



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВО «ИГУ»

**Кафедра радиофизики и радиоэлектроники**



УТВЕРЖДАЮ

Декан ~~\_\_\_\_\_~~ Буднев Н.М.

«31» августа 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Наименование дисциплины **Б1.О.16 Теория колебания**

Направление подготовки **03.03.03 Радиофизика**

Направленность (профиль) подготовки **Радиофизика в области связи, информационных и телекоммуникационных технологий**

Квалификация выпускника **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол №30 от «31» августа 2021 г.

Председатель ~~\_\_\_\_\_~~ Буднев Н.М.

Рекомендовано кафедрой радиофизики и радиоэлектроники:

Протокол № 1 от «30» августа 2021 г.

И.О. зав. кафедрой ~~\_\_\_\_\_~~ Колесник С.Н.

Иркутск 2021 г.

## Содержание

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО .....	3
III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов .....	5
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	6
4.3. Содержание учебного материала .....	7
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....	7
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС) .....	8
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....	8
4.5. Примерная тематика курсовых работ .....	8
V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	8
VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	9
6.1. Учебно-лабораторное оборудование: .....	9
6.2. Программное обеспечение: .....	9
6.3. Технические и электронные средства: .....	9
VII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ .....	9

## I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цели:** познакомить студента с современной теорией физики колебаний, совместив наглядность изложения с достаточным для физика уровнем строгости; рассмотреть общие свойства колебательных процессов, происходящих в радиотехнических, механических и других системах, а также качественные и количественные методы изучения их. Особое внимание уделяется изучению колебательных процессов в нелинейных системах.

**Задачи:** научить студента ориентироваться в вопросах физики колебаний, научить применять соответствующий математический аппарат и средства моделирования колебательных процессов.

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина (модуль) Б1.О.17 Теория колебания относится к обязательной части программы.

Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: математический анализ, Дифференциальные и интегральные уравнения, курс «Механика» общей физики.

Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: Волны в сплошных средах, Распространение электромагнитных волн, Излучение и распространение радиоволн, Основы радиоэлектроники, Радиотехнические цепи и сигналы, Теория передачи сигналов.

## III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки **03.03.03 Радиофизика**.

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<i>ОПК-1.</i> Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности.	<i>ИДК<sub>ОПК1.2</sub></i> . Применяет базовые знания в области физики и радиофизики для решения прикладных задач профессиональной деятельности.	Знать: математические основы описания колебательных процессов в разных системах Уметь: записывать и решать математические модели колебательных процессов Владеть: математическим аппаратом аналитического и приближенного решения уравнений, описывающих модели различных колебательных процессов
<i>ОПК-2.</i> Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и	<i>ИДК<sub>ОПК2.2</sub></i> . Проводит теоретические научные исследования радиофизических объектов, систем и процессов.	Знать: основные способы описания радиофизических процессов Уметь: применять математический аппарат для описания поведений различных радиофизических систем

представлять экспериментальные данные.		Владеть:                    навыками интерпретации        полученных результатов        математического описания            радиофизических процессов
--	--	---

#### IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 экзаменных единиц, 108 часов,

Форма промежуточной аттестации: экзамен

##### 4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/н	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Форма текущего контроля успеваемости
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Тема 1. Введение, линейные колебания	3	10,1		4	4	0,1	2	Устные вопросы, работа у доски
2	Тема 2. Нелинейные системы, методы описания	3	14,2		6	6	0,2	2	
3	Тема 3. Диссипативные системы	3	14,2		6	6	0,2	2	
4	Тема 4. Приближенные методы	3	14,2		6	6	0,2	2	
5	Тема 5. Вынужденные колебания, резонанс	3	16,2		6	6	0,2	4	
6	Тема 6. Параметрические и автоколебания	3	12,1		4	4	0,1	4	

#### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
1	Тема 1. Введение, линейные колебания	Работа с учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом	1-2 нед.	2	Устный контроль	
2	Тема 2. Нелинейные системы, методы описания		3-4 нед.	2		
3	Тема 3. Диссипативные системы		5-7 нед.	2		
4	Тема 4. Приближенные методы		8-10 нед.	2		
5	Тема 5. Вынужденные колебания, резонанс		11-13 нед.	4		
6	Тема 6. Параметрические и автоколебания		14-16 нед.	4		
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				<b>16</b>		

### 4.3.Содержание учебного материала

Введение.

Понятие процесса, колебательного процесса, положения равновесия, устойчивости системы. Классификация колебательных процессов и систем.

Тема 1.

Линейная консервативная система, аналитическое описание, гармонические колебания.

Негармонические колебания, ряд Фурье. Разложение различных колебаний в ряд Фурье.

Тема 2.

Описание линейных систем, переходная и импульсная характеристики, коэффициент передачи, примеры.

Метод фазовой плоскости, фазовый портрет, особые точки.

Нелинейные консервативные системы, нелинейный маятник, свойства.

Тема 3.

Линейная диссипативная система, аналитическое описание, затухающие колебания, описываемые величины.

Другие виды затухания: сухое, нелинейное.

Тема 4.

Приближенные методы решения колебательных уравнений: метод малого параметра, метод Ван-дер-Поля. Примеры приближенного решения.

Тема 5.

Системы с несколькими степенями свободы, примеры, задача Вальтерра.

Колебательные системы под внешним воздействием: консервативные, диссипативные и нелинейные.

Явление резонанса.

Тема 6.

Параметрические колебания, уравнение Хилла и Матье. Параметрический резонанс.

Автоколебательные системы. Мягкий и жесткий режим. Примеры. Автоколебательная система под внешним воздействием.

#### 4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/н	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	В, Тема 1	Линейные системы	4		Устный опрос, работа у доски, отчет по лабораторной работе	ОПК-1, ИДКОпк1.2  ОПК-2, ИДКОпк2.2
2	Тема 2	Фазовый портрет	6			
3	Тема 3	Системы с диссипацией	6			
4	Тема 4	Приближенные методы	6			
5	Тема 5	Системы с внешним воздействием	6			
6	Тема 6	Параметрические и автоколебательные системы	4			

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	2	3	4	5
1	Введение	Осмысление материала лекций.	ОПК-1 ОПК-2	<i>ИДК<sub>ОПК1.2</sub></i> <i>ИДК<sub>ОПК2.2</sub></i>
2	Тема 1	Осмысление материала лекций.		
3	Тема 2	Осмысление материала лекций.		
4	Тема 3	Осмысление материала лекций.		
5	Тема 4	Осмысление материала лекций.		
6	Тема 5	Осмысление материала лекций.		
7	Тема 6	Осмысление материала лекций.		

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа бакалавров – индивидуальная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства преподавателя, в ходе которой бакалавр активно воспринимает, осмысливает полученную информацию, решает теоретические и практические задачи.

В рамках самостоятельной работы студентам необходимо изучать лекционные конспекты, самостоятельно решать задачи, аналогичные решаемым на практических занятиях, проводить компьютерное моделирование.

Темы:

- 1) Решение различных дифференциальных уравнений первого и второго порядка
- 2) Разложение различных сигналов в ряд Фурье
- 3) Расчет характеристик простейших радиотехнических схем
- 4) Приближенное решение колебательных уравнений методом Ван-дер-Поля
- 5) Компьютерное моделирование различных колебательных систем

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ

Выполнение курсовых работ не предусмотрено учебным планом

### У.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронная информационно-образовательная среда университета обеспечивает доступ к электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочей программе дисциплины (модуля).

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий на одного обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

Обучающимся обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, состав которых определяется в рабочих программах дисциплин (модулей).

#### а) перечень литературы



1. Введение в теорию колебаний: учебник для вузов, Стрелков С.П., издательство «Лань», 2021, 440 с., 978-5-8114-7343-4 (<https://e.lanbook.com/book/158954>)
2. Теория линейных и нелинейных колебаний, Алдошин Г.Т., издательство «Лань», 2021, 320 с., 978-5-8114-1460-4 (<https://e.lanbook.com/book/211076>)
3. Колебания и волны, Дубнищев Ю.Н., издательство «Лань», 2021, 384 с., 978-5-8114-1183-2 (<https://e.lanbook.com/book/210578>)

#### **б) периодические издания**

#### **в) список авторских методических разработок**

#### **г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Научная библиотека ИГУ [http://library.isu.ru/resources/edu\\_resources/index.html](http://library.isu.ru/resources/edu_resources/index.html)
2. БД книг и продолжающихся изданий [http://ellibnb.library.isu.ru/cgi-bin/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.htm?LNG=&C21COM=F&I21DBN=IRCAT&P21DBN=IRCAT](http://ellibnb.library.isu.ru/cgi-bin/irbis64r_15/cgiirbis_64.htm?LNG=&C21COM=F&I21DBN=IRCAT&P21DBN=IRCAT)
3. Электронный читальный зал «БиблиоТех» <https://isu.bibliotech.ru/>
4. Электронная библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com>
5. Электронная библиотечная система «РУКОНТ» <http://rucont.ru>

## **VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Класс ЭВМ, аудитория 317, оснащенная вычислительной техникой, специальным ПО и свободным доступом в сеть Internet.

### **6.2. Программное обеспечение:**

- 1) Пакет SageMat
- 2) Пакет MatLab

### **6.3. Технические и электронные средства:**

Мультимедийный проектор, экран (по необходимости), меловая или маркерная доска.

## **VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

На лекциях используются активные методы обучения (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций). Практические занятия проводятся в интерактивной форме. Лабораторные работы проводятся с использованием ПЭВМ с последующей защитой.

## **VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Текущий контроль осуществляется путем устного опроса студентов на практических занятиях, путем защиты отчетов по лабораторным работам, а также решением задач студентами у доски.

Примерный вариант задач для решения на практических занятиях:

- 1) Построить фазовый портрет линейной консервативной системы с отталкивающей силой, указать особые точки
- 2) Найти решение уравнения колебаний линейной диссипативной системы
- 3) Определить частоту колебаний энергии в ЛКС

Лабораторные работы выполняются в математических пакета на ПЭВМ. По итогам моделирования студенты защищают отчет.

Примерный вариант лабораторного задания: провести численное моделирование колебаний нелинейного маятника, построить фазовый портрет. Ответить на вопросы:

- 1) Как качественно меняется вид колебаний в зависимости от амплитуды колебания?
- 2) Какие особые точки присутствуют на фазовом портрете?
- 3) Какому движению соответствуют фазовые траектории?

Промежуточная аттестация проходит в форме устного экзамена по билетам. В билете 2 вопроса и одна задача.

Пример билета:

### Билет №1

1. Линейная диссипативная система: уравнение, решение уравнения, амплитуда
2. Вынужденные колебания в ЛКС: уравнение, решение, виды колебаний, резонанс
3. Решить методом Ван-дер-Поля колебательное уравнение с кубическим затуханием

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенции ОПК-1:

- 1) Название характеристики гармонического колебания, определяющее максимальное отклонение колеблющейся величины от нуля?
  - a) частота
  - b) амплитуда
  - c) фаза
  - d) размах
- 2) Незатухающие колебания, поддерживаемые в системе за счет энергии, получаемой из источника посредством положительной обратной связи?
  - a) свободные
  - b) вынужденные
  - c) параметрические
  - d) автоколебания
- 3) Название явления нарастания амплитуды колебаний, возникающего при воздействии на систему внешней периодической силы определенной частоты?
  - a) резонанс
  - b) нелинейность
  - c) затухание
  - d) биение
- 4) Название колебательной системы, состоящей из груза на подвесе, совершающего малые колебания около положения равновесия?
  - a) математический маятник
  - b) нелинейный маятник
  - c) маятник Капицы
  - d) обратный маятник

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенции ОПК-2:

- 1) Название характеристики затухающих колебаний, обратно пропорциональной потере энергии за период?
  - a) декремент затухания
  - b) добротность
  - c) коэффициент затухания
  - d) амплитуда
- 2) В методе Ван-дер-Поля амплитуда колебания считается?
  - a) постоянной

- b) медленно меняющейся
  - c) быстро меняющейся
  - d) не имеет значения
- 3) Тип особой точки на фазовом портрете системы, фазовые кривые вблизи которой замкнутые?
- a) центр
  - b) фокус
  - c) седло
  - d) узел
- 4) Изменение поведения системы при изменении параметров системы?
- a) неустойчивость
  - b) бифуркация
  - c) нелинейность
  - d) биение
- 5) Скалярная функция частоты, определяющая относительную представленность значения данной величины в изучаемом объекте?
- a) корреляция
  - b) добротность
  - c) амплитуда
  - d) спектр
- 6) Название наивысшей частоты в сигнале, доступной для оцифровки?
- a) резонансная
  - b) собственная
  - c) Найквиста
  - d) внешняя
- 7) Название метода для нахождения приближенного решения слабонелинейных колебательных уравнений?
- a) метод наименьших квадратов
  - b) метод Гаусса
  - c) метод характеристик
  - d) метод Ван-дер-Поля
- 8) Маломощный генератор электрических колебаний, применяемый для преобразования частот сигнала?
- a) гетеродин
  - b) модулятор
  - c) детектор
  - d) анализатор спектра
- 9) Меандр имеет форму?
- a) гармоническую
  - b) пилообразную
  - c) прямоугольную
  - d) гауссоподобную
- 10) В колебательной системе энергия колеблется с частотой?
- a) собственной
  - b) удвоенной собственной
  - c) утроенной собственной
  - d) половина от собственной

**Разработчик:**



доцент, Безлер И.В.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учитывает рекомендации ПООП по направлению и профилю подготовки **03.03.03 Радиофизика**.

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиофизики и радиоэлектроники «30» августа 2021 г. протокол № 1

И.О. зав. кафедрой  Колесник С.Н.

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.*