

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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 г. № 6

**Рабочая программа дисциплины**  
**Акустические измерения**

---

Уровень высшего образования  
**магистратура**

---

Направление подготовки / специальность  
**03.04.03 «Радиофизика»**

---

Направленность образовательной программы  
**Акустика**

---

Квалификация (степень)  
**магистр**

---

Форма обучения  
**очная**

---

Нижний Новгород  
2023год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.03 " Акустические измерения " относится к части ООП направления подготовки 03.04.03 Радиофизика, формируемой участниками образовательных отношений.

### 1.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции  (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
<p><b>ПК-1:</b></p> <p><i>Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности</i></p>	<p>ПК-1.1. Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач.</p>	<p><i>Знать</i> основные методы измерений базовых акустических физических величин. Знать основные фундаментальные разделы физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач акустики, связанных с проведением акустических экспериментов.</p> <p><i>Уметь</i> применять принципы сбора и анализа информации, связанных с проведением акустических экспериментов.</p> <p><i>Владеть</i> навыками применения современных компьютерных технологий для решения научно-исследовательских задач, связанных с проведением акустических экспериментов.</p>	<p><i>Собеседование, задача (практическое задание)</i></p>

	ПК-1.2. Вырабатывает стратегию действий при возникновении критических ситуаций.	<p><i>Знать</i> методы, способы проведения научных экспериментов, в том числе действий при возникновении критических ситуаций, связанных с проведением акустических экспериментов.</p> <p><i>Уметь</i> вырабатывать стратегию действий при возникновении критических ситуаций, связанных с проведением акустических экспериментов.</p> <p><i>Владеть</i> навыками вырабатывать стратегию действий при возникновении критических ситуаций, связанных с проведением акустических экспериментов.</p>	<i>Собеседование, задача (практическое задание)</i>
<p><b>ПК-2:</b></p> <p><i>Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты</i></p>	ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов.	<p><i>Знать</i> основные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов.</p> <p><i>Уметь</i> использовать экспериментальное акустическое оборудование, знать принципы его работы.</p> <p><i>Владеть</i> навыками экспериментального лабораторного моделирования акустических явлений.</p>	<i>Собеседование, задача (практическое задание)</i>
	ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи.	<p><i>Знать</i> основные экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи</p> <p><i>Уметь</i> самостоятельно ставить задачи по экспериментальному исследованию в области акустики</p> <p><i>Владеть</i> экспериментальными методами исследований в области акустики и радиофизики.</p>	<i>Собеседование, задача (практическое задание)</i>
	ПК-2.3. Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР.	<p><i>Знать:</i> основные принципы организации научного исследования</p> <p><i>Уметь:</i> анализировать процесс выполнения научного исследования и, в случае необходимости, корректировать план исследования на определенных этапах</p> <p><i>Владеть:</i> навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и</p>	<i>Собеседование, задача (практическое задание)</i>

		формулировки выводов	
	ПК-2.4. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики.	<p><i>Знать: современные подходы к оценке полученных результатов в области акустического эксперимента.</i></p> <p><i>Уметь: анализировать полученные результаты, формулировать выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области акустики и радиофизики</i></p> <p><i>Владеть: навыками оценки полученных экспериментальных результатов и формулировки выводов</i></p>	Собеседование, задача (практическое задание)
<p><b>ПК-3</b></p> <p><i>. Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок</i></p>	ПК-3.1. Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.	<p><i>Знать: требования и правила представлений результатов экспериментальных исследований при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.</i></p> <p><i>Уметь: использовать полученные знания для корректного представления результатов акустических измерений.</i></p> <p><i>Владеть: навыками представления результатов акустических измерений согласно нормативным документам для составления заявок, грантов, проектов НИР.</i></p>	
	ПК-3.2. Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу.	<p><i>Знать способы представления результатов экспериментальных исследований.</i></p> <p><i>Уметь самостоятельно изложить полученные экспериментальные результаты на языке, понятном академическому или бизнес-сообществу.</i></p> <p><i>Владеть опытом наглядного представления результатов эксперимента в области акустики и радиофизики.</i></p>	

### 3. Структура и содержание дисциплины «Акустические измерения»

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>3 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b> <b>- занятия лекционного типа</b>	<b>32</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>29</b>
<b>КСР</b>	<b>2</b>
<b>Промежуточная аттестация – экзамен</b>	<b>45</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,  форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Общие вопросы акустических измерений	14	2			2	12
2. Анализ сигналов, получаемых в акустических экспериментах	18	6			6	12
3. Акустические измерения в газообразных средах	18	6			6	12
4. Акустические измерения в жидких средах	18	6			6	12
5. Акустические измерения в твердых телах	18	6			6	12
6. Акустические измерения в интенсивных акустических полях	20	6			6	14
В т.ч. текущий контроль	2	2			2	-
Промежуточная аттестация – экзамен						

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках групповых или индивидуальных консультаций.

### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- разбор материала занятий,
- изучение дополнительных разделов дисциплины с использованием учебной литературы,
- составление алгоритмов и программирование на компьютере при решении задач.

#### Примеры контрольных заданий:

1. Основные единицы физических величин, используемых в акустических измерениях.
2. Принцип работы акустических приемников звука в воздухе.
3. Особенности спектрального анализа при обработке экспериментальных данных в акустическом эксперименте.
4. Методы выделения акустических сигналов при наличии помех.
5. Измерение уровня шума в помещении.
6. Измерение мощности, интенсивности звука и плотности звуковой энергии.
7. Применение аналоговых и цифровых фильтров в акустическом эксперименте.
8. Основные методы измерения скорости звука.
9. Измерение времени реверберации.
10. Принцип работы пьезоакселерометров.
11. Основные приборы, применяемые при акустических измерениях в различных средах.

12. Методы калибровки измерительных микрофонов.
13. Измерение диаграммы направленности плоского акустического излучателя.
14. Проявление нелинейных эффектов в интенсивных акустических полях.
15. Бесконтактные методы измерения акустических полей.

## 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

включающий:

### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие	При решении	Имеется	Продemonстри	Продemonс	Продemonстр	Продemonс

	<p>владения материалом .</p> <p>Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа</p>	<p>стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.</p> <p>Имели место грубые ошибки.</p>	<p>минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами</p>	<p>ированы базовые навыки</p> <p>при решении стандартных задач с некоторыми недочетами</p>	<p>трированы базовые навыки</p> <p>при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.</p>	<p>ированы навыки</p> <p>при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.</p>	<p>трирован творческий подход к решению нестандартных задач</p>
--	--	--	---	--	--	--	---

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
<b>зачтено</b>	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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



### 5.2.1 Контрольные вопросы

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
1. Устройство заглушенных камер для акустических измерений.	ПК-1
2. Проведение акустических измерений на открытом воздухе.	ПК-1
3. Устройство измерительных гидроакустических бассейнов.	ПК-1
4. Основные характеристики акустических сигналов.	ПК-1
5. Учет дифракционных явлений при проведении акустических измерений.	ПК-1
6. Характеристика направленности.	ПК-1
7. Параметрические излучатели и приемники ультразвуковых колебаний.	ПК-1
8. Измерительные трубы.	ПК-1
9. Спектральные характеристики основных видов акустических сигналов.	ПК-2
10. Особенности быстрого преобразования Фурье при обработке экспериментальных данных.	ПК-2
11. Временное стробирование при обработке экспериментальных данных.	ПК-2
12. Оконное преобразование Фурье при обработке экспериментальных данных.	ПК-2
13. Интерферометрические методы определения скорости звука.	ПК-2
14. Импульсные методы определения скорости звука.	ПК-2
15. Резонансные методы измерения коэффициента поглощения.	ПК-2
16. Импульсные методы измерения коэффициента поглощения.	ПК-2
17. Учет дифракции при измерении скорости звука.	ПК-2
18. Измерение времени реверберации.	ПК-3
19. Измерение коэффициента отражения.	ПК-3
20. Измерение вибрации твердых тел.	ПК-3
21. Дифракционные постоянные приемников и излучателей звука.	ПК-3
22. Принцип взаимности.	ПК-3
23. Фокусирующие излучатели звука.	ПК-3
24. Характеристики чувствительности приемного акустического оборудования.	ПК-3
25. Особенности акустических экспериментов в интенсивных акустических полях.	ПК-3

### 5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Провести измерение акустических параметров шумового сигнала в помещении лаборатории. Результаты измерений представить в единицах измерений дБ. Используемое оборудование: шумомер, микрофон, осциллограф.
2. Провести измерение акустических параметров шумового сигнала в помещении лаборатории. Результаты измерений представить в единицах измерений Па. Используемое оборудование: микрофон, кондиционирующий усилитель, осциллограф.
3. Провести измерение амплитуды и частоты тонального акустического сигнала в воздухе. Оценить уровень нелинейных искажений в принятом сигнале. Используемое оборудование: микрофон, кондиционирующий усилитель, осциллограф.

4. Провести измерение амплитуды и характерных частот мультичастотного акустического сигнала в воздухе. Определить фазовые соотношения между частотными компонентами сигнала. Используемое оборудование: микрофон, кондиционирующий усилитель, осциллограф.
5. С помощью акустического динамика и микрофона провести измерение скорости распространения звука в помещении лаборатории. Оценить погрешность проделанных измерений и определить основные источники погрешности. Используемое оборудование: шумомер, микрофон, осциллограф, генератор, усилитель, динамик.
6. С помощью акустических измерений в воздухе определить собственные резонансные частоты подвешенной металлической пластины. Оценить с какими геометрическими размерами пластины связаны измеренные резонансные частоты. Используемое оборудование: шумомер, микрофон, осциллограф.
7. С помощью акустических измерений оценить время реверберации в помещении лаборатории. Используемое оборудование: шумомер, микрофон, осциллограф.

#### **5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-2**

1. С помощью акустического излучателя измерить характеристику направленности микрофона. Оценить погрешность проделанного измерения. Используемое оборудование: шумомер, микрофон, осциллограф, генератор, усилитель, динамик.
2. С помощью калиброванного микрофона измерить амплитудно-частотную характеристику акустического динамика в диапазоне частот от 0.1 до 15 кГц. Результат представить в единицах измерения дБ. Используемое оборудование: микрофон, кондиционирующий усилитель, осциллограф, генератор, усилитель, динамик.
3. С помощью калиброванного микрофона и динамика провести измерение характеристики чувствительности исследуемого микрофона. Результат представить в единицах измерения дБ. Используемое оборудование: микрофон, кондиционирующий усилитель, осциллограф, генератор, усилитель, динамик.
4. С помощью акустического излучателя и микрофона экспериментально оценить скорость воздушного потока создаваемого вентилятором. Используемое оборудование: шумомер, микрофон, осциллограф, генератор, усилитель, динамик, вентилятор.
5. С помощью акустического излучателя и микрофона измерить геометрические размеры лабораторной аудитории. Оценить погрешность проделанных измерений. Используемое оборудование: шумомер, микрофон, осциллограф, генератор, усилитель, динамик.
6. С помощью акустического динамика и цифрового генератора излучить в воздушной среде шумовой сигнал, тональный сигнал и последовательность радиоимпульсов. С помощью калиброванного гидрофона и цифрового осциллографа провести анализ излучаемых сигналов во временной и спектральной области. Используемое оборудование: шумомер, микрофон, осциллограф, генератор, усилитель, динамик, вентилятор.
7. С помощью вибростола и калиброванного акселерометра провести калибровку исследуемого акселерометра в диапазоне частот от 10 Гц до 3 кГц. Используемое оборудование: вибростол, усилитель мощности, генератор, акселерометры, кондиционирующий усилитель, осциллограф.

#### **5.2.4. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-3**

1. Закрепив акселерометр на металлической пластине определить собственные резонансы пластины. Оценить с какими геометрическими размерами пластины связаны измеренные резонансные частоты. Используемое оборудование: акселерометр, кондиционирующий усилитель, осциллограф.
2. Измерить низкочастотные (естественные) колебания в лабораторной аудитории с помощью трехкомпонентного пьезоакселерометра. Сравнить с помощью цифрового осциллографа уровни колебаний по всем трем компонентам. Используемое оборудование: трехкомпонентный акселерометр, кондиционирующий усилитель, осциллограф.

3. Провести калибровку исследуемого акселерометра с помощью лазерного виброметра. Калибровку провести в единицах измерения  $\text{мВ/мс}^{-2}$  в диапазоне частот от 10 Гц до 10 кГц. Используемое оборудование: акселерометр, осциллограф, лазерный виброметр, вибростол, усилитель мощности.
4. С помощью ультразвукового излучателя и калиброванного гидрофона, определить: резонансную частоту излучателя, характерный уровень акустического давления в излучаемом в воду сигнале. Используемое оборудование: ультразвуковой излучатель, цифровой генератор, усилитель, гидрофон, кондиционирующий усилитель, осциллограф.
5. С помощью калиброванного гидрофона оценить амплитудно-частотную характеристику исследуемого излучателя. Используемое оборудование: ультразвуковой излучатель, цифровой генератор, усилитель, гидрофон, кондиционирующий усилитель, осциллограф.
6. С помощью широкополосного калиброванного гидрофона провести регистрацию интенсивного акустического пучка распространяющегося в воде. Продемонстрировать с помощью осциллографа проявление нелинейных эффектов в принятом сигнале. Используемое оборудование: ультразвуковой излучатель, цифровой генератор, усилитель, гидрофон, кондиционирующий усилитель, осциллограф.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Колесников А.Е. *Акустические измерения*. Л.: Судостроение, 1983.
2. Макс Ж., *Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: В 2-х томах. Пер. с франц.* – М.: Мир, 1983. – Т.1.

б) дополнительная литература:

1. Макс Ж., *Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: В 2-х томах. Пер. с франц.* – М.: Мир, 1983. – Т.2.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

<http://www.unn.ru/books/resources.html>

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, лабораторного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории, компьютерным оборудованием.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования РФ 07.08.2020 № 918).

Автор: к.ф.-м.н., Дерябин М.С.

Рецензент: к.ф.-м.н., доцент Болховская О.В.

Заведующий кафедрой: д.ф.-м.н., проф. Гурбатов С.Н.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.