

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Информационные технологии в акустическом эксперименте

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

---

Направленность образовательной программы

Информационные системы и технологии

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.06 Информационные технологии в акустическом эксперименте относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-5: Способен использовать современные инструментальные и вычислительные средства информационных технологий	<p>ПК-5.1: Знает базовое оборудование и принципы его работы в информационных системах различных частотных диапазонов</p> <p>ПК-5.2: Знает основные принципы автоматизации и компьютеризации процессов сбора и обработки физической информации</p> <p>ПК-5.3: Умеет измерять основные физические величины, указывая погрешности измерений</p> <p>ПК-5.4: Умеет обрабатывать полученные в ходе эксперимента данные с использованием современных информационных технологий; проводить численные расчеты физических величин при обработке экспериментальных результатов</p> <p>ПК-5.5: Имеет практические навыки работы с измерительными приборами - осциллографическими, оптическими, спектральными, устройствами ввода/вывода данных</p> <p>ПК-5.6: Имеет практические навыки</p>	<p>ПК-5.1: Знать базовое оборудование и принципы работы при акустических измерениях</p> <p>ПК-5.2: Знать основные принципы автоматизации и компьютеризации процессов сбора и обработки физической информации при акустических измерениях</p> <p>ПК-5.3: Уметь измерять основные акустические величины, указывая погрешности измерений</p> <p>ПК-5.4: Уметь обрабатывать полученные в ходе эксперимента данные с использованием современных информационных технологий при анализе ультразвуковых волн в различных средах</p> <p>ПК-5.5: Имеет практические навыки работы с измерительными приборами при акустических ультразвуковых измерениях</p>	Собеседование	<p>Зачёт: Отчет по лабораторным работам</p> <p>Зачёт с оценкой: Контрольные вопросы</p>

	эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования ПК-5.7: Имеет практические навыки работы с вычислительной техникой на уровне применения в экспериментальных исследованиях	ПК-5.6: Иметь практические навыки эксплуатации современной радиоэлектронной аппаратуры и оборудования при акустических измерениях  ПК-5.7: Иметь практические навыки работы с вычислительной техникой на уровне применения в экспериментальных исследованиях при анализе ультразвуковых волн в различных средах		
--	---	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>7</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>252</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>0</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>92</b>
- КСР	<b>3</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>157</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт, Зачёт с оценкой</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные работы), часы	Всего	
	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0

Ультразвуковая эхолокация биологических тканей и жидкостей	62		24	24	38
Исследование акустического интерферометра постоянной длины	64		24	24	40
Определение модуля сдвиговой упругости биологических тканей по результатам измерения их динамической жесткости	64		24	24	40
Ультразвуковые исследования на акустической системе Verasonics	59		20	20	39
Аттестация	0				
КСР	3			3	
Итого	252	0	92	95	157

### Содержание разделов и тем дисциплины

1. Ультразвуковая эхолокация биологических тканей и жидкостей
2. Исследование акустического интерферометра постоянной длины
3. Определение модуля сдвиговой упругости биологических тканей по результатам измерения их динамической жесткости
4. Ультразвуковые исследования на акустической системе Verasonics

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 92 ч.

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

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- разбор материала лекционных занятий,
- изучение дополнительных разделов дисциплины с использованием учебной литературы.

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 зачета по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

#### 5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

## 5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

### 5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-5:

Ультразвуковые волны. Акустический сигнал и его спектр. 2. Акустическое сопротивление, его влияние на отражение ультразвука. 3. Затухание ультразвука в биологических тканях 4. Энергия и импульс звуковых волн. Сферические волны. 5. Рассеяние звука на различных неоднородностях среды. Поглощение звука. 6. Понятия модулей упругости среды и связь различных модулей между собой. 7. Связь модулей упругости и скоростей механических волн. 8. Особенности механических характеристик биологических тканей. 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. Физические основы эластографии мягких биологических тканей (SWEI и ARFI технологии эластометрии)

### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	
не зачтено	

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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. Ошибок нет.	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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<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>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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»
не зачтено	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### **5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-5**

##### **Лабораторная работа 1: «Ультразвуковая эхолокация биологических тканей и жидкостей»**

Задания для выполнения лабораторной работы: 1. Ознакомиться с установкой, аппаратным и программным обеспечением.

2. Измерить скорость звука в жидкости.
3. Измерить изменение скорости звука при изменении температуры
4. Измерить поперечное распределение пространственной чувствительности
5. Получить эхограммы типа «В» искусственных объектов (фантомов)

##### **Лабораторная работа 2: «Исследование акустического интерферометра постоянной длины»**

Задания для выполнения лабораторной работы:

1. Трижды промыть дозатором 20-200 мкл оба канала акустического анализатора дистиллированной водой. Залить дистиллированную воду в обе акустические ячейки. Включить акустический анализатор. Прогрев 30 минут.
2. Подготовить (вынуть из холодильника) раствор соли NaCl (0.9 % физиологический раствор) и соли Na<sub>2</sub>HCO<sub>3</sub> (2% раствор пищевой соды).
3. Приготовить раствор лиофилизированной сыворотки животного происхождения - Биоконт С. Открыть стеклянный пузырек, медленно залить в него 3 мл дистиллированной воды дозатором 100-1000 мкл. Растворить сыворотку, аккуратно вращая пузырек с сывороткой в руках. С приготовленной сывороткой обращаться осторожно, и хотя она не представляет биологической опасности для человеческого организма, после выполнения лабораторной работы тщательно вымыть руки с мылом.
4. Повести калибровку акустического анализатора по дистиллированной воде в соответствии с пунктом «Режим калибровки» данного описания.
5. Калибровка анализатора по дистиллированной воде выполняется 5 раз. Зафиксировать средние значения калибровочных частот и ширин резонансных кривых обоих каналов, а также отклонения этих величин от среднего. 6. В диапазоне частот 5.9-6.7 МГц вывести на панели анализатора в режиме сканирования амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) сначала канала 1, зафиксировать АЧХ этого канала в файле (кнопка «PrtSc» клавиатуры и записать в графический редактор), затем тоже самое выполнить для канала 2.
7. Рассчитать номера резонансных пиков каждого из каналов с дистиллированной водой.
8. После двух промывок залить в акустические ячейки 0.9% физиологический раствор, после 40-50 сек термостатирования вывести на панель анализатора в режиме сканирования АЧХ последовательно обоих

каналов с 0.9 % физиологическим раствором, зафиксировать и рассчитать номера резонансных пиков и по формуле определить АКП 0.9 % физиологического раствора для всех пиков (с номерами соответствующих пикам в воде) в диапазоне 5.9-6.7 МГц.

9. После двух промывок залить в акустические ячейки 2 % раствор  $\text{Na}_2\text{HCO}_3$ , после 40-50 сек термостатирования вывести на панель анализатора в режиме сканирования АЧХ последовательно обоих каналов с 2 % раствором  $\text{Na}_2\text{HCO}_3$ , зафиксировать и рассчитать номера резонансных пиков и по формуле определить АКП 2 % раствора  $\text{Na}_2\text{HCO}_3$  для всех пиков (с номерами соответствующих пиков в воде) в диапазоне 5.9-6.7 МГц.

10. Удалить 2 % раствор  $\text{Na}_2\text{HCO}_3$  из акустических ячеек, дважды промыть сывороткой крови Биоконт С обе ячейки и аккуратно (без пузырьков) залить сыворотку в ячейки. Выполнить те же операции и расчеты, что и с предыдущими растворами. Для сыворотки все действия выполнить трижды.

11. Удалить сыворотку крови из акустических ячеек анализатора. Десять раз промыть обе акустические ячейки дистиллированной водой. Залить двойной объем дистиллированной воды в обе акустические ячейки.

12. Выключить ноутбук и акустический анализатор.

**Лабораторная работа 3:** «Определение модуля сдвиговой упругости биологических тканей по результатам измерения их динамической жесткости»

Задания для выполнения лабораторной работы:

1. Провести серию измерений средствами АПК “Вискоэластометр”:

- проверить выполнение калибровок и, при необходимости, обновить их;

- выполнить записи свойств предплечья для каждого участника лабораторной работы при силе прижатия индентера  $20 \pm 2$ г с пятикратным повторением поджатия индентера к каждой отмеченной точке в каждом фиксированном состоянии;

- зарегистрировать свойства расслабленного сгибателя кисти в двух отмеченных точках (предплечье должно стоять вертикально, опираясь локтем на стол, кисть должна быть расслабленной и свисать почти горизонтально);

- зарегистрировать свойства напряженного сгибателя кисти в этих же двух точках (предплечье должно стоять вертикально, опираясь локтем на стол, кисть должна быть также ориентирована вертикально и сжата в кулак).

2. Провести измерения толщины слоя мягких тканей в выбранных точках измерений у всех участников лабораторной работы средствами УЗ сканера (см. п.1.4), записать результаты измерений и ввести впоследствии в соответствующие Excel - файлы.

3. Провести обработку результатов измерений:

- средствами АПК “Вискоэластометр” найти средние значения упругости и вязкости в каждом поджатии к каждой точке каждого испытуемого в каждом состоянии, усредненные данные сохранить в отдельных файлах;



- ввести данные в MS Excel, определить средние и погрешности средних по каждому состоянию тканей в каждой точке каждого испытуемого;
- найти значимости различий свойств тканей в одном состоянии в двух точках;
- найти значимости различий свойств тканей в разных состояниях в каждой точке;
- найти значимости различий свойств тканей в одном состоянии между разными людьми;
- провести сопоставление упругости и вязкости тканей с их толщиной по всей группе;
- найти средние и погрешности средних по всей группе для расслабленного состояния тканей для каждой точки. **Лабораторная работа 4:** «Ультразвуковые исследования на акустической системе Verasonics»

Задания для выполнения лабораторной работы:

1. Система Verasonic программируется путём формирования набора объектов, которые, когда связываются вместе, формируют объект Sequence.
2. Когда этот скрипт выполняется, он создаёт файл двоичных данных, содержащий все структуры объектов и информацию по программированию, в формате файла .mat Matlab.
3. Затем этот файл может быть загружен в систему программой-загрузчиком (текущее название: VSX), который запускается как обычный скрипт в среде Matlab. Программа-загрузчик выполняет проверку некоторых структур, прочитанных из .mat-файла, добавляет некоторые параметры, необходимые для программирования аппаратных средств VDAS и делает доступным GUI, окно дисплея (если оно задано).
4. Начало работы: Подключить датчик в левый порт. Излучатель вставить в штатив. Включить усилитель кнопкой на передней панели. Включить Verasonics кнопкой на задней панели. Включить компьютер-хост, запустить MATLAB.
5. Проведение измерения:
  - В начале опыта объект исследования рассматривается на стандартном bscan.

Для этого набрать последовательность команд: >>VSX >>L7\_4\_flash\_4B

- После выбора точки создается .mat-файл с параметрами для генерации импульса. Для этого запускается программа SetupRelaxationHIFU, в появившееся окно вводится нужная координата y. По последовательности команд: >>VSX >>Relaxation

- Анализ данных

Для анализ данных используются два программных интерфейса. Один из них находит скорость сдвиговой волны, используя .mat-файлы измерений (скрипт Interface1). Другой выводит промежуточную стадию нахождения скорости – зависимость смещения от времени (скрипт Gui for relaxation).

Для приготовления желатиновых фантомов (5%):

Необходимы: вода (500 мл), крахмал (21,99 г), желатин (27,53 г), зубной порошок (1,11 г), а из оборудования: электронные весы, электроплитка, кастрюля, штатив, термометр, пластиковые стаканчики, марля, глубокая емкость. В отдельных стаканчиках на электронных весах взвешивается необходимое количество ингредиентов.

При постоянном помешивании добавляем воду в стаканы с крахмалом и желатином и помешиваем в течение 30 минут до образования однородной консистенции. Получившуюся массу из двух стаканчиков переливаем в кастрюлю с 11 закрепленным на штативе термометром и добавляем оставшуюся воду и зубной порошок. При постоянном помешивании нагреваем содержимое кастрюли до 70° С и поддерживаем эту температуру в течение 15 минут, непрерывно перемешивая для предотвращения пригорания.

Отрезаем небольшой кусок бинта, складываем его в несколько слоев и помещаем в сито. Переливаем сваренный жидкий фантом через сито в заранее приготовленную емкость, чтобы избавиться от возможных комочков и пыли, после чего при помощи салфетки удаляем с поверхности пузырьки воздуха.

Затем остужаем фантом до комнатной температуры, периодически помешивая, чтобы избежать застывания. Остывший до комнатной температуры фантом убираем в холодильник, где помешиваем его каждые 3 минуты, чтобы избежать неравномерного замерзания. В холодильнике фантом должен затвердеть в течение 2-3 часов, после чего он готов к экспериментальным исследованиям.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	
не зачтено	

#### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-5**

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. Что такое акустический интерферометр? Виды интерферометров. 9. Чем хорош интерферометр постоянной длины? 10. Как вычисляется скорость звука методом интерферометра постоянной длины? 11. Как вычисляется поглощение методом интерферометра постоянной длины? 12. Что такое основная или фундаментальная частота слоя жидкости? 13. Как определить номер резонансного пика? 14. Метод вычисления длины акустической ячейки. 15. Расчет скорости звука в водно-солевом растворе с помощью акустического анализатора «БИОМ» (составить план измерений). 16. Описание экспериментальной установки. 17. Какое изменение температуры в акустической ячейке произойдет на частоте 8 МГц, если сдвиг частоты составляет 14 Гц? 18. Оцените увеличение поглощения ультразвука в сыворотке крови Биоконт по сравнению с физиологическим раствором. С какими компонентами сыворотки крови это связано? Какие механизмы поглощения ультразвука в биологических жидкостях Вы знаете? 19. Понятия модулей упругости среды

и связь различных модулей между собой. 20. Связь модулей упругости и скоростей механических волн. 21. Особенности механических характеристик биологических тканей. 22. Определения жесткостных (импедансных) характеристик. 23. Жесткостные характеристики механического резонансного контура. 24. Выражения для модулей сдвиговой упругости и сдвиговой вязкости через жесткостные характеристики при квазистатическом вдавливании индентера в ткани. 25. Критерии совпадения/различия средних значений в двух измерениях. 26. Пьезоэлектрические, магнитострикционные, электродинамические излучатели. 27. Управление ультразвуковым излучением: фокусировка и сканирование ультразвукового пучка. Ультразвуковые линзы, рефлекторы, концентраторы. Фокусировка и сканирование ультразвукового пучка. Приемники и индикаторы ультразвуковых волн. 28. Классификация ультразвуковых приборов. Основные режимы работы: режим В (2D), режим А и режим М. 29. Ультразвуковые преобразователи. Типы датчиков. Способы сканирования. Формирование УЗ луча, передача, прием и обработка сигналов. Фокусировка УЗ луча. 30. Физические основы эластографии мягких биологических тканей (SWEI и ARFI технологии эластометрии).

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	
отлично	
очень хорошо	
хорошо	
удовлетворительно	
неудовлетворительно	
плохо	

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

Основная литература:

1. Применение ультразвука в медицине : Физические основы : пер. с англ. / под ред. К. Хилла. - М. : Мир, 1989. - 567 с. - 5.40., 1 экз.
2. Клемина Анна Викторовна. Исследование акустического интерферометра постоянной длины : учебно-методическое пособие для лабораторной работы / А. В. Клемина, И. Ю. Демин ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2015. - 27 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=850351&idb=0>.
3. Гурбатов С. Н. Ультразвуковая эластография: аналитическое описание различных режимов и технологий, физическое и численное моделирование сдвиговых характеристик мягких биологических тканей : учебно-методическое пособие / Гурбатов С. Н., Демин И. Ю., Прончатов-Рубцов Н. В. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2015. - 115 с. - Рекомендовано

методической комиссией радиофизического факультета для аспирантов ННГУ, обучающихся по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия» (направленности 01.04.06 «Акустика», 01.04.03 «Радиофизика») и магистрантов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 03.03.03 «Радиофизика», 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Медицина., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=729831&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Волькенштейн М. В. Молекулярная биофизика. - М. : Наука, 1975. - 616 с. : ил. - (Физика жизненных процессов). - 2.72., 10 экз.
2. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике : пер. с нем. / под ред. В. С. Григорьева, Л. Д. Розенберга. - Изд. 2-е. - М. : Изд-во иностр. лит., 1957. - 726 с. : ил. - 62.85., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=850351&idb=0>

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

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Проектор, экран Для обучения студентов по дисциплине «Информационные технологии в акустическом эксперименте» имеются в наличии: специальные кабинеты, оборудованные мультимедийными средствами обучения; компьютерные классы, где имеется возможность выхода в Интернет; присутствует полный комплект лицензионного обеспечения, необходимый для работы компьютерных программ.

- 1 Лабораторная установка «Ультразвуковая эхолокация биологических тканей и жидкостей»
- 2 Лабораторная установка «Исследование акустического интерферометра постоянной длины»
- 3 Лабораторная установка «Определение модуля сдвиговой упругости биологических тканей по результатам измерения их динамической жесткости»
- 4 Лабораторная установка «Ультразвуковые исследования на акустической системе Verasonics

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Клемина Анна Викторовна, кандидат физико-математических наук  
Демин Игорь Юрьевич, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Гурбатов Сергей Николаевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18 декабря 2023г., протокол № 09/23.