

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  
президиумом  
Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«30» ноября 2022 г. № 13

**Рабочая программа дисциплины  
Акустические методы исследования в биологии и медицине**

---

Уровень высшего образования  
**магистратура**

---

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

---

Направленность образовательной программы  
**Магистерская программа «Нелинейный колебания и волны»**

---

Квалификация (степень)  
**магистр**

---

Форма обучения  
**очная**

---

Нижний Новгород  
2023 год

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

Дисциплина «Акустические методы исследования в биологии и медицине» относится к дисциплинам по выбору вариативной части основной образовательной программы по

направлению **03.04.03** – Радиофизика, магистерская программа «Акустика», является дисциплиной по выбору на 2 курсе (в 3 семестре) магистратуры.

**Целями освоения дисциплины являются:**

- формирование навыков применения физических основ распространения и рассеяния волн на флуктуациях неоднородной непрерывной среды в целях биологии и медицины;
- изучение методов и подходов медицинской акустики (применение ультразвука в медицине).

Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные в ходе изучения курсов «Общая акустика», «Численное моделирование в акустике и гидродинамике».

В процессе изучения дисциплины магистранты должны расширить знания по особенностям применения основных законов распространения акустических волн в неоднородных диссипативных средах. Уметь применять методы получения, обработки и реконструкции акустических изображений; принципы построения, алгоритмы и программы медицинских томографических систем, методы и приборы акустической характеристики биологических сред, а также углубить представление об общих характеристиках диагностических и терапевтических методов, основанных на использовании акустических волн, принципах работы акустических хирургических инструментов.

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

<b>Формируемые компетенции</b> (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций</b>
<i>ОПК-3 закл:</i> способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач	31 (ОПК-3) Знать основные фундаментальные разделы физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач медицинской акустики, связанных с проведением ультразвуковых исследований
<i>ПК-2 закл:</i> способность использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики	31 (ПК-2) Знать современные подходы к моделированию различных явлений в области ультразвуковых исследований и оценке полученных результатов

**3. Структура и содержание дисциплины «Акустические методы исследования в биологии и медицине»**

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 34 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, 2 часа - мероприятия текущего контроля успеваемости), 2 часа - мероприятия промежуточной аттестации, 74 часа составляет самостоятельная работа обучающегося, в том числе 45 часов отводится на подготовку к экзамену.

Содержание дисциплины (модуля)

Наименование и краткое	В том числе
------------------------	-------------

содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них												Самостоятельная работа обучающегося, часы		
				Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа			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
Физические основы применения акустических волн в биологии и медицине	18			6									6			12		
Биофизика ультразвуковых эффектов	22			6									6			16		
Ультразвуковая визуализация в медицине (физические принципы и численное моделирование)	22			6									6			16		
Эластография: физические основы и использование в ультразвуковой диагностики (применение современных ИТ)	22			6									6			16		
Практическое применение ультразвука в медицине (диагностика, терапия, хирургия). Визуализация изображений в медицине.	24			8									8			16		
В т.ч.текущий контроль	1																	
Промежуточная аттестация – зачёт																		

#### 4. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий курса «**Акустические методы исследования в биологии и медицине**» являются лекции с применением технологий интерактивного обучения (презентаций), лабораторные занятия с использованием современного ультразвукового оборудования и самостоятельная работа студента.

Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме лекционных занятий с применением технологий интерактивного обучения (презентаций).

Занятия лабораторного типа осуществляются в форме практических занятий в акустических лабораториях на современном ультразвуковом оборудовании.

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

- лекции-беседы с использованием мультимедийных средств поддержки образовательного процесса;
- практические занятия с ультразвуковым оборудованием;
- лекции с проблемным изложением учебного материала.

Формой итогового контроля знаний студентов по дисциплине является экзамен, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний и практических навыков по дисциплине. Для активизации познавательного процесса слушателям даются задания по самостоятельному проведению акустических экспериментов. Основной акцент воспитательной работы делается на добросовестном, профессиональном выполнении всех учебных заданий.

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

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 проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении экзамена по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники, а также конспекты лекций.

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

1. Применение ультразвука в биологии
2. Физические характеристики биологических тканей и сосудов.
3. Биологическое действие ультразвука.
4. Физические механизмы взаимодействия ультразвука с биологическими системами.
5. Ультразвуковая диагностика в медицине.
6. Применение ультразвука в терапии.
7. Устройство и использование акустических терапевтических приборов
8. Применение ультразвука в хирургии.
9. Хирургия с помощью фокусированного ультразвука.
10. Принципы и методы литотрипсии.
11. Применение ультразвука в стоматологии.
12. Физические основы эффекта Доплера. Доплерография и доплеровские шумы.
13. Основные методы получения информации с применением ультразвука.
14. Ультразвуковая визуализация в медицине (физические принципы и аппаратура)
15. Регистрация отраженного ультразвукового сигнала: А-режим, В-режим, М-режим.
16. Формирование 2-D изображения; формирования 3-D изображения.

### **6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), 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

ОПК-3закл. способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач

ПК-2закл. способность использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики

### **6.2. Описание шкал оценивания**

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 ( ИЛИ включает устную и письменную часть). Устная часть экзамена заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. Практическая часть экзамена предусматривает разбор практической ситуации (решение задачи, теста).

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используется индивидуальное собеседование,

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются практические контрольные задания.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования 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 используется**

- устное собеседование.

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

#### **Теоретические вопросы (ОПК-3закл, ПК-1закл)**

1. Ультразвуковые волны. Акустический сигнал и его спектр.
2. Акустика жидкостей и газов. Система акустических уравнений и ее линеаризация. Лапласова и Ньютонова скорости звука. Волновое уравнение. Плоские волны.
3. Дисперсия звуковых волн. Пространственный и частотный спектр.
4. Акустическое сопротивление, его влияние на отражение ультразвука.
5. Затухание ультразвука в биологических тканях
6. Энергия и импульс звуковых волн. Сферические волны.
7. Рассеяние звука на различных неоднородностях среды. Поглощение звука.
8. Нелинейные эффекты в жидких средах. Радиационное давление.
9. Пьезоэлектрические, магнитострикционные, электродинамические излучатели.
10. Управление ультразвуковым излучением: фокусировка и сканирование ультразвукового пучка. Ультразвуковые линзы, рефлекторы, концентраторы. Фокусировка и сканирование ультразвукового пучка. Приемники и индикаторы ультразвуковых волн.
11. Классификация ультразвуковых приборов. Основные режимы работы: режим В (2D), режим А и режим М.
12. Ультразвуковые преобразователи. Типы датчиков. Способы сканирования. Формирование УЗ луча, передача, прием и обработка сигналов. Фокусировка УЗ луча.
13. Биологические эффекты ультразвука.
14. Ультразвуковая голография, томография.
15. Ультразвуковая терапия и хирургия.

#### **Типовые контрольные задания (ОПК-3закл, ПК-1закл)**

1. Физические характеристики биологических сред. Скорость ультразвука в биологических средах, отражение и преломление.
2. Волновое распространение ультразвука. Прохождение ультразвука через слоистые структуры.
3. Эффект Доплера. Оценка скорости движения по доплеровскому сдвигу частоты. Доплеровский угол.

4. Понятие о спектре скоростей кровотока и спектре частот доплеровского сдвига.
  5. Непрерывно-волновой и импульсно-волновой доплер.
  6. Измерение спектра доплеровских частот. Неоднозначность измерения спектра.
  7. Модификации цветового картирования: энергетический доплер, тканевый доплер.
- Практические рекомендации при работе в режиме цветового картирования.
8. Отображение информации УЗ-сканеров. Регистрация изображений.
  9. Получение трехмерных изображений. Контрастные вещества.
  10. Тканевая гармоника и контрастная гармоника.

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

- Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное 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) «Акустические методы исследования в биологии и медицине»**

#### а) основная литература:

1. Применение ультразвука в медицине: Физические основы: Пер.с англ. - М.: Мир, 1989. - 567 с. Ультразвук в медицине. Физические основы применения (Под ред. Хилла К.): Пер. с англ. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 544 с.
2. Акопян Б.В., Ершов Ю.А. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами: Ультразвук в медицине, ветеринарии и экспериментальной биологии. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2005. - 224 с.
3. Гурбатов С.Н., Руденко О.В., Саичев А.И. Волны и структуры в нелинейных средах без дисперсии: приложения к нелинейной акустике. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 496 с.

#### б) дополнительная литература:

1. ЭЛАСТОГРАФИЯ СДВИГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЯГКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ: Составители: Демин И.Ю., Прончатов-Рубцов Н.В. Учебно-методические материалы для магистрантов и аспирантов Исследовательской школы «Колебательно-волновые процессы в природных и искусственных средах». – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014. – 114 с. (электронное издание ННГУ)
2. Клемина А.В., Демин И.Ю., Прончатов-Рубцов Н.В. Медицинская акустика: ультразвуковая диагностика медико-биологических сред. Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. – 124 с. (электронное издание ННГУ)

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

- аудиторный фонд ННГУ,
- аудитория для работы с мультимедийным проектором,
- лабораторный фонд ННГУ.

и ОПОП ВПО по направлению **03.04.03 «Радиофизика»**, магистерская программа.

Автор \_\_\_\_\_ к.ф.-м.н., доц Демин И.Ю.

Рецензент \_\_\_\_\_ к.ф.-м.н., доц Жуков С.Н.

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

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от 14.11.22, протокол № 08/22.