

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор ФТИ

Дата подписания: 17.07.2024 10:21:07

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

04 2024 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Цифровые фильтры»

Направление подготовки - 01.04.04 «Прикладная математика»

Направленность (профиль) «Математические методы моделирования и анализа данных»

Москва 2024

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании компетенции ПК-1 «Способен исследовать и создавать компьютерные методы и алгоритмы обработки, преобразования и анализа цифровых сигналов и изображений», 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
ПК-1.ЦФ. Способность на основе современных математических методов и программных средств исследовать и разрабатывать алгоритмы цифровой обработки сигналов.	Разработка и применение моделей и методов представления, преобразования, анализа данных при решении исследовательских и проектных задач в области цифровых систем обработки сигналов и изображений	<b>Знает</b> основные методы цифровой обработки сигналов (ЦОС) и их теоретические обоснования. <b>Умеет</b> анализировать и синтезировать типовые системы ЦОС. <b>Имеет опыт</b> проектирования программно реализуемых частотно-избирательных фильтров.

## 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 в объёме бакалавриата технических специальностей.

## 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)	Практическая подготовка		
1	1	6	216	24	-	32	8	116	Экз. (36)

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)	Практическая подготовка (часы)		
1. Математическое описание линейных дискретных систем	14	-	20		64	Коллоквиум
						Контроль выполнения домашних заданий
2. Анализ и синтез цифровых фильтров	10		12	8	52	Контрольная работа
						Контроль выполнения домашних заданий
						Защита лабораторных работ

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Задачи курса. Основные понятия и положение теории аналоговых линейно-инвариантных систем обработки сигналов.
	2	2	Преобразование непрерывных сигналов в дискретные. Эффект наложения частот. Теорема Котельникова. Спектр дискретного сигнала.
	3	2	Математическое описание дискретных и аналоговых сигналов: преобразование Фурье, преобразование Лапласа, z-преобразование
	4	2	Определение линейной дискретной системы (ЛДС), отклик на входное воздействие, импульсная характеристика, передаточная функция ЛДС, виды ЛДС, устойчивость ЛДС
	5	2	Частотная характеристика ЛДС, физический смысл. Определение отклика ЛДС на гармоническое воздействие в установившемся режиме.
	6	2	Структурные схемы ЛДС: прямая, прямая каноническая, транспонированная структурная схемы. Параллельная и каскадная реализации.
	7	2	Выделение эталонного сигнала на фоне помех. Согласованная фильтрация.

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
2	8	2	Этапы проектирования цифровых фильтров. Задача проектирования частотно-избирательных фильтров. КИХ-, БИХ-фильтры
	9	2	КИХ-фильтры с линейной фазой, оконный метод синтеза КИХ-фильтров.
	10	2	Преобразователи Гильберта и дифференциаторы.
	11	2	Синтез дискретных БИХ-фильтров по аналоговым прототипам.
	12	2	Основы адаптивной фильтрация. Адаптивный линейный сумматор. Фильтр Винера.

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1, 2	4	Математическое описание дискретных и аналоговых сигналов: преобразование Фурье, преобразование Лапласа, z-преобразование
	3	2	Характеристики ЛДС. Устойчивость ЛДС
	4	2	Структурные схемы ЛДС. Расчет и анализ АЧХ и ФЧХ.
	5	2	Минимально-фазовые и неминимально-фазовые системы.
	6	2	Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Использование ДПФ для спектрального анализа.
	7	2	Многоскоростные цифровые системы, преобразование частоты дискретизации
	8	2	Квантование и погрешности аналого-цифрового преобразования, шумы цифровых систем
	9	2	Контрольная работа по изученному материалу модуля.
	10	2	Коллоквиум.
	2	11	2
12		2	Синтез оптимальных КИХ-фильтров с равнопульсирующей АЧХ.
13		2	Цифровые преобразователи Гильберта и цифровые дифференциаторы.
14		2	Синтез БИХ-фильтров методом инвариантности импульсной характеристики.
15		2	Синтез БИХ-фильтров методом билинейного Z-преобразования.
16		2	Адаптивная фильтрация.

### 4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лаб. работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
2	1	4	<b>Практическая подготовка.</b> Синтез частотно-избирательных КИХ-фильтров по заданной спецификации АЧХ
	2	4	<b>Практическая подготовка.</b> Синтез частотно-избирательных БИХ-фильтров по заданной спецификации АЧХ

### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	26	Выполнение домашних заданий
	12	Самостоятельное изучение дополнительной литературы и электронных ресурсов сети Интернет по темам лекций в рамках подготовки к практическим занятиям
	26	Подготовка к коллоквиуму
2	32	Подготовка к выполнению и защите лабораторным работам
	8	Самостоятельное изучение дополнительной литературы и электронных ресурсов сети Интернет по темам лекций в рамках подготовки к практическим занятиям и лабораторным работам
	12	Выполнение домашних заданий и подготовка к контрольной работе

### 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**

1. Умняшкин, С. В. (Автор МИЭТ, ВМ-1). Основы теории цифровой обработки сигналов : учебное пособие / С. В. Умняшкин. - 6-е изд. - Москва : Техносфера, 2021. - 550 с. - (Мир цифровой обработки). - URL: <https://e.lanbook.com/book/202121> (дата обращения: 25.12.2023)
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: 25.12.2023). - ISBN 978-5-94836-329-5

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

1. Лань: Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 25.03.2023). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ
2. eLIBRARY.RU: Научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000 -. - URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 25.12.2023). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей

## **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Используется традиционная технология обучения.

Дисциплина реализуется путем проведения лекционных, практических занятий и лабораторных работ по расписанию в аудиториях вуза и внеаудиторной самостоятельной работы.

Практические занятия проходят в форме совместного решения задач. После каждого занятия задается домашняя работа (как правило состоящая из единого для всех студентов набора задач). На следующем занятии возникшие при выполнении домашней работы вопросы обсуждаются. Часть заданий домашних работ являются отчетными.

Результаты выполнения лабораторных работ оформляются в виде отчета и защищаются во время занятий.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия преподавателя со студентом с целью оперативного консультирования по вопросам текущих домашних заданий используется электронная почта. Отчётные домашние задания оформляются студентами в электронном виде и направляются на почту преподавателя, после проверки очередного задания преподаватель направляет об этом информацию студенту на его электронную почту с указанием замечаний и итогового зачётного балла.

Почтовая рассылка используется также для доведения до студентов оперативных материалов: презентаций к текущим занятиям, заданий для самостоятельного выполнения.

Для взаимодействия студентов с преподавателем при необходимости также используются программа Discord

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование специальных помещений 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; телевизоры; акустическое оборудование (микрофон, звуковые колонки))	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
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

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

ФОС по подкомпетенции ПК-1.ЦФ. Способность на основе современных математических методов и программных средств исследовать и разрабатывать алгоритмы 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

Посещение лекций, практических занятий и лабораторных работ обязательно.

Дополнительной формой аудиторной работы являются консультации. Они проводятся лектором раз в две недели, их посещать необязательно.

В период изучения дисциплины студентам предоставляется в электронном виде учебно-методические материалы (перечень приведён в разделе 5 и 6), в том числе «Методические рекомендации студентам по изучению дисциплины» (включающие подробное описание организации процесса обучения, системы контроля и оценивания). Материалы размещаются в ОРИОКС по адресу <http://orioks.miet.ru>.

Большое значение придается соблюдению сроков сдачи контрольных мероприятий. Задержка в сдаче приводит к уменьшению числа баллов, начисляемых за выполнение.

Лабораторные работы 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 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) По каждому контрольному мероприятию установлено максимальное и минимальное засчитываемое число баллов (прописаны в методических указаниях студентам).

2) Электронный отчёт по каждому зачётному домашнему заданию высылается на почту преподавателя для проверки и оценивания. Далее, при наличии замечаний по отчёту, направленных преподавателем студенту, последний имеет возможность повысить балл, повторно отправив преподавателю доработанную версию домашнего задания по электронной почте.

### РАЗРАБОТЧИК:

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

С.В. Умняшкин

Рабочая программа дисциплины «Цифровые фильтры» по направлению подготовки 01.04.04 «Прикладная математика», направленность (профиль) «Математические методы моделирования и анализа данных», разработана на кафедре ВМ-1 и утверждена на заседании кафедры 25.03 2024 года, протокол № 8.

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 /