

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

---

Направление подготовки/специальность: 11.03.01 Радиотехника

Наименование образовательной программы: Беспроводные технологии и интернет вещей

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Обязательная</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.О.03.11</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>8 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>8 семестр - 4 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>8 семестр - 4 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>8 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>8 семестр - 96,8 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>8 семестр - 0,9 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>8 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Вишняков С.В.
	Идентификатор	R35b26072-VishniakovSV-02810d9

С.В. Вишняков

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крутских В.В.
	Идентификатор	R49539849-KrutskikhVV-f1575369

В.В. Крутских

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шалимова Е.В.
	Идентификатор	Rf4bb1f0c-ShalimovaYV-f267ebd6

Е.В. Шалимова

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение базовых понятий, основных теорем и алгоритмов цифровой обработки детерминированных и случайных сигналов

### Задачи дисциплины

- освоение терминологии теории сигналов;
- приобретение навыков применения специализированного программного обеспечения к задачам цифровой обработки сигналов;
- освоение основных методов описания сигналов;
- освоение основных методов (алгоритмов) обработки сигналов.

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
ОПК-3 способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности	ИД-1оПК-3 Знает современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом виде информации	знать: - принципы и технологию решения задач на основе применения типовых методов и алгоритмов цифровой обработки сигналов; - проблематику корреляционного и спектрального анализа сигналов при применении типовых алгоритмов обработки.  уметь: - применять специализированные программные комплексы для моделирования систем обработки сигналов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Беспроводные технологии и интернет вещей (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.01 Радиотехника, 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 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ 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	Элементы теории сигналов	30.00	8	1.5	-	1.5	-	0.7	-	0.30	-	26	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> изучение дополнительного материала по разделу "Элементы теории сигналов"</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, прохождение пробных тестов по учебному материалу</p>	
1.1	Основные термины и понятия	15.95		0.5	-	1	-	0.3	-	0.15	-	14	-		
1.2	Частотное и временное представление сигналов	14.05		1	-	0.5	-	0.4	-	0.15	-	12	-		
2	Дискретизация и квантование сигналов	29.40		1.5	-	1.0	-	0.6	-	0.30	-	26	-		<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> изучение дополнительного материала по разделу "Дискретизация и квантование сигналов"</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, прохождение пробных тестов по учебному материалу</p>
2.1	Дискретизация и квантование	15.95		1	-	0.5	-	0.3	-	0.15	-	14	-		
2.2	Анализ сигналов	13.45		0.5	-	0.5	-	0.3	-	0.15	-	12	-		
3	Системы обработки сигналов	30.60		1.0	-	1.5	-	0.7	-	0.30	-	27.1	-		<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> изучение дополнительного материала по разделу "Системы обработки сигналов"</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, прохождение пробных тестов по учебному материалу</p>
3.1	Дискретные цифровые системы	13.65		0.5	-	0.5	-	0.4	-	0.15	-	12.1	-		
3.2	Практические вопросы цифровой обработки сигналов	16.95		0.5	-	1	-	0.3	-	0.15	-	15	-		
	Зачет с оценкой	18.0		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7		

	Всего за семестр	108.00		4.0	-	4.0	-	2.0	-	0.90	0.3	79.1	17.7	
	Итого за семестр	108.00		4.0	-	4.0	2.0		0.90		0.3	96.8		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Элементы теории сигналов

#### 1.1. Основные термины и понятия

Классификация сигналов, их виды. Пространство сигналов, их параметры. Сигнал как носитель информации. Детерминированные и случайные сигналы, их характеристики. Операции над сигналами. Свертка сигналов, скалярное произведение. Корреляционная функция, ее свойства.

#### 1.2. Частотное и временное представление сигналов

Преобразование Фурье, свойства преобразования. Спектральная плотность сигналов. Обратное преобразование Фурье. Энергетический спектр. Теорема Рэлея (равенство Парсеваля) и теорема Винера-Хинчина. Преобразование Гильберта. Модуляция сигнала, ее виды, демодуляция. Программная среда Matlab/Scilab. Представление и синтез сигналов, основные операции с ними.

### 2. Дискретизация и квантование сигналов

#### 2.1. Дискретизация и квантование

Дискретизация и квантование. Оптимальное квантование. Дискретный и цифровой сигналы, шум квантования. Теорема отсчетов. Дискретизация реальных сигналов, полосовая дискретизация. Дискретное преобразование Фурье, его свойства. Наложение спектра. Размытие спектра. Спектры действительных сигналов.

#### 2.2. Анализ сигналов

Весовые окна анализа, их характеристики. Интерпретация. Передискретизация сигнала. Децимация и интерполяция цифрового сигнала. Цифровые сигналы в Matlab/Scilab, операции над дискретными сигналами, работа с квантованными сигналами.

### 3. Системы обработки сигналов

#### 3.1. Дискретные цифровые системы

Понятие дискретной цифровой системы обработки сигнала, характеристики, способы описания. Вопросы ввода и вывода аналоговых сигналов в цифровую систему обработки данных. Обобщенная структура системы обработки сигнала, принципы построения систем. Z-преобразование, свойства. Обратное z-преобразование. Описание систем в z-области. Передаточная характеристика системы, нули и полюса. Устойчивость систем, их характеристики. Цифровая фильтрация. Классификация фильтров, их параметры, задачи фильтрации. Передаточная функция фильтра, импульсная характеристика. Виды цифровых фильтров, их структуры. Типы соединения каскадов фильтров. Обобщенное описание дискретной свертки, циклическая свертка. Представление дискретного преобразования Фурье как гребенки фильтров. Эффекты квантования (округления, переполнения, квантование коэффициентов, предельные циклы). Цифровые фильтры в Matlab/Scilab.

#### 3.2. Практические вопросы цифровой обработки сигналов

Обобщенная структура системы обработки сигналов. Состав системы, задачи ее блоков, проблемы реализации (эффективность, точность и устойчивость решения). Принципы поточной и блочной обработки сигналов. Вычислительная сложность алгоритмов ЦОС. Алгоритм Герцеля. Алгоритм быстрого преобразования Фурье. Методы увеличения точности аппроксимации спектра сигнала. Вычисление дискретного преобразования Фурье (ДПФ) действительных сигналов: алгоритмы «двойного ДПФ» и сигнала «удвоенной длины».

Преобразование случайного сигнала в дискретной системе. Усреднение сигналов. Эффективная реализация КИХ фильтров высокого порядка. Вычисление свертки секционированием, скользящее ДПФ.

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

1. Элементы теории сигналов;
2. Проверка сигналов;
3. Обработка сигналов.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

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

1. Рассмотрение сложных аспектов теории сигналов.
2. Рассмотрение сложных аспектов дискретизации и квантования сигналов.
3. Рассмотрение сложных аспектов системы обработки сигналов.

### **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	
<b>Знать:</b>					
проблематику корреляционного и спектрального анализа сигналов при применении типовых алгоритмов обработки	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub>		+		Тестирование/Дискретные модели сигналов во временной и частотной областях
принципы и технологию решения задач на основе применения типовых методов и алгоритмов цифровой обработки сигналов	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub>	+			Тестирование/Базовые понятия теории сигналов
<b>Уметь:</b>					
применять специализированные программные комплексы для моделирования систем обработки сигналов	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub>			+	Контрольная работа/Задание по Matlab/Scilab



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

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

**8 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Базовые понятия теории сигналов (Тестирование)
2. Дискретные модели сигналов во временной и частотной областях (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Задание по Matlab/Scilab (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №8)*

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 8 семестр.

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

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

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

1. Айфичер, Э. С. Цифровая обработка сигналов : практический подход : пер. с англ. / Э. С. Айфичер, Б. У. Джервис . – 2-е изд. – М. : Вильямс, 2004 . – 992 с. - ISBN 5-84590-710-1 .;
2. Барат, В. А. Фильтрация сигналов : практикум по курсу "Цифровая обработка сигналов" по направлению 12.03.01 "Приборостроение" / В. А. Барат, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 28 с. - ISBN 978-5-7046-1853-9 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=9500>;
3. Батасова, В. С. Введение в MATLAB. Лабораторный практикум : учебное пособие по курсу "Информатика" для МЭИ(ТУ) по всем направлениям подготовки / В. С. Батасова, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 52 с. - ISBN 978-5-383-00066-3 .;
4. В. Ф. Кравченко, Д. В. Чуриков- "Цифровая обработка сигналов атомарными функциями и вейвлетами", Издательство: "Техносфера", Москва, 2018 - (182 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=496505>.

### **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. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
7. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
8. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
9. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
10. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

### 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, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Ж-200б, Конференц-зал ИДДО	стол, стул, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования	Ж-417 /2а, Помещение для	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и

и учебного инвентаря	инвентаря	курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования
----------------------	-----------	--

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Цифровая обработка сигналов

(название дисциплины)

#### 8 семестр

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

КМ-1 Базовые понятия теории сигналов (Тестирование)

КМ-2 Дискретные модели сигналов во временной и частотной областях (Тестирование)

КМ-3 Задание по Matlab/Scilab (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	6	9	12
1	Элементы теории сигналов				
1.1	Основные термины и понятия		+		
1.2	Частотное и временное представление сигналов		+		
2	Дискретизация и квантование сигналов				
2.1	Дискретизация и квантование			+	
2.2	Анализ сигналов			+	
3	Системы обработки сигналов				
3.1	Дискретные цифровые системы				+
3.2	Практические вопросы цифровой обработки сигналов				+
Вес КМ, %:			30	35	35