

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 01.09.2023 11:11:12

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bea882b8d602

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А.Г. Балашов

« 18 » 05 2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Математические основы цифровой обработки сигналов»

Направление подготовки 01.03.04 «Прикладная математика»

Направленность (профиль) — «Компьютерная математика и математическое моделирование»

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующей компетенции образовательной программы.

**Компетенция ПК-3** «Способен применять современные математические методы и программные технологии обработки и анализа данных», сформулированной в результате анализа требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда, а также консультаций с ведущими работодателями.

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
<b>ПК-3.МОЦОС.</b> Способен применять современные математические методы и технологии цифровой обработки сигналов.	Разработка и программная реализация алгоритмов цифровой обработки сигналов.	<i>Знает</i> основы теории рядов и интеграла Фурье, спектральное представление дискретных сигналов и теорему Котельникова, быстрое преобразование Фурье, основы теории линейных дискретных систем (ЛДС), основы теории и методов статистического кодирования дискретных источников информации. <i>Умеет</i> выбирать параметры дискретизации и квантования сигналов, анализировать характеристики ЛДС и находить их отклик на заданные воздействия, анализировать энтропию дискретных источников информации. <i>Имеет опыт деятельности</i> по реализации БПФ и его применения для вычисления дискретных свёрток, анализа и синтеза простейших частотных фильтров, построения эффективных кодов Хаффмана для дискретных источников сообщений.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Входные требования к дисциплине: слушатели должны быть знакомы с основами математического анализа, теории вероятностей, линейной алгеброй и аналитической геометрией, а также теорией рядов и преобразования Фурье и теорией функций комплексной переменной в объёме изученных ранее дисциплин образовательной программы.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
3	5	5	180	32	8	24	80	Экз. (36)

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Элементы функционального анализа и частотного представления сигналов	8	-	6	18	Контроль выполнения текущих домашних заданий
					Коллоквиум №1
2. Дискретизация и квантование сигналов	10	4	6	34	Контроль выполнения текущих домашних заданий
					Защита лабораторных работ №1, №2
					Коллоквиум №2
3. Линейные дискретные системы	8	4	6	20	Защита лабораторной работы №3
					Контрольная работа №1
4. Элементы прикладной теории информации	6	-	6	8	Контрольная работа №2



#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Основные понятия функционального анализа. Линейные нормированные пространства (ЛНП). Анализ в ЛНП. Пространства со скалярным произведением.
	2	2	Аппроксимация в гильбертовом пространстве. Основные теоремы аппроксимации. Полные системы. Неравенство Бесселя, равенство Парсеваля-Стеклова.
	3	2	Сигнал как носитель информации. Временное, частотное представление сигналов. Теорема о неограниченности частотной полосы сигналов с компактным носителем. Оценка частотной полосы по энергетическому критерию.
	4	2	Обобщённое преобразование Фурье. Спектры периодических сигналов и решетчатых функций. Спектр мощности.
2	5	2	Преобразование непрерывных сигналов в дискретные. Эффект наложения частот. Теорема Котельникова, ортогональность базисных функций ряда Котельникова. Спектр дискретного сигнала.
	6	2	Квантование уровней сигнала. Детерминированные и вероятностные оценки ошибки квантования. Оптимальное квантование Ллойда-Макса.
	7	2	Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Дискретизация спектра, влияние на искажения во временной области. ДПФ и его свойства. Обратное ДПФ. Дискретные унитарные (ортогональные) преобразования.
	8	2	Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Алгоритмы БПФ с прореживанием по времени, по частоте, с перестановками и без перестановок.
	9	2	Дискретные преобразования Уолша и Хаара. Некоторые приложения дискретных ортогональных преобразований: приближённое вычисление коэффициентов Фурье, вычисление свертки, сжатие данных.
3	10	2	Z-преобразование: определение, свойства, формула обращения. Применение Z-преобразования для решения разностных уравнений.
	11	2	Линейные дискретные системы (ЛДС). Рекурсивные и нерекурсивные фильтры. Импульсная характеристика, передаточная функция. Нахождение отклика системы на произвольное входное воздействие. Устойчивость и критерии устойчивости ЛДС.
	12	2	Соединения и структурные схемы фильтров. Частотная характеристика. Нахождение отклика на гармоническое входное воздействие в установившемся режиме.
	13	2	Контрольная работа
4	14	2	Дискретный источник сообщений без памяти. Количество информации: мера Хартли, двоичная энтропия. Свойства энтропии.
	15	2	Основные теоремы о кодировании дискретного источника информации без памяти. Условная энтропия.
	16	2	Контрольная работа

## 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Полные ортонормированные системы в пространстве $L_2$ . Нахождение коэффициентов Фурье. Функциональные системы Уолша и Хаара.
	2	2	Проблемный семинар по темам модуля 1. Самостоятельная работа.
	3	2	Коллоквиум №1.
2	4	2	Эффекты дискретизации и квантования сигналов. Наложение частот. Оптимальное квантование Ллойда-Макса.
	5	2	Проблемный семинар по темам модуля 2. Самостоятельная работа.
	6	2	Коллоквиум № 2.
3	7	2	ЛДС: определение отклика фильтра при произвольном входном воздействии, устойчивость, структурные схемы.
	8	2	Синтез КИХ-фильтров методом частотной выборки. Фильтрация с использованием БПФ.
	9	2	Проблемный семинар по темам модуля.
4	10	2	Коды Хаффмана, Шеннона-Фано. Метод кодирования длин серий.
	11	2	Дискретный источник с памятью: энтропия и методы кодирования.
	12	2	Проблемный семинар по темам модуля.

## 4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лаб. работы	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
2	1	2	<b>Дискретизация и квантование сигналов.</b> Влияние равномерного и оптимального (Ллойда-Макса) квантования отсчетов на ошибку представления сигналов, мера ошибки. Эффект наложения частот.
	2	2	<b>Быстрое преобразование Фурье (БПФ).</b> Реализация одного из вариантов БПФ (алгоритмов с прореживанием по времени, по частоте, с перестановками, без перестановок). Реализация дискретной свертки при помощи БПФ.
3	3	2	<b>Синтез фильтров методом частотной выборки.</b> Реализация метода для частотно-избирательных фильтров. Иллюстрация результатов обработки на примере цифровых изображений.
	4	2	<b>Резервное занятие</b> для защиты лабораторных работ, по каким-либо причинам не сданных в срок.

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	4	Выполнение домашних заданий.
	14	Подготовка к коллоквиуму №1
2	6	Выполнение домашних заданий.
	16	Подготовка к лабораторным работам №1 и №2
	12	Подготовка к коллоквиуму №2
3	10	Подготовка к лабораторной работе №3
	10	Выполнение домашних заданий (подготовка к контрольной работе №1).
4	8	Выполнение домашних заданий (подготовка к контрольной работе №2).

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины включает в себя рекомендуемую литературу и ресурсы сети интернет, а также электронные образовательные ресурсы дисциплины в системе ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>, в том числе «Методические указания студентам по изучению дисциплины».

### 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### Литература

1. Умняшкин, С. В. Основы теории цифровой обработки сигналов : учебное пособие / С. В. Умняшкин. - 5-е изд., испр. и доп. - Москва : Техносфера, 2019. - 550 с. - (Мир цифровой обработки). - URL: <https://e.lanbook.com/book/140543> (дата обращения: 20.03.2023). - ISBN 978-5-94836-557-2
2. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер; перевод С. Ф. Боева. - 3-е изд, испр. - Москва : Техносфера, 2012. - 1048 с. - (Мир радиоэлектроники). - URL: <https://e.lanbook.com/book/73524> (дата обращения: 20.03.2023). - ISBN 978-5-94836-329-5
3. Основы цифровой обработки сигналов : Учеб. пособие / А.И. Солонина, [и др.]. - 2-е изд., испр. и перераб. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 754 с. - ISBN 5-94157-604-8



## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Лань: Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 20.03.2023). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ
2. eLIBRARY.RU: Научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000 -. - URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 20.03.2023). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется смешанное обучение, основанное на интеграции технологий традиционного и электронного обучения, замещении части традиционных учебных форм занятий формами и видами взаимодействия в электронной образовательной среде.

В частности, при подготовке к лабораторным работам их задания студенты выполняют самостоятельно и за два дня до соответствующего аудиторного занятия (или ранее) отправляют отчёт на электронную почту преподавателя. Накануне лабораторного занятия преподаватель направляет (при необходимости) на электронную почту студента ответ, содержащий замечания и вопросы по содержанию отчёта, которые студент имеет возможность поправить и учесть при подготовке к защите лабораторной работы. Во время очного аудиторного занятия в компьютерном классе происходит только защита (при необходимости, доработка) выполненной дома лабораторной работы. Для взаимодействия преподавателя со студентом с целью оперативного консультирования по вопросам текущих домашних заданий и подготовки к лабораторным работам также используется электронная почта, а при необходимости – программа Discord.

Почтовая рассылка используется также для оперативного доведения до студентов текущих учебных материалов: презентаций к занятиям, заданий для лабораторных работ.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Учебная доска Мультимедийное оборудование (компьютер с ПО и возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронно-образовательную среду МИЭТ;	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome);

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
	телевизоры; акустическое оборудование (микрофон, звуковые колонки))	Acrobat reader DC
Компьютерный класс	Системный блок Intel Core i5, монитор TFT.	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome);  Acrobat reader DC MATLAB/Python MS Visual Studio.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome);  Acrobat reader DC MATLAB/Python MS Visual Studio.

## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции **ПК-3.МОЦОС**. Способен применять современные математические методы и технологии цифровой обработки сигналов».

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.



## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1. Особенности организации процесса обучения

Рекомендуется посещение всех учебных занятий. Посещение занятий с контрольными мероприятиями является обязательным. Дополнительной формой аудиторной работы являются консультации. Они проводятся лектором раз в две недели, их посещать не обязательно.

Задания лабораторных работ содержат практико-ориентированные задания на опыт деятельности.

### 11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого отчётного (контрольного) мероприятия в семестре и ответ на экзамене. По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и сроки сдачи контрольных мероприятий, а также детальная схема начисления баллов представлена на платформе ОРИОКС <http://orioks.miet.ru>. При начислении баллов действуют следующие правила:

1) Неявка в установленные сроки на занятие с отчётным мероприятием без уважительной причины приравнивается к неуспешной сдаче этого отчётного мероприятия.

3) В течение семестра возможно однократное переписывание контрольных и самостоятельных работ на консультации. При переписывании максимальный балл снижается на единицу. Повторное переписывание возможно во время зачётной недели. Порядок (расписание) переписывания контрольных и самостоятельных работ устанавливается преподавателем.

4) Пропущенный без уважительной причины коллоквиум сдаётся на экзамене (студент получает дополнительный теоретический вопрос). Коллоквиум, пропущенный по уважительной причине, может быть сдан во время семестра на консультации.

4) Для сдачи пропущенных лабораторных работ оставляется резервный день (последнее лабораторное занятие в компьютерном классе).

5) Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС URL: <http://orioks.miet.ru/>.

### РАЗРАБОТЧИК:

Профессор кафедры ВМ-1, д.ф.-м.н., проф.



С.В. Умняшкин

Рабочая программа дисциплины «Математические основы цифровой обработки сигналов» по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика», направленность (профиль) «Компьютерная математика и математическое моделирование», разработана на кафедре ВМ-1 и утверждена на заседании кафедры 25.04 2023 года, протокол № 11

Заведующий кафедрой ВМ-1



/А.А. Прокофьев/

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК



/И.М. Никулина/

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

/Директор библиотеки



/Т.П. Филиппова/