



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

«СОГЛАСОВАНО»

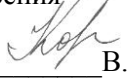
Руководитель ОП  
Приборостроение

  
\_\_\_\_\_ В.В. Петросьянц  
(подпись)

« 28 » \_\_\_\_\_ сентября \_\_\_\_\_ 2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой  
Приборостроения

  
\_\_\_\_\_ В.И. Короченцев  
(подпись)

« 28 » \_\_\_\_\_ сентября \_\_\_\_\_ 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Колебания и волны

**Направление подготовки – 12.03.01 Приборостроение**

профиль подготовки: «Акустические приборы и системы»

**Форма подготовки очная**

Курс 2 семестр 4

Лекции - 18 час.

Практические занятия - не предусмотрено

Лабораторные работы - 36 час.

в том числе с использованием МАО лек. 10 /пр.0 /лаб. 12 час.

всего часов аудиторной нагрузки 54 (час.)

самостоятельная работа 90 (час.)

Всего - 144 час.

контрольные работы 3

зачет 4 семестр

экзамен не предусмотрен учебным планом

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ для реализуемых основных профессиональных образовательных программ по направлению подготовки 12.03.01 Приборостроение, уровня высшего образования (бакалавриат), введенного в действие приказом ректора ДВФУ от 19.04.2016 № 12-13-718

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Приборостроение протокол № 1 от « 28 » \_\_\_\_\_ сентября \_\_\_\_\_ 2018 г.

Заведующий кафедрой Приборостроения \_\_\_\_\_ В.И. Короченцев  
(подпись) (и.о. фамилия)

Составитель (ли) \_\_\_\_\_ доцент Е.Н. Сальникова  
(должность) (подпись) (и.о. фамилия)

## Оборотная сторона титульного листа РПУД

### I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г. № \_\_\_\_\_  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.И.Короченцев \_\_\_\_\_  
(подпись) (и.о. фамилия)

Изменений нет.

### II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г. № \_\_\_\_\_  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_  
(подпись) (и.о.ф.)

## **Annotation of the program of discipline**

The discipline "Fluctuations and waves" is one of disciplines of a choice of a profile cycle. Fluctuations are movements (condition change), repeatability possessing these or those degree.

Are most widespread: mechanical fluctuations (fluctuations of a pendulum, the bridge, the ship on a wave, strings, fluctuations of density and air pressure at sound distribution in the elastic environment), electromagnetic fluctuations (fluctuations of napryazhyonnost) of the electric and magnetic fields, being raised in an oscillatory contour, the volume resonator.

"There is no such area of equipment, there is no such section of physics in which we wouldn't meet to some extent oscillatory processes. Radio engineering, electrical equipment of alternating currents and some other branches of equipment are entirely based on use of oscillatory processes. In physical sciences: in optics, acoustics, mechanics, electricity, in the atom theory – everywhere we meet oscillatory processes.

The detailed analysis of the oscillatory processes meeting in physics and equipment, shows that fundamental laws of fluctuations in all cases are identical. Such, in a sense, universality of laws of oscillatory processes forces to distinguish studying them in separate discipline. Thus, a problem of a course is studying from the uniform point of view of the oscillatory processes meeting in the various physical phenomena and technical devices". S. P. Strelkov's these words as well as possible display the purpose of introduction of this course.

Development of discipline requires knowledge of the following disciplines (sections): the higher mathematics (linear algebra and analytical geometry, differential and integrated calculations, elements of the theory of a field, the differential equations, the equations of mathematical physics, function complex variable, statistics, the vector analysis), physics (physical bases of mechanics, electricity and magnetism, physics of fluctuations and waves, the theory of

absorption of fluctuations in various environments), informatics (algorithmization and programming).

The discipline is directed on formation of the following common cultural and all-professional competences of the graduate.

After studying of this discipline students have to know fundamental laws of the nature and the basic physical laws in the field of mechanics, electricity and magnetism; to own skills of practical application of laws of physics.

To be able to apply mathematical methods, physical laws to the solution of practical tasks; to use standard terminology, definitions, designations and units of physical quantities.

## АННОТАЦИЯ

### «Колебания и волны»

Рабочая программа дисциплины «Колебания и волны» разработана для студентов, обучающихся по направлению подготовки 12.03.01 «Приборостроение», профиль «Акустические приборы и системы», Дисциплина включена в состав обязательных дисциплин вариативной части блока 1 Дисциплины (модули) учебного плана, Б1.В.ОД.2.

Дисциплина реализуется на 2 курсе в 4 семестре. Общая трудоемкость дисциплины «Колебания и волны» составляет 4 зачетные единицы (144 часа). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 часов), лабораторные работы (36 часов), самостоятельная работа студента (90 часов). Оценка результатов обучения: зачет в 4 семестре.

Содержание дисциплины охватывает следующий круг вопросов: механические и электромагнитные колебания, распространение упругих и электромагнитных волн, изучение с единых позиций колебательных процессов, встречающихся в разнообразных физических явлениях и технических устройствах.

Для освоения дисциплины необходимы знания, полученные при изучении следующих дисциплин: линейная алгебра и аналитическая геометрия, физика, информатика в приборостроении.

**Цель дисциплины:** формирование адекватного представления современному уровню знаний о единой природе колебательных процессов, встречающихся в разнообразных физических, биологических явлениях и технических устройствах.

**Задачи дисциплины:**

1. изучить основные законы, описывающие колебательные процессы в системах различной природы;
2. овладеть методами анализа колебательных систем различной природы;

3. научиться использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования колебательных систем;

4. изучить методики измерения и исследования колебательных системах различного назначения

Для успешного изучения дисциплины «Колебания и волны» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции: способность к самосовершенствованию и саморазвитию в профессиональной сфере, к повышению общекультурного уровня; способность понимать, использовать, порождать и грамотно излагать инновационные идеи на русском языке; способность привлекать для решения различных технических задач соответствующий физико-математический аппарат.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции.

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	Знает	Основные положения, законы и методы естественных наук и математики в области описания колебательных систем
	Умеет	Применять основные положения, законы и методы естественных наук и математики при анализе колебательных систем различной природы
	Владеет	Методами анализа колебательных систем различной природы
ОПК-3 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Знает	Основные законы, описывающие поведение колебательных систем различной природы
	Умеет	Выявить сущность проблемы, составить модель колебательной системы и сформулировать условия ее применения
	Владеет	Методами физико-математического аппарата для определения параметров и характеристик колебательной системы и волнового процесса

ПК-3 способность к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике	Знает	Основные принципы выбора измерительной аппаратуры
	Умеет	Анализировать влияние внешних воздействий на колебательные процессы
	Владеет	Навыками оформления протоколов измерений и обработки экспериментальных данных

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Колебания и волны» применяются следующие методы активного обучения: анализ конкретных ситуаций, выполнение лабораторных работ и защита отчетов.

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (18 час., МАО 10 час.)**

### **Модуль 1. Общие понятия и определения (2/2 час.)**

Лекция 1. Предмет, содержание и объем курса. Рекомендуемая литература. Основные определения. Примеры колебательных систем различной природы. Классификации колебаний. Гармонические колебания. Консервативные колебательные системы. Консервативная колебательная система с одной степенью свободы. Поступательные механические системы. Крутильные колебания. Электрический колебательный контур. Система электромеханических аналогий. Методы определения собственной частоты и периода колебаний консервативной колебательной системы.

### **Модуль 2. Консервативные колебательные системы. Свободные колебания (8/8час.)**

Лекция 2. Составление уравнения движения для консервативных систем с сосредоточенными параметрами: крутильные колебания диска, крутильные колебания двух дисков. Электрический колебательный контур. Энергия гармонического осциллятора. Первый интеграл движения, или закон сохранения энергии.

Лекция 3. Система электромеханических аналогий. Способы вычисления собственной частоты и периода колебаний консервативной колебательной системы: при решении дифференциальных уравнений движения; метод статического отклонения; метод равенства максимальных кинетической и потенциальной энергий. Определение собственной частоты пружинного маятника с учетом веса пружины. Численная оценка погрешности полученного выражения. Период математического маятника при произвольной амплитуде. Изохронные и неизохронные колебания.

Лекция 4. Сложение гармонических колебаний. Сложение гармонических колебаний одного направления. Сложение колебаний одинаковой частоты. Векторные диаграммы. Колебания с разными частотами. Биения. Сложение колебаний с кратными частотами. Разложение периодического колебания в ряд Фурье. Примеры разложения. Спектр ряда Фурье. Интеграл Фурье. Сложение колебаний, происходящих в различных направлениях. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний.

Лекция 5 Описание колебательного движения с помощью фазовой плоскости. Основные понятия: фазовая плоскость, фазовая траектория, изображающая точка, фазовый портрет. Фазовый портрет гармонического колебания: пружинный маятник, электрический колебательный контур. Фазовая скорость. Время полного оборота, совершаемого изображающей точкой. Период колебаний математического маятника. Фазовый портрет малых колебаний вблизи положения равновесия. Фinitная и инфинитная области, разделительная линия - сепаратриса. Особые точки: центр, седло. Построение фазовых траекторий методом изоклин. Метод Льенара.

**Модуль 3.** Неконсервативные колебательные системы. Свободные колебания (4/4 час.)

Лекция 6. Свободные колебания в неконсервативных системах. Основные типы сил трения: сухое (кулоновское) трение; трение, пропорциональное скорости; трение, пропорциональное квадрату скорости; трение, пропорциональное высокой степени скорости. Уравнения движения и



их решения. Решение уравнения для силы, не зависящей от скорости. Решение уравнения с трением, пропорциональным скорости. Три основных режима движения: колебательный режим ( $\delta < \omega_0$ ), критический режим ( $\delta = \omega_0$ ), неколебательный (лимитационный) режим ( $\delta > \omega_0$ ). Величины, характеризующие затухание колебаний в неконсервативной системе: коэффициент трения, коэффициент затухания, декремент затухания, добротность. Энергетические характеристики неконсервативной колебательной системы. Изменение энергии неконсервативной системы с течением времени.

Лекция 7. Затухающие электромагнитные колебания. Характеристики затухающих электромагнитных колебаний. Фазовый портрет движения неконсервативной колебательной системы. Затухающие колебания. Возрастающие колебания. Фазовый портрет лимитационного движения. Фазовые траектории, описывающие колебательное движение при кулоновском трении. Фазовые траектории колебательного движения в случае квадратичного трения. Построение фазовых траекторий.

**Модуль 4.** Вынужденные колебания. Консервативные и неконсервативные системы. (10/10 час.)

Лекция 8. Вынужденные колебания. Консервативная колебательная система. Неконсервативные колебательные системы. Комплексная амплитуда. Определение частоты, на которой амплитуда смещения максимальна. Установление колебаний при резонансе. Зависимость амплитуды колебательной скорости от частоты. Фазовые характеристики.

Лекция 9. Вычисление добротности по ширине резонансной кривой. Связь между шириной резонансной кривой и постоянной времени. Фазовые характеристики колебательной скорости. Амплитудные и фазовые характеристики ускорения. Вынужденные электромагнитные колебания. Сводные формулы.

Лекция 10. Механическое и электрическое сопротивления колебательных систем. Импеданс. Электрическая колебательная система.

Амплитудные и фазовые характеристики электрических колебательных систем. Электрический импеданс. Еще раз о системе электромеханических аналогий. Составление эквивалентных схем. Задание для самостоятельной работы: составление схемы заданной механической системы и ее электрического аналога по индивидуальному заданию.

Лекция 11. Вынужденные колебания под действием произвольной внешней вынуждающей силы. Принцип суперпозиции. Смещение в колебательной системе, на которую действует произвольная периодическая сила с условным периодом  $T_1$ . Произвольная непериодическая сила. Метод интеграла Фурье. Метод суммирования импульсов. Метод решения дифференциального уравнения.

**Модуль 5.** Нелинейные колебательные системы. (4/4час.).

Лекция 12. Нелинейные колебательные системы. Уравнения собственных колебаний в линейном приближении. Пружинный маятник. Сила упругости в нелинейном приближении. Физический маятник. Электрический колебательный контур с индуктивностью с ферромагнитным сердечником. Вынужденные колебания нелинейных систем. Зависимости амплитуд вынужденных колебаний от расстройки частоты консервативной колебательной системы.

Лекция 13. Нелинейные колебательные системы. Неконсервативная колебательная система. Вынужденные колебания.

Раздел 7. Колебательные системы с  $n$  степенями свободы (2/2)

Лекция 14. Колебательные системы с двумя степенями свободы. Уравнения движения консервативной системы. Парциальные системы. Решение уравнений движения. Собственные частоты. Исследование уравнения собственных частот. График Вина.

**Модуль 6.** Упругие волны (4/4)

Лекция 15. Волновые процессы. Упругие волны. Кинематическое описание волн. Плоские волны. Фазовая скорость. дисперсия. Волновое уравнение. Сферические волны. Цилиндрические волны. Стоячие волны.

Энергия волнового движения. Поток энергии. Групповая скорость Лекция 16. Собственные колебания стержней и струн. Звуковые волны. Распространение продольных волн в упругой среде. Поперечные волны. Методы решения волнового уравнения.

#### **Модуль 7. Электромагнитные волны (2/2)**

Лекция 17. Электромагнитные волны. Уравнение плоской электромагнитной волны. Волновое уравнение. Фазовая скорость электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойнтинга. Источники электромагнитных волн. Шкала электромагнитных волн.

#### **Модуль 8. Заключение Подведение итогов изучения дисциплины (2/2)**

Лекция 18, заключительная. Сводка основных формул и понятий. Примеры использования аппарата анализа процессов, происходящих в колебательных системах в различных областях знания.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия**

Не предусмотрены учебным планом.

### **Лабораторные работы (36 час.)**

#### **Лабораторная работа 1. (4 час.)**

Общие требования к подготовке к проведению лабораторной работы, порядок выполнения, оформления отчета и защите лабораторной работы.

Работа с «Руководством по расчету неопределенности измерений».

Расчет неопределенности по типу А и по типу Б. Расчет стандартной неопределенности. Расчет расширенной неопределенности. Запись результата измерений.

#### **Лабораторная работа 2. (4 час.)**

Изучение колебаний натянутой струны.

Цель работы – изучить колебания струны и выяснить зависимость влияния натяжения струны на ее собственные частоты.

### **Лабораторная работа 3. (4 час).**

Определение скорости звука в воздухе методом сложения двух взаимно перпендикулярных колебаний.

Цель работы: изучение сложения взаимно перпендикулярных колебаний с помощью осциллографа и определение скорости звука.

### **Лабораторная работа 4. (4 час)**

Радиальные колебания пьезоэлектрических пластин»

Цель работы: исследование характеристик колебательной системы с распределенными параметрами.

**Лабораторная работа 5.** Защита лабораторных выполненных лабораторных работ в виде конференции (4 час). Занятие проводится с использованием методов МАО.

### **Лабораторная работа 6. (4 час).**

Свободные затухающие колебания в электрическом контуре

Цель работы: изучение свободных затухающих колебаний в электрическом контуре.

### **Лабораторная работа 7. «Эффект Доплера» (4 час).**

Цель работы: Определение скорости звука методом измерения изменения частоты.

**Лабораторная работа 8.** «Вынужденные колебания в электрическом контуре» (4 час).

Цель работы: изучение вынужденных колебаний в электрическом контуре.

**Лабораторная работа 9.** Заключительное занятие Защита отчетов по выполненным лабораторным работам.

Все лабораторные работы проводятся с использованием МАО.

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине п дисциплины «Колебания и волны» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства – наименование	
			текущий контроль	промежуточная аттестация
	Модуль 1	ОПК-1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики; ОПК-3 способность	Выполнение и защита лабораторных работ 1,2 Выполнение контрольной работы 1	Зачет Вопросы 1-35

		<p>выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p> <p>ПК-3 способностью к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике</p>		
	Модуль 2	<p>ОПК-1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;</p> <p>ОПК-3 способность выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p> <p>ПК-3 способностью к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике</p>	<p>Выполнение и защита лабораторных работ 3,4</p> <p>Выполнение контрольной работы 2</p>	<p>Зачет</p> <p>Вопросы 36-57</p>
	Модуль 3	<p>ОПК-1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;</p> <p>ОПК-3 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать</p>	<p>Выполнение и защита лабораторных работ</p> <p>Выполнение контрольной работы 3</p>	<p>Зачет</p> <p>Вопросы 58-71</p>

		для их решения соответствующий физико-математический аппарат ПК-3 способностью к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике		
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

Предусмотрено проведение на первом лекционном занятии диагностики остаточных знаний по разделам указанных в п.2 дисциплин. Разработаны тесты и вопросы для контрольных опросов по каждой теме, а также 3 контрольных работы.

Контрольные и методические материалы, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы представлены в Приложении 2.

### **Перечень типовых вопросов для итогового контроля**

Гармонические колебания в консервативных системах. Уравнение движения. Решения уравнения движения. Смещение, скорость, ускорение в колебательной системе с одной степенью свободы. Примеры консервативных колебательных механических и электрических систем.

Уравнение движения и его решение для математического маятника.

Уравнение движения и его решение для пружинного маятника.

Уравнение движения и его решение для физического маятника.

Уравнение движения и его решение для математического маятника.

Уравнение движения и его решение для резонатора Гельмгольца.

Уравнение движения и его решение для крутильных колебаний диска.

Уравнение движения и его решение для крутильных колебаний двух дисков.

Уравнение движения и его решение для электрического колебательного контура.

Энергия гармонического осциллятора. Превращение энергии в колебательном контуре.

Методы вычисления собственной частоты и периода колебаний консервативной колебательной системы.

Сложение гармонических колебаний. Сложение колебаний одной частоты. Сложение колебаний с разными частотами. Биения. Сложение колебаний с кратными частотами. Разложение периодического колебания в ряд Фурье. Сложение колебаний, происходящих в различных направлениях.

Описание колебательного движения с помощью фазовой плоскости. Фазовый портрет гармонического колебания.

Определение времени полного оборота, совершаемого изображающей точкой.

Фазовый портрет малых колебаний вблизи положения равновесия.

Построение фазовых траекторий методом изоклин.

Построение фазовых траекторий методом Лъенара.

Неконсервативные колебательные системы. Основные типы сил трения.

Уравнение движения и его решение для кулоновского трения.

Уравнение движения и его решение для силы трения, пропорциональной квадрату скорости.

Уравнение движения и его решение для силы трения, пропорциональной скорости. Колебательный режим.

Уравнение движения и его решение для силы трения, пропорциональной скорости. Лимитационный режим.

Уравнение движения и его решение для силы трения, пропорциональной скорости. Критический режим.

Характеристики затухающих колебаний.



Энергетические характеристики неконсервативной колебательной системы

Фазовый портрет движения неконсервативной колебательной системы

Фазовый портрет колебательного движения неконсервативной системы.

Фазовый портрет лимитационного движения.

Фазовые траектории, описывающие колебательное движение при кулоновском трении.

Фазовые траектории колебательного движения в случае сухого трения

Колебательное движение при квадратичном трении.

Вынужденные колебания консервативной системы. Уравнение движения. Решения уравнения движения.

Амплитуда установившихся вынужденных колебаний.

Вынужденные колебания неконсервативной системы. Уравнение движения. Решения уравнения движения.

Вычисление частоты, при которой максимальна амплитуда смещения в неконсервативной колебательной системе.

Установление колебаний при резонансе в неконсервативной колебательной системе.

Зависимость амплитуды колебательной скорости от частоты в неконсервативной колебательной системе.

Вычисление частоты внешней вынуждающей силы, при которой амплитуда колебательной скорости максимальна.

Вычисление частоты внешней вынуждающей силы, при которой амплитуда колебательного ускорения максимальна.

Вычисление добротности по ширине резонансной кривой. Связь между шириной резонансной кривой и постоянной времени.

Фазовые характеристики колебательного смещения, колебательной скорости и ускорения в неконсервативной колебательной системе.

## У. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

1. Терлецкий И.А. Введение в теорию колебательных и волновых процессов: учебное пособие/ И.А.Терлецкий; Дальневосточный государственный технический университет.- Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. -248 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:386992&theme=FEFU> (22 экз.)

2. Медицинская и биологическая физика [Электронный ресурс] : учебник / Ремизов А.Н. - 4-е изд., испр. и перераб. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013. - <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970424841.html>

3. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учебник/ А.Н.Ремизов.- 4-е изд., испр. и перераб. – М.:ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 648с.

4. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле: Пер с англ. Изд-е 3-е, стереотипн. М.: КомКнига, 2007.-440с.

5. Крэндалл И.Б. Акустика: Пер с англ. Изд-е 4.-М.:Книжный дом «Либроком», 2009.-168с.

5. Трофимова Т.И. Курс физики: Учеб. пособ. для вузов. – 7-е. изд., испр. – М.: Высш. шк., 2007. – 352 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:295007&theme=FEFU> (16 экз.)

6. Курс физики: Учебник для вузов: в 2 т. Т.1. – 3-е изд. стер. / Под ред. В.Н. Лозовского.–СПб.: Изд-во «Лань», 2009. – 576 с. Т. 2. – 3-е изд.– СПб.: Изд-во «Лань», 2009.– 600 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:295568&theme=FEFU> (1 экз.)

7. Стрелков С.П. Введение в теорию колебаний. СПб., М., Краснодар: Лань,2005. – 437 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:246746&theme=FEFU> (4 экз.)

8. Медицинская и биологическая физика: сборник задач. – 2-е изд., перераб и доп. /А.Н.Ремизов, А.Г.Максина. Электронная библиотечная

система «Консультант студента. Электронная библиотека медицинского вуза». [www.studmedlib.eu/extra](http://www.studmedlib.eu/extra)

### **Дополнительная и справочная**

1. Каневский И.Н. Колебательные системы с сосредоточенными параметрами.- Владивосток: Изд-во Дальнаука, 2004.- 529 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:395042&theme=FEFU>

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:16316&theme=FEFU>

1. Горелик Г.С. Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику. М.: Физматгиз, 1959.-572с. .

2. Кабисов К.С., Камалов Т.Ф., Лурье В.А. Колебания и волновые процессы. М.: Комкнига, 2005.-360с.

3. Справочник по технической акустике. Под ред. М.Хекла и Х.А.Мюллера. Л.: Судостроение, 1980.- 438с.

4. Скучик Е. Простые и сложные колебательные системы. Москва: Мир, 1971. – 558с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:667569&theme=FEFU>

5. Вуд А. Звуковые волны и их применения: Пер с англ./ под ред. С.Н.Ржевкина. Изд-е 3-е. –М.: Издательство ЛКИ, 2008 -144с.

### **Нормативно-правовые материалы**

ГОСТ 54500.3-2011. Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008  
Неопределенность измерения. Ч.1 Введение в руководство по неопределенности измерения. Ч.3 Руководство по определению неопределенности измерения. <http://www.internet-law.ru/gosts/>

### **Электронные образовательные ресурсы**

1. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. – URL: <http://scool-collection.edu.ru>
2. Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. – URL: <http://window.edu.ru>
3. Издательство «Лань» [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: <http://e.lanbook.com/>
4. Издательство «Юрайт» [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: <http://biblio-online.ru>
5. eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – URL: <http://www.elibrary.ru>
6. ibooks.ru [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: <http://ibooks.ru>
7. Znaniyum.com [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: <http://znaniyum.com>

### Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Место расположения компьютерной техники, на котором установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
Компьютерный класс кафедры приборостроения, Ауд. Е628, 21	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов;</li> <li>– 7Zip 9.20 - свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных;</li> <li>– АBBYY FineReader 11 - программа для оптического распознавания символов;</li> <li>– Elcut 6.3 Student - программа для проведения инженерного анализа и двумерного моделирования методом конечных элементов (МКЭ);</li> <li>– Adobe Acrobat XI Pro – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF;</li> <li>– AutoCAD Electrical 2015 Language Pack – English - трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения;</li> <li>– MATLAB R2016a - пакет прикладных программ для</li> </ul>

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

На изучение дисциплины отводится 54 часа аудиторных занятий и 90 часов самостоятельной работы.

На лекциях преподаватель объясняет теоретический материал. Изложение материала направлено на формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенций. На лабораторных занятиях преподаватель дает методики проведения измерений параметров и характеристик заданных колебательных систем. Во второй части занятия студентам предлагается работать самостоятельно, выполняя численные расчеты параметров и характеристик колебательных систем, а также оформляя протоколы измерений. Преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, подсказывает ход и метод решения. Если полученных в аудитории знаний окажется недостаточно, студент может самостоятельно повторно прочесть лекцию или соответствующее пособие, просмотреть практикум с разобранными примерами.

Выполнение лабораторных работ способствует повышению степени формирования профессиональных компетенций ОПК-3 способность обрабатывать и представлять данные; ПК-3 способностью к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике.

Рекомендации по планированию и организации времени, отведенного на изучение дисциплины приведены в приложении «Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся».

Для освоения дисциплины следует изучить источники из списка основной и дополнительной литературы, электронных образовательных ресурсов, охватывающих данную тему, рассматривать практические примеры по темам, знакомиться с понятиями и определениями, находить ответы на вопросы для самоконтроля.

Рекомендации по подготовке к зачету.

При подготовке к зачету студенту следует повторить лекционный материал, изучить источники из списка литературы, подготовиться к ответу на все вопросы, включенные в «Перечень вопросов к зачету». Во время подготовки к зачету студент должен систематизировать знания, полученные им при изучении основных тем дисциплины в течение семестра. Это позволяет объединить отдельные темы в единую систему дисциплины.

Следует выделить последний день (либо часть его) перед зачетом для дополнительного повторения всего объема вопросов в целом. Это позволяет студенту самостоятельно перепроверить усвоение материала.

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

Для проведения исследований, связанных с выполнением задания по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно следующее лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ:

Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень основного оборудования
Лаборатории кафедры физики, ауд. D 627	Частотомер Ф-551А; частотомер ЧЗ-34; Частотомер ЧЗ-32; Лабораторные установки Ноутбук Lenovo ThinkPad X121e Black 11.6" HD(1366x768) AMD E300.2GB DDR3.320GB
Лаборатория Вычислительной техники кафедры приборостроения, ауд. E 628	Частотомер ЧЗ-54; Прибор С1-76; Комплект оборудования №1; Лабораторный комплект основ разработки инженерных приложений и систем сбора данных NI USB-DAQ Bundle X-series; Учебно-исследовательский комплекс модульных приборов NI Modular Instruments Kit

Компьютерный класс, Ауд. Е628	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW,GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse,Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty
Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW,GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse,Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек.
Мультимедийная аудитория	проектор 3-chip DLP, 10 600 ANSI-лм, WUXGA 1 920x1 200 (16:10) PT-DZ110XE Panasonic; экран 316x500 см, 16:10 с эл. приводом; крепление настенно-потолочное Elpro Large Electrol Projecta; профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG; подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF Avervision; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления; беспроводные ЛВС обеспечены системой на базе точек доступа 802.11a/b/g/n 2x2 MIMO(2SS)



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
по дисциплине «Колебания и волны»  
**12.03.01 - «ПРИБОРОСТРОЕНИЕ»**  
профиль Акустические приборы и системы  
**Форма подготовки очная**

**г. Владивосток  
2018**



## **Программа самостоятельной работы студентов.**

Внеаудиторная самостоятельная работа включает в себя следующие формы учебной деятельности:

- проработка лекций;
- самостоятельное изучение дополнительного тематического материала курса;
- изучение основного и дополнительного теоретического материала по учебникам, пособиям, монографиям, периодической литературе;
- подготовка к практическим занятиям;
- выполнение индивидуальных заданий;
- подготовка к контрольным занятиям;
- подготовка к сдаче экзамена.

В процессе изучения курса студентам даются на самостоятельную проработку несколько тем, дополняющих лекционный курс. При выполнении индивидуальных заданий студенты должны найти и изучить дополнительную литературу, справочные материалы. В ходе обучения в семестре проводятся контрольные работы по основным разделам курса.

Текущий контроль производится путем проведения контрольных работ (КР), оценки качества выполненных индивидуальных заданий. Контрольная работа представляет собою перечень вопросов по тематике изученного раздела, на который студенты отвечают письменно. Вопросы для контрольных работ предоставляются студентам заранее.

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п, тема работы	Дата/сроки выполнения	Вид СРС	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
Свободные колебания в системах с одной степенью свободы	1-6 недели семестра	Конспектирование, решение задач	10	Конспект
Свободные колебания в системах с одной степенью свободы	7 неделя	ИДЗ	5	Контрольная работа
Вынужденные колебания в системах с 1 степенью свободы	8-12 недели семестра	Конспектирование, решение задач	10	Конспект
Вынужденные колебания в системах с 1 степенью свободы	13 неделя	ИДЗ	5	Контрольная работа
Волновые процессы	14-16 недели семестра	Конспектирование, решение задач	10	Конспект
Волновые процессы	17 неделя семестра	ИДЗ	5	Контрольная работа
Подготовка к выполнению лабораторной работы 1	По графику выполнения работ	Изучение теории, оформление отчета	8	Защита лабораторной работы
Подготовка к выполнению лабораторной работы 2	По графику выполнения работ	Изучение теории, оформление отчета	8	Защита лабораторной работы
Подготовка к выполнению лабораторной работы 3	По графику выполнения работ	Изучение теории, оформление отчета	8	Защита лабораторной работы
Подготовка к выполнению лабораторной работы 4	По графику выполнения работ	Изучение теории, оформление отчета	8	Защита лабораторной работы
Подготовка к выполнению лабораторной работы 5	По графику выполнения работ	Изучение теории, оформление отчета	8	Защита лабораторной работы
Подготовка к аттестационному мероприятию	Последняя неделя семестра	Повторение теории, решение задач	5	Зачет

## **Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов**

В процессе изучения курса “Колебания и волны” студентам даются на самостоятельную проработку несколько тем, дополняющих лекционный курс. При выполнении индивидуальных заданий студенты должны найти и изучить дополнительную литературу, справочные материалы, решить задачи. В ходе обучения в семестре проводятся контрольные работы по основным разделам курса. По окончании семестра студенты должны подготовиться к зачету.

Текущий контроль производится путем проведения контрольных работ, оценки качества выполненных индивидуальных заданий. Контрольная работа представляет собою перечень вопросов по тематике изученного раздела, на который студенты отвечают письменно. Вопросы для контрольных работ предоставляются студентам заранее. Разработаны тесты и вопросы для контрольных опросов по каждой теме, а также 3 контрольные работы.

### **Требования к выполнению, оформлению и защите лабораторной работы**

В течение семестра студенты выполняют не менее шести лабораторных работ.

В рамках самостоятельной работы перед каждым лабораторным занятием студент должен изучить теоретические основы работы, уяснить цель, содержание и порядок выполнения работы, заготовить формы таблиц измеряемых величин. В начале каждого занятия преподаватель проверяет готовность студентов к выполнению лабораторной работы в объеме контрольных вопросов, изложенных в конце описания каждой работы. Неподготовленные студенты к выполнению лабораторной работы не допускаются. После проведения работы за счет времени, отведенного на самостоятельную работу, следует оформить отчет по лабораторной работе по

установленной форме. На титульном листе отчета должны быть указаны название вуза, института, кафедры, номер и название лабораторной работы, фамилия и инициалы студента, выполнившего работу, его подпись, а также фамилия и инициалы преподавателя. В отчете приводятся краткие теоретические сведения, цель работы, описание лабораторной установки, схема проведения измерений, расчетные формулы и протоколы измерений, результаты расчетов. Необходимо определить и указать неопределенность измерений. Все размерные величины должны быть указаны в размерности СИ. Обязательным элементом отчета должны быть выводы по проделанной работе. Оформление отчетов следует производить в соответствии с правилами оформления текстовых документов в ДВФУ. Защита отчета производится во время еженедельных консультаций в форме устного собеседования по теме работы.

Не следует переносить защиту лабораторных работ на конец семестра.

Студенты, не получившие зачета по двум лабораторным работам, к выполнению последующих работ не допускаются. При балльно-рейтинговой системе контроля за своевременное выполнение, оформление и защиту лабораторной работы студент получает 5 баллов.

### **Методические материалы для СРС**

## **«ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ЗВУКА В ВОЗДУХЕ МЕТОДОМ СЛОЖЕНИЯ ДВУХ ВЗАИМНО ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ КОЛЕБАНИЙ»**

### **Краткие теоретические сведения**

Механические возмущения (деформации), распространяющиеся в упругой среде, называются упругими волнами.

Если частица среды, в которой распространяется плоская волна, имеет координату  $z$ , то колебание частицы около положения равновесия описывается законом

$$S = A \cos \omega(t - z/v),$$

(1)

где  $A$  – амплитуда;  $\varphi = \omega[(t - z/v)]$  – фаза колебания;  $\omega$  – круговая частота ( $\omega = 2\pi\nu$ );  $\nu$  – частота колебания. Это выражение есть уравнение бегущей волны. Мгновенная фотография ( $t = \text{const}$ ) волны представлена на рис. 1.

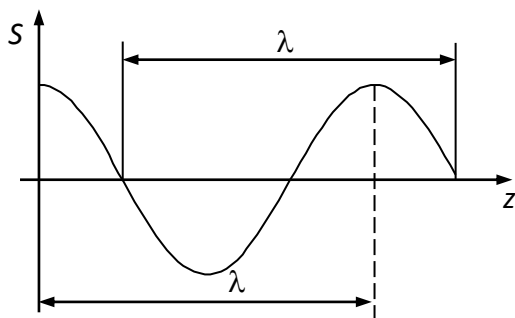


Рисунок 1-Зависимость смещения от координаты в заданный момент времени

Расстояние  $\lambda$ , на которое распространяется синусоидальная волна за время, равное периоду колебаний  $T$ , есть длина волны (рис. 1). Скорость  $v$  распространения волны равна скорости распространения данной фазы колебания и является фазовой скоростью. Следовательно,

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu.$$

(2)

Две различные точки среды, имеющие соответственно координаты  $z_1$  и  $z_2$ , будут иметь разность фаз колебаний

$$\Delta\varphi = \omega \frac{z_2 - z_1}{v} = 2\pi \frac{z_2 - z_1}{\lambda}. \quad (3)$$

Таким образом, зная  $\Delta\varphi$ ,  $z_2$  и  $z_1$ , можно найти  $\lambda$ , а из (2) найти скорость волны, если известна  $\nu$ .

Разность фаз колебаний  $\Delta\varphi$  в двух точках среды, в которой распространяется звуковая волна, находят, пользуясь методом сложения двух взаимно перпендикулярных колебаний.

Уравнения колебаний по осям  $X$ , и  $Y$  имеют вид

$$x = A_1 \cos(\omega t + \varphi_{10}); \quad y = A_2 \cos(\omega t + \varphi_{20}),$$

где  $\varphi_{10}$  и  $\varphi_{20}$  – начальные фазы ( $t = 0$ ). При сложении таких колебаний результирующая траектория описывается уравнением

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos \Delta\varphi = \sin^2 \Delta\varphi. \quad (4)$$

Это уравнение эллипса, оси которого ориентированы относительно осей  $X$  и  $Y$  произвольно. Если разность фаз равна нулю, то получим уравнение прямой,

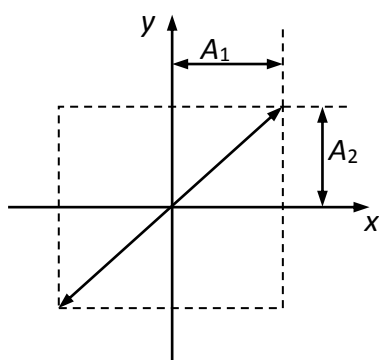


Рисунок 3-Сложение двух взаимно перпендикулярных колебаний: разность фаз равна нулю

проходящей через начало координат, тангенс угла наклона которой определяется отношением амплитуд складываемых колебаний  $y = (A_2 / A_1)x$  (рис. 3). Если постепенно менять разность фаз складываемых колебаний, то траектория электронного луча на экране осциллографа принимает различный вид согласно уравнению (4).

На рис. 4 изображены некоторые траектории с указанием соответствующих разностей фаз складываемых колебаний. Стрелками указано направление движения точки, участвующей одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях.



0     $\pi/6$      $\pi/2$      $5\pi/6$      $\pi$      $7\pi/6$      $3\pi/2$      $11\pi/6$      $2\pi$

Рисунок 4- траектории результирующего колебания для некоторых разностей фаз

Следовательно, по виду и положению траектории можно определить разность фаз двух колебаний. Разность фаз, в свою очередь, зависит от расстояния  $\ell$  между динамиком и микрофоном. Если это расстояние менять, то будет изменяться форма указанной выше траектории (см. формулу (3)).

При изменении расстояния  $\ell$  на длину звуковой волны разность фаз колебаний, подаваемых на осциллограф, изменяется на  $\Delta\varphi = 2\pi$ . Следовательно, наименьшее расстояние между двумя соседними положениями микрофона, при котором на экране осциллографа полностью повторяется форма каждой из фигур, приведенных на рис. 4, равно длине звуковой волны

$$\ell_{\min} = \lambda, \text{ а } \ell_{\min} = z_1 - z_0,$$

где  $z_0$  – ближайшее к динамику положение микрофона, отвечающее какой-либо форме фигуры;  $z_1$  – следующее положение микрофона, соответствующее той же форме фигуры. Если данная форма фигуры на экране осциллографа повторится  $n$  раз, то  $\lambda = \ell/n$ .

### Контрольные вопросы

1. Что называется фазовой скоростью волны?
2. Напишите уравнения бегущей плоской волны. Что называется фазой, амплитудой, частотой колебаний?
3. В чем сущность метода определения  $v$  в данной работе? Как связаны  $\lambda$  и  $v$ ? Как определяют  $\lambda$ ?

4. Какие кривые получают в результате сложения двух взаимно перпендикулярных колебаний, от чего зависит их форма?

## **СРС ИЗУЧЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ НАТЯНУТОЙ СТРУНЫ**

*Цель работы* – изучить колебания струны и выяснить зависимость влияния натяжения струны на ее собственные частоты.

### **Контрольные вопросы**

1. Как возможно осуществить возбуждение колебаний струны?
2. Каковы возможные формы колебаний струны, закрепленной с обоих концов?
3. Как рассчитать собственные частоты колебаний струны, закрепленной с обоих концов?
4. Как влияет сила натяжения струны на ее собственные частоты?
5. Объяснить механизм возникновения стоячих волн.

## **СРС Свободные затухающие колебания в электрическом контуре**

*Цель работы:* изучение свободных затухающих колебаний в электрическом контуре.

*Задача:* определение характеристик затухающих колебаний.

*Краткая теория*

Рассмотри электрический колебательный контур, состоящий из последовательно соединенных катушки индуктивности  $L$ , емкости  $C$  и сопротивления  $R$  (рисунок 1).



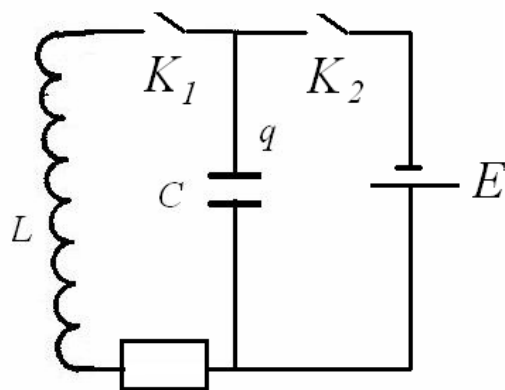


Рисунок 1 –Колебательный контур

Для возникновения свободных колебаний в контуре разомкнем ключ 1 , замкнем ключ 2 и сообщим конденсатору заряд  $q$ . Между обкладками конденсатора появится напряжение, равное ЭДС батареи. Разомкнем ключ 2 и замкнем ключ 1. Под действием напряжения заряды начинают перетекать с одной обкладки на другую. Через катушку потечет ток. Появление электрического тока в катушке, обладающей индуктивностью, сопровождается возникновением магнитного поля и образованием ЭДС самоиндукции. ЭДС самоиндукции препятствует увеличению тока, разряжающего конденсатор, и уменьшение напряжения на нем происходит не мгновенно, а постепенно. Разряжаясь, конденсатор отдает энергию движущимся зарядам, и в момент, когда напряжение на нем станет равным нулю, вся его энергия будет отдана движущимся зарядам, и сила тока достигает максимальной величины. Для идеального электрического контура без потерь первоначальная энергия электрического поля конденсатора будет равна энергии магнитного поля катушки в тот момент, когда ток достигнет максимального значения. Когда напряжение на конденсаторе стало равным нулю, ток также не может исчезнуть мгновенно – этому препятствует ЭДС самоиндукции катушки, которая теперь препятствует уменьшению силы тока и поддерживает его в прежнем направлении. При этом вновь заряжается конденсатор, и процесс зарядки происходит до тех пор, пока сила тока не станет равной нулю. Между обкладками конденсатора снова появится напряжение, противоположное по фазе исходному. В тот момент, когда сила

тока в контуре станет равной нулю, энергия электрического контура станет максимальной, а магнитного поля - равной 0. В дальнейшем конденсатор снова станет разряжаться, что приведет к появлению тока противоположного направления, который еще раз перезарядит конденсатор, и т.д. Если в контуре отсутствуют потери ( $R=0$ ), то энергия электрической системы остается постоянной, и происходит лишь переход энергии магнитного поля, запасенного в катушке, в энергию электрического поля, запасенную между обкладками конденсатора, и наоборот. Однако во всяком реальном контуре сопротивление не равно нулю (это и сопротивление соединительных проводов, обмотки катушки индуктивности...). Поэтому энергия электрических колебаний постепенно уменьшается, переходя в тепловую, и колебания затухают.

Запишем уравнение свободных колебаний в контуре. В соответствии с принципом Кирхгофа сумма падений напряжений на всех элементах контура равна 0:

$$L\ddot{q} + R\dot{q} + \frac{q}{C} = 0, \quad (1)$$

Введем понятие собственной частоты контура  $\omega_0$  и коэффициента затухания  $\delta$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \delta = \frac{R}{2L} \quad . \quad (2)$$

Теперь уравнение (1) можно записать в стандартном виде

$$\ddot{q} + 2\delta\dot{q} + \omega_0^2 q = 0. \quad (3)$$

Решение дифференциального уравнения имеет вид

$$q(t) = q_0 e^{-\delta t} \cos(\omega' t + \varphi), \quad (4)$$

где

$$\omega' = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}. \quad (5)$$

определяет частоту колебаний, а  $\varphi$  – начальную фазу колебаний. Величины  $\varphi$  и  $q_0$  определяются начальными условиями. Амплитуда

колебаний определяется выражением  $A(t) = q_0 e^{-\delta t}$  и зависит от времени. Затухающие колебания не являются гармоническими.

Характер зависимости  $q(t)$  определяется соотношением между величинами собственной частоты и коэффициента затухания, т.е. параметрами контура  $R, L, C$ . Если активное сопротивление контура мало, частота колебаний  $\omega'$  близка к собственной частоте контура  $\omega$ . Свободные затухающие колебания приведены на рис.2.

Максимумы, нули и минимумы функции наблюдаются через равные промежутки времени, равные периоду гармонической функции  $\cos(\omega't + \varphi)$ . Говорят, что эти колебания обладают *условным периодом, через который повторяются нули функции*. Отсюда следует, что при достаточно малом затухании собственная частота колебаний реальной колебательной системы (системы с затуханием) мало отличается от идеальной колебательной системы (системы без затухания). Условный период  $T_1$  колебаний неконсервативной колебательной системы (системы с затуханием) несколько больше периода  $T_0$  идеальной колебательной системы без трения, при достаточно малом затухании  $\delta$  собственная частота колебаний реальной колебательной системы (системы с затуханием) мало отличается от идеальной колебательной системы (системы без затухания).

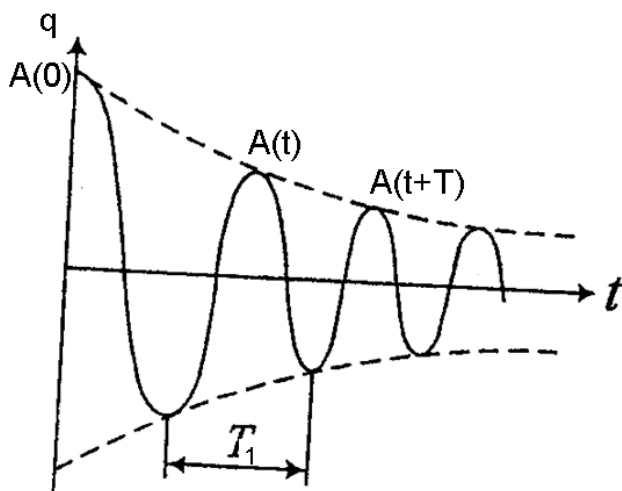


Рисунок 2 Свободные затухающие колебания

$$\theta = \ln \theta^* = \delta T_1$$

$$T_1 = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}} > \frac{2\pi}{\omega_0} = T_0. \quad (6)$$

Затухание колебаний принято оценивать логарифмическим декрементом затухания. Отношение амплитуд, разделенных условным периодом, даст декремент затухания, а его логарифм - логарифмический декремент затухания. *Логарифмический декремент затухания есть величина, обратная числу колебаний  $n$ , за которое амплитуда уменьшается в  $e$  раз.*

$$\theta^* = \frac{A(t)}{A(t+T)} = e^{\delta T_1}, \quad \theta = \ln \theta^* = \delta T_1 \quad (7)$$

Чем меньше логарифмический декремент затухания, тем ближе колебания в контуре к гармоническим, тем больше число колебаний в системе при заданных начальных условиях.

Энергетические потери в контуре принято характеризовать добротностью контура  $Q$

$$Q = 2\pi \frac{W}{\Delta W} = \frac{\pi}{\delta T_1} = \frac{\pi}{\theta} = \frac{\omega_1}{2\delta} = \pi N_e$$

где  $W$ - энергия, запасенная в контуре,  $\Delta W$  - уменьшение энергии за период,  $N_e$  – число колебаний, совершаемых за время, в течение которого амплитуда уменьшается в  $e$  раз (примерное значение основания натурального логарифма 2,718).

С увеличением активного сопротивления  $R$  логарифмический декремент затухания растет, добротность контура уменьшается, уменьшается и число колебаний. При  $R > 2\sqrt{L/C}$  колебаний в контуре вообще не наблюдается (рисунок 3). Значение, при котором колебательный режим переходит в апериодический, называют критическим сопротивлением.

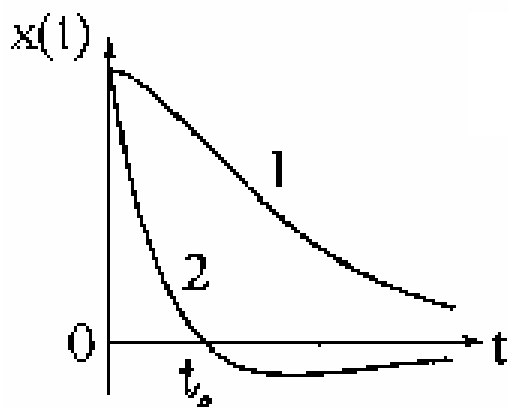


Рисунок 3 – аperiodический режим ( $\delta > \omega_0$ ,  $R > R_{кр}$ )

#### Контрольные вопросы

1. Дайте определения декремента затухания и логарифмического декремента затухания.
2. Поясните физический смысл добротности колебательного контура.
3. Запишите формулы, описывающие поведения амплитуды затухающих колебаний во времени.
4. Являются ли затухающие колебания гармоническими?
5. Выведите дифференциальное уравнение, описывающее затухающие колебания, для электрического последовательного колебательного контура
6. Выведите дифференциальное уравнение, описывающее затухающие колебания, для параллельного электрического колебательного контура
7. Выведите дифференциальное уравнение, описывающее затухающие колебания, для пружинного маятника с трением.
8. Решите дифференциальные уравнения, указанные в п. (5-7).

#### Приведите

9. Как будет меняться амплитуда колебаний контура, если увеличить расстояние между обкладками конденсатора в 2 раза.

10. Как изменяется характер колебаний при увеличении потерь в электрическом контуре.
11. Будут ли наблюдаться колебания в контуре при  $R=0$ ,  $L=0$
12. Могут ли в контуре, состоящем из  $R$  и  $C$ , возникать свободные колебания?



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Колебания и волны»  
Направление подготовки – 12.03.01.»Приборостроение»  
профиль «Акустические приборы и системы»  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**

**2018**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	Знает	Основные положения, законы и методы естественных наук и математики в области описания колебательных систем
	Умеет	Применять основные положения, законы и методы естественных наук и математики при анализе колебательных систем различной природы
	Владеет	Методами анализа колебательных систем различной природы
ОПК-3 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Знает	Основные законы, описывающие поведение колебательных систем различной природы
	Умеет	Выявить сущность проблемы, составить модель колебательной системы и сформулировать условия ее применения
	Владеет	Методами физико-математического аппарата для определения параметров и характеристик колебательной системы и волнового процесса
ПК-3 способность к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике	Знает	Основные принципы выбора измерительной аппаратуры
	Умеет	Анализировать влияние внешних воздействий на колебательные процессы
	Владеет	Навыками оформления протоколов измерений и обработки экспериментальных данных

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства – наименование	
			текущий контроль	промежуточная аттестация
	Модуль 1	ОПК-1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики; ОПК-3 способность выявлять естественнонаучную сущность	Выполнение и защита лабораторных работ 1,2 Выполнение контрольной работы 1	Зачет Вопросы 1-35



		<p>проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p> <p>ПК-3 способность к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике</p>		
	Модуль 2	<p>ОПК-1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;</p> <p>ОПК-3 способность выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p> <p>ПК-3 способностью к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике</p>	<p>Выполнение и защита лабораторных работ 3,4</p> <p>Выполнение контрольной работы 2</p>	<p>Зачет</p> <p>Вопросы 36-57</p>
	Модуль 3	<p>ОПК-1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;</p> <p>ОПК-3 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p> <p>ПК-3 способностью к проведению измерений и исследования различных</p>	<p>Выполнение и защита лабораторных работ</p> <p>Выполнение контрольной работы 3</p>	<p>Зачет</p> <p>Вопросы 58-71</p>

		объектов по заданной методике		
--	--	-------------------------------	--	--

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
<b>ОПК-1</b> способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	Знает (пороговый уровень)	основные положения, законы и методы естественных наук и математики в области описания колебательных систем	Знание основных законов, описывающих поведение простейших колебательных систем	Способен дать определения всех переменных $p$ и параметров, описывающих поведение колебательной системы
	Умеет (продвинутой)	построить модель колебательной системы	Умение формулировать математическую постановку задачи	Систематическое применение моделирования колебательных систем
	Владеет (высокий)	Навыками упрощения сложной физической колебательной системы для анализа основных процессов	Владеет навыками постановки задачи, выделения основных параметров, влияющих на поведение системы	Способность определять цели и задачи исследование колебательной системы
<b>ОПК-3</b> способность выявлять естественно научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности,	Знает	Основные законы, описывающие поведение колебательных систем различной природы	Знание основных законов, описывающих поведение простейших колебательных систем различной природы	Способен дать определения всех переменных $p$ и параметров, описывающих поведение колебательной системы различной природы
	Умеет	Выявить сущность проблемы,	Умение формулировать математическую	Систематическое применение моделирования

привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат		составить модель колебательной системы и сформулировать условия ее применения	постановку задачи	реальных систем различной природы
	Владеет	Методами физико-математического аппарата для определения параметров и характеристик колебательной системы и волнового процесса	Владение методами анализа и синтеза различных колебательных систем	Решение дифференциальных и интегральных уравнений, построение фазовых портретов колебательных систем
ПК-3 способность к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике	Знает	Основные принципы выбора измерительной аппаратуры	Знание методики исследования характеристик колебательных систем	Способность выбрать нужную методику для проведения конкретного исследования
	Умеет	Анализировать влияние внешних воздействий на колебательные процессы	Умение выделить информативные переменные.	Может рассчитать весовые коэффициенты влияния информативных параметров на результат измерения
	Владеет	Навыками оформления протоколов измерений и обработки экспериментальных данных	Способен к анализу полученного результата, может рассчитать неопределенность измерения,	Может адекватно оценить полученные результаты, неопределенность измерения и сформулировать выводы

### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дисциплине дисциплины «Колебания и волны» проводится в соответствии с

локальными нормативными актами ДВФУ и проводится в форме контрольных мероприятий (устного опроса, контрольных работ, защиты лабораторных работ, доклада-презентации) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

– учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);

– степень усвоения теоретических знаний;

– уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;

– результаты самостоятельной работы.

### **Оценочные средства для текущей аттестации**

#### **Домашнее задание 1**

Вариант 1

Задача 1

Написать уравнение гармонического движения с амплитудой  $A=3$  см, если за время  $t=5$  мин совершается 25 колебаний и начальная фаза колебаний  $\varphi=\pi/4$ . Нарисовать график движения.

Задача 2

Написать уравнение гармонического колебательного движения с амплитудой  $A=50$ мм, периодом  $T=6$ с и начальной фазой  $\varphi=\pi/2$ . Найти смещение  $x$  колеблющейся точки от положения равновесия при  $t=0$  и  $t=1,5$ с. Начертить график этого движения.

Задача 3

Написать уравнение гармонического колебательного движения с амплитудой  $A=4$ см, периодом  $T=4$ с, если начальная фаза колебаний  $\pi/2$ . Начертить график этого движения.

Задача 4

Амплитуда гармонического колебания  $A=5\text{см}$ , период  $T=4\text{с}$ . Найти максимальную скорость колеблющейся точки и ее максимальное ускорение

#### Задача 5

Через какое время от начала движения точка, совершающая гармоническое колебание, сместится от положения равновесия на  $0,707$  амплитуды? Период колебаний  $T=14\text{с}$ , начальная фаза  $\varphi = \pi/4$ .

#### Вариант 2

#### Задача 6

Написать уравнение гармонического движения с амплитудой  $A=3\text{ см}$ , если за время  $t=25\text{ мин}$  совершается  $150$  колебаний и начальная фаза колебаний  $\varphi=\pi/2$ . Нарисовать график движения.

#### Задача 7

Начертить на одном графике два гармонических колебания с одинаковыми амплитудами  $A_1=A_2=3\text{см}$ , периодом  $T_1=T_2=10\text{с}$ , имеющими разность фаз равную  $\varphi_1 - \varphi_2 = \pi/3$ .

#### Задача 8

Уравнение движения точки дано в виде  $x = 0,01 \sin\left(\frac{\pi}{4}t + \frac{\pi}{4}\right) \text{ м}$

Найти период колебаний  $T$ , максимальную скорость  $v_{\text{max}}$  и максимальное ускорение  $a_{\text{max}}$ .

#### Задача 9

Уравнение движения точки дано в виде  $x = \sin\left(\frac{\pi}{6}t + \frac{\pi}{2}\right)$

Найти моменты времени, в которые достигаются максимумы скорости и ускорения

#### Задача 10

Написать уравнение гармонического колебательного движения с амплитудой  $A=2\text{см}$ , периодом  $T=6\text{с}$ , если начальная фаза колебаний  $\pi$ . Начертить график этого движения.

Число вариантов соответствует количеству студентов группы

## Домашнее задание 2

### Вариант 1

#### Задача 1

Написать уравнение гармонического движения с амплитудой  $A=6$  см,  $T=2$ с,  $\varphi=\pi/6$ . Нарисовать график движения.

#### Задача 2

Исходя из данных задачи 1, определить смещение от положения равновесия материальной точки, совершающей косинусоидальные гармонические колебания, через  $0,5$ с с начала отсчета времени.

#### Задача 3

Определить промежуток времени, в течение которого тело массой  $3,6$ кг совершит  $20$  колебаний на пружине с жесткостью  $10$  н/м

#### Задача 4

Потенциальная энергия тела массой  $0,4$ кг совершающего гармонические колебания на невесомой пружине, равна  $3,2 \cdot 10^{-2}$  Дж. Определите скорость колеблющегося тела в момент прохождения положения равновесия

.

#### Задача 5

Как изменится частота электромагнитных колебаний в контуре, если раздвинуть пластины конденсатора, включенного в этот контур, в  $2$  раза ( $d_2=2d_1$ ).

#### Задача 6

Два одинаково направленных гармонических колебания с  $A_1=10$ см,  $A_2=6$ см и одинаковой частотой складываются в одно колебание с  $A=14$ см. Найти разность фаз складываемых колебаний

### Задача 7

Найти уравнение траектории и начертить ее для движения, описываемого уравнениями  $x=0,02\sin\pi t$ ,  $y=0,01\cos\pi(t+0,5)$ . Укажите направление движения точки.

### Домашнее задание

#### Вариант 2

### Задача 1

Написать уравнение гармонического движения с амплитудой  $A=8$  см, частотой 10 гц,  $\varphi=\pi/4$ рад. Нарисовать график движения.

### Задача 2

Исходя из данных задачи 1, определить значение ускорения в момент времени  $t=0$  и смещение от положения равновесия материальной точки, совершающей косинусоидальные гармонические колебания, через 0,05с с начала отсчета времени.

### Задача 3

В однородном магнитном поле вращается виток площадью  $S=0,3\text{м}^2$ . Изменяющееся во времени по закону косинуса мгновенное значение пронизывающего виток магнитного потока  $\Phi=0,03$  Вб для фазы  $\pi/6$ . Определить индукцию магнитного поля.

### Задача 4

Определить массу  $m$  груза на невесомой пружине с жесткостью 16Н/м, если  $A=0,02\text{м}$ , а в момент прохождения положения равновесия скорость  $v=0,4\text{м/с}$

.

### Задача 5

Груз, подвешенный на невесомой пружине, совершает гармонические колебания с  $A=0,06\text{ м}$ . Определить жесткость пружины, если её полная энергия  $W=7,2 \cdot 10^{-2}$  Дж.

#### Задача 6

Два одинаково направленных гармонических колебания  $x_1=\sin\pi t$ ,  $x_2=\sin\pi(t+0,5)$  складываются в одно колебание/ Найти амплитуду и фазу результирующего колебания.

#### Задача 7

Найти уравнение траектории и начертить ее для движения, описываемого уравнениями  $x=0,04\cos\pi t$ ,  $y=0,02\cos\pi(t+1)$ . Укажите направление движения точки.

Число вариантов соответствует количеству студентов группы

#### Домашнее задание 3

##### Вариант 1

#### Задача 1

Гиря массой  $0,5\text{ кг}$  подвешена к пружине с жесткостью  $32\text{ Н/м}$ , и совершает затухающие колебания. Определить их период в случае, когда за время двух колебаний амплитуда уменьшается в 20 раз.

#### Задача 2

Груз массой  $0,1\text{ кг}$  подвешен на пружине с коэффициентом жесткости  $10\text{ Н/м}$ . На груз действует вынуждающая сила, описываемая уравнением  $F=0,02\cos 8t$  (Н). Коэффициент затухания  $0,5\text{ с}^{-1}$ . Записать уравнение смещения установившихся вынужденных колебаний.



### Задача 3

К вертикальной спиральной пружине подвешен стальной шарик радиусом 0,01 м. Циклическая частота его колебаний в воздухе  $\omega = 3,14 \text{ с}^{-1}$ , а в жидкости  $\omega_1 = 4,06 \text{ с}^{-1}$ . Начальное смещение равно амплитуде колебаний в жидкости 0,05 см. Определить коэффициент вязкости жидкости.

### Задача 4

Составить уравнение вынужденных колебаний массы  $m = 0,2 \text{ кг}$  под действием силы  $F = 2 \cos 8t$

а) консервативной системы, совершающей колебания с частотой  $\omega_0 = 10 \text{ 1/с}$ .

б) диссипативной системы с теми же параметрам и  $\delta = 0,5 \text{ 1/с}$ .

### Задача 5

Составить уравнение затухающих колебаний для электрической цепи, если  $U = 300 \text{ В}$ ,  $\delta = 0,2 \text{ с}^{-1}$ ,  $\omega = 5 \text{ рад/с}$ ,  $\varphi = \pi/2$ .

## Домашнее задание 3

### Вариант 2

#### Задача 1

Активное сопротивление  $R$  и индуктивность  $L$  соединены параллельно в цепи переменного тока напряжением 127 В и частотой 50 Гц. Найти  $R$  и  $L$ , если известно, что поглощаемая в этой цепи мощность равна 404 Вт, и сдвиг фаз между напряжением и током равен 60 градусам.

#### Задача 2

Тело массой 1 кг совершает затухающие колебания с частотой  $\omega = 3,14 \text{ с}^{-1}$ . В течение времени 50 с тело потеряло 80% своей энергии. Определить коэффициент затухания.

### Задача 3

Энергия затухающих колебаний маятника, происходящих в некоторой среде за время 120с уменьшилась в 100 раз. Определить коэффициент сопротивления, если масса маятника 0,1кг..

### Задача 4

Чему равен логарифмический декремент затухания математического маятника, если за 1 минуту амплитуда колебаний уменьшилась в 2 раза. Длина маятника 1 м.

### Задача 5

Определить собственную и резонансную частоты затухающих колебаний системы, если  $\omega=10$  рад/с,  $\delta=0,6$ .

### Домашнее задание 3

#### Вариант 3

### Задача 1

В цепь переменного напряжения 220В включены последовательно ёмкость  $C$ , активное сопротивление  $R$ , индуктивность  $L$ . Найти падение напряжения на индуктивном сопротивлении  $U_L$  если известно, что падение напряжения на конденсаторе  $U_C = 2 U_R$ , а на сопротивлении  $R U_R$ .

### Задача 2

Груз массой 0,2 кг подвешен на пружине с коэффициентом жесткости 20 Н/м. На груз действует вынуждающая сила, описываемая уравнением  $F=0,01\cos 8t$  (Н). Коэффициент затухания  $0,5\text{с}^{-1}$ . Записать уравнение смещения установившихся вынужденных колебаний.

### Задача 3

К вертикальной спиральной пружине подвешен стальной шарик радиусом 0,02м. Циклическая частота его колебаний в воздухе  $\omega=3,14 \text{ с}^{-1}$ , а в жидкости  $\omega_1=4,71 \text{ с}^{-1}$  Начальное смещение равно амплитуде колебаний в жидкости 0,01см. Определить коэффициент вязкости жидкости.

#### Задача 4

Гирия массой 0,5кг подвешена к пружине с жесткостью 32 Н/м, и совершает затухающие колебания. Определить их период в случае. Когда за время двух колебаний амплитуда уменьшается в 20 раз .

#### Задача 5

Составить уравнение затухающих колебаний для механической колебательной системы, если  $F=300\text{Н}$ ,  $\delta=0,2 \text{ с}^{-1}$ ,  $\omega=5 \text{ рад/с}$ ,  $\varphi=\pi/2$ .

### **Примерное задание к итоговой контрольной работе**

1. Резонатор Гельмгольца как пример акустической колебательной системы. Применение резонаторов в различных областях техники. Уравнение движения и его решение. Чему равна частота собственных колебаний резонатора с параметрами: длина горла 0,2м; площадь поперечного сечения горла  $4\text{см}^2$ , объем резонатора  $0,5 \text{ м}^3$ . Запишите выражение для скорости движения воздуха в горле, если известно, что при  $t=0$  смещение равно 0,02м, а скорость 0,03 м/с. Нарисуйте график изменения скорости от времени. Определите период колебания.

2. Составьте уравнение движения колебаний консервативной механической колебательной системы под действием внешней силы  $f=5\cos 10t$ . Масса системы 2кг, коэффициент жесткости 5Н/м. Запишите решение уравнения для смещения при заданных начальных условиях:  $x(0)=0,01\text{м}$ ,  $v(0)=0,02\text{м/с}$ .

3. Составить уравнение затухающих колебаний для электрической цепи, если  $L=300\text{мГн}$ ,  $\delta=0,2\text{ с}^{-1}$ ,  $\omega=5\text{ рад/с}$ ,  $\varphi=\pi/2$ . Определить логарифмические декремент затухания, постоянную времени и добротность системы.

4. По данным задачи 3 нарисовать график  $I(f)$  вынужденных колебаний цепи, если  $U=110\text{В}$ . Определить добротность цепи по ширине резонансной кривой.

5. Составить уравнение стоячей волны, если начальная амплитуда  $3\text{м}$ , волновое число  $2\text{м}^{-1}$ , угловая частота колебаний  $10\text{ рад/с}$ . Записать уравнение колебаний осциллятора.

### **Перечень типовых вопросов для итогового контроля**

1. Гармонические колебания в консервативных системах. Уравнение движения. Решения уравнения движения. Смещение, скорость, ускорение в колебательной системе с одной степенью свободы. Примеры консервативных колебательных механических и электрических систем.

2. Уравнение движения и его решение для математического маятника.

3. Уравнение движения и его решение для пружинного маятника.

4. Уравнение движения и его решение для физического маятника.

5. Уравнение движения и его решение для математического маятника.

6. Уравнение движения и его решение для резонатора Гельмгольца.

7. Уравнение движения и его решение для крутильных колебаний диска.

8. Уравнение движения и его решение для крутильных колебаний двух дисков.

9. Уравнение движения и его решение для электрического колебательного контура.

10. Энергия гармонического осциллятора. Превращение энергии в колебательном контуре.
11. Методы вычисления собственной частоты и периода колебаний консервативной колебательной системы.
12. Сложение гармонических колебаний. Сложение колебаний одной частоты. Сложение колебаний с разными частотами. Биения. Сложение колебаний с кратными частотами. Разложение периодического колебания в ряд Фурье. Сложение колебаний, происходящих в различных направлениях.
13. Описание колебательного движения с помощью фазовой плоскости. Фазовый портрет гармонического колебания.
14. Определение времени полного оборота, совершаемого изображающей точкой.
15. Фазовый портрет малых колебаний вблизи положения равновесия.
16. Построение фазовых траекторий методом изоклин.
17. Построение фазовых траекторий методом Льенара.
18. Неконсервативные колебательные системы. Основные типы сил трения.
19. Уравнение движения и его решение для кулоновского трения.
20. Уравнение движения и его решение для силы трения, пропорциональной квадрату скорости.
21. Уравнение движения и его решение для силы трения, пропорциональной скорости. Колебательный режим.
22. Уравнение движения и его решение для силы трения, пропорциональной скорости. Лимитационный режим.
23. Уравнение движения и его решение для силы трения, пропорциональной скорости. Критический режим.
24. Характеристики затухающих колебаний.
25. Энергетические характеристики неконсервативной колебательной системы

26. Фазовый портрет движения неконсервативной колебательной системы
27. Фазовый портрет колебательного движения неконсервативной системы.
28. Фазовый портрет лимитационного движения.
29. Фазовые траектории, описывающие колебательное движение при кулоновском трении.
30. Фазовые траектории колебательного движения в случае сухого трения
31. Колебательное движение при квадратичном трении.
32. Вынужденные колебания консервативной системы. Уравнение движения. Решения уравнения движения.
33. Амплитуда установившихся вынужденных колебаний.
34. Вынужденные колебания неконсервативной системы. Уравнение движения. Решения уравнения движения.
35. Вычисление частоты, при которой максимальна амплитуда смещения в неконсервативной колебательной системе.
36. Установление колебаний при резонансе в неконсервативной колебательной системе.
37. Зависимость амплитуды колебательной скорости от частоты в неконсервативной колебательной системе.
38. Вычисление частоты внешней вынуждающей силы, при которой амплитуда колебательной скорости максимальна.
39. Вычисление частоты внешней вынуждающей силы, при которой амплитуда колебательного ускорения максимальна.
40. Вычисление добротности по ширине резонансной кривой. Связь между шириной резонансной кривой и постоянной времени.
41. Фазовые характеристики колебательного смещения, колебательной скорости и ускорения в неконсервативной колебательной системе.

## Критерии оценивания студента на зачете по дисциплине «Колебания и ВОЛНЫ»

Баллы (рейтингов ой оценки)	Оценка зачета/ экзамена	Требования к сформированным компетенциям
	«зачтено» / «отлично»	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение.
	«зачтено»/ «хорошо»	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
	«зачтено» / «удовлетворительно»	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

### Критерии оценки знаний обучающихся при проведении тестирования

Оценка «отлично» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем 90 % тестовых заданий;

Оценка «хорошо» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем 80 % тестовых заданий;

Оценка «удовлетворительно» выставляется при условии правильного ответа студента не менее 61 %; .

Оценка «неудовлетворительно» выставляется при условии правильного ответа студента менее чем на 60 % тестовых заданий