

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 12.03.01 Приборостроение

Наименование образовательной программы: Диагностические системы и технологии (приборы диагностики зданий и сооружений, медицинские диагностические приборы)

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ**  
**ЭМИССИИ**

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.03.01.03
Трудоемкость в зачетных единицах:	10 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	10 семестр - 8 часов;
Практические занятия	10 семестр - 4 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	10 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	10 семестр - 128,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	10 семестр - 1,2 часа;
включая: Тестирование Проверочная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	10 семестр - 0,3 часа;

**Москва 2025**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Чернов Д.В.
	Идентификатор	R3df1e8a2-ChernovDmV-6ce9038f

Д.В. Чернов

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хвостов А.А.
	Идентификатор	Rd7c1e2e7-KhvostovAA-a55ec66d

А.А. Хвостов

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Самокрутов А.А.
	Идентификатор	R145b9cc2-SamokrutovAA-7b5e7df

А.А.  
Самокрутов

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение особенностей ультразвукового (УЗ) неразрушающего контроля (НК) изделий из сложно-структурных материалов, изучение методов и алгоритмов выделения УЗ эхо-сигналов из шумов и помех, получение навыков создания программно-алгоритмического обеспечения приборов УЗ НК.

### Задачи дисциплины

- Ознакомление с проблемами УЗ низкочастотного контроля крупногабаритных изделий из сложно-структурных материалов (бетона, полимерных композиционных материалов и др.);
- Изучение радиотехнических методов обработки сигналов для выделения УЗ эхо-сигналов из шумов и помех (накопление сигналов, синхронное детектирование, оптимальная фильтрация, корреляционная обработка сигналов);
- Изучение методов выделения УЗ эхо-сигналов из производственных помех и помех типа белого шума при УЗ НК крупногабаритных изделий с большим затуханием ультразвука;
- Освоение методов выделения эхо-сигналов из коррелированных помех типа структурного шума (СШ) при контроле изделий из сложно-структурных материалов (сварных швов из аустенитных сталей, строительных конструкций из бетона и др.).

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 способен проводить конструирование и моделирование диагностических систем	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> разрабатывает и эксплуатирует системы диагностического контроля	знать: - основные модели сигналов, используемые в системах неразрушающего контроля и технической диагностики; - методы проектирования средств УЗ НК изделий из сложно-структурных материалов, основанных на использовании радиотехнических методов обработки сигналов.  уметь: - определять средства решения проблем в области проектирования приборов УЗ НК изделий из сложно-структурных материалов; - анализировать состояние научно-технической проблемы и определять цели и задачи проектирования приборов УЗ НК на основе изучения мирового опыта.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Диагностические системы и технологии (приборы диагностики зданий и сооружений, медицинские диагностические приборы) (далее – ОПОП), направления подготовки 12.03.01 Приборостроение, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа						СР					
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Проблемы ультразвукового контроля изделий из сложно-структурных материалов	27.00	10	2	-	1.0	-	0.50	-	0.30	-	23.2	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Проблемы ультразвукового контроля изделий из сложно-структурных материалов"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Проблемы ультразвукового контроля изделий из сложно-структурных материалов"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], п.3 [3], п.2</p>	
1.1	Шумы и помехи в УЗ дефектоскопии	13.50		1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	11.6	-		
1.2	классификация шумов и помех	13.50		1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	11.6	-		
2	Выделение эхо-сигналов из белого шума	27.00		2	-	1.0	-	0.50	-	0.30	-	23.2	-		<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Выделение эхо-сигналов из белого шума"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Выделение эхо-сигналов из белого шума"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], п.7</p>
2.1	Основные положения оптимальной обработки сигналов применительно к задачам УЗ помехоустойчивого контроля изделий	13.50		1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	11.6	-		
2.2	Фазоманипулированные сигналы в УЗ неразрушающем контроле	13.50		1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	11.6	-		
3	Выделение сигналов	27.00	2	-	1.0	-	0.50	-	0.30	-	23.2	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b>		



### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Проблемы ультразвукового контроля изделий из сложно-структурных материалов

##### 1.1. Шумы и помехи в УЗ дефектоскопии

Некоррелированные с зондирующим сигналом помехи: -импульсная помеха; - узкополосный шум; - белый шум.

##### 1.2. классификация шумов и помех

Коррелированные с зондирующим сигналом помехи: -сигнал электроакустической наводки (ЭАН); -сигнал структурного шума.

#### 2. Выделение эхо-сигналов из белого шума

2.1. Основные положения оптимальной обработки сигналов применительно к задачам УЗ помехоустойчивого контроля изделий

Условия оптимального обнаружения эхо-сигналов в УЗ дефектоскопии; оптимальный фильтр (ОФ); условия получения максимального соотношения сигнал/БШ на выходе ОФ. Принцип накопления периодически следующих сигналов (пачки импульсов) как метод выделения УЗ эхо-сигнала из БШ.

##### 2.2. Фазоманипулированные сигналы в УЗ неразрушающем контроле

Фазоманипулированные (ФМ) сигналы, основанные на использовании модулирующих последовательностей Баркера, Хаффмена (М-сигналы), Голлея; их параметры и свойства.

#### 3. Выделение сигналов из структурного шума

##### 3.1. Структурный шум (СШ) как случайный процесс

Понятие о декорреляции сигнала и помехи (структурного шума). Пространственно-временная обработка сигналов (ПВОС) применительно к задаче выделения эхо-сигналов из СШ.

3.2. Приборная реализация помехоустойчивых методов уз контроля изделий из сложно-структурных материалов

Особенности развития традиционных приборов и методов УЗ НК изделий. Необходимость создания программируемого многофункционального адаптивного измерительного комплекса (ИК).

#### 4. Акустическая эмиссия

##### 4.1. Физические основы метода акустической эмиссии

возникновения напряжённых состояний, деформаций, истечения жидкой или газообразной среды через сквозные дефекты, кристаллизации материала, внешних механических воздействий.

##### 4.2. Преимущества и недостатки НК на основе акустической эмиссии

выявление развивающихся дефектов. интегральность.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Определения скоростей распространения и мод волн Лэмба;

2. Расчет коэффициента затухания продольных и поперечных волн. Расчет

коэффициентов отражения и преломления. Расчет углов падения, преломления и трансформации по закону Снеллиуса;

3. Расчет амплитуд эхо-сигналов методом Кирхгофа;
4. Расчет ближней зоны и характеристики направленности (диаграммы направленности) преобразователей различной формы;
5. Расчет акустического поля дискообразных, кольцеобразных, прямоугольных преобразователей;
6. Расчет акустического поля преобразователей с плоскопараллельной и клиновидной призмой.

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Проблемы ультразвукового контроля изделий из сложно-структурных материалов"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Выделение эхо-сигналов из белого шума"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Выделение сигналов из структурного шума"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Акустическая эмиссия"

#### *Текущий контроль (ТК)*

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Проблемы ультразвукового контроля изделий из сложно-структурных материалов"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Выделение эхо-сигналов из белого шума"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Выделение сигналов из структурного шума"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Акустическая эмиссия"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ** Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
<b>Знать:</b>						
методы проектирования средств УЗ НК изделий из сложно-структурных материалов, основанных на использовании радиотехнических методов обработки сигналов	ИД-1ПК-2	+				Тестирование/Шумы и помехи в ультразвуковой дефектоскопии
основные модели сигналов, используемые в системах неразрушающего контроля и технической диагностики	ИД-1ПК-2		+			Тестирование/Преобразователи ультразвукового контроля
<b>Уметь:</b>						
анализировать состояние научно-технической проблемы и определять цели и задачи проектирования приборов УЗ НК на основе изучения мирового опыта	ИД-1ПК-2			+		Проверочная работа/Неразрушающий контроль материалов с помощью ультразвука
определять средства решения проблем в области проектирования приборов УЗ НК изделий из сложно-структурных материалов	ИД-1ПК-2				+	Проверочная работа/Метод акустической эмиссии

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**10 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Преобразователи ультразвукового контроля (Тестирование)
2. Шумы и помехи в ультразвуковой дефектоскопии (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Метод акустической эмиссии (Проверочная работа)
2. Неразрушающий контроль материалов с помощью ультразвука (Проверочная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Экзамен (Семестр №10)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих

В диплом выставляется оценка за 10 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Методы акустического контроля металлов / Н. П. Алешин, и др. – М. : Машиностроение, 1989. – 456 с. – ISBN 5-217-00492-4.;
2. Неразрушающий контроль. В 5 кн. кн.2. Акустические методы контроля / И. Н. Ермолов, и др., В. В. Сухоруков. – М. : Высшая школа, 1991. – 283 с. – ISBN 5-06-002038-X.;
3. Носов В. В., Ямилова А. Р.- "Метод акустической эмиссии", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2017 - (304 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/91069>.

##### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

##### **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

5. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>

#### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-417/6, Белая мультимедийная студия	стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Ж-417/7, Световая черная студия	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Ж-2006, Конференц-зал ИДДО	стол, стул, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ж-417 /2а, Помещение для инвентаря	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Мониторинг состояния зданий методом акустической эмиссии**

(название дисциплины)

**10 семестр****Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Шумы и помехи в ультразвуковой дефектоскопии (Тестирование)

КМ-2 Преобразователи ультразвукового контроля (Тестирование)

КМ-3 Неразрушающий контроль материалов с помощью ультразвука (Проверочная работа)

КМ-4 Метод акустической эмиссии (Проверочная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Проблемы ультразвукового контроля изделий из сложно-структурных материалов					
1.1	Шумы и помехи в УЗ дефектоскопии		+			
1.2	классификация шумов и помех		+			
2	Выделение эхо-сигналов из белого шума					
2.1	Основные положения оптимальной обработки сигналов применительно к задачам УЗ помехоустойчивого контроля изделий			+		
2.2	Фазоманипулированные сигналы в УЗ неразрушающем контроле			+		
3	Выделение сигналов из структурного шума					
3.1	Структурный шум (СШ) как случайный процесс				+	
3.2	Приборная реализация помехоустойчивых методов уз контроля изделий из сложно-структурных материалов				+	
4	Акустическая эмиссия					
4.1	Физические основы метода акустической эмиссии					+
4.2	Преимущества и недостатки НК на основе акустической эмиссии					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25