

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

---

Направление подготовки/специальность: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Наименование образовательной программы: Вычислительно-измерительные системы

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

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


<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Обязательная
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.О.24
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	4 семестр - 4;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	144 часа
<b>Лекции</b>	4 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Лабораторные работы</b>	4 семестр - 32 часа;
<b>Консультации</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>Самостоятельная работа</b>	4 семестр - 79,7 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Контрольная работа Лабораторная работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	4 семестр - 0,3 часа;

**Москва 2019**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Михалин С.Н.
	Идентификатор	R6b64c0e5-MikhailinSN-09810d9c

(подпись)

С.Н. Михалин

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Серов Н.А.
	Идентификатор	R708da564-SerovNA-06ab7859

(подпись)

Н.А. Серов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Желбаков И.Н.
	Идентификатор	R839a3a63-ZhelbakovIN-f73624c

(подпись)

И.Н. Желбаков

(расшифровка  
подписи)

## 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 (понятий, теорем) курса;
- Освоение основных методов (алгоритмов) обработки сигналов (данных);
- Приобретение навыков применения специализированного программного обеспечения к задачам цифровой обработки сигналов;
- Формирование базовых знаний для изучения последующих курсов.

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-1 Способен применять естественнонаучные и общетеchnические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Решает стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общетеchnических знаний, методов математического анализа и моделирования	знать: - Принципы и технологию решения задач на основе применения типовых методов и алгоритмов цифровой обработки сигналов; - Виды сигналов, их характеристики, основные термины, теоремы, методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов.  уметь: - Обобщать и применять полученные знания, а также находить решение произвольных задач, применяя типовые методы и алгоритмы обработки сигналов.
ОПК-9 Способен осваивать методики использования программных средств для решения практических задач	ИД-2 <sub>ОПК-9</sub> Использует программные средства для решения практических задач	знать: - Проблематику корреляционного и спектрального анализа сигналов при применении типовых алгоритмов цифровой обработки сигналов.  уметь: - Применять программу MATLAB (или аналогичную) для моделирования систем обработки сигналов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Вычислительно-измерительные системы (далее – ОПОП), направления подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Основы математического анализа, теории вероятностей и математической статистики, технологии программирования на языках высокого уровня

- уметь Применять матричную алгебру к решению уравнений, разбивать математическую задачу на подзадачи, создавать оптимальный программный код для реализации простого математического алгоритма

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	Элементы теории сигналов	32	4	8	8	-	-	-	-	-	-	16	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Прочитать, выучить термины и формулировки теорем, ознакомится с методами (алгоритмами) раздела 1 лекций</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>                      [1], стр. 7-84, 502-561                      [2], стр. 1-78                      [4], стр. 70-89, 902-927, 1000-1009</p>	
1.1	Элементы теории сигналов	32		8	8	-	-	-	-	-	-	16	-		
2	Дискретизация и квантование сигналов	38		8	8	-	-	-	-	-	-	-	22		-
2.1	Дискретизация и квантование сигналов	38		8	8	-	-	-	-	-	-	-	22		-
3	Системы обработки сигналов	36		8	8	-	-	-	-	-	-	-	20		-
3.1	Системы обработки сигналов	36	8	8	-	-	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Прочитать, выучить термины и формулировки теорем, ознакомится с методами (алгоритмами) раздела 3 лекций</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>                      [1], стр. 206-274, 456-470</p>	

													[3], оглавление и справочные страницы [4], стр. 42-62, 117-150, 276-333, 368-450
4	Практические вопросы ЦОС	37.7	8	8	-	-	-	-	-	-	21.7	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Прочитать, выучить термины и формулировки теорем, ознакомится с методами (алгоритмами) раздела 4 лекций <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 287-319, 337-351 [4], стр. 212-240, 683-725
4.1	Практические вопросы ЦОС	37.7	8	8	-	-	-	-	-	-	21.7	-	
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	144.0	32	32	-	-	-	-	-	0.3	79.7	-	
	Итого за семестр	144.0	32	32	-	-	-	-	-	0.3	79.7	-	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Элементы теории сигналов

Основные термины и понятия, задачи курса. 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. 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. Представление и синтез сигналов, основные операции с ними..

### 2. Дискретизация и квантование сигналов

#### 2.1. Дискретизация и квантование сигналов

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

### 3. Системы обработки сигналов

#### 3.1. Системы обработки сигналов

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.. Обобщенное описание дискретной свертки, циклическая свертка. Представление дискретного преобразования Фурье как гребенки фильтров.. Цифровая фильтрация. Классификация фильтров, их параметры, задачи фильтрации. Передаточная функция фильтра, импульсная характеристика. Виды цифровых фильтров, их структуры. Типы соединения каскадов фильтров.. Эффекты квантования (округления, переполнения, квантование коэффициентов, предельные циклы).. Цифровые фильтры в Matlab..

### 4. Практические вопросы ЦОС

#### 4.1. Практические вопросы ЦОС

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.. Эффективная реализация передискретизации сигналов, фильтры Фарроу.. Вопросы построения систем обработки сигналов в Matlab..

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

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Введение в Simulink;
2. Преобразование сигналов;
3. Дискретные сигналы в Simulink;
4. Программная среда Matlab;
5. Спектральный анализ сигналов;
6. Корреляционный анализ сигналов;
7. Цифровые фильтры.

### **3.5 Консультации**

### **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>						
Виды сигналов, их характеристики, основные термины, теоремы, методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов	ИД-2ОПК-1	+	+			Лабораторная работа/Защита ЛР1-3 (Simulink) Контрольная работа/"КР1. Введение" Контрольная работа/"КР2. Дискретные сигналы"
Принципы и технологию решения задач на основе применения типовых методов и алгоритмов цифровой обработки сигналов	ИД-2ОПК-1			+	+	Лабораторная работа/Защита ЛР4-6 (Matlab) Лабораторная работа/Защита ЛР7 (Matlab)
Проблематику корреляционного и спектрального анализа сигналов при применении типовых алгоритмов цифровой обработки сигналов	ИД-2ОПК-9		+		+	Лабораторная работа/Защита ЛР4-6 (Matlab) Контрольная работа/"КР2. Дискретные сигналы"
<b>Уметь:</b>						
Обобщать и применять полученные знания, а также находить решение произвольных задач, применяя типовые методы и алгоритмы обработки сигналов	ИД-2ОПК-1			+	+	Контрольная работа/"КР3. Цифровые системы"
Применять программу MATLAB (или аналогичную) для моделирования систем обработки сигналов	ИД-2ОПК-9				+	Лабораторная работа/Защита ЛР4-6 (Matlab)

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

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

**4 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Защита ЛР1-3 (Simulink) (Лабораторная работа)
2. Защита ЛР4-6 (Matlab) (Лабораторная работа)
3. Защита ЛР7 (Matlab) (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. "КР1. Введение" (Контрольная работа)
2. "КР2. Дискретные сигналы" (Контрольная работа)
3. "КР3. Цифровые системы" (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №4)*

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

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

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

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

1. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие для вузов по направлению 210300 "Радиотехника" / А. Б. Сергиенко . – 3-е изд . – СПб. : БХВ-Петербург, 2013 . – 768 с. – (Учебная литература для вузов) . - ISBN 978-5-9775-0915-2 .;
2. Карташев, В. Г. Основы теории сигналов : Учебное пособие по курсу "Радиотехнические цепи и сигналы", по направлению "Радиотехника" / В. Г. Карташев, Г. В. Жихарева, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 80 с. - ISBN 5-7046-0878-7 .;
3. Дьяконов, В. МАТЛАВ. Обработка сигналов и изображений : Специальный справочник / В. Дьяконов, И. А. Абраменкова . – СПб. : Питер, 2002 . – 608 с. – (Справочник) . - ISBN 5-318-00667-1 .;
4. А. Оппенгейм, Р. Шафер- "Цифровая обработка сигналов", (3-е изд., испр.), Издательство: "Техносфера", Москва, 2012 - (1048 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233730>.

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

1. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Windows;
4. Matlab;
5. Simulink.

### 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. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
8. База данных Association for Computing Machinery Digital Library - <https://dl.acm.org/about/content>
9. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
10. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
11. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
12. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
13. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;http://docs.cntd.ru/>
14. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	З-401/9, Учебная аудитория каф. "ТОЭ"	трибуна, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
	З-507, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	З-305а, Учебная лаборатория каф. "ВМСС"	стол преподавателя, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, сервер, компьютер персональный, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	З-505, Учебная аудитория каф. "ВМСС"	парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный
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	З-508, Кабинет сотрудников каф.	

	"ВМСС"	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	3-308, Помещение для инвентаря	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Цифровая обработка сигналов

(название дисциплины)

## 4 семестр

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

- КМ-1 "КР1. Введение" (Контрольная работа)  
 КМ-2 Защита ЛР1-3 (Simulink) (Лабораторная работа)  
 КМ-3 "КР2. Дискретные сигналы" (Контрольная работа)  
 КМ-4 Защита ЛР4-6 (Matlab) (Лабораторная работа)  
 КМ-5 "КР3. Цифровые системы" (Контрольная работа)  
 КМ-6 Защита ЛР7 (Matlab) (Лабораторная работа)

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

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	7	8	14	15	16
1	Элементы теории сигналов							
1.1	Элементы теории сигналов		+	+	+			
2	Дискретизация и квантование сигналов							
2.1	Дискретизация и квантование сигналов		+	+	+	+		
3	Системы обработки сигналов							
3.1	Системы обработки сигналов					+	+	+
4	Практические вопросы ЦОС							
4.1	Практические вопросы ЦОС				+	+	+	+
Вес КМ, %:			10	20	20	25	20	5