

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: Цифровые технологии

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
МЕТОДЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01.03.04
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	2 семестр - 16 часов;
Практические занятия	2 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	2 семестр - 16 часов;
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Лабораторная работа Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

Москва 2025

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	Вишняков С.В.
	Идентификатор	R35b26072-VishniakovSV-02810d9

С.В. Вишняков

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Топорков В.В.
	Идентификатор	Rc76a6458-ToporkovVV-1f71a135

В.В. Топорков

Заведующий выпускающей
кафедрой

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

С.В. Вишняков

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 осуществлять проектирование вычислительных комплексов и систем, включая разработку аппаратного, программного обеспечения, системную интеграцию, ввод в эксплуатацию	ИД-2ПК-1 Демонстрирует знание теории баз данных, включая перспективные технологии обработки больших данных	знать: - понятийный аппарат цифровой фильтрации; - основные характеристики дискретных сигналов и систем. уметь: - синтезировать и анализировать цифровые фильтры; - применять z-преобразование для анализа дискретных систем; - применять дискретное преобразование Фурье для спектрального анализа сигналов; - моделировать системы с многоскоростной обработкой сигналов; - моделировать дискретизацию сигналов и цифровые измерения их параметров.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Цифровые 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 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	Дискретные сигналы и системы	22	2	4	4	4	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение материала по разделу "Дискретные сигналы и системы", подготовка к практическим занятиям и лабораторной работе</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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	11		2	2	2	-	-	-	-	-	5	-		
1.2	Дискретные системы	11		2	2	2	-	-	-	-	-	5	-		
2	Z-преобразование	18		2	4	2	-	-	-	-	-	10	-		<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение материала по разделу "Z-преобразование", подготовка к практическим занятиям и лабораторной работе</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 173-178 [2], стр. 117-122; стр. 126-127; стр.127-141</p>
2.1	Z-преобразование	18		2	4	2	-	-	-	-	-	10	-		
3	Цифровая фильтрация	36.0		6	4.0	6	-	-	-	-	-	20	-		
3.1	Введение в цифровую фильтрацию	9.5		2	0.5	2	-	-	-	-	-	5	-		<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Цифровая фильтрация", подготовка к практическим занятиям и лабораторной работе</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 249-255; стр. 376-388; стр.393-410</p>
3.2	Проектирование рекурсивных цифровых фильтров	11	2	2	2	-	-	-	-	-	5	-			
3.3	Проектирование нерекурсивных цифровых фильтров	15.5	2	1.5	2	-	-	-	-	-	10	-			

													[2], стр. 405-411; стр. 478-492
4	Спектральный анализ	14	2	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Спектральный анализ", подготовка к практическим занятиям и контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 296-311; стр. 316-320 [2], стр. 609-631; стр. 684-695
4.1	Спектральный анализ	14	2	-	2	-	-	-	-	-	10	-	
5	Многоскоростная обработка сигналов	18	2	4	2	-	-	-	-	-	10	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Многоскоростная обработка сигналов" и подготовка к лабораторной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 620-625
5.1	Многоскоростная обработка сигналов	18	2	4	2	-	-	-	-	-	10	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	16	16.0	16	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0	16	16.0	16		2		-	0.5		93.5	

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	
Знать:							
основные характеристики дискретных сигналов и систем	ИД-2ПК-1	+					Лабораторная работа/Дискретизация сигналов
понятийный аппарат цифровой фильтрации	ИД-2ПК-1			+			Лабораторная работа/Синтез и анализ цифровых фильтров
Уметь:							
моделировать дискретизацию сигналов и цифровые измерения их параметров	ИД-2ПК-1	+					Лабораторная работа/Дискретизация сигналов
моделировать системы с многоскоростной обработкой сигналов	ИД-2ПК-1					+	Лабораторная работа/Коррекция АЧХ дециматора со структурой «интегратор – гребенчатый фильтр»
применять дискретное преобразование Фурье для спектрального анализа сигналов	ИД-2ПК-1				+		Контрольная работа/Применение ДПФ для спектрального анализа сигналов
применять z-преобразование для анализа дискретных систем	ИД-2ПК-1		+				Лабораторная работа/Применение z-преобразования для анализа дискретных систем
синтезировать и анализировать цифровые фильтры	ИД-2ПК-1			+			Лабораторная работа/Синтез и анализ цифровых фильтров

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 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 №2)

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 2 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
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
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-530, Учебная аудитория каф. "ИИТ"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-530, Учебная аудитория каф. "ИИТ"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-530, Учебная аудитория каф. "ИИТ"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	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	Е-430/4, Лаборатория	
Помещения для хранения	Е-403, Склад	стол для работы с документами, шкаф,

оборудования и учебного инвентаря		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)

2 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