

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2025 12:03:20  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f75bd76c8f8bde882b8d602

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  
И.Г. Игнатова  
«27» 11 2020 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Цифровые фильтры»

Направление подготовки – 01.04.04 «Прикладная математика»

Направленность (профиль) – «Цифровая обработка сигналов и изображений»

Москва 2020

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующей компетенции образовательной программы:

Компетенции, формируемые в дисциплине	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
<b>ПК-1.</b> Способен к разработке и применению моделей и методов представления, преобразования, анализа данных для цифровых систем обработки сигналов и изображений	<b>ПК-1.ЦФ.</b> Способность на основе современных математических методов и программных средств исследовать и разрабатывать алгоритмы цифровой обработки сигналов.	<i>Знает</i> основные методы цифровой обработки сигналов (ЦОС) и их теоретические обоснования. <i>Умеет</i> анализировать и синтезировать типовые системы ЦОС. <i>Имеет опыт</i> 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 объеме 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)		
1	1	5	180	24	8	32	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. Математическое описание линейных дискретных систем	14	-	20	44	Коллоквиум
					Выполнение и контроль домашних заданий
					Выполнение и контроль самостоятельной работы
2. Анализ и синтез цифровых фильтров	10	8	12	36	Контрольная работа
					Защита лабораторных работ
					Выполнение и контроль самостоятельной работы

#### 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	Синтез частотно-избирательных КИХ-фильтров по заданной спецификации АЧХ
	2	4	Синтез частотно-избирательных БИХ-фильтров по заданной спецификации АЧХ

### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	22	Выполнение домашних заданий
	8	Самостоятельное изучение дополнительной литературы и электронных ресурсов сети Интернет по темам лекций
	14	Подготовка к коллоквиуму
2	16	Подготовка к лабораторным работам
	8	Самостоятельное изучение дополнительной литературы и электронных ресурсов сети Интернет по темам лекций
	12	Подготовка к контрольной работе (выполнение домашних заданий)

### 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. 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: 31.03.2020). - 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 радиозлектроники). - URL: <https://e.lanbook.com/book/73524> (дата обращения: 07.04.2020). - 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: 28.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ
2. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000 -. - URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 05.09.2020). - 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, для взаимодействия преподавателя со студентом с целью оперативного консультирования по вопросам текущих домашних заданий и 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
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

## 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

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 необязательно.

### **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.

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) «Цифровая обработка сигналов и изображений», разработана на кафедре ВМ-1 и утверждена на заседании кафедры 10.11.2020 года, протокол № 3

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 /