

**Министерство образования и науки РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Институт автоматизации и вычислительной техники**

---

Направление подготовки: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Профиль подготовки: Автоматизированные системы обработки информации и управления, Системы автоматизированного проектирования, Вычислительные машины, комплексы, системы и сети, Вычислительно-измерительные системы

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор АВТИ

\_\_\_\_\_ **В.П. Лунин**  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**Учебная программа по дисциплине  
ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ**

<b>Блок:</b>	<b>Дисциплин</b>
<b>Часть блока:</b>	<b>вариативная по выбору</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.В.ДВ.2.1</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>4 семестр – 5</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180</b>
<b>Лекции</b>	<b>4 семестр – 38 часов</b>
<b>Практические занятия</b>	учебным планом не предусмотрены
<b>Лабораторные работы</b>	<b>4 семестр – 38 часов</b>
<b>Аудиторные консультации по курсовым проектам (работам)</b>	учебным планом не предусмотрены
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>4 семестр – 104 часа</b>
<b>включая:</b>	
<b>расчетные задания</b>	учебным планом не предусмотрены
<b>рефераты</b>	учебным планом не предусмотрены
<b>курсовые проекты (работы)</b>	учебным планом не предусмотрены
<b>Экзамены</b>	учебным планом не предусмотрены

**Москва 2016**

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель освоения дисциплины

Целью дисциплины является изучение и освоение базовых понятий, основных теорем и алгоритмов цифровой обработки детерминированных и случайных сигналов.

### Задачи дисциплины

Задачами дисциплины является:

- изучение терминологии и основных методов (алгоритмов) обработки сигналов (данных);
- приобретение навыков применения специализированного программного обеспечения к задачам цифровой обработки сигналов;
- формирование базовых знаний для изучения последующих курсов.

В процессе освоения дисциплины формируются следующие **компетенции**:

- способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-5);
- способен обосновывать принимаемые проектные решения, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности (ПК-3).

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина относится к вариативной части по выбору Б1.В.ДВ.2.1 блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по профилям «Автоматизированные системы обработки информации и управления», «Системы автоматизированного проектирования», «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети», «Вычислительно-измерительные системы» направления 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника».

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Математика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Информатика», «Математическая логика и теория алгоритмов», «Электротехника, электроника и схемотехника», «Программирование».

Для освоения дисциплины обучающийся должен:

### знать:

- основные понятия и методы математической логики и теории алгоритмов;
- основные понятия и методы дискретной математики;
- основные понятия и методы теории вероятности;
- основные понятия информатики;
- физические основы функционирования электронных устройств и методов их математического описания (представления).

### уметь:

- анализировать и представлять функции и отношения дискретной математики;
- осуществлять интегрирование и дифференцирование сложных функций;
- оперировать понятиями «оператор», «линейное преобразование» к функциям напряжения;
- представлять функции в виде ряда;
- вычислять скалярное произведение (разложение функции по базису в линейном пространстве);
- объяснять основные принципы действия элементов и принципы работы аналоговых схем и устройств.

### владеть:

- способностью производить расчёты и проектирование отдельных электронных блоков и устройств с выбором оптимального метода;
- методами преобразования функций (разложение на простейшие дроби, методы интегрирования, предельные переходы, нахождение полюсов);
- теорией функций комплексного переменного.

Результаты образования, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении последующих курсов: «Микропроцессорные системы», «Цифровая обработка сигналов (часть 2)», «Многоскоростные цифровые системы», «Проектирование автоматизированных систем обработки информации», «Методы и средства передачи информации», «Моделирование цифровых схем», «Цифровые измерительные приборы», а также при выполнении бакалаврской выпускной квалификационной работы.

### **3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

#### **знать:**

- основные источники научно-технической информации по вопросам цифровой обработки сигналов (ОПК-5);
- основные термины и теоремы курса (ПК-3);
- основные методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов (ПК-3);
- принципы и технологию решения задач на основе применения типовых методов и алгоритмов цифровой обработки сигналов (ПК-3).

#### **уметь:**

- обобщать и применять полученные знания (ПК-3);
- использовать программные средства к решению задач цифровой обработки сигналов (ПК-3);
- находить решение произвольных задач, применяя типовые методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов (ОПК-5).

#### **владеть:**

- навыками дискуссии по профессиональной тематике (ОПК-5);
- терминологией в области цифровой обработки сигналов (ПК-3);
- теоретическим материалом для изучения последующих дисциплин (ПК-3);
- информацией о видах сигналов, их характеристиках (ПК-3);
- вопросами цифровой фильтрации (ПК-3);
- проблематикой спектрального анализа реальных сигналов (ПК-3);
- принципами построения систем обработки сигналов (ОПК-5).

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы				СРС	Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по рабочей программе и страниц или § в нем)
				контактная			СРС		
				лк	пр	лаб			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Элементы теории сигналов	40	4	8		8	24	повторение ранее изученного материала, подготовка к контрольной работе и защите лабораторных работ [1] – раздел 1 [2] – стр. 17-126, 426-461 [3] – стр. 1-78	
2	Дискретизация и квантование сигналов	36	4	8		8	20	подготовка к контрольной работе и защите лабораторных работ [1] – разделы 1-2 [2] – стр. 127-188, 249-254, 270-274, 284-299 [5] – справочно	
3	Системы обработки сигналов	46	4	10		8	28	подготовка к контрольной работе и защите лабораторных работ [1] – разделы 2-3 [2] – стр. 87-104, 189-248, 373-425 [4] – главы 1,3 [5] – справочно	
4	Практические вопросы ЦОС	40	4	10		10	20	подготовка к контрольной работе и защите лабораторных работ [1] – раздел 4 [2] – стр. 254-274, 461-507	
5	Дифференцированный зачет	18	4	2		4	12	подготовка к зачету	
	Итого:	180		38		38	104		

### 4.2 Краткое содержание разделов

#### 4 семестр

##### 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.

Теоремы Парсеваля и 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

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

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*.

## 4. 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*.

### 4.3. Темы практических занятий / семинаров

*«Практические занятия учебным планом не предусмотрены».*

#### **4.4. Темы лабораторных работ**

**4 семестр**

1. Введение в *Simulink* (2 часа)
2. Дискретные сигналы в *Simulink* (2 часа)
3. Преобразование сигналов (4 часа)
4. Программная среда *Matlab* (6 часов)
5. Спектральный анализ сигналов (8 часов)
6. Корреляционный анализ сигналов (4 часа)
7. Цифровые фильтры (8 часов)
8. Зачетное занятие – защита работ (4 часа)

#### **4.5. Темы рефератов**

**Рефераты учебным планом не предусмотрены.**

#### **4.6. Темы расчетных заданий**

**Расчетные задания учебным планом не предусмотрены.**

#### **4.7. Темы курсовых проектов или курсовых работ**

**Курсовой проект (курсовая работа) учебным планом не предусмотрен.**

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

Номер и наименование результатов образования по дисциплине (в соответствии с разделом 3)	Индекс компетенции	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.4.1)				Формы контроля
		1	2	3	4	
<b>Знать:</b>						
основные источники научно-технической информации по вопросам цифровой обработки сигналов	ОПК-5	x		x		зачет
основные термины и теоремы курса	ПК-3	x	x	x		зачет
основные методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов	ПК-3			x	x	защита лабораторных работ
принципы и технологию решения задач на основе применения типовых методов и алгоритмов цифровой обработки сигналов	ПК-3		x	x	x	контрольные работы
<b>Уметь:</b>						
обобщать и применять полученные знания	ПК-3			x	x	защита лабораторных работ
использовать программные средства к решению задач цифровой обработки сигналов	ПК-3	x	x	x	x	защита лабораторных работ
находить решение произвольных задач, применяя типовые методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов	ОПК-5				x	защита лабораторных работ
<b>Владеть:</b>						
навыками дискуссии по профессиональной тематике	ОПК-5	x	x			защита лабораторных работ
терминологией в области цифровой обработки сигналов	ПК-3	x	x	x	x	защита лабораторных работ
теоретическим материалом для изучения последующих дисциплин	ПК-3	x	x	x		контрольные работы
информацией о видах сигналов, их характеристиках	ПК-3	x				зачет
вопросами цифровой фильтрации	ПК-3			x		защита лабораторных работ
проблематикой спектрального анализа реальных сигналов	ПК-3		x		x	защита лабораторных работ
принципами построения систем обработки сигналов	ОПК-5			x	x	контрольные работы
<i>Всего часов на раздел дисциплины (в соответствии с п.4.1)</i>		40	36	46	40	

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При преподавании дисциплины используются преимущественно информационно-коммуникационные образовательные технологии с элементами интерактивных технологий и традиционные технологии:

- **лекционные занятия** проводятся в виде презентаций с коллективным обсуждением спорных вопросов, проблем;
- **лабораторные занятия** выполняются на ЭВМ и включают применение прикладного пакета MATLAB к исследованию методов и реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов с обсуждением проблем и теоретической базы.

## **6. КОМПЕТЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ)**

Для контроля результатов образования проводятся:

– контрольные работы:

1. Основные понятия
2. Дискретные сигналы
3. Системы обработки дискретных сигналов
4. Системы обработки цифровых сигналов

– дифференцированный зачет.

**Примечание:** Варианты контрольных работ приводятся в фондах оценочных средств.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – дифференцированный зачет.

Оценка за освоение дисциплины, определяется как: каждая контрольная работа и каждая лабораторная работа оценивается от 0 до 4 баллов; сумма баллов пересчитывается в оценку («2» - менее 50%, «3» - от 50% до 75%, «4» - от 75% до 90%, «5» - более 90%), в спорных случаях или при недостаточной сумме набранных баллов студенту задаются вопросы по курсу (знание терминологии, формулировок теорем, описания методов, алгоритмов).

В приложение к диплому выносится оценка за 4 семестр.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1 Основная литература:**

1. Электронный конспект лекций по курсу "Цифровая обработка сигналов (часть 1)".
2. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. Учебник для ВУЗОВ. – СПб.: Питер, 2003. – 604 с.
3. Карташев В.Г., Жихарева Г.В. Основы теории сигналов. Учебное пособие. – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 80 с.
4. Кухаркин Е.С. Электрофизика информационных систем. – М.: Высшая школа, 2001. – 571 с.
5. MATLAB. Обработка сигналов и изображений: Специальный справочник /В. Дьяконов, И. Абраменкова – СПб.: Питер, 2002. – 608 с.

### **7.2 Дополнительная литература:**

6. Ричард Лайонс Цифровая обработка сигналов: Второе издание, Пер. с англ., под ред. Бритова А.А. – М.: ООО «Бином-пресс», 2006. – 656 с.
7. Чобану М.К. Многомерные многоскоростные системы обработки сигналов. – М.: Техносфера, 2009. – 480 с.
8. Богданович В.А., Вострецов А.Г. Теория устойчивого обнаружения, различения и оценивания сигналов. – М.: Физматлит, 2003. – 320 с.



9. Угрюмов Е. Цифровая схемотехника. – СПб.: Изд. «БХВ С.-Петербург», 2000. – 518 с.
10. Дагман Э.Е., Кухарев Г.А. Быстрые дискретные ортогональные преобразования. – Новосибирск: Издательство «Наука», 1983. - 232 с.
11. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем: Специальный справочник /В. Дьяконов, В. Круглов – СПб.: Питер, 2002. – 448 с.

### 7.3 Электронные образовательные ресурсы

Лекционный курс размещается на сайте кафедры: <http://efis.mpei.ru>

### 7.4 Лицензионное программное обеспечение:

*Microsoft Windows XP; Mathworks Matlab, Simulink.*

### 7.5 Интернет-ресурсы:

<http://www.mathworks.com>, <http://matlab.exponenta.ru>,  
<http://www.chemometrics.ru/materials/textbooks/matlab.htm>,  
[http://www.nsu.ru/matlab/MatLab\\_RU/books/index.asp.htm](http://www.nsu.ru/matlab/MatLab_RU/books/index.asp.htm)

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения освоения дисциплины необходимо наличие учебной аудитории, снабженной мультимедийными средствами для представления презентаций лекций, а также дисплейного класса с установленным пакетом *Matlab (Simulink, DSP toolbox)*.

### ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

доцент каф. ЭФИС

к.т.н., доцент

Михалин С.Н.

Зав. кафедрой ЭФИС

к.т.н., доцент

Вишняков С.В.

### СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой ВМСС

к.т.н., профессор

Крюков А.Ф.

Зав. кафедрой ВТ

д.т.н., профессор

Топорков В.В.

Зав. кафедрой ИИТ

д.т.н., профессор

Желбаков И.Н.