



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

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ДФУ**

«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**

Математический аппарат акустики

**Направление подготовки – 12.03.01 Приборостроение**  
профиль подготовки: «Акустические приборы и системы»  
**Форма подготовки (очная)**

курс 4 семестр 7

лекции 18 час.

практические занятия – 36 час.

лабораторные работы – 18 час.

в том числе с использованием МАО лек. 8 час., лаб. раб. 8 час., пр. 8 час.

всего часов аудиторной нагрузки 72 час.

в том числе с использованием МАО 24 час.

самостоятельная работа 72 час.

контрольные работы (количество) – не предусмотрено учебным планом

в том числе на подготовку к экзамену – не предусмотрено учебным планом

курсовая работа – не предусмотрено учебным планом

зачет 7 семестр

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

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Приборостроения  
протокол № 1 от « 28 » сентября 2018 г.,

Заведующий кафедрой: профессор, д.ф.м.н. В.И. Короченцев

Составитель: профессор д.ф.м.н. В.И. Короченцев



**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

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

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.И. Короченцев  
(подпись) (ФИО)

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

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.И. Короченцев  
(подпись) (ФИО)

## **Аннотация**

### **дисциплины «Математический аппарат акустики»**

Рабочая программа учебной дисциплины «Математический аппарат акустики» разработана для студентов 4 курса направления 12.03.01 Приборостроение, профиль подготовки «Акустические приборы и системы» в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 03 сентября 2015 г. № 959

Дисциплина «Математический аппарат акустики» входит в число обязательных дисциплин вариативной части учебного плана направления Приборостроение.

Общая трудоемкость дисциплины «Математический аппарат акустики» составляет 4 з.е. (144 час.). Дисциплина реализуется на 4 курсе в 7 семестре.

Учебным планом предусмотрены лекционные занятия 0,5 з.е. (18 часов), лабораторные работы 0,5 з.е. (18 часов), практические занятия 1 з.е. (36 часов), самостоятельная работа студента 2 з.е. (72 часов). Оценка результатов обучения: зачет в 7 семестре.

Содержание дисциплины охватывает следующий круг вопросов: акустическое поле в неограниченной среде; поглощение и дисперсия звуковых волн; распространение акустических волн в неоднородных и движущихся средах; элементы акустики твердого тела.

Дисциплина «Математический аппарат акустики» логически и содержательно связана с такими курсами, как «Высшая математика», «Физика», «Прикладная математика», «Общая акустика», «Колебания и волны».

**Цель:**

Цель курса - ознакомить студентов с основными физическими явлениями, изучаемыми современной акустикой, с элементами используемого ею математического аппарата.

**Задачи:** В результате теоретического изучения дисциплины студент должен знать: основные уравнения и теоремы акустики жидкостей, газов и твердых тел; уметь: самостоятельно решать задачи, относящиеся к гидродинамике идеальной жидкости, линейной акустике, течениям в вязкой теплопроводящей среде, волноводному распространению акустических волн, распространению звуковых волн в плавно-неоднородных средах, акустике движущихся сред, а также к расчетам звуковых волн в изотропном твердом теле и поверхностных акустических волн; иметь навыки: получения несложных оценок применительно к различным физическим ситуациям.

Для успешного изучения дисциплины «Математический аппарат акустики» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции: способность к самосовершенствованию и саморазвитию в профессиональной сфере, к повышению общекультурного уровня; способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции: ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-2.

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную	Знает	Дифференциальные уравнения в частных производных
	Умеет	Формулировать задачу прямую и обратную анализа и синтеза физических

картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики		полей
	Владеет	Аналитическими методами решения дифференциальных и интегральных уравнений
<b>ОПК-3</b> способность выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности	Знает	Связь между математической моделью и физическими явлениями
	Умеет	Видеть связь между моделями и акустическими приборами
	Владеет	Методами аналогий между физическими и математическими моделями приборов
<b>ОПК-4</b> способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности	Знает	Тенденции развития акустического приборостроения
	Умеет	Сформулировать математическую модель прогноза развития приборостроения
	Владеет	Методами решения задач прогноза развития технических средств приборостроения
<b>ПК-2</b> готовность к математическому моделированию процессов и объектов приборостроения и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов	Знает	Численные методы решения дифференциальных уравнений
	Умеет	Применять стандартные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений для задач акустики
	Владеет	Методами математического моделирования задач акустики и электродинамики

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Математический аппарат акустики» применяются следующие методы активного обучения: «диспут на занятии».

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (18 час. МАО 8 час.)**

**МОДУЛЬ 1. Введение. Акустическое поле в неограниченной среде  
(4 час.)**

**Тема 1. Введение. Акустическое поле. Основные понятия. (1 час.)**

Три исторических периода развития акустики как науки - развитие акустики от Пифагора и Аристотеля до наших дней. Общая акустика, прикладная акустика, психофизиологическая

Звуковые волны. Различные типы задач акустики (задачи о свободных волнах; задачи с начальными условиями; краевые задачи; задачи о сторонних воздействиях (источники звука); задачи о рассеянии на препятствиях; задачи о затухании звука).

Основные параметры, характеризующие акустическую волну: амплитуда давления и амплитуда акустического смещения, амплитуда колебательной скорости, скорость звуковой волны. Электроакустическая аналогия. Сила звука и интенсивность звука. Вектор Умова-Пойнтинга. Коэффициент поглощения.

## **Тема 2. Система основных уравнений гидродинамики идеальной жидкости. (1 час.)**

Идеальная жидкость. Лагранжев и Эйлеров способы описания движения жидкости. Связь между локальной и субстанциальной производной. Уравнение неразрывности или закон сохранения массы. Плотность потока жидкости. Уравнение Эйлера - аналог II закона Ньютона для гидродинамики. Уравнение состояния. Примеры уравнения состояния: адиабата Пуассона и уравнение Тэта.

## **Тема 3. Уравнения линейной акустики идеальной среды (1 час.)**

Линеаризация системы уравнений гидродинамики идеальной жидкости. Волновое уравнение.

Плоская звуковая волна. Связь между скоростью, давлением и плотностью в плоской волне. Продольность звуковых волн. Монохроматические звуковые волны. Уравнение Гельмгольца.

## **Тема 4. Энергия и интенсивность звуковых волн. Закон изменения энергии. (1 час.)**

Объемная плотность энергии звуковой волны. Вектор плотности потока энергии - вектор Умова. Вывод закона сохранения энергии для идеальной однородной среды. Объемная плотность энергии и интенсивность плоской бегущей волны. Измерения уровня звукового давления в акустике. Децибел.

## **МОДУЛЬ 2. Поглощение и дисперсия звуковых волн (4 час.)**

### **Тема 1. Различные механизмы поглощения звука. Уравнение Навье-Стокса. (1 час.)**

Вязкость и теплопроводность. Сдвиговое трение. Коэффициент сдвиговой вязкости. Объемная вязкость среды и коэффициент объемной вязкости. Уравнение Навье-Стокса - аналог II закона Ньютона для вязкой жидкости.

### **Тема 2. Линейные уравнения вязкой теплопроводящей среды (1 час.)**

Модифицированное линеаризованное уравнение состояния. Линеаризация уравнения Навье-Стокса. Акустические числа Маха и Рейнольдса. Волновое уравнение для звуковой волны с учетом вязкости.

Дисперсионное соотношение в вязкой среде. Коэффициент затухания плоской волны. Формула Стокса-Кирхгоффа-Рэлея. Проявление гидродинамической дисперсии для ультразвуковых волн.

### **Тема 3. Акустика движущихся сред Эффект Доплера. (2 час.)**

Линеаризованные уравнения для идеальной движущейся среды. Распространение звука в земной атмосфере при наличии ветра. Рефракция лучей по ветру и против ветра.

Эффект Доплера в акустике. Связь между частотой волны и волновым вектором в движущейся среде. Анализ различных частных случаев: движущийся приемник, движущийся источник, совместное движение источника и приемника. Применение эффекта Доплера для измерения



скорости движущихся целей и создания синтезированных аппертурных антенн.

### **МОДУЛЬ 3. Распространение акустических волн в неоднородных и движущихся средах (7 час.)**

#### **Тема 1. Отражение и преломление плоских волн на границах раздела сред. (1 час.)**

Граничные условия на границе двух жидких сред. Закон Снеллиуса. Формулы Френеля для коэффициентов отражения и прохождения на границе двух жидких сред.

Анализ различных предельных случаев: нормальное падение (равенство акустических импедансов сред; “абсолютно жесткая” и “абсолютно мягкая” акустическая граница; асимметрия границы по давлению при прохождении волны); абсолютно прозрачная граница; полное внутреннее отражение.

#### **Тема 2. Звуковое поле монополя, расположенного вблизи абсолютно отражающей поверхности (1 час.)**

Уравнение Гельмгольца с граничными условиями. Понятие “мнимых” источников. Интерференционная картина поля и характеристика направленности монополя вблизи свободной поверхности. Зависимость излучаемой мощности от заглубления излучателя.

#### **Тема 3. Волноводное распространение акустических волн (2 час.)**

Геометрическая расходимость и геометрическая дисперсия. Примеры природных акустических волноводов и технических волноводов.

Модовые представления для поля в волноводе с идеальными границами (двумерная задача). Нормальная волна или собственная мода волновода. Дисперсионные соотношения. Распределение давления по вертикальной координате для первых мод в волноводах с абсолютно отражающими стенками. Волны Бриллюэна. Распространяющиеся и затухающие моды.

Количество распространяющихся мод. Критическая частота моды. Фазовая и групповая скорости мод - проявление геометрической дисперсии. Коэффициенты возбуждения мод. Ортогональность мод.

Трехмерная задача - представление поля в волноводе с прямоугольным сечением. Фазовая и групповая скорости. Волны Бриллюэна. Коэффициенты возбуждения.

Фильтрация сигнала волноводом. Селекция мод по углам. Явление затягивания импульса в волноводе.

#### **Тема 4. Распространение звуковых волн в плавно-неоднородных средах. Приближение геометрической акустики (3 час.)**

Понятие плавно-неоднородной среды. Высокочастотная асимптотика поля.

Уравнение эйконала для фазы волны и уравнение переноса для амплитуды волны. Поверхности постоянной фазы и геометроакустические лучи. Уравнение для траектории луча.

Решение уравнения эйконала и уравнения переноса вдоль траектории луча. Расходимость лучей. Лучевые координаты. Алгоритм расчета поля в плавно-неоднородной среде методом геометрической акустики.

Рефракция лучей. Примеры построения лучевых траекторий в плоскослоистых неоднородных средах: уравнение для траектории луча в плоскослоистой среде; вертикальное распространение в изотермической атмосфере; распространение в реальной тропосфере - скорость звука убывает с высотой; распространение в подводном звуковом канале (ПЗК).

Геометрическая расходимость и геометрическая дисперсия. Примеры природных акустических волноводов и технических волноводов.

Модовое представление для поля в волноводе с идеальными границами (двумерная задача). Нормальная волна или собственная мода волновода. Дисперсионные соотношения. Распределение давления по вертикальной координате для первых мод в волноводах с абсолютно отражающими

стенками. Волны Бриллюэна. Распространяющиеся и затухающие моды. Количество распространяющихся мод. Критическая частота моды. Фазовая и групповая скорости мод - проявление геометрической дисперсии. Коэффициенты возбуждения мод. Ортогональность мод.

Трехмерная задача - представление поля в волноводе с прямоугольным сечением. Фазовая и групповая скорости. Волны Бриллюэна. Коэффициенты возбуждения.

Фильтрация сигнала волноводом. Селекция мод по углам. Явление затягивания импульса в волноводе.

#### **МОДУЛЬ 4 Элементы акустики твердого тела (3 час.)**

##### **Тема 1. Краткие сведения из теории упругости (1 час.)**

Растяжение и сдвиг. Закон Гука. Параметры, характеризующие деформации: модуль Юнга, коэффициент Пуассона, модуль сдвига, модуль всестороннего сжатия. Тензор напряжений и тензор деформаций. Обобщенный закон Гука для изотропного тела. Уравнения движения теории упругости.

##### **Тема 2. Звуковые волны в изотропном твердом теле (1 час.)**

Волновые уравнения для продольных и поперечных звуковых волн. Скорость продольных и поперечных волн. Особенности отражения упругих волн от границы раздела.

##### **Тема 3. Поверхностные акустические волны. Акустоэлектроника (1 час.)**

Волны Рэлея и волны Лява и их свойства. Использование поверхностных акустических волн в задачах акустоэлектроники и обработки сигналов.

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

## **Лабораторные работы (18 час.)**

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

1. Исследование поперечных колебательных пластин.

### **Лабораторная работа 2. Колебания механических систем (4 час.)**

1. Колебания механических систем с распределенными параметрами.
2. Продольные колебания стержней.

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

1. Исследование акустического поля в однородной среде.
2. Исследование акустического поля в однородной среде с плоской границей.

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

1. Исследование принципа взаимности.
2. Применение принципа взаимности в акустических измерениях.

### **Лабораторная работа 5. Исследование амплитудных характеристик (2 час.)**

1. Исследование амплитудных характеристик обратного рассеяния акустических сигналов на телах простой формы.

## **Практические занятия**

**(36 час.)**

### **Занятие 1. Акустическое поле в неограниченной среде (8 час.)**

1. Система основных уравнений гидродинамики идеальной жидкости.
2. Уравнения линейной акустики идеальной среды.
3. Энергия и интенсивность звуковых волн.
4. Закон изменения энергии.

### **Занятие 2. Поглощение и дисперсия звуковых волн (8 час.)**

1. Различные механизмы поглощения звука. Уравнение Навье-Стокса.
2. Линейные уравнения вязкой теплопроводящей среды
3. Акустика движущихся сред Эффект Доплера.

### **Занятие 3. Распространение акустических волн в неоднородных и движущихся средах (12 час.)**

1. Отражение и преломление плоских волн на границах раздела сред.
2. Звуковое поле монополя, расположенного вблизи абсолютно отражающей поверхности
3. Волноводное распространение акустических волн.
4. Распространение звуковых волн в плавно-неоднородных средах.
5. Приближение геометрической акустики.

### **Занятие 4. Элементы акустики твердого тела (8 час.)**

1. Теория упругости. Растяжение и сдвиг. Закон Гука. Модуль Юнга, коэффициент Пуассона. Обобщенный закон Гука для изотропного тела. Уравнения движения теории упругости.
2. Звуковые волны в изотропном твердом теле.
3. Поверхностные акустические волны. Акустоэлектроника.

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

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Акустический аппарат акустики» 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 обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства – наименование	
			Текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Модуль 1 Введение. Акустическое поле в неограниченной среде	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 проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат ОПК -4 способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности ПК-2 готовность к математическому моделированию процессов и объектов приборостроения и их	Выполнение и защита лабораторных работ Подготовка к практическим занятиям	Зачет Вопросы 1-5 перечня типовых вопросов. (Приложение 2).

		исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов		
2	Модуль 2 Поглощение и дисперсия звуковых волн	ОПК-3 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат ОПК -4 способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности ПК-2 готовность к математическому моделированию процессов и объектов приборостроения и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов	Выполнение и защита лабораторных работ Подготовка к практическим занятиям	Зачет Вопросы 6-10 перечня типовых вопросов. (Приложение 2).
3	Модуль 3 Распространение акустических волн в неоднородных и движущихся средах	ОПК-3 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат ОПК -4 способность учитывать современные тенденции развития техники и	Выполнение и защита лабораторных работ Подготовка к практическим занятиям	Зачет Вопросы 11-14 перечня типовых вопросов. (Приложение 2).

		технологий в своей профессиональной деятельности ПК-2 готовность к математическому моделированию процессов и объектов приборостроения и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов		
4	Модуль 4 Элементы акустики твердого тела	ОПК-3 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат ОПК -4 способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности ПК-2 готовность к математическому моделированию процессов и объектов приборостроения и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов	Выполнение и защита лабораторных работ Подготовка к практическим занятиям	Зачет. Вопросы 15-18 перечня типовых вопросов. (Приложение 2).

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.

## **V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Горелик Г.С. Колебания и волны [Электронный ресурс]/ Горелик Г.С.- Электрон. текстовые данные.- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011.- 656 с.- Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17269> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю <http://www.iprbookshop.ru/17269>

2. Математика [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.Б. Карбачинская [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М.: Российский государственный университет правосудия, 2015. - 342 с. - 978-5-93916-481-8. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/49604.ht>

3. Исакович М. А. Общая акустика. М.: Наука, 1973. - 493 с.

4. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: Учебное пособие. В 10 т. Т. VI. Гидродинамика. М.: Наука, 1986. - 736 с.

5. Гурбатов, С.Н. Акустика в задачах: учебное пособие / С.Н. Гурбатов, О.В. Руденко.— М. : Физматлит, 2009. — 336 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2166](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2166)

5. Жаворонок, С.И. Численно-аналитические методы решения задач дифракции акустических волн на абсолютно твердых телах и оболочках. : / С.И. Жаворонок, М.Ю. Куприков, А.Л. Медведский [и др.]. — М. : Физматлит, 2010. — 192 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=59610](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59610)

6. Руденко, О.В. Нелинейная акустика в задачах и примерах: учебное пособие / О.В. Руденко, С.Н. Гурбатов, К.М. Хедберг. — М. : Физматлит, 2007. — 175 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2296](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2296)

7. Красильников В. А., Крылов В. В. Введение в физическую акустику: Учебное пособие. М.: Наука, 1984. - 400 с.

### Дополнительная литература

1. Бреховских Л. М., Лысанов Ю. П. Теоретические основы акустики океана. Л.: Гидрометеиздат, 1982. - 264 с.

2. Бреховских Л. М., Гончаров В. В. Введение в механику сплошных сред (в приложении к теории волн). М.: Наука, 1982. - 335 с.

3. Алексеев, Г.В. Компьютерные технологии при проектировании и эксплуатации технологического оборудования [Электронный ресурс] / Алексеев Г.В., Бриденко И.И., Головацкий В.А., Верболоз Е.И.. - Томск: ТУСУР (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники), 2012. - 256 с. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4878](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4878)

4. Бархатов А. Н. Вопросы акустики ограниченных и неоднородных сред. Учебное пособие. Горький: изд-во ГГУ, 1980.

5. Лепендин Л. Ф. Акустика. М.: Высшая школа, 1978. - 448

1. Скучик Е. Основы акустики. В 2-х т. М.: 1976.

2. Руденко О. В., Солуян С. И. Теоретические основы нелинейной акустики. М.: Наука, 1975. - 287 с.

3. Исакович М. А. Общая акустика. М. : Наука, 1973. - 493 с.

4. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: Учебное пособие. В 10 т. Т. VI. Гидродинамика. М.: Наука, 1986. - 736 с.

5. Красильников В. А., Крылов В. В. Введение в физическую акустику: Учебное пособие. М.: Наука, 1984. - 400 с.

6. Акустика в задачах. Учеб. рук-во. / Под ред. С. Н.Гурбатова и О. В.Руденко. М.: Наука, 1996. - 336 с.

7. Материалы к практическим занятиям по программированию численными методами, а также примеры реализации некоторых вычислительных алгоритмов в широко известных пакетах инженерных и научных вычислений Mathcad и MATLAB [http://solidbase.karelia.ru/edu/meth\\_calc/index.shtml](http://solidbase.karelia.ru/edu/meth_calc/index.shtml).

8. Образовательный математический сайт: <http://www.exponenta.ru/>.

### 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. Znanium.com [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: <http://znanium.com>

### Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Место расположения компьютерной техники, на котором установлено программное обеспечение, количество	Перечень программного обеспечения
---	-----------------------------------

рабочих мест	
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>– ABBYY 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 решения задач технических вычислений и одноимённый язык программирования, используемый в этом пакете</li> </ul>

## VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

На изучение дисциплины отводится 72 часа аудиторных занятий и 72 часа 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 систем. Во второй части занятия студентам предлагается работать самостоятельно, выполняя численные расчеты параметров и характеристик заданных 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 (ПК-2) - готовность к математическому моделированию процессов и объектов приборостроения и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов.

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 заданий 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 628а	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. E628	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.
Мультимедийные аудитории E625, E627, E628	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 видеисточников документ-камера CP355AF Avertision; подсистема видеокмутации; подсистема аудиокмутации 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»  
(ДВФУ)

---

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
ОБУЧАЮЩИХСЯ**

по дисциплине «Математический аппарат акустики»  
**Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение**  
Профиль подготовки «Акустические приборы и системы»  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**

**2018**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п, тема работы	Дата/сроки выполнения	Вид СРС	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1. Подготовка к лабораторным работам	В течение семестра	РЛ	18 час.	УО
2. Подготовка к практическим занятиям	В течение семестра	РЛ	18 час.	УО
3. Подготовка реферата (доклада) по заданной теме	В течение семестра	РГР	18 час.	УО
4. Подготовка к текущим аттестациям на практических занятиях	По расписанию практических занятий (последнее занятие по изучаемой теме)	РЛ самоподг отовка	8 час.	УО
5. Подготовка к зачету по перечню контрольных вопросов	Зачетная неделя	самоподг отовка	10 час.	Зачет, УО
Итого			72 часа	

УО – устный опрос; РЛ – работа с литературой.

### Самостоятельная работа бакалавров представлена в виде:

- Подготовка к лабораторным занятиям, подготовка к защите лабораторных работ.
- Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к текущим аттестациям на практических занятиях (последнее по изучаемой теме).
- Написание реферата по заданной тематике, либо подготовка доклада по заданной тематике.
- Подготовка к зачету.



## **Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению**

В качестве самостоятельной работы студентом выполняется реферат по одной из заданных тем или делается доклад по заданной теме.

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Результаты реферативной работы бакалавр выполняет в виде письменного отчета. Реферат является документом бакалавра, в котором раскрыта тема индивидуального задания и приведены подробные сведения об изучаемом объекте.

Изложение в реферате должно быть сжатым, ясным и сопровождаться цифровыми данными и рисунками, если требуется.

Материал в реферате представляется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- содержание;
- введение;
- материал по теме индивидуального задания;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Материалы реферата должны быть изложены последовательно, лаконично, логически связаны. Реферат выполняется на компьютере на одной стороне листа формата А4.

Основная часть и приложения к реферату нумеруются сплошной нумерацией. Титульный лист не нумеруется. На следующем листе ставится

номер «2». Номер проставляется арабскими цифрами в нижнем правом углу страницы.

Допускается использование цветных рисунков, схем и диаграмм.

Текст оформляется в соответствии с требованиями делопроизводства, печатается через 1,5 интервала. Сверху страницы делается отступ 20 мм, слева – 25 мм, справа – 15 мм, снизу – 20 мм. Абзацные отступы должны быть равны 5 знакам.

Текст должен быть разделен на разделы и подразделы (заголовки 1-го и 2-го уровней), в случае необходимости – пункты, подпункты (заголовки 3-го и 4-го уровней). Заголовки должны быть сформулированы кратко. Все заголовки иерархически нумеруются.

Основной текст следует набирать шрифтом Times New Roman с обычным начертанием. Заголовки 1-го и 2-го уровней следует набирать с полужирным начертанием, заголовки 3-го и 4-го уровней – обычным. Названия рисунков и таблиц рекомендуется набирать 12 шрифтом с полужирным начертанием.

Бакалавры представляют рефераты во второй половине семестра, готовят краткое сообщение.

Рекомендуемая ниже литература является только основой для подготовки реферата, существенно большие по объему материалы могут быть найдены в Интернете. К последним необходимо относиться критически, поскольку они могут противоречить друг другу; в этом случае рекомендуется рассмотреть несколько источников и выбирать наиболее правдоподобные материалы.

1. Исакович М. А. Общая акустика. М. : Наука, 1973. - 493 с.
2. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: Учебное пособие. В 10 т. Т. VI. Гидродинамика. М.: Наука, 1986. - 736 с.
3. Горелик Г.С. Колебания и волны [Электронный ресурс]/ Горелик Г.С.— Электрон. текстовые данные. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011.- 656 с.

4. Гурбатов, С.Н. Акустика в задачах: учебное пособие / С.Н. Гурбатов, О.В. Руденко.- М. : Физматлит, 2009. — 336 с.

5. Жаворонок, С.И. Численно-аналитические методы решения задач дифракции акустических волн на абсолютно твердых телах и оболочках: / С.И. Жаворонок, М.Ю. Куприков, А.Л. Медведский [и др.]. — М.: Физматлит, 2010. — 192 с.

6. Руденко, О.В. Нелинейная акустика в задачах и примерах: учебное пособие / О.В. Руденко, С.Н. Гурбатов, К.М. Хедберг. — М.: Физматлит, 2007. — 175 с.

7. Красильников В. А., Крылов В. В. Введение в физическую акустику: Учебное пособие. М.: Наука, 1984. - 400 с.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

1. 10-9 баллов выставляется студенту, если студент выполнил все пункты задания. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

2. 8-7 баллов: работа выполнена полностью; допущено одна-две ошибки в оформлении работы. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

3. 7-6 балл: работа выполнена полностью; допущено не более 2 ошибок при оформлении работы. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

4. 6-5 баллов: работа выполнена; допущено три или более трех ошибок в оформлении работы. При защите студент не отвечает на 2-3 вопроса преподавателя.

### **Темы рефератов (докладов) для самостоятельной работы студентов**

1. Геометрическая расходимость и геометрическая дисперсия.
2. Развитие акустики от Пифагора и Аристотеля до наших дней.
3. Общая акустика
4. Психофизиологическая акустика
5. Плоская звуковая волна. Связь между скоростью, давлением и плотностью в плоской волне.
6. Объемная плотность энергии звуковой волны. Вектор плотности потока энергии - вектор Умова.
7. Вязкость и теплопроводность. Сдвиговое трение. Коэффициент сдвиговой вязкости. Объемная вязкость среды и коэффициент объемной вязкости.
8. Линеаризованные уравнения для идеальной движущейся среды.
9. Распространение звука в земной атмосфере при наличии ветра.
10. Рефракция лучей по ветру и против ветра.
11. Эффект Доплера в акустике
12. Граничные условия на границе двух сред. (ж-ж, т-ж, ж-т, т-т)
13. Анализ различных предельных случаев: нормальное падение (равенство акустических импедансов сред; “абсолютно жесткая” и “абсолютно мягкая” акустическая граница; асимметрия границы по давлению при прохождении волны); абсолютно прозрачная граница; полное внутреннее отражение.
14. Геометрическая расходимость и геометрическая дисперсия. Примеры природных акустических волноводов и технических волноводов.
15. Модовые представления для поля в волноводе с идеальными границами

- 16.Фильтрация сигнала волноводом.
- 17.Понятие плавно-неоднородной среды. Высокочастотная асимптотика поля.
- 18.Рефракция лучей.
- 19.Геометрическая расходимость и геометрическая дисперсия
- 20.Фильтрация сигнала волноводом

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

В течение семестра студенты выполняют не менее четырех 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.

### **Требования к работе с литературой**

Существенной ошибкой студентов при работе с учебной литературой является полное и медленное чтение текста без его анализа. Такой режим чтения литературы малоэффективен, поскольку читатель не концентрирует свое внимание на основных частях текста, не выделяет теоретические положения и основные факты, не анализирует систему доказательств автора, логику его изложения. При таком чтении не происходит совершенствования основных интеллектуальных операций, а информация запоминается с трудом, после неоднократных повторений, и воспроизводится в дальнейшем не оперативно, с пропусками и искажениями.

Важнейшим условием рациональной организации работы с книгой является умение четко сформулировать цели и выбрать оптимальный способ чтения. При этом следует помнить о двух основных целях работы с научной литературой:

- приобретение необходимой информации;
- развитие своих способностей, прежде всего, логической памяти, мышления, внимания.

Оптимизация чтения должна осуществляться путем организации и согласования четырех уровней процесса понимания: прагматического, синтаксического, семантического и онтологического.

*Прагматический уровень* – рассмотрение чтения в плане установок и отношений к самому процессу и осознания собственных психических состояний, вызываемых текстом. Чтение – это труд и творчество. Данный уровень дает возможность читателю ответить на вопрос, для каких целей я это читаю, насколько это полезно и необходимо для меня, что это мне дает?

*Синтаксический уровень* предполагает расширение символического и словарного запаса, позволяет увеличить мощность и емкость знакового блока внутренней модели мира, формирует способы соотнесения и перехода от одной знаковой системы к другой. Другими словами данный уровень чтения способствует сознательно или неосознанно развитию у читателя ряда способностей, формируя при этом методологические и гносеологические основы.

*Семантический уровень* предполагает чтение по выявлению смысла на макро и микроуровне, то есть как отдельных частей текста, так и всего текста в целом. Он позволяет выявить логику и сущностные характеристики его. Важной чертой данного уровня является возможность читателя выделить смысл для себя.

*Онтологический уровень* чтения включает анализ целей и его места среди других видов деятельности. Он формирует умения ориентировать и регулировать текущее и перспективное чтение, отбирать материалы для чтения, регулировать и организовывать каждый из четырех уровней. И в целом он помогает свободно ориентироваться в огромном потоке информации.



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

---

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине «Математические аппараты акустики»  
**Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение**  
Профиль подготовки «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	Дифференциальные уравнения в частных производных
	Умеет	Формулировать задачу прямую и обратную анализа и синтеза физических полей
	Владеет	Аналитическими методами решения дифференциальных и интегральных уравнений
ОПК-3 способность выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности	Знает	Связь между математической моделью и физическими явлениями
	Умеет	Видеть связь между моделями и акустическими приборами
	Владеет	Методами аналогий между физическими и математическими моделями приборов
ОПК-4 способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности	Знает	Тенденции развития акустического приборостроения
	Умеет	Сформулировать математическую модель прогноза развития приборостроения
	Владеет	Методами решения задач прогноза развития технических средств приборостроения
ПК-2 готовность к математическому моделированию процессов и объектов приборостроения и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов	Знает	Численные методы решения дифференциальных уравнений
	Умеет	Применять стандартные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений для задач акустики
	Владеет	Методами математического моделирования задач акустики и электродинамики

IV. п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства – наименование	
			Текущий контроль	промежуточная аттестация

1	Модуль 1 Введение. Акустическое поле в неограниченной среде	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 проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат ОПК -4 способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности ПК-2 готовность к математическому моделированию процессов и объектов приборостроения и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов	Выполнение и защита лабораторных работ Подготовка к практическим занятиям	Зачет Вопросы 1-5 перечня типовых вопросов. (Приложение 2).
2	Модуль 2 Поглощение и дисперсия звуковых волн	ОПК-3 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат ОПК -4 способность учитывать	Выполнение и защита лабораторных работ Подготовка к практическим занятиям	Зачет Вопросы 6-10 перечня типовых вопросов. (Приложение 2).

		<p>современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности</p> <p>ПК-2 готовность к математическому моделированию процессов и объектов приборостроения и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов</p>		
3	<p>Модуль 3</p> <p>Распространение акустических волн в неоднородных и движущихся средах</p>	<p>ОПК-3 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p> <p>ОПК -4</p> <p>способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности</p> <p>ПК-2 готовность к математическому моделированию процессов и объектов приборостроения и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов</p>	<p>Выполнение и защита лабораторных работ</p> <p>Подготовка к практическим занятиям</p>	<p>Зачет</p> <p>Вопросы 11-14 перечня типовых вопросов. (Приложение 2).</p>

4	Модуль 4 Элементы акустики твёрдого тела	ОПК-3 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат ОПК -4 способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности ПК-2 готовность к математическому моделированию процессов и объектов приборостроения и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов	Выполнение и защита лабораторных работ Подготовка к практическим занятиям	Зачет. Вопросы 15-18 перечня типовых вопросов. (Приложение 2).
---	--	---	--	--

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ОПК-1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину	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 и параметров, описывающих поведение колебательной системы

мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	Умеет (продвинутый)	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 исследования колебательной системы
ОПК-3 способность выявлять естественно научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Знает	Основные законы, описывающие поведение колебательных систем различной природы	Знание основных законов, описывающих поведение простейших колебательных систем различной природы	Способен дать определения всех переменных и параметров, описывающих поведение колебательной системы различной природы
	Умеет	Выявить сущность проблемы, составить модель колебательной системы и сформулировать условия ее применения	Умение формулировать математическую постановку задачи	Систематическое применение моделирования 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	Знает	Основные принципы выбора измерительной	Знание методики исследования характеристик колебательных	Способность выбрать нужную методику для проведения

ю измерений и исследования различных объектов по заданной методике		аппаратуры	систем	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 «Математический аппарат акустики» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Математический аппарат акустики» проводится в форме контрольных мероприятий (устного опроса, защиты расчётно-графической работы и индивидуального домашнего задания) 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.

Каждому объекту оценивания присваивается конкретный балл. Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине и внесения данных в АРС. По окончании семестра студент набирает определенное количество баллов, которые переводятся в пятибалльную систему оценки.

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Математический аппарат акустики» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Согласно учебному плану ОС ВО ДВФУ видом промежуточной аттестации по дисциплине «Математические аппараты акустики» предусмотрен «зачет», который проводится в устной форме на последнем занятии.

### **Перечень вопросов для текущей аттестации**

1. Функции и переменные.
2. Функции со специальными свойствами.
3. Пределы функций и последовательностей.
4. Операции над пределами.
5. Частные производные.
6. Интеграл Стильтьеса.
7. Неравенства Минковского и Гельдера.
8. Скалярные поля.
9. Векторные поля.
10. Криволинейные (линейные) интегралы.

11. Поверхностные интегралы.
12. Градиент, дивергенция и ротор; инвариантные определения.
13. Производные высших порядков по направлению.
14. Оператор Лапласа.
15. Операции над простейшими функциями.
16. Поля с разрывами на поверхностях.
17. Криволинейные координаты.
18. Координатные поверхности и координатные линии.
19. Функции комплексного переменного.
20. Области в комплексной плоскости.
21. Кривые и контуры.
22. Разложение в ряд Тейлора.
23. Достаточные условия существования преобразования Лапласа.
24. Существование обратного преобразования Лапласа.
25. Обыкновенные дифференциальные уравнения.
26. Линейные дифференциальные уравнения. Принцип наложения.
27. Приведение двухточечных краевых задач к задачам Коши.
28. Решение методом вариации постоянных. Функции Грина.
29. Дифференциальные уравнения с частными производными.
30. Решение дифференциальных уравнений с частными производными; разделение переменных.
31. Гиперболические, параболические и эллиптические дифференциальные уравнения с частными производными.
32. Преобразование гиперболических, параболических и эллиптических уравнений к каноническому виду.
33. Линейные краевые задачи.
34. Частные решения уравнения Лапласа; трехмерный случай.
35. Частные решения для уравнения теплопроводности и диффузии.
36. Преобразование Лапласа по временной переменной.



37. Скалярное произведение и нормирование.
38. Линейные интегральные преобразования и линейные интегральные уравнения.
39. Линейные краевые задачи и задачи о собственных значениях для дифференциальных уравнений.
40. Функции Грина. Связь краевых задач и задач о собственных значениях с интегральными уравнениями.
41. Функции Грина для краевой задачи с однородными краевыми условиями.
42. Тригонометрические функции.
43. Соотношения между тригонометрическими функциями.
44. Интегральный синус, косинус, логарифм и показательная функция.
45. Цилиндрические функции, присоединенные функции Лежандра и сферические гармоники.
46. Эллиптические функции, эллиптические интегралы и связанные с ними функции.
46. Эллиптические функции; общие свойства.

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

#### **Перечень типовых вопросов к экзамену (зачету)**

1. Система основных уравнений идеальной жидкости (уравнение неразрывности, уравнение Эйлера, уравнение состояния).
2. Уравнения линейной акустики идеальной среды.
3. Энергия и интенсивность звуковой волны.
4. Закон изменения энергии.
5. Измерения уровня звукового давления в акустике. Децибелл.
6. Уравнение Навье-Стокса.

7. Волновое уравнение для звуковой волны с учетом вязкости.
8. Отражение и преломление плоских волн на границах раздела сред.
9. Звуковое поле монополя, расположенного вблизи абсолютно отражающей поверхности.
10. Модовое представление для поля в волноводе с идеальными границами.
11. Уравнения геометрической акустики и их решения.
12. Уравнение для траектории луча в плоскослоистой среде.
13. Эффект Доплера в акустике.
14. Волновые уравнения для продольных и поперечных звуковых волн в твердом теле.
15. Скорость продольных и поперечных волн.
16. Особенности отражения упругих волн от границы раздела.
17. Волны Рэлея.
18. Волны Лява.

**Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине  
«Математический аппарат акустики»**

Оценка зачета/ экзамена	Требования к сформированным компетенциям
<i>«отлично»/зачтено</i>	Оценка «отлично» 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.

<b>«хорошо»/зачтено</b>	Оценка «хорошо» 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.
<b>«удовлетворительно»/зачтено</b>	Оценка «удовлетворительно» 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.
<b>«неудовлетворительно»/не зачтено</b>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

### **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