

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

---

Направление подготовки/специальность: 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Наименование образовательной программы: Информационно-аналитические и диагностические интеллектуальные технологии

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МЕТОДЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.06.01.01</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>1 семестр - 5;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>1 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>1 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>1 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>1 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1 семестр - 129,5 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Лабораторная работа</b> <b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>1 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шатохин А.А.
	Идентификатор	R0e68e98d-ShatokhinAA-1c3724c

А.А. Шатохин

**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:** формирование у студентов компетенций, связанных с применением цифровой обработки информации в вычислительно-измерительных системах.

### Задачи дисциплины

- изучение характеристик дискретных сигналов и систем;
- выработка у студентов навыков проектирования цифровых фильтров;
- изучение спектрального анализа;
- изучение многоскоростной обработки сигналов;
- получение опыта компьютерного моделирования базовых алгоритмов цифровой обработки информации.

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-1 Способен применять фундаментальные научные методы при исследовании, анализе, моделировании и проектировании аналитических информационных систем	ИД-1ПК-1 Осуществляет обработку измерительной информации, проводит анализ и структурирование данных	знать: - понятийный аппарат цифровой фильтрации; - основные характеристики дискретных сигналов и систем.  уметь: - моделировать дискретизацию сигналов и цифровые измерения их параметров; - моделировать системы с многоскоростной обработкой сигналов; - применять дискретное преобразование Фурье для спектрального анализа сигналов; - синтезировать и анализировать цифровые фильтры; - применять z-преобразование для анализа дискретных систем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Информационно-аналитические и диагностические интеллектуальные технологии (далее – ОПОП), направления подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы математического анализа, теории управления и схемотехники
- знать методы оценки погрешности средств измерений
- уметь дифференцировать и интегрировать
- уметь рассчитывать переходные процессы
- уметь оценивать погрешности функциональных узлов средств измерений

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 5 зачетных единиц, 180 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	Дискретные сигналы и системы	36	1	4	4	4	-	-	-	-	-	24	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение материала по разделу "Дискретные сигналы и системы", подготовка к практическим занятиям и лабораторной работе</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 153-161; стр. 164-168; 218-224; стр. 170-173 [2], стр. 36-48; стр. 70-73; стр. 79-83</p>	
1.1	Дискретные сигналы	18		2	2	2	-	-	-	-	-	12	-		
1.2	Дискретные системы	18		2	2	2	-	-	-	-	-	12	-		
2	Z-преобразование	24		2	4	2	-	-	-	-	-	16	-		<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение материала по разделу "Z-преобразование", подготовка к практическим занятиям и лабораторной работе</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 173-178 [2], стр. 117-122; стр. 126-127; стр.127-141</p>
2.1	Z-преобразование	24		2	4	2	-	-	-	-	-	16	-		
3	Цифровая фильтрация	48.0		6	4.0	6	-	-	-	-	-	32	-		<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Цифровая фильтрация", подготовка к практическим занятиям и лабораторной работе</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 249-255; стр. 376-388; стр.393-410</p>
3.1	Введение в цифровую фильтрацию	12.5		2	0.5	2	-	-	-	-	-	8	-		
3.2	Проектирование рекурсивных цифровых фильтров	18		2	2	2	-	-	-	-	-	12	-		
3.3	Проектирование нерекурсивных цифровых фильтров	17.5		2	1.5	2	-	-	-	-	-	12	-		

													[2], стр. 405-411; стр. 478-492
4	Спектральный анализ	12	2	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Спектральный анализ", подготовка к практическим занятиям и контрольной работе <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 296-311; стр. 316-320 [2], стр. 609-631; стр. 684-695
4.1	Спектральный анализ	12	2	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
5	Многоскоростная обработка сигналов	24	2	4	2	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Многоскоростная обработка сигналов" и подготовка к лабораторной работе <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 620-625
5.1	Многоскоростная обработка сигналов	24	2	4	2	-	-	-	-	-	16	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0	16	16.0	16	-	2	-	-	0.5	96	33.5	
	Итого за семестр	180.0	16	16.0	16		2		-	0.5		129.5	

**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. Дискретные сигналы и системы

#### 1.1. Дискретные сигналы

Дискретизация и квантование сигналов. Тестовые последовательности. Частота Найквиста. Наложение спектров. Спектр дискретного сигнала. Соотношение между спектром аналогового и дискретного сигналами. Теорема Котельникова-Найквиста. Субдискретизация. Фильтры защиты от наложения спектров..

#### 1.2. Дискретные системы

Классификация дискретных систем. Линейные стационарные системы. Способы описания: разностные уравнения, импульсная характеристика, функция передачи, частотная характеристика. Устойчивость линейных дискретных систем. Цифровое измерение параметров сигналов и мощности во временной области.

### 2. Z-преобразование

#### 2.1. Z-преобразование

Z-преобразование и его основные свойства. Обратное z-преобразование. Способы нахождения обратного z-преобразования. Применение z-преобразования для анализа дискретных систем.

### 3. Цифровая фильтрация

#### 3.1. Введение в цифровую фильтрацию

Классификация цифровых фильтров. Сравнение аналоговых и цифровых фильтров (ЦФ). Условные обозначения на структурных схемах. Алгоритм «скользящего среднего». Рекурсивные (БИХ) и нерекурсивные (КИХ) цифровые фильтры. Формы реализаций ЦФ: прямая, каноническая, транспонированная, каскадная, параллельная. Функция передачи и уравнение цифрового фильтра. Дискретная фильтрация в MATLAB.

#### 3.2. Проектирование рекурсивных цифровых фильтров

Основные этапы проектирования ЦФ. Проектирование рекурсивных цифровых фильтров по аналоговому прототипу. Метод инвариантной импульсной характеристики. Метод билинейного преобразования.

#### 3.3. Проектирование нерекурсивных цифровых фильтров

Прямые методы синтеза нерекурсивных ЦФ. Синтез с использованием оконных функций. Полуполосный КИХ-фильтр. Анализ источников погрешности ЦФ. Синтез дискретных фильтров в MATLAB.

### 4. Спектральный анализ

#### 4.1. Спектральный анализ

Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и его основные свойства. Циклическая свертка. Связь ДПФ и спектра дискретного сигнала. Способы вычисления ДПФ: алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ), алгоритм Герцеля. ДПФ как дискретная фильтрация. Растекание спектра. Измерение СКЗ сигналов и параметров мощности в частотной области. Основные функции спектрального анализа в MATLAB..

## 5. Многоскоростная обработка сигналов

### 5.1. Многоскоростная обработка сигналов

Изменение частоты дискретизации: интерполяция, прореживание (децимация), передискретизация. Дециматор со структурой «интегратор – гребенчатый фильтр». Преобразователь частоты дискретизации с рациональным коэффициентом. Принцип построения преобразователя частоты дискретизации с вещественным коэффициентом..

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

1. Спектр дискретного сигнала;
2. Цифровое измерение параметров сигналов и мощности во временной области;
3. Способы нахождения обратного z-преобразования;
4. Дискретная фильтрация в MATLAB;
5. Проектирование цифровых БИХ-фильтров по аналоговому прототипу;
6. Проектирование полуполосного КИХ-фильтра;
7. Дискретное преобразование Фурье и его применение для спектрального анализа сигналов;
8. Функции многоскоростной обработки в MATLAB.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Дискретизация аналоговых периодических сигналов;
2. Применение z-преобразования для анализа дискретных систем;
3. Синтез и анализ цифровых фильтров;
4. Коррекция амплитудно-частотной характеристики дециматора со структурой «интегратор – гребенчатый фильтр».

### **3.5 Консультации**

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Дискретные сигналы и системы"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Z-преобразование"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Цифровая фильтрация"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Спектральный анализ"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Многоскоростная обработка 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	4	5	
<b>Знать:</b>							
основные характеристики дискретных сигналов и систем	ИД-1ПК-1	+					Лабораторная работа/Дискретизация сигналов
понятийный аппарат цифровой фильтрации	ИД-1ПК-1			+			Лабораторная работа/Синтез и анализ цифровых фильтров
<b>Уметь:</b>							
применять z-преобразование для анализа дискретных систем	ИД-1ПК-1		+				Лабораторная работа/Применение z-преобразования для анализа дискретных систем
синтезировать и анализировать цифровые фильтры	ИД-1ПК-1			+			Лабораторная работа/Синтез и анализ цифровых фильтров
применять дискретное преобразование Фурье для спектрального анализа сигналов	ИД-1ПК-1				+		Контрольная работа/Применение ДПФ для спектрального анализа сигналов
моделировать системы с многоскоростной обработкой сигналов	ИД-1ПК-1					+	Лабораторная работа/Коррекция АЧХ дециматора со структурой «интегратор – гребенчатый фильтр»
моделировать дискретизацию сигналов и цифровые измерения их параметров	ИД-1ПК-1	+					Лабораторная работа/Дискретизация сигналов



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

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

#### **1 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Дискретизация сигналов (Лабораторная работа)
2. Коррекция АЧХ дециматора со структурой «интегратор – гребенчатый фильтр» (Лабораторная работа)
3. Применение ДПФ для спектрального анализа сигналов (Контрольная работа)
4. Применение z-преобразования для анализа дискретных систем (Лабораторная работа)
5. Синтез и анализ цифровых фильтров (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

#### Экзамен (Семестр №1)

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 1 семестр.

**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 "Информатика и вычислительная техника" / А. Б. Сергиенко . – 2-е изд . – СПб. : Питер, 2007 . – 751 с. – (Учебник для вузов) . - ISBN 5-469-00816-9 .;
2. 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. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Acrobat Reader.

### **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 ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>

6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. База данных Association for Computing Machinery Digital Library - <https://dl.acm.org/about/content>
12. Журналы издательства Cambridge University Press - <https://www.cambridge.org/core>
13. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
14. База данных Computers & Applied Sciences Complete (CASC) - <http://search.ebscohost.com>
15. Журналы издательства Oxford University Press - <https://academic.oup.com/journals/>
16. База данных диссертаций ProQuest Dissertations and Theses Global - <https://search.proquest.com/pqdtglobal/index>
17. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
18. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
19. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
20. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
21. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-530, Учебная аудитория каф. "ИИТ"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-530, Учебная аудитория каф. "ИИТ"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-530, Учебная аудитория каф. "ИИТ"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-530, Учебная аудитория каф. "ИИТ"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды,

	аудитория	компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-430/4, Лаборатория	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-403, Склад	стол для работы с документами, шкаф, шкаф для документов, книги, учебники, пособия, дипломные и курсовые работы студентов
	В-308/1, Кладовая	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Методы цифровой обработки информации

(название дисциплины)

#### 1 семестр

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

- КМ-1 Дискретизация сигналов (Лабораторная работа)
- КМ-2 Применение z-преобразования для анализа дискретных систем (Лабораторная работа)
- КМ-3 Синтез и анализ цифровых фильтров (Лабораторная работа)
- КМ-4 Применение ДПФ для спектрального анализа сигналов (Контрольная работа)
- КМ-5 Коррекция АЧХ дециматора со структурой «интегратор – гребенчатый фильтр» (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	14	16
1	Дискретные сигналы и системы						
1.1	Дискретные сигналы		+				
1.2	Дискретные системы		+				
2	Z-преобразование						
2.1	Z-преобразование			+			
3	Цифровая фильтрация						
3.1	Введение в цифровую фильтрацию				+		
3.2	Проектирование рекурсивных цифровых фильтров				+		
3.3	Проектирование нерекурсивных цифровых фильтров				+		
4	Спектральный анализ						
4.1	Спектральный анализ					+	
5	Многоскоростная обработка сигналов						
5.1	Многоскоростная обработка сигналов						+
Вес КМ, %:			20	20	25	15	20