

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**

Основы теории колебаний

---

Уровень высшего образования

Специалитет

---

Направление подготовки / специальность

10.05.02 - Информационная безопасность телекоммуникационных систем

---

Направленность образовательной программы

Системы подвижной цифровой защищенной связи

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.06 Основы теории колебаний 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-3: Способен разрабатывать средства защиты и реализовывать алгоритмы обработки информации в беспроводных системах связи	<p>ПК-3.1: Знает: - основы функционирования беспроводных систем связи - алгоритмы обработки информации в беспроводных системах связи - основные характеристики и показатели эффективности средств защиты беспроводных систем связи - средства анализа и контроля защищенности беспроводных систем связи - основы проектирования элементов средств и систем защиты подвижных цифровых систем связи</p> <p>ПК-3.2: Умеет: - обеспечивать рациональный выбор элементной базы при проектировании устройств и систем защиты беспроводных систем связи - использовать стандартные методы и средства проектирования цифровых узлов и устройств беспроводных систем связи - выявлять и оценивать угрозы НСД в беспроводных системах связи - проводить инструментальный мониторинг защищенности беспроводных систем связи</p> <p>ПК-3.3: Владеет: - навыками систематизации сведений о методах,</p>	<p>ПК-3.1: Знать основы качественной теории нелинейных колебаний (понятия, определения, теоремы, бифуркации) необходимые для анализа нелинейных процессов протекающих в беспроводных системах связи</p> <p>ПК-3.2: Уметь применять методы качественной теории нелинейных колебаний и теории бифуркаций для анализа физических явлений и процессов, возникающих в беспроводных системах связи, а также разрабатывать и реализовывать средства защиты информации, базирующиеся на эффектах нелинейного поведения динамических систем.</p> <p>ПК-3.3: Владеть аппаратом теории нелинейных колебаний, при построении и анализе динамических моделей нелинейных процессов, возникающих в системах связи, в том числе в системах подвижной цифровой защищенной связи.</p>	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы Задания

	средствах защиты в системах подвижной цифровой защищенной связи			
--	---	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>3</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
<b>самостоятельная работа</b>	<b>43</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</b>

#### 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	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1: Базовые идеи и подходы теории колебаний	7	4		4	3
Тема 2: Основные методы теории колебаний	52	16	16	32	20
Тема 3: Исследование базовых моделей теории колебаний	48	12	16	28	20
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	32	65	43

#### 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 \_\_32\_\_ часов.

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 заданиям и контрольным вопросам для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, приведённым в пункте 5.

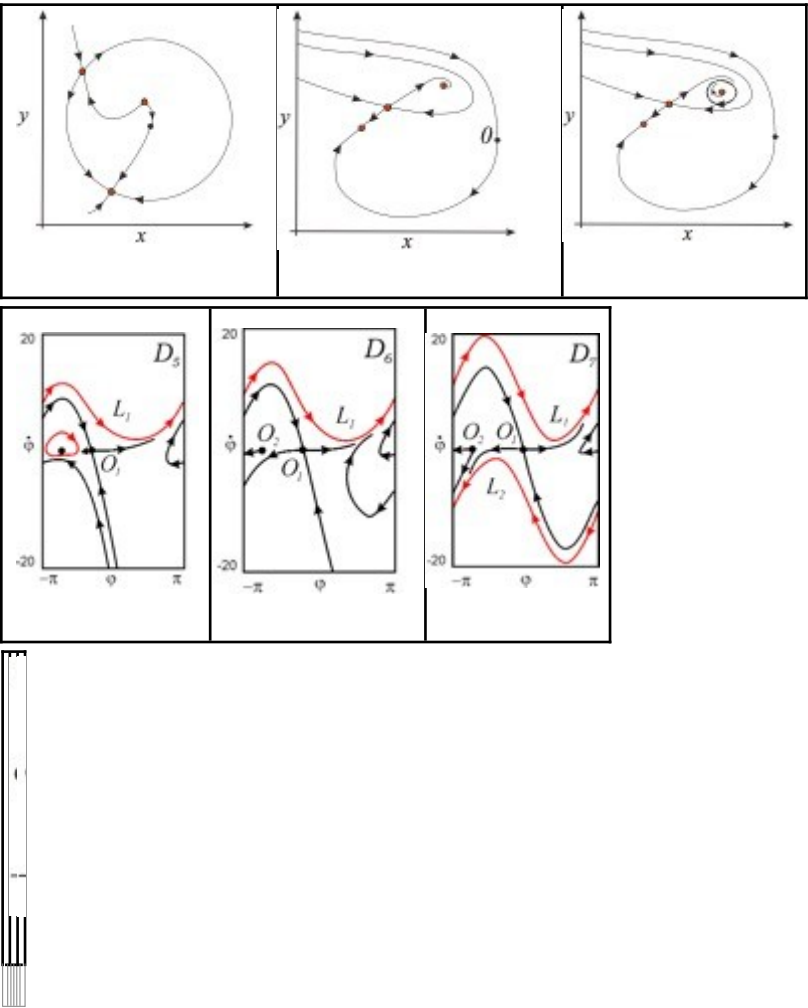
#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**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-3:**

- Классифицировать динамическую систему.
- Классифицировать состояния равновесия двумерных динамических систем.
- Перечислить особые траектории двумерных динамических систем, классифицировать состояния равновесия и предельные циклы.
- Перечислить основные бифуркации двумерных динамических систем.
- Найти состояния равновесия динамической системы и определить их тип.
- Построить фазовый портрет динамической системы первого порядка с непрерывным временем.
- Построить бифуркационную диаграмму динамических режимов системы первого порядка с непрерывным временем.
- Исследовать динамику нелинейного осциллятора.
- Найти зависимость амплитуды колебаний от параметра, отметить бифуркационные значения параметра и указать тип бифуркации. Построить грубые фазовые портреты..
- Используя метод разрывных колебаний, построить фазовый портрет динамической системы, перечислить особые траектории и указать их тип.
- Перечислить и классифицировать особые траектории на фазовом портрете.

Примеры фазовых портретов:



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. 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 отдельным и 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 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	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
--------	--------------------

<b>зачтено</b>	<b>превосходно</b>	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
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	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»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	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-3

Динамические системы. Понятия фазового пространства, фазовой траектории, классификация динамических систем.

Динамика одномерных динамических систем с непрерывным и дискретным временем. Бифуркации одномерных динамических систем. Динамика двумерных динамических систем. Особые траектории двумерных динамических систем, грубость динамических систем, бифуркации двумерных динамических систем.

Базовые модели колебательных процессов. Линейный и нелинейный осциллятор. Основные свойства. Подходы и методы анализа двумерных нелинейных процессов

Явление синхронизации. Динамика автоколебательной системы, поведения генератора при выходе из режима синхронизации в случае сильного и слабого сигналов.

Динамика системы фазовой автоподстройки частоты (ФАП) с фильтром первого порядка. Динамические характеристики системы ФАП. Динамика джозефсоновского контакта.

#### 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. Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена

Оценка	Критерии оценивания
	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».

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

<p>Построить бифуркационную диаграмму <math>(\mu, x^*)</math> и грубые фазовые портреты динамической системы</p> $\dot{x} = x^2 - \mu^2 + 1$
<p>Построить бифуркационную диаграмму <math>(\mu, x^*)</math> и грубые фазовые портреты динамической системы</p> $\dot{x} = x(\mu - e^x)$
<p>Построить бифуркационную диаграмму <math>(\mu, x^*)</math> и грубые фазовые портреты динамической системы</p> $\dot{x} = x^2 + x + 1 - \mu^2$
<p>Исследовать состояния равновесия динамической системы</p> $\begin{cases} \dot{x} = x(y-1), \\ \dot{y} = -y[x^2 + 2(y+1)(y-5)] \end{cases}$
<p>Исследовать состояния равновесия динамической системы</p> $\begin{cases} \dot{x} = x(y^2 - 1) \\ \dot{y} = x + y^2 - 4 \end{cases}$
<p>Исследовать состояния равновесия динамической системы</p> $\begin{cases} \dot{x} = y \\ \dot{y} = 0.5 - \sin x - (1 - d \cos x)y, -1 < d < 1 \end{cases}$
<p>Исследовать состояния равновесия динамической системы</p> $\begin{cases} \dot{x} = y^2 - 3x + 2, \\ \dot{y} = x^2 - y^2 \end{cases}$



Построить фазовые портреты динамической системы

$$\ddot{x} = x(4 - x^2),$$

Построить фазовые портреты динамической системы

$$\begin{aligned}\dot{x} &= y \\ \dot{y} &= 1 + x - x^2\end{aligned}$$

Построить фазовые портреты динамической системы

$$\ddot{x} + x(x - 3)(1 - x) = 0$$

Построить фазовые портреты динамической системы

$$\begin{aligned}\dot{x} &= y \\ \dot{y} &= 1 - 2x + x^2\end{aligned}$$

Построить фазовый портрет динамической системы, перечислить особые траектории и указать их тип

$$\begin{aligned}\mu\dot{x} &= -x[(x - 2)^2 + y - 9], \\ \dot{y} &= y(xy - 1),\end{aligned}$$

где  $x \geq 0, y \geq 0, 0 < \mu < 1$

Построить фазовый портрет динамической системы, перечислить особые траектории и указать их тип

$$\begin{aligned}\mu\dot{x} &= -y - x(x^2 - 5), \\ \dot{y} &= x,\end{aligned}$$

где  $0 < \mu < 1$

Построить фазовый портрет динамической системы, перечислить особые траектории и указать их тип

$$\begin{aligned}\dot{x} &= xy - 1, \\ \mu\dot{y} &= x - y^3,\end{aligned}$$

где  $0 < \mu < 1$

Построить фазовый портрет динамической системы, перечислить особые траектории и указать их тип

$$\begin{aligned}\mu\dot{x} &= -y - (2 - 3x^2 + x^4), \\ \dot{y} &= x,\end{aligned}$$

где  $0 < \mu < 1$

Для динамической системы

$$\ddot{x} + x = \mu\dot{x}(\alpha - \dot{x}^2 + x^4),$$

в случае  $0 < \mu < 1$  найти зависимость амплитуды колебаний от параметра  $\alpha$ , отметить бифуркационные значения параметра и указать тип бифуркации. Построить грубые фазовые

портреты.

Для динамической системы

$$\ddot{x} + x = \mu \dot{x}(-1 + \alpha \dot{x}^2 - x^4),$$

в случае  $0 < \mu < 1$  найти зависимость амплитуды колебаний от параметра  $\alpha$ , отметить бифуркационные значения параметра и указать тип бифуркации. Построить грубые фазовые

Построить фазовый портрет динамической системы, перечислить особые траектории и указать их тип

$$\begin{aligned} \mu \dot{x} &= -y - x(x^2 - 5), \\ \dot{y} &= x - y, \end{aligned}$$

где  $0 < \mu < 1$

### 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. 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».

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

Основная литература:

1. Некоркин Владимир Исаакович. Лекции по основам теории колебаний : учеб. пособие для студентов ННГУ, специализирующихся в области радиофизики, приклад. математики и мат. моделирования / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 311 с. - ISBN 978-5-91326-230-1 : 162.13., 148 экз.
2. Андронов Александр Александрович. Теория колебаний / с предисл. Л. И. Мандельштама. - 2-е изд. - М. : Наука, 1981. - 568 с. : ил. - 2.60., 274 экз.

Дополнительная литература:

1. Рабинович Михаил Израилевич. Введение в теорию колебаний и волн. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука , 1992. - 454, [1] с. : ил. - 62.50., 1 экз.
2. Горяченко Вадим Демьянович. Элементы теории колебаний : учеб. пособие для студентов вузов. - Красноярск : Изд-во Краснояр. ун-та, 1995. - 430 с. - ISBN 5-7470-0127-2 : 10000.00., 389 экз.
3. Сборник задач по теории колебаний : [для физ. специальностей вузов]. - М. : Наука, 1978. - 271 с. : ил. - 0.75., 149 экз.

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

Алдошин Г. Т. Теория линейных и нелинейных колебаний. Изд-во "Лань", 2013, 320с.

[Электронный ресурс: [https://e.lanbook.com/book/4640?category\\_pk=918#authors](https://e.lanbook.com/book/4640?category_pk=918#authors)]

4. Фазовая плоскость лампового генератора: Составитель Петров В.В. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский университет, 2011.

[Электронный ресурс:

[http://www.rf.unn.ru/rus/ktk/sites/default/files/manual\\_petrov\\_lamp.doc](http://www.rf.unn.ru/rus/ktk/sites/default/files/manual_petrov_lamp.doc)]

## **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 10.05.02 - Информационная безопасность телекоммуникационных систем.

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

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

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18 декабря 2023 года, протокол № 09/23.