

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 14.11.2022 15:25:40
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП
«Акустические приборы и системы»



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

«ТЕОРИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ, РАССЕЯНИЯ И ПРИЕМА ЗВУКА»

для подготовки бакалавров

по направлению

12.03.01 «Приборостроение»

по профилю

«Акустические приборы и системы»

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)	6
Курс	4
Семестр	7
Виды занятий	
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)	130
Всего (академ. часов)	216
Вид промежуточной аттестации	
Экзамен (курс)	4

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ТЕОРИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ, РАССЕЯНИЯ И ПРИЕМА ЗВУКА»

Рассматриваются основные характеристики звукового поля и типы граничных условий для режимов излучения и приема. Изучаются методы расчета звуковых полей, создаваемых телами различных форм (плоские, сферические, цилиндрические и т. д.). Рассматриваются задачи рассеяния плоских волн телами различных форм и характеристики поля рассеяния. Даются основы теории направленного действия, теоремы умножения, сложения и смещения, используемые для расчета характеристик направленности антенн с амплитудно-фазовым распределением по излучающей поверхности антенн. Даются сведения о перспективных направлениях развития методов решения дифракционных задач.

SUBJECT SUMMARY

«THEORY OF RADIATION, SCATTERING AND RECEPTION OF SOUND»

Scattering and reception of sound» are considered the basic characteristics of a sound field and types of boundary conditions for radiation and reception modes. Methods of calculation of the sound fields created by bodies of various forms (flat, spherical, cylindrical and etc.) are studied. Problems of scattering of flat waves by bodies of different forms and characteristics of a field of scattering are considered. Bases of the theory of directional effect, the theorem of multiplication, addition and the displacement used to calculate the directivity characteristics of antennas with amplitude and phase distribution on the radiating surface of the antennas are given. The information about the promising directions of development of methods of solving diffraction tasks are given.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Изучение основных закономерностей, описывающих процессы излучения, рассеяния и приема звука телами различных форм в жидких и газообразных средах.
2. Освоение методов расчета звуковых полей, создаваемых телами различных форм и основ теории направленного действия.
3. Получение знаний по методам решения дифракционных задач для тел конечной формы и основам теории направленного действия.
4. Формирование умений по сопоставительному анализу эффективности излучения и рассеяния телами различной формы при условии равенства их волновых размеров и оценке влияния этих размеров на основные полевые характеристики указанных тел: сопротивление излучения, коэффициент осевой концентрации, характеристика направленности и др.
5. Получение навыков грамотной постановки граничных условий и решения дифракционных задач для режимов излучения и приема звука, а также - по расчету характеристик направленности линейных, плоских, цилиндрических и сферических антенн.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математический анализ»
2. «Физика»
3. «Механика твердого тела, гидро-и газодинамика»
4. «Физические основы получения информации»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Волновые задачи акустики»
2. «Нелинейная акустика»
3. «Задачи распознавания в гидроакустике»

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:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ПК-1	Способен анализировать техническое задание, проектировать и конструировать типовые детали и узлы приборов и систем, составлять техническую документацию, включая описания, инструкции и другие документы
<i>ПК-1.1</i>	<i>Анализирует техническое задание при проектировании типовых деталей и узлов приборов и систем</i>
<i>ПК-1.2</i>	<i>Проектирует и конструирует типовые детали и узлы приборов и систем</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	Распространение акустических волн в жидкостях и газах. Основные понятия и уравнения	3	2			12
3	Методы расчета звуковых полей	6	6			18
4	Излучение и рассеяние звуковых волн телами сферической формы	6	6	5		20
5	Излучение звуковых волн цилиндрическими ист	4	4			16
6	Излучение звуковых волн плоскими источниками	5	6	6		22
7	Элементы теории направленности. Линейные антенны	4	6	6		22
8	Рефлекторные антенны	4	4			20
9	Заключение	1			1	
	Итого, ач	34	34	17	1	130
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	216/6				

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Цели и задачи дисциплины. Структура и содержание дисциплины, ее связь с другими дисциплинами.
2	Распространение акустических волн в жидкостях и газах. Основные понятия и уравнения	Уравнения гидродинамики и волновое уравнение. Типы распространяющихся волн (плоские, сферические цилиндрические) и их основные характеристики. Понятия фазовой и групповой скорости; акустический закон Ома, интенсивность звука. Типы граничных условий для режимов излучения и приема. Понятия ближней и дальней зон. Условие излучения Зоммерфельда. Интегральная реакция акустического поля и сопротивление излучения. Понятия соколеблющейся массы и акустической мощности излучения. Характеристика направленности и ее основные параметры. Коэффициент осевой концентрации.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Методы расчета звуковых полей	Формула Гельмгольца-Кирхгофа, физический смысл входящих в нее величин. Излучение звука плоскими поверхностями; формулы Гюйгенса и Рэля. Применение формул Кирхгофа для излучающих и рассеивающих тел больших волновых размеров. Функция Грина, ее свойства и физический смысл. Понятие эффективного поперечника рассеяния и силы цели. Принцип взаимности в задачах излучения-приема звука; параметры взаимности для сферических, цилиндрических и плоских волн. Понятия метода Т-матриц и метода конечных областей.
4	Излучение и рассеяние звуковых волн телами сферической формы	Решение уравнения Гельмгольца в сферической системе координат. Сложный сферический излучатель; полевые характеристики и сопротивление излучения. Пульсирующая сфера (сферический излучатель нулевого порядка). Точечный излучатель; принцип Гюйгенса. Акустический диполь. Осциллирующая сфера (сферический излучатель первого порядка). Дифракция волн вокруг осциллирующей сферы; понятие акустического короткого замыкания. Понятие о квадрупольных источниках звука. Рассеяние плоских звуковых волн на абсолютно жесткой и абсолютно мягкой сферах. Эффективный поперечник рассеяния; биноуральный эффект.
5	Излучение звуковых волн цилиндрическими ист	Решение уравнения Гельмгольца в цилиндрической системе координат. Сложный цилиндрический излучатель; полевые характеристики и сопротивление излучения. Пульсирующий цилиндр (цилиндрический излучатель нулевого порядка). Осциллирующий цилиндр (цилиндрический излучатель первого порядка). Излучение звука конечным по высоте цилиндром, расположенным в со-осном жестком цилиндрическом экране. Рассеяние плоских звуковых волн на абсолютно жестком и абсолютно мягком цилиндре.
6	Излучение звуковых волн плоскими источниками	Круглый поршневой излучатель в жестком экране; звуковое поле в дальней зоне и на оси поршня. Сопротивление излучения и коэффициент осевой концентрации круглого поршня. Понятие зон Френеля. Работа поршневого излучателя без экрана. Излучение звука отверстием в жестком экране. Рассеяние плоских звуковых волн на диске большого волнового размера.
7	Элементы теории направленности. Линейные антенны	Линейная дискретная антенна, анализ характеристики направленности, коэффициент осевой концентрации. Линейная непрерывная антенна, анализ характеристики направленности, коэффициент осевой концентрации. Теоремы направленности: умножения, сложения и смещения; примеры применения. Учет взаимного влияния источников в линейной дискретной антенне, понятие вносимого сопротивления излучения.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
8	Рефлекторные антенны	Назначение рефлекторных антенн. Рефлекторная антенна с параболическим отражателем; режимы излучения и приема. Рефлекторная антенна с коническим отражателем; режимы излучения и приема. Понятие эффективной площади излучения.
9	Заключение	Основные направления в развитии методов расчета звуковых полей.

4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Исследование линейной дискретной антенны с амплитудным распределением.	4
2. Исследование характеристик направленности дискретной линейной компенсированной антенны.	4
3. Исследование характеристик направленности круглого и прямоугольного поршневых излучателей.	4
4. Исследование характеристик направленности сложного сферического излучателя.	5
Итого	17

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Основные характеристики и методы расчета звуковых полей.	8
2. Полевые характеристики сферических излучателей.	6
3. Полевые характеристики цилиндрических излучателей.	4
4. Полевые характеристики поршневых излучателей.	6
5. Основы теории направленного действия. Линейные антенны.	2
6. Использование теорем направленного действия.	4
7. Рефлекторные антенны	4
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 деятель-

ности, которые указывают путь решения проблемы.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	34
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	12
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	15
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	12
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	12
Выполнение расчетно-графических работ	10
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
ИТОГО СРС	130

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 библ.
Основная литература		
1	Степанов, Борис Георгиевич. Основы излучения и рассеяния акустических волн [Текст] : учеб. пособие / Б. Г. Степанов, 2018. -143 с.	25
2	Никифоров, Леонид Андреевич. Излучение акустических волн [Текст] : учеб. пособие / Л.А. Никифоров; СПбГЭТУ, 1993. -79 с.	100
3	Свердлин, Григорий Михайлович. Прикладная гидроакустика [Текст] : [учеб. пособие для вузов по специальности "Физические методы и приборы интроскопии"] / Г.М. Свердлин, 1990 . -319 с.	32
4	Пестерев, Иван Сергеевич. Направленные свойства акустических систем [Текст] : учеб.-метод. пособие / И. С. Пестерев, Б. Г. Степанов, 2017. -49 с.	20
Дополнительная литература		
1	Смарышев, Михаил Дмитриевич. Элементы теории направленности гидроакустических антенн [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. 551500 "Приборостроение" и специальности 190400 "Акустические приборы и системы" направления подгот. дипломир. специалистов 653700 "Приборостроение" / М.Д. Смарышев, 2004. -143 с.	58
2	Жуков, Владислав Борисович. Прямые и обратные задачи теории направленности гидроакустических антенн [Текст] : [учеб. пособие] / В.Б. Жуков, М.Д. Смарышев, 2011. -93 с.	6
3	Дианов, Дмитрий Борисович. Теория и расчет акустических приемно-излучающих устройств [Текст] : учеб. пособие / Д.Б. Дианов, 1981. -73 с.	54
4	Дианов, Дмитрий Борисович. Акустические приемно-излучающие антенны [Текст] : учеб. пособие / Д.Б. Дианов, 1982. -73 с.	9
5	Шендеров, Евгений Львович. Волновые задачи гидроакустики [Текст] / Е.Л. Шендеров, 1972. -347, [1] с.	55

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

№ п/п	Электронный адрес
1	Сайт Степанова Б.Г https://sites.google.com/site/bgstepanov/
2	Сайт S -Академическая и специальная литература https://www.studmed.ru/

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=9216>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Теория излучения, рассеяния и приема звука» формой промежуточной аттестации является экзамен.

Экзамен

Оценка	Описание
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

Успешная защита всех лабораторных работ и практических работ по расчету характеристик направленности с использованием теорем направленного действия. Экзамен проводится по билетам. Оценка определяется по ответам на поставленные вопросы.

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

Примерные вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Основные характеристики процесса излучения и приема звука в жидкостях и газах. Волновое уравнение. Принцип Зоммерфельда.
2	Типы граничных условий для режимов излучения и приема. Условное разделение (зоны) и характеристика поля излучения или рассеяния звуковых волн.
3	Сопrotивление излучения. Определение активной и реактивной мощности излучения; понятие соколеблющейся массы.
4	Звуковое поле сложного сферического излучателя и его основные характеристики.
5	Пульсирующая сфера, основные полевые характеристики. Точечный излучатель. Формулы Гюйгенса и Рэлея.
6	Осциллирующая сфера, основные полевые характеристики, понятие акустического короткого замыкания.
7	Круглый поршень в жестком экране. Поле в дальней зоне, характеристика направленности и коэффициент осевой концентрации.
8	Применение формул Кирхгофа для приближенного решения задач о рассеянии волн телами канонических форм. Понятие силы цели.
9	Рассеяние звуковых волн на жесткой сфере; частные случаи разных волновых размеров и расстояний.
10	Рефлекторная антенна с параболическим отражателем (режим излучения).

Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина **Теория излучения, рассеяния и приема звука** ФИБС

1. Коэффициент осевой концентрации, два определения, основные расчетные соотношения.
2. Формула Кирхгофа-Гельмгольца и ее физический смысл (постановка и решение задачи, частные случаи).
3. Теорема умножения теории направленности, пример ее использования.

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
8	Излучение и рассеяние звуковых волн телами сферической формы	Коллоквиум
15	Элементы теории направленности. Линейные антенны	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 излучения, рассеяния и приема звука» студент обязан выполнить 4 лабораторные работы. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение измерений и обработка их результатов, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. После каждых 2 лабораторных работ предусматривается проведение коллоквиума на 8 и 15 неделях, на которых осуществляется защита лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется в бригадах до 4 человек или индивидуально в случае пропуска плановых занятий. 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.

Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения экспериментальных исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, 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.

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 семинарских и практических 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.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекции-

онных, 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, ПК, лабораторное оборудование и специальные стенды	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Практические занятия	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
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

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