

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

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 № 6

Рабочая программа дисциплины

Основы теории колебаний

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Информационные системы и технологии

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Основы теории колебаний» относится к дисциплинам вариативной части основной образовательной программы (ООП) высшего образования по направлению подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии» на радиофизическом факультете ННГУ. Дисциплина изучается в 5-м семестре.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.И.05, «Основы теории колебаний» относится к части ООП направления подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», 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-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	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.	Собеседование
	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 в информационных системах.	Задачи (практические задания)

системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии.	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.	Задачи (практические задания)
--	---------	--	-------------------------------

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения	очно-заочная форма обучения	заочная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ	___ ЗЕТ	___ ЗЕТ
Часов по учебному плану	108		
в том числе			
аудиторные занятия (контактная работа):			
- занятия лекционного типа	32		
- занятия семинарского типа			
(практические занятия /	16		
лабораторные работы)	16		
самостоятельная работа	43		
КСР	1		
Промежуточная аттестация – экзамен/зачет	зачет		

3.2. Содержание дисциплины

именование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе												Самостоятельная работа обучающегося, часы	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них													
		тип лекционного Занятия			тип семинарского Занятия			тип лабораторного Занятия			Всего				
		Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная		
Базовые идеи и подходы теории	12		4			2				6			5		

колебаний																	
Основные методы теории колебаний	48		18			6			6			30			18		
Исследование базовых моделей теории колебаний.	48		10			8			10			28			18		
Итого	108		32			16			16			64			43		

Практические занятия организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: решение прикладных задач, выполнение лабораторных работ по профилю профессиональной деятельности и направленности образовательной программы.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 32 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: владение аппаратом теории нелинейных колебаний при формализации и решения задач, возникающих при анализе нелинейных явлений и процессов; владение навыками применения современных компьютерных технологий для решения научно-исследовательских и производственно
- технологических задач профессиональной деятельности.
- компетенций – способность к применению общенаучных базовых знаний математических и естественных наук, фундаментальной информатики и информационных технологий; способность применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и методы параллельной обработки данных, операционные системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского и лабораторного типов.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя изучение дополнительных разделов дисциплины с использованием учебной литературы.

Текущий контроль усвоения материала проводится путем проведения опроса и выполнения контрольных работ. Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

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

включает:

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, превышающий 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 несущественным недочетом , 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 владения материалом . Невозможность оценить наличие навыков вследствие	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

	отказа обучающегося от ответа	ошибки.		и недочетами	недочетов.	недочетов.	

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	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
зачтено	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

5.2.1 Контрольные вопросы

<p>Определение динамической системы. Классификация динамических систем. Понятия фазовое пространство, фазовая траектория, классификация траекторий.</p> <p>Динамических системы 1-го порядка, их устойчивость, бифуркации динамических систем 1-го порядка с непрерывным и дискретным временем.</p> <p>Динамических системы 2-го порядка, классификация особых фазовых траекторий, устойчивость и бифуркации.</p> <p>Устойчивость сосредоточенных систем, критерии устойчивости.</p> <p>Отображение Пуанкаре. Неподвижные точки отображения Пуанкаре, их устойчивость и бифуркации.</p> <p>Автоколебания. Автоколебательная система. Мягкий и жесткий режимы. Механизмы возбуждения автоколебаний. Методы анализа автоколебательных систем 2-го порядка: второй метод Ляпунова, критерий Бендиксона-Дюлака, метод Ван-дер-Поля, метод разрывных колебаний.</p>	ПК 2.1
<p>Анализ динамики линейного и нелинейного осцилляторов, выявление основных свойств.</p> <p>Анализ локальной и глобальной устойчивости нелинейных динамических систем</p>	ПК 2.2

<p>Явление синхронизации, подходы и алгоритмы исследования. Динамика автоколебательных систем под внешним периодическим воздействием, основы расчета динамических характеристик. Динамика фазовых систем, расчет динамических режимов и характеристик.</p>	<p>ПК 2.3</p>
--	----------------------

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК2

1. Классифицировать динамическую систему (определить размерность системы, указать фазовые переменные, сказать линейная она или нелинейная, с дискретным и непрерывным временем).
2. Какие особые траектории определяют динамику системы 1-го порядка с непрерывным временем.
3. Бифуркации одномерных динамических систем с непрерывным временем.
4. Метод линеаризации. Классификация состояний равновесия нелинейных динамических систем.
5. Линейный осциллятор. Основные свойства.
6. Нелинейный осциллятор. Основные свойства.
7. Устойчивость сосредоточенных систем. Устойчивость по Ляпунову, Орбитальная устойчивость.
8. Устойчивость состояний равновесия динамических систем. Критерий Рауса-Гурвица.
9. Динамические системы с дискретным временем. Особые траектории динамических систем с дискретным временем. Диаграмма Кёнигса-Ламерея.
10. Динамика одномерные линейные отображения.
11. Отображение Пуанкаре. Неподвижные точки отображения Пуанкаре. Устойчивость неподвижных точек.
12. Бифуркации неподвижных точек одномерного дискретного отображения.
13. Предельные циклы динамических систем на плоскости. Основные характеристики, критерии устойчивости.
14. Особые траектории двумерных динамических систем динамических систем, критерии их грубости.
15. Автоколебания. Мягкий и жесткий режимы возбуждения автоколебаний
16. Автоколебания. Автоколебательная система. Мягкий и жесткий режимы.
17. Грубость динамических систем.
18. Седло-узловая бифуркация состояний равновесия на плоскости.
19. Бифуркация двукратного предельного цикла
20. Бифуркация Андронова-Хопфа в случае положительной первой ляпуновской величины.
21. Бифуркация Андронова-Хопфа в случае отрицательной первой ляпуновской величины.
22. Бифуркация петли сепаратрис седла седло-узла
23. Второй метод Ляпунова. Критерий Бендиксона-Дюлака
24. Метод Ван-дер-Поля для автономных систем
25. Метод Ван-дер-Поля для неавтономных систем
26. Метод разрывных колебаний
27. Динамика автоколебательной системы под действием периодической внешней силы. Явление вынужденной синхронизации
28. АЧХ лампового генератора при внешнем гармоническом воздействии
29. Динамика автоколебательной системы под действием периодической внешней силы. Поведения генератора при выходе из режима синхронизации в случае сильного и слабого сигнала.

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

5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК2

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

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

2. Исследовать состояния равновесия динамической системы

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

3. Построить фазовые портреты динамической системы

$$\ddot{x} + x(x - 4)(1 - x) = 0.$$

4. 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 α , отметить бифуркационные значения параметра и указать тип бифуркации. Построить грубые фазовые портреты.

5. Построить фазовый портрет динамической системы

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

$$\dot{y} = x - y,$$

где $0 < \mu < 1$. Перечислить особые траектории и указать их тип.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Некоркин В.И. Лекции по основам теории колебаний: Учебное пособие. – Нижний Новгород: издательство Нижегородского госуниверситета, 2012. -311с.
2. А.А. Андронов, А.А. Витт, С.Э. Хайкин. Теория колебаний, -М.: Наука, 1981. - 568 с.
3. 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]
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]
5. Матросов В.В. Вынужденная синхронизация. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский университет, 2013. http://www.rf.unn.ru/rus/ktk/sites/default/files/manual_matrosov_forced_synch.pdf
6. Исследование динамики систем с разрывными колебаниями: Составитель Мотова М.И. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский университет, 2010. [Электронный ресурс: http://www.rf.unn.ru/rus/ktk/sites/default/files/manual_motova_break.doc]

б) дополнительная литература:

1. М.И. Рабинович, Д.И. Трубецков. Введение в теорию колебаний и волн. -М.: Наука, 1984 (1 изд.), 1992 (2 изд.), 2002 (3 изд.).
2. В.Д. Горяченко Элементы теории колебаний. Учебное пособие. Красноярск. Изд.-во Краснояр. ун-та. 1995.
3. Сборник задач по теории колебаний. Под ред. В.И. Королева, Л.В. Постникова, -М.: Наука, 1978.

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

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

- а. Лекционный зал, аудитории для практических занятий в группах
- б. Лаборатории физического практикума с лабораторными установками:
 - Лабораторные установки изучения фазовой плоскости лампового генератора и механизмов их возбуждения автоколебаний.
 - Лабораторные установки изучения явления вынужденная синхронизация.
 - Лабораторные установки изучения релаксационных колебаний.
- с. 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 /ОС ННГУ по направлению 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии».

Автор_____Матросов В.В.

Рецензент _____Осипов Г.В.

Заведующий кафедрой_____Матросов В.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от 25 мая 2023, протокол № 04/23.