

Министерство науки и высшего образования РФ  
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»  
Инженерно-физический факультет высоких технологий  
Кафедра радиоп физики и электроники

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
для самостоятельной работы по дисциплине  
«Теория колебаний»  
студентов бакалавриата всех направлений  
Очная форма обучения

Семенов А. Л.

Ульяновск 2020

**Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «Теория колебаний» студентов бакалавриата всех направлений. Очная форма обучения. Семенов А. Л. - Ульяновск: УлГУ, 2020.**

Настоящие методические указания предназначены для студентов всех направлений, изучающих дисциплину «Теория колебаний». В работе приведены методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы, задания для самостоятельного выполнения, список рекомендуемой литературы, программное обеспечение по дисциплине. Предназначены для студентов очной формы обучения при подготовке к экзамену по данной дисциплине. Рекомендованы к использованию Ученым советом инженерно-физического факультета высших технологий УлГУ Протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» 2020 г.

## **1. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы.**

По данной дисциплине организуется и проводится внеаудиторная самостоятельная работа.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом в объеме не менее 50-70% общего количества часов, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

Самостоятельная работа по данной дисциплине состоит из следующих модулей:

- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка к зачету.

При подготовке к лабораторным занятиям и контрольным мероприятиям рекомендуется руководствоваться учебниками и учебными пособиями, в том числе и информацией, полученной в Internet.

Студентам рекомендуется следующий порядок организации самостоятельной работы над темами и подготовки к практическим занятиям:

- ознакомиться с содержанием темы;
- прочитать материал лекций, при этом нужно составить себе общее представление об излагаемых вопросах;
- прочитать параграфы учебника, относящиеся к данной теме;
- перейти к тщательному изучению материала, усвоить теоретические положения и выводы, при этом нужно записывать основные положения темы (формулировки, определения, термины, воспроизводить отдельные схемы и чертежи из учебника и конспекта лекций).

Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента.

## **2. Задания для самостоятельного выполнения.**

### **Тема 1. Собственные колебания**

Гармонические колебания. Затухающие колебания. Электромеханическая аналогия. Фазовые траектории и фазовый портрет. Понятие о собственных колебаниях нелинейных осцилляторов.

#### **Рекомендации по изучению темы:**

Вопросы темы изложены в учебно-методическом пособии [1] на с.12-39.

#### **Контрольные вопросы по теме [1]:**

1. Дайте определение и опишите свойства гармонических колебаний. Что называют амплитудой, фазой, начальной фазой, периодом и частотой колебаний?
2. Нарисуйте схематические графики потенциальной и кинетической энергии гармонических колебаний в зависимости от времени.
3. Получите уравнение движения гармонического осциллятора из закона сохранения энергии.
4. Запишите уравнение движения затухающих колебаний и его решение в случае слабого затухания.
5. Запишите уравнение движения затухающих колебаний и его решение в случае сильного затухания.
6. Укажите отличие энергетических характеристик гармонических и затухающих колебаний.
7. Дайте определение параметрам, описывающим затухающие колебания.

8. Что такое добротность колебательной системы?
9. Дайте определение фазовой траектории. Перечислите свойства фазовых траекторий колебательных процессов.
10. Дайте определения и опишите свойства особых точек фазового портрета.
11. Какие особые точки фазового портрета относятся к состояниям устойчивого и неустойчивого равновесия?

## **Тема 2. Вынужденные колебания**

Поведение осциллятора под воздействием внешнего периодического возмущения. Энергия осциллятора при вынужденных колебаниях. Добротность осциллятора. Резонанс напряжений в последовательном контуре. Резонансные явления в параллельном колебательном контуре. Понятие об электронной теории дисперсии. Оценка дисперсионных свойств плазмы.

### **Рекомендации по изучению темы:**

Вопросы темы изложены в учебно-методическом пособии [1] на с.40-67.

### **Контрольные вопросы по теме [1]:**

1. Как зависит амплитуда и фаза электрического тока в колебательном контуре от частоты внешнего воздействия?
2. Как зависит амплитуда и фаза электрического заряда конденсатора в колебательном контуре от частоты внешнего воздействия?
3. Как соотносятся мощность, передаваемая в колебательную систему, и диссипируемая мощность при вынужденных колебаниях?

4. Дайте определение добротности осциллятора через ширину полосы поглощения.
5. Что такое резонанс?
6. Опишите резонансные явления в параллельном контуре. В чем отличие «резонанса токов» от «резонанса напряжений»?

### **Тема 3. Параметрические колебания**

Колебательный контур с параметрическим возбуждением. Параметрические колебания математического маятника. Фазовые траектории параметрических колебаний осциллятора.

#### **Рекомендации по изучению темы:**

Вопросы темы изложены в учебно-методическом пособии [1] на с.68-81.

#### **Контрольные вопросы по теме [1]:**

1. На примере математического маятника опишите свойства параметрических колебаний.
2. Каким уравнением описывается состояние колебательного контура с параметрическим возбуждением?
3. Что такое параметрический резонанс?
4. При каких частотах накачки возбуждается параметрический резонанс и как они связаны с собственной частотой осциллятора?
5. В чем различие параметрических и вынужденных колебаний?

### **Тема 4. Связанные колебания**

Осцилляторы, связанные через жесткость (емкость). Анализ колебаний системы связанных осцилляторов в естественных координатах. Частота нормальных мод. Система из двух электрических осцилляторов с емкостной связью. Система из двух осцилляторов с инерциальной (индуктивной) связью.

**Рекомендации по изучению темы:**

Вопросы темы изложены в учебно-методическом пособии [1] на с.82-97.

**Контрольные вопросы по теме [1]:**

1. Приведите примеры электрических контуров с емкостной и индуктивной связью.
2. Дайте определение естественным и нормальным координатам.
3. Как отличаются описания колебаний в естественных и в нормальных координатах?
5. Дайте определение степени свободы системы. Сколько степеней свободы имеет система связанных гармонических осцилляторов?

**Тема 5. Вынужденные колебания в связанных осцилляторах**

Колебания в электрических связанных контурах. Резонансные свойства связанных контуров. Энергетические соотношения в условиях резонанса.

**Рекомендации по изучению темы:**

Вопросы темы изложены в учебно-методическом пособии [1] на с.98-118.

**Контрольные вопросы по теме [1]:**

1. Что такое частный резонанс? Сколько резонансных частот имеет система связанных осцилляторов?
2. Опишите резонансные свойства системы связанных контуров при коэффициенте связи, меньшем или равном критическому значению.
3. Опишите резонансные свойства системы связанных контуров при значении коэффициента связи, превышающем критическое значение.
4. Опишите явление демпфирования.

### **Тема 6. Колебания в распределенных системах**

Распределенные колебательные системы с ограничением собственных частот сверху. Распределенные колебательные системы с ограничением собственных частот снизу. Вынужденные колебания в распределенных системах. Понятие о фильтрах. Переход от дискретной системы связанных осцилляторов к сплошной среде. Колебания в кристаллических структурах. Поглощение инфракрасного излучения ионными кристаллами.

#### **Рекомендации по изучению темы:**

Вопросы темы изложены в учебно-методическом пособии [1] на с.119-140.

#### **Контрольные вопросы по теме [1]:**

1. Как определяется критическая частота в распределенных колебательных системах?
2. От чего зависят критические частоты и фильтрующие свойства распределенных колебательных систем.



3. Какими физическими процессами объясняется появление акустической и оптической ветвей в спектре колебаний кристаллической решетки?

4. Чем отличается математическое описание колебательных процессов в дискретных и сплошных средах?

### **Тема 7. Колебания в электрических линиях передачи**

Линия передачи без потерь. Линия передачи с потерями. Волновое сопротивление линии передачи с потерями. Отражение от конца линии передачи. Свойства линий передач как колебательных систем. Неискажающая линия.

#### **Рекомендации по изучению темы:**

Вопросы темы изложены в учебно-методическом пособии [1] на с.141-164.

#### **Контрольные вопросы по теме [1]:**

1. Какими уравнениями описывается идеальная линия передач? Какие параметры характеризуют ее свойства?

2. В чем отличие идеальной и реальной линий передачи?

3. Какими параметрами характеризуется изменение волн напряжения и тока на конце линии?

4. Что такое согласованная нагрузка линии передачи?

5. Как определяется импеданс линии передачи в произвольном сечении?

6. Объясните зависимость входного сопротивления идеальной линии передачи от импеданса нагрузки.

7. Опишите свойства короткозамкнутой идеальной линии передачи как колебательной системы.
8. Охарактеризуйте разомкнутую линию как колебательную систему.
9. Укажите способ определения волнового сопротивления линии передачи.
10. Как осуществляется согласование линий передачи, для которых известны волновые сопротивления?
11. Укажите способ согласования линии передачи с нагрузкой, если известны волновое сопротивление линии и импеданс нагрузки.

#### **4. Вопросы к экзамену**

1. Гармонические колебания. Пружинный маятник без трения. Период и энергия колебаний.
2. Гармонические колебания. Математический и физический маятники. Период колебаний.
3. Комплексные числа. Модуль и аргумент. Формула Эйлера. Умножение и деление.
4. Линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами.
5. Свободные колебания в последовательном RLC контуре. Слабое затухание.
6. Свободные колебания в последовательном RLC контуре. Сильное затухание.
7. Фазовый портрет затухающих колебаний. Метод изоклин.
8. Вынужденные колебания в линейном RLC контуре. Резонанс заряда на конденсаторе.
9. Вынужденные колебания в линейном RLC контуре. Резонанс тока. Добротность.

10. Частотная передаточная функция и функция Грина. Связь между ними. Смысл функции Грина.
11. Теорема для нахождения функции Грина. Функция Грина уравнения вынужденных колебаний.
12. Переходные процессы в RLC контуре. Сильное затухание.
13. Переходные процессы в RLC контуре. Слабое затухание.
14. Расчет цепей синусоидального тока. Синусоидальный ток в резисторе, катушке индуктивности и конденсаторе.
15. Резонанс в параллельном RLC контуре.
16. Свободные колебания в линейных консервативных системах с  $n$  степенями свободы.
17. Пружинный маятник с двумя степенями свободы. Парциальные и собственные частоты. Биения.
18. Индуктивно связанные катушки индуктивности. Свободные колебания в двух связанных LC контурах.
19. Вынужденные колебания в двух связанных LC контурах. Гашение колебаний.
20. Свободные колебания в цепочке из LC контуров.
21. Вынужденные колебания в цепочке из LC контуров.
22. Колебания в распределенных системах. Двухпроводная электрическая линия.
23. Продольные колебания цепочки одинаковых атомов.
24. Свободные колебания в нелинейном LC контуре.
25. Вынужденные колебания в нелинейном LC контуре.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **а) Список рекомендуемой литературы**

### ОСНОВНАЯ

1. Дубнищев, Ю. Н. Колебания и волны: учебное пособие / Ю. Н. Дубнищев. — Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2017. — 328 с. — ISBN 978-5-379-02002-6. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/65275.html>
2. **Элементы теории колебаний** : учеб. пособие / Горяченко Вадим Демьянович. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2001. - 395 с. (57 экз.).
3. *Баев, В. К.* Теория колебаний: учебное пособие для академического бакалавриата / В. К. Баев. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 348 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-08527-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/442294>

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

4. **Курс физики. Колебания и волны.** Теория, задачи и решения : учеб. пособие для втузов / **Трофимова** Таисия Ивановна, А. В. **Фирсов.** - Москва : Академия, 2003. - 256 с.
5. **Курс теории колебаний** : учеб. пособие для вузов / Яблонский Александр Александрович, С. С. Норейко. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2003. - 256 с. (22 экз.).
6. Формирование колебаний и сигналов : учебник для вузов / А. Р. Сафин [и др.] ; под редакцией В. Н. Кулешова, Н. Н. Удалова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 391 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11281-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/444846>
7. Семенихина, Д. В. Компьютерный лабораторный практикум по теории колебаний. Часть 1: учебное пособие / Д. В. Семенихина. — Та-

ганрог : Издательство Южного федерального университета, 2015. — 84 с. — ISBN 978-5-9275-1815-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/68216.html>

**учебно-методическая**

8. **Колебания** : учеб.-метод. пособие / А. Л. **Семенов**; ИФФВТ, УлГУ. - Ульяновск: УлГУ, 2008. - 19 с.- Режим доступа: <ftp://10.2.96.134/Text/semenov.pdf>

**б) Программное обеспечение:**

- Операционная система Windows;
- Пакет офисных программ Microsoft Office.

**в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:**

**1. Электронно-библиотечные системы:**

- 1.1. **IPRbooks** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ группа компаний Ай Пи Эр Медиа. - Электрон. дан. - Саратов, [2019]. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>.
- 1.2. **ЮРАЙТ** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 1.3. **Консультант студента** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО Политехресурс. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/pages/catalogue.html>.
- 1.4. **Лань** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная си-

стема/ ООО ЭБС Лань. - Электрон. дан. – С.-Петербург, [2019]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com>.

1.5. **Znanium.com** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО Знаниум. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <http://znanium.com>.

2. **КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система/ Компания «Консультант Плюс». - Электрон. дан. - Москва: КонсультантПлюс, [2019].

3. **База данных периодических изданий** [Электронный ресурс]: электронные журналы/ ООО ИВИС. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>.

4. **Национальная электронная библиотека** [Электронный ресурс]: электронная библиотека. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://нэб.рф>.

5. **Электронная библиотека диссертаций РГБ** [Электронный ресурс]: электронная библиотека/ ФГБУ РГБ. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://dvs.rsl.ru>.

6. **Федеральные информационно-образовательные порталы:**

6.1. Информационная система [Единое окно доступа к образовательным ресурсам](http://window.edu.ru). Режим доступа: <http://window.edu.ru>.

6.2. Федеральный портал [Российское образование](http://www.edu.ru). Режим доступа: <http://www.edu.ru>.

7. **Образовательные ресурсы УлГУ:**

7.1. Электронная библиотека УлГУ. Режим доступа: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>.

7.2. Образовательный портал УлГУ. Режим доступа: <http://edu.ulsu.ru>.

8. **Профессиональные информационные ресурсы:**

8.1. Материалы о менеджменте качества. Режим доступа: <http://quality.eup.ru>.

8.2.Издательство «Стандарты и качество». Режим доступа:  
<http://www.stq.ru>.

8.3.Ассоциация Деминга. Режим доступа: <http://www.deming.ru>.

Центр «Приоритет». Режим доступа: <http://www.centerprioritet.ru>.