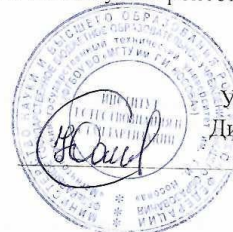




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.
Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИГиС
Ю.В. Сомова

02.02.2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Направление подготовки (специальность)
12.03.01 Приборостроение

Направленность (профиль/специализация) программы
Приборы и оборудование медицинского назначения

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Физики
Курс	3
Семестр	5

Магнитогорск
2026 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 12.03.01 Приборостроение (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 945)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики
27.01.2026, протокол № 3

Зав. кафедрой  Д.М. Долгушин

Рабочая программа одобрена методической комиссией МКиС
02.02.2026 г. протокол № 4


Председатель  Ю.В. Сомова

Рабочая программа составлена:
ст. преподаватель кафедры Физики.

 М.А. Смирнова

Рецензент:

зав. кафедрой ПМИИ, д-р техн. наук

 Ю.А. Извекон

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Д.М. Долгушин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Д.М. Долгушин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Д.М. Долгушин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2030 - 2031 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Д.М. Долгушин

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

формирование у студентов системы знаний о физических принципах акустической диагностики, устройстве и принципах работы современных медицинских приборов, основанных на акустических методах, а также практических навыков работы с измерительной аппаратурой и обработки сигналов, в соответствии с требованиями ФГОС ВО и направленностью (профилем) ОП

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Приборы и методы акустической диагностики входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Аналоговые измерительные устройства

Физические основы получения информации (датчики и явления)

Физика

Биофизика

Электротехника

Информатика и основы программирования

Обработка экспериментальных данных на ЭВМ

Безопасность жизнедеятельности

Цифровая обработка и фильтрация сигналов

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины

будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Проектная деятельность

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Производственная – эксплуатационная практика

Междисциплинарная курсовая работа

Основы проектирования приборов и систем

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Приборы и методы акустической диагностики» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен выполнять комплексное техническое обслуживание биотехнических и медицинских аппаратов и систем
ПК-1.1	Выполняет необходимые действия по вводу в эксплуатацию биотехнических и медицинских аппаратов и систем
ПК-1.2	Осуществляет контроль технического состояния биотехнических и медицинских аппаратов и систем
ПК-1.3	Осуществляет техническое обслуживание биотехнических и медицинских аппаратов и систем

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 57,2 академических часов;
- аудиторная – 54 академических часов;
- внеаудиторная – 3,2 академических часов;
- самостоятельная работа – 51,1 академических часов;
- в форме практической подготовки – 4 академических часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 академических часов

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Введение. Физические основы акустической диагностики								
1.1 Предмет и задачи дисциплины. История развития акустических методов в медицине.	5	1	6			Изучение конспекта лекций, работа с основной литературой, подготовка к опросу.	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3

1.2 Основные характеристики звука: давление, интенсивность, акустический импеданс.		2	6			Изучение конспекта лекций, работа с основной литературой, подготовка к опросу.	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
1.3 Взаимодействие ультразвука с биотканями (отражение, преломление, поглощение).		2			10	Изучение конспекта лекций, работа с основной литературой, подготовка к опросу.	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
Итого по разделу		5	12		10			
2. Физика ультразвука и пьезоэлектрические преобразователи								
2.1 Генерация и приём ультразвука. Пьезокерамика.	5	1	6			Изучение конспекта лекций, работа с основной литературой, подготовка к опросу	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3

2.2 Конструкция ультразвуковых датчиков	5	2	10			Изучение конспекта лекций, работа с основной литературой, подготовка к опросу.	Контрольная работа	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
Итого по разделу		3	16					
3. Обработка акустических сигналов								
3.1 Методы фильтрации и выделения информативных параметров	5	1	4		10	Систематизация материала, подготовка к промежуточной аттестации (Тестирование)	Тестирование	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
Итого по разделу		1	4		10			
4. Режимы ультразвукового сканирования (А-, В-, М-режимы)								
4.1 А-режим: одномерная эхография. В-режим: формирование двумерного изображения. М-режим: исследование движущихся структур (сердце, сосуды).	5	2	2			Изучение конспекта лекций, работа с основной литературой, подготовка к опросу	Контрольная работа	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
Итого по разделу		2	2					
5. Специальные методы ультразвуковой диагностики								
5.1 Эластография	5	1			10	Изучение научных статей по эластографии и гармоническому сканированию	Подготовка доклада / презентации	

5.2 Гармоническое сканирование		1				Изучение конспекта лекций, работа с основной литературой, подготовка к опросу	Устный опрос	
5.3 Гармоническое сканирование		1				Изучение конспекта лекций, работа с основной литературой, подготовка к опросу	Устный опрос	
5.4 Метрологическое обеспечение УЗИ: фантомы, калибровка		1			11,1	Изучение конспекта лекций, работа с основной литературой, подготовка к опросу	Контрольная работа	
Итого по разделу		4			21,1			
6. Пассивные методы акустической диагностики								
6.1 Датчики для	5	0,5	2			Изучение	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-

аускультации: микрофоны, акселерометры, стетоскопы						конспекта лекций, работа с основной литературой, подготовка к опросу		1.2, ПК-1.3
6.2 Основы фонокардиографии и спектрального анализа	5	0,5				Изучение конспекта лекций, работа с основной литературой, подготовка к опросу.	Устный опрос	

6.3 Доплеровские методы диагностики кровотока		0,5				Изучение конспекта лекций, работа с основной литературой, подготовка к опросу	Устный опрос	
6.4 Постоянно-волновая и импульсно-волновая доплерография. Цветовое доплеровское картирование и энергетический доплер		0,5				Изучение конспекта лекций, работа с основной литературой, подготовка к опросу	Устный опрос	
Итого по разделу		2	2					
7. Перспективные направления акустической диагностики								
7.1 Цифровая аускультация и компьютерный анализ шумов	5	0,5			10	Изучение конспекта лекций, работа с основной литературой, подготовка к опросу	Контрольная работа	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
7.2 Пассивная акустическая томография. Терапевтический ультразвук (НIFU) и его диагностический контроль		0,5				Изучение конспекта лекций, работа с основной литературой, подготовка к опросу	Устный опрос	
Итого по разделу		1			10			
Итого за семестр		18	36		51,1		экзамен	
Итого по дисциплине		18	36		51,1		экзамен	

5 Образовательные технологии

Лекции проходят в традиционной форме с использованием мультимедийного оборудования.

Лекционный материал закрепляется в ходе лабораторных работ, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме. При проведении лабораторных занятий используется метод контекстного обучения, который позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением.

Самостоятельная работа студентов стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе подготовки к итоговой аттестации, а также при написании конспекта по вопросам, отведенным на самостоятельное изучение.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Семинар – беседа преподавателя и студентов, обсуждение заранее подготовленных сообщений по каждому вопросу плана занятия с единым для всех перечнем рекомендуемой обязательной и дополнительной литературы.

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

Технологии проблемного обучения – организация образовательного процесса, которая предполагает постановку проблемных вопросов, создание учебных проблемных ситуаций для стимулирования активной познавательной деятельности студентов.

Формы учебных занятий с использованием технологий проблемного обучения:

Проблемная лекция – изложение материала, предполагающее постановку проблемных и дискуссионных вопросов, освещение различных научных подходов, авторские комментарии, связанные с различными моделями интерпретации изучаемого материала.

Интерактивные технологии – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на

информацией.

Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий:

Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов).

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. «Халиуллина, А. В. Ультразвук в медицине : учебное пособие для вузов / А. В. Халиуллина, Б. И. Хайрутдинов, А. В. Аганов ; под редакцией А. В. Аганов. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 100 с. — ISBN 978-5-507-51408-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/447161> (дата обращения: 19.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.» (Халиуллина, А. В. Ультразвук в медицине : учебное пособие для вузов / А. В. Халиуллина, Б. И. Хайрутдинов, А. В. Аганов ; под редакцией А. В. Аганов. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — ISBN 978-5-507-51408-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/447161> (дата обращения: 19.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 1.).

2. «Иванов, И. В. Основы физики и биофизики : учебное пособие для вузов / И. В. Иванов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 212 с. — ISBN 978-5-507-54300-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/507379> (дата обращения: 19.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.» (Иванов, И. В. Основы физики и биофизики : учебное пособие для вузов / И. В. Иванов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — ISBN 978-5-507-54300-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/507379> (дата обращения: 19.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 35.).

3. «Гурбатов, С. Н. Ультразвуковая эластография: аналитическое описание различных режимов и технологий, физическое и численное моделирование сдвиговых характеристик мягких биологических тканей : учебно-методическое пособие / С. Н. Гурбатов, И. Ю. Демин, Н. В. Прончатов-Рубцов. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2015. — 115 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152924> (дата обращения: 19.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.» (Гурбатов, С. Н. Ультразвуковая эластография: аналитическое описание различных режимов и технологий, физическое и численное моделирование сдвиговых характеристик мягких биологических тканей : учебно-методическое пособие / С. Н. Гурбатов, И. Ю. Демин, Н. В. Прончатов-Рубцов. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2015. — 115 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152924> (дата обращения: 19.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 1.).

<https://e.lanbook.com/book/391769> (дата обращения: 19.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.» (Хайт, Г. Я. Ультразвуковая диагностика в гинекологии : учебное пособие / Г. Я. Хайт, В. Г. Калашников, Л. И. Павленко. — Ставрополь : СтГМУ, 2022. — 64 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/391769> (дата обращения: 19.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 1.).

5. «Фомина, С. В. Ультразвуковая диагностика заболеваний глазного яблока, орбиты : учебно-методическое пособие / С. В. Фомина, Н. Л. Климентенко. — Томск : СибГМУ, 2024. — 49 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/438863> (дата обращения: 19.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.» (Фомина, С. В. Ультразвуковая диагностика заболеваний глазного яблока, орбиты : учебно-методическое пособие / С. В. Фомина, Н. Л. Климентенко. — Томск : СибГМУ, 2024. — 49 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/438863> (дата обращения: 19.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 1.).

б) Дополнительная литература:

в) Методические указания:

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
-----------------	------------	------------------------

Professional		
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Информационная система - Нормативные правовые акты, организационно-распорядительные документы, нормативные и методические документы и подготовленные проекты документов по технической защите информации ФСТЭК России	https://fstec.ru/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty-tzi?ysclid=lujknksfy724757053
Электронная база периодических изданий ООО «ИВИС»	https://eivis.ru/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа:

Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: Лаборатория
Неразрушающего контроля МГТУ им Г.И.Носова

Лабораторные установки, измерительные приборы для проведения
лабораторных работ:

- стандартные образцы;
- ультразвуковые толщиномеры А1210, А1209;
- ультразвуковые дефектоскопы А 1212 MASTER, А1550;
- контактная жидкость.

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и
индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

Интерактивная доска, проектор;

Доска, мультимедийный проектор, экран.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся: Персональные
компьютеры с пакетом MS Office, с выходом в Интернет и с доступом в электронную
информационно-образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного
оборудования: Стеллажи для хранения учебно-методической документации, стеллажи
и сейфы для хранения учебного оборудования, инструменты для ремонта
оборудования.

Приложение 1 «Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся»

По дисциплине «Приборы и методы акустической диагностики» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение контрольных работ на лабораторно-практических занятиях и представление докладов по заранее обозначенным в рабочей программе дисциплины темам.

Примерные аудиторные контрольные работы (АКР):

Контрольная работа №1 «Физические основы ультразвукового контроля»

1. Дайте определение понятий «колебание» и «волна». В чем состоит различие непрерывных и импульсных колебаний?
2. Что такое волновая поверхность и волновой фронт? По какому признаку различают плоские, сферические и цилиндрические волны?
3. Чем отличается характер распространения упругих колебаний в твердых телах и в газах?
4. Что такое дисперсия скорости? Какие среды являются бездисперсионными?
5. Поясните физический смысл фазовой и групповой скорости волн.
6. Определите энергетические характеристики упругих волн. Что такое вектор Умова-Пойнтинга?
7. Что такое децибелы? Для чего они используются в акустическом контроле?
8. Какие физические свойства упругих сред называют акустическими?
9. Чем различаются явления затухания и ослабления упругих волн?
10. Дайте определение волны Рэлея. Охарактеризуйте ее свойства и особенности применения в АК.
11. Как особенности микро- и макрорельефа поверхности влияют на характер распространения волн Рэлея?
12. Назовите свойства и условия возбуждения головных волн.
13. Что называют нормальной волной? Перечислите ее основные свойства.
14. Каковы особенности распространения волн Лэмба в жидкостях и твердых телах? Назовите области применения волн Лэмба.
15. При каких условиях возникают волны Похгаммера? В чем состоит их отличие от волн Лэмба?
16. Дайте определение коэффициентов прохождения и отражения по амплитуде и интенсивности. Как они зависят от значений акустических импедансов контактирующих сред?
17. Сформулируйте закон Снеллиуса. Поясните смысл величин, входящих в соответствующее выражение.
18. Запишите энергетические соотношения для границы двух сред?

19. Что такое критические углы? Из каких условий они определяются?
20. Поясните сущность явления незеркального отражения? Каковы его причины?
21. Каковы особенности отражения упругих волн от двугранного угла? Почему этот случай важен для практики?
22. Какие закономерности определяют прохождение волн на границе двух сред, разделенных тонким слоем?

Контрольная работа № 2 «Акустические преобразователи»

1. Что такое электроакустический преобразователь? Перечислите основные типы преобразователей.
2. Охарактеризуйте физику явления пьезоэлектрического эффекта. Уравнениями какого вида он описывается?
3. По какому признаку и на какие группы делятся пьезоматериалы? Приведите примеры.
4. Какие типы преобразователей различают в зависимости от способа акустического контакта с изделием? Перечислите основные различия между ними.
5. Запишите формулу для добротности ультразвукового преобразователя. Поясните все обозначения.
6. Для чего нужно обеспечить максимальную ширину полосы частот преобразователя? Какими способами это можно осуществить?
7. Каковы достоинства и недостатки бесконтактных методов контроля? В каких случаях они применяются?
8. Что такое акустическое поле преобразователя? От каких факторов зависят его параметры?
9. В чем отличие полей излучения и приема преобразователя?
10. Запишите выражение для поля излучения преобразователя произвольной формы. Объясните все обозначения.
11. Что характеризует диаграмма направленности преобразователя?
12. Сравните диаграммы направленности для круглого, кольцеобразного и прямоугольного преобразователей. Перечислите их основные различия и области применения.
13. В каких случаях применяется акустическая задержка? Как изменяется расчет акустического поля преобразователя с учетом задержки?
14. Как рассчитывается поле преобразователя с плоскопараллельной и наклонной задержками? Где реализуются эти два случая?

Контрольная работа № 3 «Методология акустического контроля и акустической толщинометрии»

1. Какова основная задача акустического контроля?
2. Дайте определение акустического тракта. Какие эффекты определяют ослабление сигнала в акустическом тракте?
3. Какие модели дефектов используются при расчете акустического тракта? Какие искусственные дефекты они моделируют?
4. Что такое эквивалентный размер дефекта и как он связан с реальным размером?
5. Чему равен коэффициент выявляемости дефекта? Запишите выражение, поясните все обозначения.

6. Чем отличаются искусственные дефекты для наклонного преобразователя?
7. Для чего используются стандартные образцы? Какие СО вы знаете?
8. Какие требования предъявляются к стандартным образцам предприятия?
9. Что такое АРД-диаграмма? Назовите основные типы АРД-диаграмм.
10. Каковы основные условия дефектоскопичности объекта контроля?
11. Каким образом проводят сканирование зоны контроля? Как выбирается шаг сканирования?

Контрольная работа № 4 «Устройство, Принципы работы и настройка ультразвуковых дефектоскопов и толщиномеров»

1. Устройство ультразвукового дефектоскопа
2. Настройка ультразвукового дефектоскопа
3. На каком физическом принципе основана ультразвуковая толщинометрия?
4. Какие виды акустических трактов используются при контроле толщин изделий?
5. Принцип действия ультразвукового толщиномера.
6. Принцип действия и особенности безэталонного толщиномера.
7. Из-за чего возникает методическая погрешность при измерении толщины объектов?
8. Какие еще виды погрешностей возникают при измерениях?
9. От каких факторов зависит диапазон измерений в толщиномерах?

Контрольная работа № 5 «Итоговый тест»

Задание 1. Звуковые волны в биологических тканях являются продольными механическими волнами. Какая физическая величина обязательно требуется для их распространения?

Электрическое поле.

Магнитное поле.

Упругая среда.

Вакуум.

(Правильный ответ: 3. Упругая среда) .

Задание 2. Пьезоэлектрический эффект лежит в основе работы большинства медицинских акустических датчиков. Какой материал чаще всего используется в качестве активного элемента (пьезоэлектрика) в современных ультразвуковых датчиках?

Кварц.

Цирконат-титанат свинца (ЦТС).

Сульфат лития.

Поливинилиденфторид (ПВДФ).

(Правильный ответ: 2. Цирконат-титанат свинца (ЦТС)) . Обоснование: ЦТС обладает высоким пьезоэлектрическим коэффициентом и температурной стабильностью, что делает его оптимальным для медицинской диагностики .

Задание 3. Для чего в конструкции ультразвукового преобразователя используется согласующий слой (matching layer)?

Для демпфирования (гашения) собственных колебаний пьезоэлемента после излучения импульса.

Для уменьшения отражения акустической волны на границе «пьезоэлемент-кожа пациента».

Для фокусировки ультразвукового пучка.

Для электрической изоляции пьезоэлемента от корпуса датчика.

(Правильный ответ: 2). Согласующий слой имеет промежуточное акустическое сопротивление, чтобы обеспечить эффективную передачу энергии из датчика в тело .

Задание 4. Перечислите не менее трех акустических параметров, которые используются для описания распространения ультразвуковой волны в среде.

Ответ: Период, частота, амплитуда, мощность, интенсивность, длина волны, скорость распространения .

Задание 5. При проведении ультразвукового исследования внутренних органов используется В-режим (Brightness mode). Что представляет собой выходная информация в этом режиме?

График зависимости амплитуды отраженного сигнала от времени.

Двумерное черно-белое сечение анатомической области.

Спектр доплеровского сдвига частот.

График движения стенок сердца во времени.

(Правильный ответ: 2). В В-режиме яркость каждой точки на экране соответствует амплитуде эхо-сигнала .

Задание 6. Какой метод акустической диагностики используется для объективной оценки состояния среднего уха и подвижности барабанной перепонки путем создания в слуховом проходе избыточного или пониженного давления?

Аудиометрия.

Отоскопия.

Тимпанометрия.

Импедансометрия.

(Правильный ответ: 3). Тимпанометрия является ключевым методом в этом контексте, хотя оба термина часто используются как синонимы .

Задание 7. Установите соответствие между методом акустической диагностики и его клиническим применением.

Методы:

Допплерография.

Эхокардиография.

FAST-протокол (Focused Assessment with Sonography for Trauma).

Тональная пороговая аудиометрия.

Применение (клинические случаи):

А. Определение остроты слуха и выявление тугоухости.

Б. Оценка скорости кровотока в сосудах.

В. Экстренное выявление свободной жидкости (крови) в брюшной полости при травме.

Г. Оценка состояния клапанного аппарата и сократимости сердца.

Ответ: 1-Б, 2-Г, 3-В, 4-А .

Задание 8. При ультразвуковом исследовании на мониторе появился артефакт в виде ярких полос за сильным отражателем (например, ребром). Этот артефакт называется «акустическая тень». Объясните физическую причину его возникновения.

Ответ: Акустическая тень возникает из-за того, что структура с очень высоким затуханием (например, кость, камень) или с большим коэффициентом отражения почти полностью ослабляет проходящий за нее ультразвуковой луч. Эхо-сигналы из областей, расположенных за таким препятствием, отсутствуют или очень слабы, что и формирует на экране темную зону .

Задание 9. Контекст: Вы, как инженер-разработчик, участвуете в создании датчика для ультразвукового исследования щитовидной железы.

Щитовидная железа расположена поверхностно, на глубине 2-4 см от поверхности кожи.

Задание: Основываясь на знании связи между частотой ультразвука и его проникающей способностью, предложите оптимальный рабочий диапазон частот для этого датчика. Обоснуйте свой выбор, указав, почему более низкие или более высокие частоты будут менее эффективны.

Подсказка: В мягких тканях затухание ультразвука пропорционально частоте и составляет примерно 0.5 - 1.0 дБ/(см•МГц).

Рекомендуемый ответ:

Для поверхностно расположенных органов (щитовидная железа) оптимальными являются высокие частоты (например, 7.5 – 12 МГц и выше).

Обоснование выбора: Высокая частота обеспечивает малую длину волны, что, в свою очередь, дает высокое пространственное разрешение. Это критически важно для визуализации мелких структур (фолликулов, узелков) в щитовидной железе.

Почему не подходят низкие частоты (2-5 МГц): Они имеют большую проникающую способность (глубже проникают), но низкое разрешение. Для поверхностного органа такая глубина проникновения избыточна, а малое разрешение не позволит детально рассмотреть патологию.

Почему не подходят еще более высокие частоты (>15 МГц): С ростом частоты резко возрастает затухание. Для глубины 4 см сигнал может ослабнуть настолько, что отраженное эхо станет слишком слабым для формирования качественного изображения, особенно у пациентов с большей толщиной мягких тканей над железой.

Задание 10. Контекст: В клинической практике для оценки проходимости маточных труб (диагностика бесплодия) используется метод эхогистеросальпингоскопии. В полость матки через катетер вводят стерильный контрастный раствор, и с помощью трансвагинального УЗ-датчика наблюдают, поступает ли жидкость из полости матки в маточные трубы и далее в брюшную полость.

Задание: Представьте, что перед вами стоит задача улучшить визуализацию потока жидкости в трубе.

Какой режим ультразвукового сканирования, помимо стандартного В-режима, вы бы предложили использовать для этих целей и почему?

Какие требования к ультразвуковому датчику и настройкам сканера (частота, чувствительность) будут критическими для успешной визуализации?

Рекомендуемый ответ:

Для улучшения визуализации потока жидкости необходимо использовать режим цветового доплеровского картирования (Color Doppler) или энергетический доплер (Power Doppler). Эти режимы позволяют визуализировать движущуюся жидкость (кровь, контраст) и кодировать ее скорость и направление цветом. Даже если пузырьки жидкости в В-режиме видны нечетко, доплеровские режимы, чувствительные к движению, позволят уверенно детектировать поступление контраста в трубу и его продвижение. Энергетический доплер более чувствителен к слабому потоку, но не дает информации о направлении.

Требования:

Датчик: Высокочастотный трансвагинальный датчик (5-9 МГц), обеспечивающий хорошее разрешение в зоне интереса.

Частота: Высокая частота (в указанном диапазоне) для максимальной детализации.

Чувствительность: Высокая чувствительность доплеровского режима (низкий порог скорости), чтобы детектировать медленное продвижение жидкости по узкому просвету трубы.

Фокусировка: Фокусировка ультразвукового луча должна быть настроена на область маточных труб.

Механический индекс (MI) и тепловой индекс (TI): Необходимо строго контролировать в соответствии с принципом ALARA (As Low As Reasonably Achievable) для обеспечения безопасности, особенно при исследовании органов репродуктивной системы.

Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа №5 «Определение характеристик затухающих колебаний маятника»

Лабораторная работа №7 «Определение скорости звука в воздухе методом стоячей волны»

Лабораторная работа «Цифровая обработка акустических сигналов в среде MATLAB/Python»

Лабораторная работа «Моделирование метода Короткова»

Лабораторная работа «Измерение скорости ультразвука в жидкостях и имитаторах биотканей»

Лабораторная работа «Изучение А-режима (эхолокация). Изучение работы ультразвукового сканера в В-режиме»

Лабораторная работа № 1 «Определение скорости распространения ультразвука в различных материалах с помощью ультразвукового толщиномера А1209»

Лабораторная работа № 2 «Измерение затухания ультразвука в твердых телах»

Лабораторная работа № 3 «Исследование диаграммы направленности акустических преобразователей в дальней зоне»

Лабораторная работа № 4 «Оценка глубины залегания дефекта с помощью дефектоскопа А1212 МАСТЕР»

Перечень вопросов к семинарам

Раздел 1. Физические основы акустической диагностики

1. Дайте определение понятиям «акустическое давление», «интенсивность ультразвука» и «акустический импеданс». Как эти параметры связаны между собой и почему акустический импеданс является ключевой характеристикой для диагностики?
2. Объясните физическую природу затухания ультразвука в биологических тканях. Каков вклад поглощения, рассеяния и рефракции в общее ослабление сигнала? От каких параметров (частота, тип ткани) зависит затухание?
3. Сформулируйте условия возникновения отражения и прохождения ультразвуковой волны на границе раздела двух сред. Выведите формулу для коэффициента отражения по интенсивности. Приведите примеры границ в теле человека с высоким и низким коэффициентом отражения.
4. Что такое ближняя и дальняя зоны (зона Френеля и зона Фраунгофера) ультразвукового преобразователя? Как распределение интенсивности в этих зонах влияет на формирование диагностического изображения?

Раздел 2. Принципы работы ультразвуковых преобразователей

5. Опишите прямой и обратный пьезоэлектрический эффект. Какие пьезоэлектрические материалы используются в медицинских датчиках (ЦТС, ПВДФ, композиты) и каковы их преимущества и недостатки?
6. Объясните назначение и принцип работы конструктивных элементов ультразвукового датчика: демпфера (backing block), согласующего слоя (matching layer) и акустической линзы. Как они влияют на характеристики датчика (чувствительность, разрешение, полосу пропускания)?
7. Сравните одноэлементные и многоэлементные (фазированные решетки) датчики. Какие типы решеток (линейные, конвексные, фазированные) используются для исследования различных анатомических областей и почему?
8. Опишите принцип электронного сканирования в многоэлементных датчиках: последовательное возбуждение элементов для линейного сканирования и фазированное возбуждение для секторного сканирования и фокусировки луча.

Раздел 3. Режимы ультразвукового сканирования

9. Проведите сравнительный анализ А-режима (амплитудный), В-режима (яркостный) и М-режима (движение). Для решения каких диагностических задач предназначен каждый из этих режимов? Приведите клинические примеры.
10. Объясните физические основы эффекта Доплера применительно к ультразвуковой диагностике. Как формируется доплеровский сдвиг частоты и как по нему определяют скорость и направление кровотока?
11. Сравните спектральный доплер (импульсноволновой и непрерывноволновой), цветное доплеровское картирование (ЦДК) и энергетический доплер (Power Doppler). Каковы преимущества и ограничения каждого метода?
12. В чем заключается физический принцип эластографии? Какие методы эластографии (компрессионная, сдвиговой волны) используются в клинической практике и для каких целей (дифференциация злокачественных и доброкачественных образований)?

Раздел 4. Акустические методы

13. Опишите метод акустической импедансометрии. Что такое тимпанометрия и акустический рефлекс? Как эти тесты позволяют оценить состояние среднего уха и слуховых косточек?
14. Объясните природу отоакустической эмиссии (ОАЭ). Какие виды ОАЭ (спонтанная, задержанная вызванная, на частоте продукта искажения) используются для скрининга слуха у новорожденных?
15. Опишите физические основы аускультации. Каков механизм возникновения основных дыхательных шумов (везикулярное, бронхиальное дыхание) и побочных (хрипы, крепитация, шум трения плевры)?
16. Опишите метод фонокардиографии. Как регистрация тонов и шумов сердца помогает в диагностике приобретенных пороков (стенозы, недостаточность клапанов)?

17. Объясните принцип работы доплеровских датчиков для оценки кровотока в периферических сосудах. Как с их помощью диагностируются стенозы, окклюзии и венозная недостаточность?

Раздел 5. Современные тенденции и перспективы развития

18. Что такое HIFU (High-Intensity Focused Ultrasound)? Каковы медицинские применения этого метода (абляция опухолей, лечение фибромиомы матки) и какое диагностическое оборудование требуется для контроля за процедурой?

19. Опишите принципы ультразвуковой термометрии. Можно ли использовать изменение скорости звука или другие акустические параметры для неинвазивного измерения температуры тканей в ходе терапии?

20. Какие новые направления в акустической диагностике представлены на современных научных конференциях? Приведите примеры исследований в области нейрохирургии (фокусированный УЗ для открытия гематоэнцефалического барьера) или малоинвазивной хирургии.

21. Какова роль искусственного интеллекта и методов машинного обучения в обработке акустических сигналов? Приведите примеры автоматического распознавания паттернов (хрипов, шумов сердца) и компьютерной диагностики.

22. Сформулируйте требования к проектированию нового акустического датчика для конкретной клинической задачи (например, для визуализации поверхностных структур или глубоких органов). Обоснуйте выбор рабочей частоты, типа датчика и конструктивных особенностей.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-1: Способен выполнять комплексное техническое обслуживание биотехнических и медицинских аппаратов и систем		
ПК-1.1:	Использует положения, законы и методы в области естественных наук и математики при решении практических задач	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</p> <p>1. Физическая природа ультразвука. Типы волн, используемые в медицинской диагностике (продольные, сдвиговые, поверхностные).</p> <p>2. Акустическое сопротивление биологических тканей. Законы отражения и преломления на границах раздела сред.</p>
ПК-1.2	Осуществляет контроль технического состояния биотехнических и медицинских аппаратов и систем	<p>3. Затухание ультразвука в биологических тканях: механизмы (поглощение, рассеяние), частотная зависимость.</p> <p>4. Нелинейные эффекты при распространении ультразвука в биологических средах и их диагностическое применение -4-6.</p> <p>5. Эффект Доплера в ультразвуковой диагностике. Виды доплерографии (непрерывноволновая, импульсная, цветовое доплеровское картирование).</p>
ПК-1.3	Осуществляет техническое обслуживание биотехнических и медицинских аппаратов и систем	<p>6. Пьезоэлектрический эффект (прямой и обратный). Пьезоматериалы для медицинских преобразователей.</p> <p>7. Конструкция ультразвукового датчика: пьезоэлемент, согласующие слои, демпфер (акустический тыл), акустическая линза.</p> <p>Типы ультразвуковых датчиков: линейные, конвексные, секторные (фазированные решетки). Их особенности и области применения.</p>
		<p>8. Структурная схема УЗ-сканера: синхронизатор, генератор зондирующих импульсов, усилитель, АЦП, блок обработки изображений.</p> <p>9. Методы сканирования: механическое и электронное. Принцип работы фазированной антенной решетки.</p> <p>10. Режимы работы ультразвуковых приборов: А-режим (одномерный), В-режим (двумерный), М-</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>режим.</p> <p>11. Принципы построения доплеровских систем анализа кровотока.</p> <p>12. Современные методы: ультразвуковая томография, 3D/4D-реконструкция -5-8.</p> <p>13. Нормативно-техническая документация на ультразвуковое диагностическое оборудование (паспорт, формуляр, руководство по эксплуатации).</p> <p>14. Виды и периодичность технического обслуживания медицинских акустических приборов.</p> <p>15. Методика контроля основных технических характеристик УЗ-сканеров с использованием фантомов и тест-объектов.</p> <p>16. Проверка электрической безопасности ультразвуковых диагностических систем (особенности для датчиков, контактирующих с пациентом).</p> <p>17. Типовые неисправности ультразвуковых датчиков (механические повреждения пьезоэлементов, деградация акустического слоя, обрывы кабеля) и методы их диагностики.</p> <p>18. Неисправности электронных трактов УЗ-сканеров (генераторы, усилители) и методы поиска с помощью осциллографа.</p> <p>19. Организация сервисного обслуживания и ремонта акустической диагностической аппаратуры. Ведение учетно-отчетной документации.</p> <p>20. Метрологическое обеспечение ультразвуковых медицинских измерений. Поверка и калибровка.</p> <p>21. Биологическое действие ультразвука. Требования безопасности для пациентов и медицинского персонала. Индексы MI (Mechanical Index) и TI (Thermal Index).</p> <p>22. Дезинфекция и стерилизация ультразвуковых датчиков. Правила обработки в зависимости от класса инвазивности.</p> <p>Примерный перечень практических заданий для экзамена</p> <p>Задача 1. Вам необходимо провести ежеквартальное техническое обслуживание УЗ-сканера экспертного класса.</p> <p>А) На основании типовой инструкции по эксплуатации (фрагмент предоставляется) составьте чек-лист (перечень операций) для ТО.</p> <p>Б) Какие разделы формуляра необходимо заполнить? Сделайте пример записи о проверке состояния датчиков.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>Задача 2. При работе УЗ-сканера наблюдается следующая картина: на экране присутствуют множественные горизонтальные линии (артефакты), сигнал от глубоких структур отсутствует, хотя на мелких структурах изображение есть, но с искажениями. При замене датчика на заведомо исправный дефект исчезает.</p> <p>А) В каком узле локализована неисправность?</p> <p>Б) Какие элементы датчика могли выйти из строя (повреждение пьезоэлемента, обрыв в кабеле, повреждение разъема)?</p> <p>В) Опишите порядок проверки подозреваемого датчика с помощью мультиметра (измерение сопротивления, проверка целостности экрана).</p> <p>Задача 3. Предоставляется УЗ-сканер с конвексным датчиком и тканезквивалентный фантом (например, с нитями-мишенями и кистами).</p> <p>А) Проведите процедуру проверки геометрической точности сканера (определите расстояние между нитями).</p> <p>Б) Оцените мертвую зону (способность визуализировать объекты, расположенные близко к поверхности датчика).</p> <p>В) Проверьте работоспособность доплеровского режима (при наличии потока в фантоме).</p> <p>Задача 4. Опишите конструкцию фазированной антенной решетки (фазированного датчика) для эхокардиографии. Объясните, как формируется и фокусируется ультразвуковой луч при электронном сканировании. Какие параметры датчика влияют на разрешающую способность?</p>

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Приборы и методы акустической диагностики» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена (5 семестр) .

Экзамен – устный, классический. В каждом билете 2 теоретических вопроса и 1 задача. Для получения оценки «Отлично» или «Хорошо» обязательно правильное решение задачи.

Критерии выставления экзаменационной оценки:

– на оценку **«отлично»** – обучающийся должен показать высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполнять практические задания, свободно оперировать знаниями, умениями, применять их в ситуациях повышенной сложности; обучающийся должен обладать знаниями не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальными навыками решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** – обучающийся должен показать средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации;

– на оценку **«удовлетворительно»** – студент должен показать пороговый уровень сформированности компетенций, то есть он должен иметь знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач; в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** – результат обучения не достигнут, компетенции не сформированы, студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.