблей систем ФАП.
10. Модель плавательного ЦГР миноги на основе фазовых осцилляторов.
11. Модель ассоциативной памяти на основе фазовых осцилляторов.
12. Модель фокуса внимания на основе фазовых осцилляторов.

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

1. Сформулировать цели и задачи собственного исследования.
2. Составить план собственного научного исследования.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
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.

Оценка	Критерии оценивания
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».
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

1. Составить математическую модель ансамбля нейронов, воспроизводящего эффект ассоциативной памяти. Описать интерпретацию основных динамических режимов ансамбля.
2. Описать способ обучения нейронной сети и привести пример матрицы связей при запоминании заданного образа

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

1. Составить математическую модель системы ФАП с фильтром, имеющим коэффициент передачи $K(p) = Tr / (1 + Tr)$. Определить условия существования режима синхронизации и возможные динамические режимы.
2. По представленному разбиению пространства параметров, отмеченным бифуркационным кривым и бифуркационной диаграмме отображения Пуанкаре описать процесс смены динамических режимов в системе ФАП

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

1. Сформулировать цели и задачи собственного исследования.
2. Составить план собственного научного исследования.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»,

Оценка	Критерии оценивания
	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».
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

Основная литература:

1. Шалфеев Владимир Дмитриевич. Нелинейная динамика систем фазовой синхронизации : монография / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2013. - 366 с. - ISBN 978-5-91326-201-1 : 691.79., 2 экз.
2. Пиковский А. Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление / пер. с англ. А. С. Пиковского, М. Г. Розенблюма. - М. : Техносфера, 2003. - 496 с. - (Мир физики и техники). - ISBN 5-94836-020-2 : 270.00., 23 экз.

Дополнительная литература:

1. Шалфеев Владимир Дмитриевич. Нелинейная динамика систем фазовой синхронизации : монография / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2013. - 366 с. - ISBN 978-5-91326-201-1 : 691.79., 2 экз.

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

-

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): Мищенко Михаил Андреевич, кандидат физико-математических наук.

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.