

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»

Радиофизический факультет

---

УТВЕРЖДАЮ:

Декан  
радиофизического  
факультета \_\_\_\_\_

Матросов В.В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа дисциплины

«Акустические информационные системы»

---

бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»

---

Информационные системы и технологии

---

(наименование профиля подготовки, направленности программы)

Квалификация (степень)

бакалавр

---

Форма обучения

очная

---

Нижний Новгород

2022 год

### 1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Акустические информационные системы» относится к обязательным дисциплинам вариативной части ОПОП по направлению подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии» на радиофизическом факультете ННГУ. Дисциплина изучается в 6 семестре 3 курса.

#### **Целью освоения дисциплины является:**

ознакомить студентов с основными физическими явлениями, изучаемыми современной акустикой, и современными акустическими информационными системами и технологиями.

### 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<p><i>ПК-2:</i> Способность к применению общенаучных базовых знаний математических и естественных наук, фундаментальной информатики и информационных технологий; применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и методы параллельной обработки данных, операционные системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии.</p> <p>Этап формирования базовый</p>	<p><i>З1 (ПК-2):</i> Знать законы формирования акустических информационных систем</p> <p><i>З2 (ПК-2):</i> Знать современный математический аппарат, фундаментальные концепции и системные методологии, международные и профессиональные стандарты в области акустических информационных систем.</p> <p><i>У1 (ПК-2):</i> Уметь использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с акустическими информационными системами.</p> <p><i>У2 (ПК-2):</i> Уметь применять современный математический аппарат, фундаментальные концепции и системные методологии по медицинской акустике в области акустических информационных систем</p> <p><i>В1 (ПК-2)</i> Владеть методами решения гидродинамических задач.</p>

### 3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных единиц, всего 144 часа, из которых 66 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часов занятий лекционного типа, 16 часов практических занятий, 16 часов лабораторных работ, 2 часа - мероприятия текущего контроля успеваемости), 54 часа - мероприятия промежуточной (экзамен) аттестации, 24 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины (модуля)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	В том числе														
	Всего (часы)		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы										Самостоятельная работа обучающегося, часы		
			Тьюторского Занятия		Семинарского Занятия		Лабораторного Занятия		Всего						
	Очное	Очно-заочное	Очное	Очно-заочное	Очное	Очно-заочное	Очное	Очно-заочное	Очное	Очно-заочное	Очное	Очно-заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное
Заочное	Заочное	Заочное	Заочное	Заочное	Заочное	Заочное	Заочное	Заочное	Заочное	Заочное	Заочное	Заочное	Заочное	Заочное	
1. Введение	2		2								2				
2. Акустическое поле в неограниченной среде	22		8		4		4				16			6	
3. Поглощение и дисперсия звуковых волн	22		8		4		4				16			6	
4. Распространение акустических волн в неоднородных и движущихся средах	20		6		4		4				14			6	
5. Современные акустические информационные системы	22		8		4		4				16			6	
В т.ч. текущий контроль	2				2						2				
Промежуточная аттестация – экзамен															

Текущий контроль успеваемости проходит в рамках групповых консультаций. Итоговый контроль осуществляется на экзамене.

#### 4. Образовательные технологии

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме лекционных занятий с применением технологий интерактивного обучения (презентаций).

Образовательные технологии, способствующие формированию компетенций используемые на занятиях лекционного типа:

- лекции-беседы с использованием мультимедийных средств поддержки образовательного процесса;
- практические занятия с проблемным изложением учебного материала и решением задач,
- лабораторные работы.

На лекциях раскрываются следующие основные темы изучаемого курса, которые входят в рабочую программу:

Общие вопросы акустики. Линейная акустика идеальной среды. Физические основы линеаризации. Волновое уравнение и его решение. Продольность звуковых волн. Потенциал скорости. Плоские волны. Скорость звука. Энергетические соотношения в акустических волнах. Вектор Умова-Пойтинга. Интенсивность звука.

Отражение и преломление плоских волн на границах раздела сред. Граничные условия на границе двух жидких сред. Закон Снеллиуса. Формулы Френеля для коэффициентов отражения и прохождения на границе двух жидких сред. Абсолютно прозрачная граница; явление полного внутреннего отражения

Интерференционная картина поля и характеристика направленности монополя вблизи свободной поверхности. Зависимость излучаемой мощности от заглубления излучателя.

Модовое представление для поля в волноводе с идеальными границами (двумерная задача). Нормальная волна или собственная мода волновода. Дисперсионные соотношения. Распределение давления по вертикали 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.

Уравнения акустики движущихся сред. Эффект Доплера в линейной акустике: анализ различных частных случаев: движущийся приемник, движущийся источник, совместное движение источника и приемника.

Формой итогового контроля знаний студентов по дисциплине является экзамен, в ходе которого оценивается уровень теоретических и практических знаний по дисциплине. Основной акцент воспитательной работы делается на добросовестном, профессиональном выполнении всех учебных заданий.

## **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студентов направлена на дополнительное подробное изучение отдельных тем рабочей программы. *Цель самостоятельной работы* - подготовка современного компетентного специалиста и формирование способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе экзамена по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

### **Пример контрольных вопросов для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:**

1. Система основных уравнений идеальной жидкости (уравнение неразрывности, уравнение Эйлера, уравнение состояния).
2. Уравнения линейной акустики идеальной среды.

3. Энергия и интенсивность звуковой волны. Закон изменения энергии. Скорость передачи информации, скорость переноса энергии
4. Измерения уровня звукового давления в акустике. Децибелл.
5. Уравнение Навье-Стокса.
6. Волновое уравнение для звуковой волны с учетом вязкости.
7. Отражение и преломление плоских волн на границах раздела сред.
8. Звуковое поле монополя, расположенного вблизи абсолютно отражающей поверхности.
9. Модовые представления для поля в волноводе с идеальными границами.
10. Уравнения геометрической акустики и их решения.
11. Уравнение для траектории луча в плоскостистой среде.
12. Эффект Доплера в акустике.
13. Волновые уравнения для продольных и поперечных звуковых волн в твердом теле. Скорость продольных и поперечных волн. Особенности отражения упругих волн от границы раздела.
14. Волны Рэлея и Лява и их свойства.

**6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине,**

включающий:

- 6.1.** Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

ПК-2: Способность к применению общенаучных базовых знаний математических и естественных наук, фундаментальной информатики и информационных технологий; применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и методы параллельной обработки данных, операционные системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии.

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<b>Знания</b> <i>Знать</i> 1. законы формирования акустических информационных систем, 2. современный математический аппарат, фундаментальные концепции и системные методологии, международные и профессиональные стандарты в области акустических информационных систем.	отсутствие знаний материала	наличие грубых ошибок в основном материале	знание основного материала с рядом негрубых ошибок	знание основного материала с рядом заметных погрешностей	знание основного материала с незначительными погрешностями	знание основного материала без ошибок и погрешностей	знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей
<b>Умения</b> <i>Уметь</i>	Полное	Отсутствие	Умение	Умение	Умение	Умение	Умение

1. использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с акустическими информационными системами. 2. применять современный математический аппарат, фундаментальные концепции и системные методологии по медицинской акустике в области акустических информационных систем.	отсутствие умения использовать основные уравнения движения жидкости для решения задач механики сплошных сред	умения использовать основные уравнения движения жидкости для решения задач механики сплошных сред	использовать основные уравнения движения жидкости для решения задач механики сплошных сред с небольшими ошибками	использовать основные уравнения движения жидкости для решения задач механики сплошных сред при наличии незначительных ошибок	использовать основные уравнения движения жидкости для решения задач механики сплошных сред	использовать основные уравнения движения жидкости, а также другие теоретические знания для решения нестандартных задач механики сплошных сред	использовать основные уравнения движения жидкости, а также другие теоретические знания для решения нестандартных задач механики сплошных сред
<b>Навыки</b> <i>Владеть</i> методами решения гидродинамических задач.	Полное отсутствие навыков решения гидродинамических задач.	Отсутствие навыков решения гидродинамических задач.	Наличие минимальных навыков решения гидродинамических задач.	Посредственное владение навыкам решения гидродинамических задач.	Хорошее владение навыкам решения гидродинамических задач.	Отличное владение навыкам решения гидродинамических задач.	Всестороннее владение навыками решения гидродинамических задач.
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

## 6.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме. Устная часть экзамена заключается в ответе студентом на вопросы допуска, где выявляются знания необходимого теоретического минимума. При условии успешной сдачи программы-минимум студент приступает к практической части экзамена. Ему предстоит решить одну задачу (согласно выбранному им случайным образом билету) из числа решенных в ходе практических занятий в семестре. На подготовку решения задачи отводится не менее 20 минут. При условии успешного завершения практической части экзамена, студент приступает к подготовке теоретического вопроса (с использованием любых источников информации, в том числе с применением современных информационно-коммуникационных технологий) с последующим ответом преподавателю и при необходимости дальнейшим собеседованием в рамках тематики курса.

Оценка	Уровень подготовки
Превосходно	<p>Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий подход к решению нестандартных задач. Студент безупречно решил задачу, либо был освобожден от решения задач по итогам активной работы на практических занятиях и отличных успехах в решении контрольных работ, а также дал полный и развернутый ответ на теоретический вопрос билета и правильно ответил на дополнительные вопросы.</p> <p>100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий</p>
Отлично	<p>Высокий уровень подготовки Студент безупречно решил задачу, либо был освобожден от решения задач по итогам активной работы на практических занятиях и отличных успехах в решении контрольных работ, а также дал полный и развернутый ответ на теоретический вопрос билета.</p> <p>Студент активно работал на практических занятиях.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше</p>
Очень хорошо	<p>Хорошая подготовка. Студент решил задачу, дал полный и развернутый ответ на теоретический вопрос билета, но имеются неточности или шероховатости в ответах.</p> <p>Студент активно работал на практических занятиях.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.</p>
Хорошо	<p>В целом хорошая подготовка с небольшими ошибками или недочетами. Студент решил задачу, дал ответ на теоретический вопрос билета, но имеются неточности или шероховатости в ответах. Допускаются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.</p>
Удовлетворительно	<p>Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний. Студент решил задачу, дал неполный ответ на теоретический вопрос билета, затруднялся с ответом на дополнительные вопросы. Студент посещал практические занятия.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.</p>
Неудовлетворительно	<p>Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент не решил задачу или испытывал значительные трудности при ее решении. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Студент пропустил большую часть практических занятий.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.</p>
Плохо	<p>Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы, не умеет решать задачи. Студент отсутствовал на большинстве лекций и практических занятий.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.</p>

### **6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих сформированность компетенций**

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- письменные и устные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- контрольные задания.

Для проведения итогового контроля сформированности компетенции используются: - устное собеседование.

**6.4.** Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

#### **Контрольные вопросы для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины ПК-2**

1. Основные параметры, характеризующие акустическую волну: амплитуда давления и амплитуда акустического смещения, амплитуда колебательной скорости, скорость звуковой волны, интенсивность звука, вектор Умова-Пойнтинга.
2. Идеальная жидкость. Лагранжев и Эйлеров способы описания движения жидкости. Связь между локальной и субстанциальной производной.
3. Уравнение неразрывности или закон сохранения массы. Плотность потока жидкости.
4. Уравнение Эйлера - аналог II закона Ньютона для гидродинамики. Векторный вид уравнения и в проекциях по осям в декартовой системе координат.
5. Уравнение состояния.
6. Линеаризация системы уравнений гидродинамики идеальной жидкости. Волновое уравнение.
7. Плоская звуковая волна. Связь между скоростью, давлением и плотностью в плоской волне. Продольность звуковых волн. Монохроматические звуковые волны. Уравнение Гельмгольца.
8. 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.
9. Неоднородные плоские волны.
10. Отражение и преломление плоских волн на границах раздела сред. Граничные условия на границе двух жидких сред. Закон Снеллиуса. Формулы Френеля для коэффициентов отражения и прохождения на границе двух жидких сред.
11. 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.
12. Обобщенный закон Декарта-Снеллиуса. Метод геометрической акустики. Плавно-неоднородные среды. Уравнение эйконала для фазы волны и уравнение переноса для амплитуды волны.

13. 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. Запись уравнения Навье-Стокса для проекций в декартовой системе координат.
14. Модифицированное линеаризованное уравнение состояния. Линеаризация уравнения Навье-Стокса. Акустические числа Маха и Рейнольдса. Волновое уравнение для звуковой волны с учетом вязкости.
15. Дисперсионное соотношение в вязкой среде. Коэффициент затухания плоской волны.
16. Интерференционная картина поля и характеристика направленности монополя вблизи свободной поверхности. Зависимость излучаемой мощности от заглубления излучателя.
17. Модовые представления для поля в волноводе с идеальными границами (двумерная задача). Нормальная волна или собственная мода волновода. Дисперсионные соотношения. Распределение давления по вертикали 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.
18. Эффект Доплера в линейной акустике: анализ различных частных случаев: движущийся приемник, движущийся источник, совместное движение источника и приемника.

Для оценки сформированности компетенции ПК-2 служат также контрольные задания.

#### Пример типовых контрольных заданий

Плоская звуковая волна падает на границу раздела двух жидких сред. Рассчитать и построить графики функции коэффициента отражения (по давлению)  $V$  в зависимости от угла падения  $\Theta$  (или от угла скольжения  $X$ ). Изобразить коэффициент отражения  $V$  на комплексной плоскости ( $n = \frac{c_1}{c_2} = 1,5$ ;  $m = \frac{\rho_2}{\rho_1} = 3$ ).  $\rho_1$  и  $\rho_2$  - плотности сред,  $c_1$  и  $c_2$  - скорости звука в средах.

В плоском изоскоростном слое с абсолютно отражающими границами находится источник монохроматической волны с длиной волны  $\lambda$ . Решив краевую задачу, получить выражения для собственных чисел и собственных функций волновода и записать решение для нормальных волн волновода. Качественно изобразить вертикальное распределение амплитуды давления  $P=P(z)$  для мод первых номеров. Определить число распространяющихся мод, если  $\lambda = 3$  м,  $H = 12$  м. Найти углы скольжения для волн Бриллюэна первых трех распространяющихся мод.

Полный комплект оценочных средств представлен в ФОНДЕ оценочных средств по дисциплине.

### **6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.**

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) основная литература:**

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика, т. 6. Гидродинамика. М.: Физматлит, 2001 – 736 с.
2. Гурбатов С.Н., Грязнова И.Ю., Демин И.Ю., Курин В.В., Прончатов-Рубцов Н.В. Сборник задач по механике сплошных сред: гидромеханика и акустика (учебное пособие) Изд-во ННГУ, Н.Новгород, 2006. - 92 с.

### **б) дополнительная литература:**

1. Акустика в задачах. Учеб. рук-во. / Под ред. С.Н.Гурбатова и О.В.Руденко. М.: Наука, 2009. - 336 с.

### **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

1. Гурбатов С.Н., Грязнова И.Ю., Демин И.Ю., Курин В.В., Прончатов-Рубцов Н.В. Электронный задачник «Основы механики сплошных сред: гидромеханика и акустика» / Фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ, 2012. – 95 с.  
[http://www.unn.ru/books/met\\_files/Zadachnic\\_MSS.doc](http://www.unn.ru/books/met_files/Zadachnic_MSS.doc)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Для обучения студентов названной дисциплине имеются в наличии: специальные кабинеты, оборудованные мультимедийными средствами обучения; лаборатории для выполнения лабораторных работ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии».

Автор \_\_\_\_\_ Курин В.В.

Рецензент \_\_\_\_\_ Болховская О.В.

Заведующий кафедрой акустики \_\_\_\_\_ Гурбатов С.Н.

Программа одобрена на заседании методической комиссии Радиофизического факультета. Протокол заседания методической комиссии радиофизического факультета от 25 февраля 2021 № 01/21.