

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 14.11.2022 15:56:49  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Приборы и методы контроля  
качества и диагностики»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

ДИСЦИПЛИНЫ

**«КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ»**

для подготовки бакалавров

по направлению

12.03.01 «Приборостроение»

по профилю

**«Приборы и методы контроля качества и диагностики»**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н., старший научный сотрудник Степанов Б.Г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭУТ  
13.05.2022, протокол № 8

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФИБС, 18.05.2022, протокол № 8

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФИБС
Обеспечивающая кафедра	ЭУТ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	3
Семестр	6
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	34
Лабораторные занятия (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	86
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	58
Всего (академ. часов)	144
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Экзамен (курс)	3

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ»**

В дисциплине «Колебания и волны» изучаются основные характеристики колебательных систем с сосредоточенными параметрами на основе решения как дифференциальных уравнений (уравнений движения), так и с помощью метода электромеханических аналогий. С использованием уравнений движения и граничных условий рассматриваются решения задач о колебаниях систем с распределенными параметрами: стержней постоянного и переменного поперечного сечения, мембран, пластин, полых цилиндров и сфер.

### **SUBJECT SUMMARY**

### **«OSCILLATIONS AND WAVES»**

In discipline «Oscillations and waves» are studied the basic characteristics of oscillatory systems with the concentrated parameters based on the solutions of differential equations (equations of motion), and using the method of electromechanical analogies. Using the equations of motion and boundary conditions are considered solutions of problems of oscillations of systems with the distributed parameters: the rods of constant and variable cross-section, membranes, plates, hollow cylinders and spheres.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Цель дисциплины: изучение основных закономерностей, понятий и правил расчета сложных колебательных систем с сосредоточенными и распределенными параметрами, приобретение навыков и умений анализа и моделирования разных колебательных процессов.

2. Задачи дисциплины:

Освоение методов решения задач и выполнения необходимого анализа колебательных систем с сосредоточенными и распределенными параметрами.

Приобретение навыков и умений грамотной постановки граничных условий и использования возможных приближений при решении задач.

3. Получение знаний об основных закономерностях колебательных процессов и методах решения задач по определению основных характеристик сложных колебательных систем как с сосредоточенными, так и с распределенными параметрами.

4. Приобретение умений по грамотной постановке граничных условий и определению основных характеристик для различных колебательных систем, в том числе для тел различной геометрии.

5. Формирование навыков теоретических и экспериментальных исследований различных колебательных систем и их математического моделирования.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математический анализ»

2. «Прикладная механика»

3. «Теоретическая механика»

4. «Физика»

5. «Теоретические основы электротехники»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Основы проектирования приборов и систем»

2. «Теория излучения, рассеяния и приема звука»

3. «Электроакустические преобразователи»

4. «Волновые процессы в твердых телах»

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
СПК-2	Способен выполнять математическое моделирование процессов и систем в области приборов и методов контроля качества и диагностики
<i>СПК-2.1</i>	<i>Выполняет математическое моделирование процессов в области приборов и методов контроля качества и диагностики</i>
<i>СПК-2.2</i>	<i>Выполняет математическое моделирование систем в области приборов и методов контроля качества и диагностики</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1				
2	Колебательные процессы в системах с сосредоточенными параметрами	4	4	4		10
3	Метод электромеханических аналогий	2	4	1		10
4	Колебания систем с двумя и более степенями свободы	4	6	4		12
5	Колебательные процессы в системах с распределенными параметрами. Колебания стержней	10	8	4		12
6	Колебательные процессы в системах с распределенными параметрами. Колебания мембран, пластин, цилиндров и сфер	12	12	4	0	14
7	Заключение	1			1	
	Итого, ач	34	34	17	1	58
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	144/4				

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Цели и задачи дисциплины. Структура, содержание дисциплины, его связь с другими дисциплинами.
2	Колебательные процессы в системах с сосредоточенными параметрами	Классификация колебательных систем. Примеры механических и акустических систем с одной степенью свободы. Свободные колебания консервативной и диссипативной системы с одной степенью свободы, основные параметры. Вынужденные колебания диссипативных систем с одной степенью свободы. Понятия входного сопротивления и явления резонанса. Амплитудные и фазовые характеристики системы. Энергетический метод оценки параметров.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Метод электромеханических аналогий	Аналогии между электрическими колебаниями и колебаниями механических (акустических) систем. Понятие о механических и акустических двухполюсниках. Системы аналогий. Правила составления схем-аналогов механических колебательных систем. Трансформация сил и линейных скоростей в механических и акустических системах, аналогия с электрическими трансформаторами.
4	Колебания систем с двумя и более степенями свободы	Примеры систем с двумя степенями свободы. Уравнение движения системы с двумя степенями свободы без потерь. Понятия собственных и парциальных частот, нормальных мод колебаний. Характеристики свободных колебаний системы с двумя степенями свободы без потерь. Случай слабой связи между подсистемами, биения. Вынужденные колебания, понятие входного и переносного импеданса и амплитудно-частотные характеристики колебательной системы с двумя степенями свободы.
5	Колебательные процессы в системах с распределенными параметрами. Колебания стержней	Продольные и крутильные колебания тонких стержней постоянного и переменного сечения, уравнения колебаний, резонансные частоты для разных случаев граничных условий. Уравнение Вебстера, концентраторы. Изгибные колебания тонких стержней: упрощенная теория Бернулли, поправки Рэлея и Тимошенко, скорость распространения изгибных волн. Способы закрепления стержней при изгибных колебаниях, условия резонанса.
6	Колебательные процессы в системах с распределенными параметрами. Колебания мембран, пластин, цилиндров и сфер	Колебания мембран прямоугольной и круглой форм, вывод уравнений движения, собственные частоты и формы колебаний на них. Толщинные, сдвиговые и поперечные колебания пластин, вывод уравнений движения, собственные частоты. Радиальные колебания цилиндров и сфер, уравнения колебаний, собственные частоты.
7	Заключение	Перспективы развития методов расчета колебательных систем.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Исследование механической колебательной системы.	5
2. Радиальные колебания пьезокерамических пластин.	4
3. Ультразвуковой интерферометр.	4
4. Изгибные колебания стержней.	4
Итого	17

### 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Механические системы с одной степенью свободы.	4
2. Метод электромеханических аналогий.	6
3. Вынужденные колебания механоакустических систем.	8
4. Колебания стержней.	8
5. Колебания пластин, цилиндров и сфер.	8
Итого	34

### 4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

### 4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

### 4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

### 4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

### 4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

### 4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	8
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	4
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	6
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>58</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библи.
Основная литература		
1	Бабаков, Иван Михайлович. Теория колебаний [Текст] : учеб. пособие для втузов / И.М. Бабаков, 1968. -559 с.	11
2	Бескид, Павел Павлович. Теория колебаний и волн [Текст] : Учеб. пособие / П.П.Бескид, В.М.Кутузов, И.Р.Рябухов, 1998. -158 с.	52
3	Методические указания к лабораторным работам по дисциплине: Колебания и волны (В твердых средах) [Текст] : учеб. пособие / Сост.: Е.К. Гусева, А.В. Харитонов; ЛЭТИ им. В.И. Ульянова (Ленина), 1988. -28 с.	7
Дополнительная литература		
1	Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Колебания и волны" [Текст] / Ленинградский электротехнический институт им. В.И. Ульянова (Ленина), 1986. -32 с.	4
2	Лепендин Л.Ф. Акустика [Текст] : учеб.пособие для ВТУЗов / Л.Ф. Лепендин, 1978. -448 с.	148
3	Красильников, Владимир Александрович. Введение в физическую акустику [Текст] : учеб. пособие для физ. специальностей вузов / В.А. Красильников, В.В. Крылов ; под ред. В.А. Красильникова, 1984. -400 с.	122
4	Горелик, Габриэль Семенович. Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику [Текст] / Г.С. Горелик ; под ред. С.М. Рытова, 2008. -655 с.	5
5	Скучик Е. Простые и сложные колебательные системы [Текст] : пер. с англ. / Е. Скучик ; под ред. Л.М. Лямшева, 1971. -557 с.	15
6	Ленк, Арно. Электромеханические системы. Системы с сосредоточенными параметрами [Текст] / А. Ленк ; пер. с нем. А. П. Сгибова, Н. К. Кантонистова, А. С. Вишенкова ; под ред. Н. В. Петькина, 1978. -283 с.	9

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Гринченко В.Т., Вовк И.В., Мацыпура В.Т. Основы акустики. -Учебное пособие. Киев, : Наукова думка, 2009, 640 с. <a href="https://www.studmed.ru/science/priborostroenie/akustika-i-zvukotehnika/obschaya-fizicheskaya-akustika">https://www.studmed.ru/science/priborostroenie/akustika-i-zvukotehnika/obschaya-fizicheskaya-akustika</a>
2	Сайт Степанова Б.Г. (BGStepanov) <a href="https://sites.google.com/site/bgstepanov/system/app/pages/">https://sites.google.com/site/bgstepanov/system/app/pages/</a>

### **5.3 Адрес сайта курса**

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=9269>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Колебания и волны» формой промежуточной аттестации является экзамен.

#### Экзамен

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

## Особенности допуска

Допуск к экзамену: выполнение и успешная защита 4 лабораторных работ.

Экзамен проводится по билетам. Оценка на экзамене определяется по ответам на вопросы билета и дополнительные вопросы. В спорных ситуациях учитывается посещаемость, активность при защите лабораторных работ и на практических занятиях.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Примерные вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Диссипативная МКС с одной степенью свободы, постановка задачи, основные соотношения, определения, графики.
2	Метод электромеханических аналогий и правила составления схем-аналогов.
3	Акустический трансформатор, формула пересчета механического сопротивления с одной стороны трансформатора на его другую сторону.
4	Механическая добротность МКС и ее связь с полосой пропускания. Когда можно говорить о полосе пропускания МКС (два критерия)? Какие элементы МКС обеспечивают колебательный процесс?
5	Вынужденные колебания МКС с двумя степенями свободы, основные определения и параметры МКС, схемы, графики.
6	Вынужденные продольные колебания консольно закрепленного тонкого стержня. Постановка задачи, граничные условия и входной импеданс стержня, аппроксимация его в области низких частот.
7	Изгибные колебания стержней, граничные условия, поправки Рэлея и Тимошенко, фазовая и групповая скорости изгибных колебаний.
8	Учет потерь при колебаниях стержней, пластин, цилиндров и т.п.. К какому типу колебательных систем относятся эти МКС?
9	Радиальные колебания сфер: постановка задачи, приближения, используемые граничные условия, собственная частота для пульсирующей моды колебаний.
10	Закон Гука (общая запись и для изотропной среды), смысл входящих в него величин и индексов.

### Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

Дисциплина **Теория колебательных и волновых процессов** ФИБС

1. Вынужденные колебания диссипативной МКС с одной степенью свободы, постановка задачи, основные характеристики и параметры.
2. Продольные колебания стержней переменного поперечного сечения, постановка задачи, назначение, основные параметры, свойства, сравнение.
3. Вид распределения упругих смещений и механических напряжений вдоль стержня постоянного поперечного сечения для случаев консольного закрепления и свободных торцов, граничные условия.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

К.Е. Аббакумов

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
7	Колебания систем с двумя и более степенями свободы	Коллоквиум
15	Колебательные процессы в системах с распределенными параметрами. Колебания мембран, пластин, цилиндров и сфер	Коллоквиум

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 70 % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

#### на лабораторных занятиях

Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты.

В процессе обучения по дисциплине «Теория колебательных и волновых процессов» студент обязан выполнить 4 лабораторные работы. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется в бригадах до 4 человек или индивидуально в случае пропуска плановых занятий. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение измерений и обработка их результатов, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме.

Оформление отчета студентами осуществляется в количестве одного отчета на бригаду (индивидуально в случае пропуска плановых занятий) в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. После обработки результатов измерений и выполнения необходимых расчетов согласно методическим указаниям данной лабораторной работы, оформляется отчет и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

После каждых 2 лабораторных работ предусматривается проведение коллоквиума на 7 и 15 неделях, на которых осуществляется защита лабораторных работ. Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, по процедуре проведения экспериментальных исследований, или по полученным результатам измерений. При обсуждении ответов преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса (темы лабораторной работы), работа считается защищенной.

На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы. Оцениваются коллоквиумы по системе "зачтено/ не зачтено"

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем лабораторным работам, по результатам которой студент получает допуск на экзамен.

#### **на практических (семинарских) занятиях**

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 70 % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

В ходе проведения практических (семинарских) занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях (может быть оценена по 5-ти балльной системе).

### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных, лабораторных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, доска, экран, проектор, ПК, ноутбук.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, лабораторное оборудование и специальные стенды.	
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная или меловая доска.	
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>