

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 Ученого совета ННГУ  
протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Основы теории колебаний

---

Уровень высшего образования  
Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность  
02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

---

Направленность образовательной программы  
Информационные системы и технологии

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.07 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-2: Способен к применению общенаучных базовых знаний математических и естественных наук, фундаментальной информатики и информационных технологий; применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и методы параллельной обработки данных, операционные системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии	ПК-2.1: Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, имеет научные знания в теории информационных систем ПК-2.2: Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности. ПК-2.3: Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий	ПК-2.1: Знать: (1). Знать основные составляющие аппарата теории нелинейных колебаний (понятия, определения, методы, подходы). (2). Знать принципы моделирования, классификацию способов представления моделей; приемы, методы, способы формализации объектов, процессов, явлений и реализации их на компьютере  ПК-2.2: Уметь: (1). Уметь применять аппарат теории нелинейных колебаний для анализа физических явлений и процессов различной природы. (2). Уметь представить модель в математическом и алгоритмическом виде; оценить качество модели; моделировать процессы, протекающие	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы Задачи

		<p>в информационных системах.</p> <p>ПК-2.3:  Владеть:  (1). Владеть аппаратом теории нелинейных колебаний при формализации и решения задач, возникающих при анализе нелинейных явлений и процессов.  (2). Владеть навыками применения современных компьютерных технологий для решения научно-исследовательских и производственно-технологических задач профессиональной деятельности</p>		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<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			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Всего	

	0 Ф 0	0 Ф 0	(практические занятия/лабораторные работы), часы	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, приведенным в пункте 5.

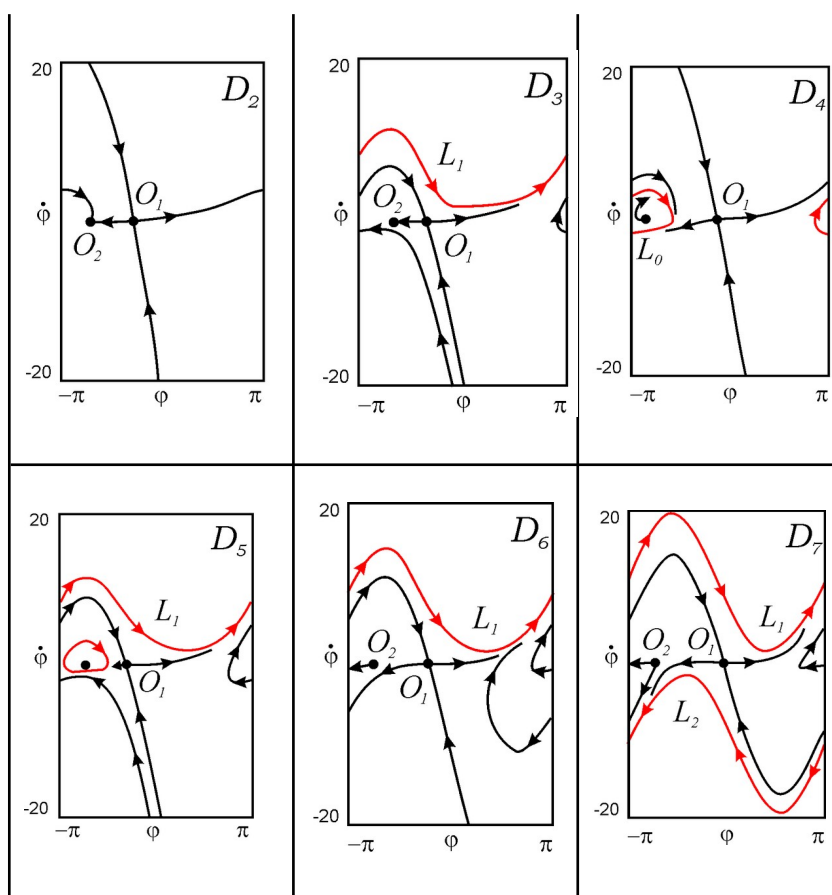
#### 5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

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-2:

- 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.



**Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно».
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо». Хотя бы одна компетенция

Оценка	Критерии оценивания
	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 и. 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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы 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 некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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
<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-2

Динамические системы с дискретным и непрерывным временем. Фазовое пространство. Типы траекторий.

Бифуркации состояний равновесия динамических систем на прямой: двукратное равновесие, трехкратное равновесие
Особые траектории динамических систем на плоскости, критерии их грубости.
Функция Ляпунова
Автоколебания. Мягкий режим возбуждения автоколебаний
Метод линеаризации определения устойчивости состояний равновесия

Отображение Пуанкаре. Предельный цикл, мультипликатор предельного цикла, устойчивость предельного цикла

Автоколебания. Автоколебательная система. Мягкий и жесткий режимы.

Устойчивость по Ляпунову состояний равновесия.

Автоколебания. Жесткий режим возбуждения автоколебаний

Устойчивость сосредоточенных систем. Устойчивость по Ляпунову

Устойчивость сосредоточенных систем. Орбитальная устойчивость.

Отображение Пуанкаре. Одномерные линейные отображения.

Линейный осциллятор. Основные свойства.

Нелинейный осциллятор. Свойства интегральных кривых. Основные свойства

Критерий Рауса-Гурвица.

Бифуркации двумерных динамических систем. Седло-узловая бифуркация состояний равновесия на плоскости. Бифуркация двукратного предельного цикла Бифуркация Андронова-Хопфа. Бифуркация петли сепаратрис седла. Бифуркация петли сепаратрис седло-узла

Предельные циклы динамических систем на плоскости. Основные характеристики.

Классификация состояний равновесия динамических систем на плоскости.

Грубость динамических систем.

Динамика автоколебательной системы под действием периодической внешней силы. Явление вынужденной

синхронизации
Одномерные динамические системы с дискретным временем. Особые траектории одномерных динамических систем с дискретным временем. Диаграмма Кёнигса-Ламерея.
Классификация состояний равновесия трехмерных систем.
Линейный осциллятор. Основные свойства.
Резонанс в нелинейных системах.
Резонанс в линейных системах.
Бифуркации неподвижных точек одномерного дискретного отображения.
Метод Ван-дер-Поля для автономных и неавтономных систем
Метод разрывных колебаний
АЧХ лампового генератора при внешнем гармоническом воздействии
Динамика автоколебательной системы под действием периодической внешней силы. Поведения генератора при выходе из режима синхронизации в случае для сильного сигнала.
Динамика автоколебательной системы под действием периодической внешней силы. Поведения генератора при выходе из режима синхронизации в случае для слабого сигнала

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно».
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо». Хотя бы одна компетенция

Оценка	Критерии оценивания
	сформирована на уровне «плохо».

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

1. Построить бифуркационную диаграмму  $(\mu, x^*)$  и грубые фазовые портреты динамической системы

$$\dot{x} = x^2 - \mu^2 + 1$$

2. Построить бифуркационную диаграмму  $(\mu, x^*)$  и грубые фазовые портреты динамической системы

$$\dot{x} = x(\mu - e^x)$$

3. Построить бифуркационную диаграмму  $(\mu, x^*)$  и грубые фазовые портреты динамической системы

$$\dot{x} = x^2 + x + 1 - \mu^2$$

4. Исследовать состояния равновесия динамической системы

$$\begin{cases} \dot{x} = x(y-1), \\ \dot{y} = -y[x^2 + 2(y+1)(y-5)] \end{cases}$$

5. Исследовать состояния равновесия динамической системы

$$\begin{cases} \dot{x} = x(y^2 - 1) \\ \dot{y} = x + y^2 - 4 \end{cases}$$

6. Исследовать состояния равновесия динамической системы

$$\begin{cases} \dot{x} = y \\ \dot{y} = 0.5 - \sin x - (1 - d \cos x)y, -1 < d < 1 \end{cases}$$

7. Исследовать состояния равновесия динамической системы

$$\begin{cases} \dot{x} = y^2 - 3x + 2, \\ \dot{y} = x^2 - y^2 \end{cases}$$

8. Построить фазовые портреты динамической системы

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

9. Построить фазовые портреты динамической системы

$$\dot{x} = y$$

$$\dot{y} = 1 + x - x^2$$

10. Построить фазовые портреты динамической системы

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

11. Построить фазовые портреты динамической системы

$$\dot{x} = y$$

$$\dot{y} = 1 - 2x + x^2$$

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

$$\mu \dot{x} = -x[(x - 2)^2 + y - 9],$$

$$\dot{y} = y(xy - 1),$$

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

13. 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  $0 < \mu < 1$

14. 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  $0 < \mu < 1$

15. 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  $0 < \mu < 1$

16. 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.

17. Для динамической системы

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

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

18. 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 - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно».
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо». 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.
3. Алдошин Геннадий Тихонович. Теория линейных и нелинейных колебаний : учеб. пособие для студентов и аспирантов физ.-техн. вузов. - Изд. 2-е, стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2013. -

320 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1460-4 : 401.00., 1 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 ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

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 28.11.2024, протокол № 06/24.