

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

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от  
«31» мая 2023 № 6

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

2023 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>31 (ПК-2):</i> Знать законы формирования акустических информационных систем</p> <p><i>32 (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,<br><br>форма промежуточной аттестации по дисциплине | В том числе  |         |       |   |         |       |                      |         |       |                       |         |       |              |   |       |              |         |  |  |
|--|--------------|---------|-------|---|---------|-------|----------------------|---------|-------|-----------------------|---------|-------|--------------|---|-------|--------------|---------|--|--|
|  | Всего (часы) |         |       | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы |         |       |                      |         |       |                       |         |       |              | Самостоятельная работа обучающегося, часы |       |              |         |  |  |
|  |              |         |       | Лекционного Занятия   |         |       | Семинарского Занятия |         |       | Лабораторного Занятия |         |       | Всего        |   |       |              |         |  |  |
|  |              |         |       |   |         |       |                      |         |       |                       |         |       |              |   |       |              |         |  |  |
| Очное  | Очно-заочное | Заочное | Очное | Очно-заочное  | Заочное | Очное | Очно-заочное         | Заочное | Очное | Очно-заочное          | Заочное | Очное | Очно-заочное | Заочное                                   | Очное | Очно-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 плоскостной 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»  |
| <u>Знания</u><br><i>Знать</i><br>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 |
| <u>Умения</u><br><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 |
| <u>Навыки</u><br>Владеть методами решения гидродинамических задач.  | Полное отсутствие навыков решения гидродинамических задач.   | Отсутствие навыков решения гидродинамических задач.   | Наличие минимальных навыков решения гидродинамических задач.   | Посредственное владение навыками решения гидродинамических задач.  | Хорошее владение навыками решения гидродинамических задач.                                 | Отличное владение навыками 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. 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.
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 от 25 мая 2023, протокол № 04/23.