

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
президиумом Ученого совета ННГУ

протокол № 13 от
« 30 » ноября 2022 г.»

Рабочая программа дисциплины

Динамика колебательных систем с импульсными связями

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
03.04.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы
Нелинейные колебания и волны

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.05, Динамика колебательных систем с импульсными связями относится к части ОПОП направления подготовки 03.04.03 Радиофизика, 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 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. Знает принципы сбора и анализа информации, методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области моделирования колебательных систем с импульсными связями, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач. ПК-1.2. Умеет работать с большим объемом данных в области моделирования колебательных систем с импульсными связями, систематизировать и анализировать информацию, полученную из различных источников.</p> | собеседование |
| 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 оформл | 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>ПК-2.1. Знает современное состояние исследований в области моделирования колебательных систем с импульсными связями, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов.</p> <p>ПК-2.2. Умеет выбирать и</p> | экзамен |

| | | | |
|--|---|--|----------|
| | <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 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>применять аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в области моделирования колебательных систем с импульсными связями в соответствии с типом поставленной задачи.</p> <p>ПК-2.3. Владеет навыками планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по отдельным разделам тем в области моделирования колебательных систем с импульсными связями.</p> <p>ПК-2.4. Умеет 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 бизнессообществу.</p> <p>ПК-3.3. Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности</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 изданиях в области моделирования колебательных систем с импульсными связями.</p> <p>ПК-3.2. Уметь представлять результаты НИР в области моделирования колебательных систем с импульсными связями академическому и бизнессообществу.</p> <p>ПК-3.3. Владеть навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и</p> | экзамен. |

| | | | |
|--|--------------|---|--|
| | Радиофизика. | проектных работ по направленности Радиофизика в области моделирования колебательных систем с импульсными связями. | |
|--|--------------|---|--|

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

| | очная |
|--|----------------|
| Общая трудоемкость | 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 и краткое содержание 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 | Занятия лабораторного типа | Всего | |
| | очная | очная | очная | очная | очная | очная |
| Тема 1: Введение | 15 | 8 | 0 | 0 | 8 | 7 |
| Тема 2: Моделирование сетей колебательных элементов с импульсными запаздывающими связями | 15 | 8 | 0 | 0 | 8 | 7 |

| | | | | | | |
|--|-----|----|---|---|----|----|
| Тема 3: Аналитическое исследование динамики колебательных сетей различных конфигураций | 15 | 8 | 0 | 0 | 8 | 7 |
| Тема 4: Практические приложения | 16 | 8 | 0 | 0 | 8 | 8 |
| | | | | | | |
| Аттестация | 45 | | | | | |
| КСР | 2 | | | | 2 | |
| Итого | 108 | 32 | 0 | 0 | 34 | 29 |

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках: групповых консультаций, индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

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 экзамена по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

Список контрольных вопросов:

1. Определение и способы введения фазы автоколебательной системы
2. Сопряженный метод вычисления кривой переустановки фазы
3. Прямой метод вычисления кривой переустановки фазы
4. Определение динамической сети, типы сетей и их коллективной динамики
5. Дифференциальные уравнения с запаздывающим аргументом
6. Модель сети фазовых осцилляторов с импульсными запаздывающими связями
7. Теорема о конечномерной динамике
8. Метод точечных отображений для колебательной сети с импульсными связями
9. Численный алгоритм моделирования колебательной сети с импульсными связями
10. Вывод точечного отображения для осциллятора с запаздывающей обратной связью
11. Исследование устойчивости регулярных колебаний осциллятора с запаздывающей обратной связью
12. Связь между решениями для одного осциллятора и кольца осцилляторов
13. Вывод точечного отображения для двух связанных осцилляторов
14. Вывод уравнения для динамики разности фаз в случае слабой связи
15. Режим глобальной синхронизации ансамбля осцилляторов

16. Устойчивость глобальной синхронизации ансамбля осцилляторов

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

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | Шкала оценивания сформированности 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, без ошибок. | 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 полном объеме. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие владения материалом. | При решении стандартных задач не | Имеется минимальный | Продemonстрированы базовые | Продemonстрированы базовые | Продemonстрированы навыки | Продemonстрирован творческий подход к |

| | | | | | | | |
|--|---|---|--|---|---|--|------------------------------------|
| | Невозможн ость оценить наличие навыков вследствие отказа обучающег ося от ответа | продемонст рированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. | набор навыков для решения стандартны х задач с некоторыми недочетами | навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами | навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. | при решении нестандартн ых задач без ошибок и недочетов. | решению нестандартн ых задач |
|--|---|---|--|---|---|--|------------------------------------|

Шкала оценки 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», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» |
| | Очень хорошо | 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» |
| | Хорошо | 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» |
| | 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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» |
| | Плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

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

(согласно оценочным средствам табл.2)

5.2.1 Контрольные вопросы

| № | Вопрос | компетенц ия |
|----|---|-----------------|
| 1. | Определение и способы введения фазы автоколебательной системы | ПК-1 |
| 2. | Сопряженный метод вычисления кривой переустановки фазы | ПК-1 |

| | | |
|-----|---|------|
| 3. | Прямой метод вычисления кривой переустановки фазы | ПК-1 |
| 4. | Определение динамической сети, типы сетей и их коллективной динамики | ПК-2 |
| 5. | Дифференциальные уравнения с запаздывающим аргументом | ПК-2 |
| 6. | Модель сети фазовых осцилляторов с импульсными запаздывающими связями | ПК-2 |
| 7. | Теорема о конечномерной динамике | ПК-3 |
| 8. | Метод точечных отображений для колебательной сети с импульсными связями | ПК-3 |
| 9. | Численный алгоритм моделирования колебательной сети с импульсными связями | ПК-3 |
| 10. | Численные методы исследования периодических режимов колебательных сетей с импульсными связями | ПК-3 |

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-1

| № | задание | компетенция |
|----|--|-------------|
| 1. | Найти кривую переустановки фазы осциллятора Ван-дер-Поля | ПК-1 |
| 2. | Вывести точечное отображение для осциллятора с запаздывающей импульсной обратной связью | ПК-1 |
| 3. | Вывести точечное отображение для двух осцилляторов с импульсной связью | ПК-1 |
| 4. | Оценить размерность отображения для сети осцилляторов с импульсными запаздывающими связями | ПК-1 |
| 5. | Продemonстрировать режим биений осциллятора с запаздывающей обратной связью | ПК-1 |

5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-2

| № | задание | компетенция |
|-----|--|-------------|
| 6. | Построить бифуркационную диаграмму для осциллятора с запаздывающей обратной связью | ПК-2 |
| 7. | Продemonстрировать синхронную и асинхронную динамику ансамбля глобально связанных осцилляторов | ПК-2 |
| 8. | Построить бифуркационную диаграмму ансамбля глобально связанных осцилляторов | ПК-2 |
| 9. | Продemonстрировать синфазную и противофазную синхронизацию двух связанных осцилляторов | ПК-2 |
| 10. | Построить бифуркационную диаграмму двух связанных осцилляторов | ПК-2 |

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

а) основная литература:

1. В.И. Некоркин, “Лекции по основам теории колебаний”, Учебное пособие, Нижегородский государственный университет, Нижний Новгород, 2012, 311 с.
2. Неймарк Ю. И. - Метод точечных отображений в теории нелинейных колебаний. - М.: Наука, 1972. - 471 с.

б) дополнительная литература:

1. [Методы качественной теории в нелинейной динамике. / Шильников Л. П., Шильников А. Л., Тураев Д. В., Чуа Л. Ч. 1. - М. ; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. - 416 с.](#)

2. Методы качественной теории в нелинейной динамике. / Шильников Л. П., Шильников А. Л., Тураев Д. В., Чуа Л. Ч. 2. - М. ; Ижевск, 2009. - 548 с.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: Учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет»; и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

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 03.04.03 - Радиофизика.

Автор(ы):): Клиньшов В.В. к.ф.-м.н., доц. каф. Теории колебаний и автоматического регулирования

Рецензент(ы): Осипов Г.В., д.ф.-м.н., доц., зав. каф. теории управления и динамики систем ИИТММ

Заведующий кафедрой: Матросов В.В. д.ф.-м.н., проф.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии радиофизического факультета, от 14.11.22, протокол № 08/22.