

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ
КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования

«Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ)
Волго-Вятский филиал

УТВЕРЖДЕНА
(с учетом изменений и дополнений)
на заседании кафедры
инфокоммуникационных
и профессиональных дисциплин
Протокол заседания № 1
от «30» августа 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

«Цифровая обработка сигналов»

Направление подготовки

11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Направленность (профиль) программы

«Инфокоммуникационные системы и сети»

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр


Форма обучения

Очная, Заочная

Москва 2020 г.

Заведующий кафедрой ИКиПД
 В.В. Мазниченко

Авторы:


Преподаватель кафедры ИКиПД, к.т.н.
Голубев С.В.

Разработано на основе Федерального
государственного образовательного стандарта
высшего образования по направлению
подготовки

11.03.02

**Инфокоммуникационные технологии и
системы связи,**

утверждённого приказом Министерства
образования и науки РФ от 19 сентября 2017 г. №
930.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» (ЦОС) являются дать обучающимся основы теории дискретных сигналов и линейных дискретных систем, а также методов преобразования и обработки сигналов в цифровых устройствах систем инфокоммуникаций.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» включена в обязательную часть блока дисциплин учебного плана (Б1.О.21). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению подготовки *11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»*, (направленность (профиль) программы *Инфокоммуникационные системы и сети*).

Обеспечивающей для данной дисциплины являются дисциплины:

- «Высшая математика»;
- «Теория вероятностей и математическая статистика»;
- «Общая теория связи»;

Знания, умения и навыки, получаемые обучающимся в результате изучения дисциплины «Цифровая обработка сигналов», необходимы для последующего изучения многих дисциплин, например, таких как:

- «Цифровые системы передачи и методы их защиты»;
- «Мультисервисные системы и сети»;
- «Сети и системы радиосвязи и методы их защиты»;

Рабочая программа дисциплины «Цифровая обработка сигналов» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Таблица 1

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	Индекс индикатора достижения компетенции	Содержание индикатора достижения компетенции
1.	ОПК-3	Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности	ОПК-3.1,	Знает основные закономерности передачи информации в инфокоммуникационных системах, основные виды сигналов, используемых в телекоммуникационных системах, особенности передачи различных сигналов по каналам и трактам телекоммуникационных систем
			ОПК-3.2,	Знает принципы, основные алгоритмы и устройства цифровой обработки сигналов; принципы построения телекоммуникационных систем различных типов и способы распределения информации в сетях связи
			ОПК-3.3	Умеет решать задачи обработки данных с помощью средств вычислительной техники

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов). Процесс изучения дисциплины реализуется при очной и заочной форме обучения в 5 семестре. Промежуточная аттестация предусматривает зачет в 5-ом семестре.

4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часов), их распределение по видам работ семестрам представлено в таблице 2.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 2а

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	час.	В т.ч. по семестрам		Из них практиче- ская подго- товка
		5		
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	108	108		
1. Контактная работа:	48	48		
лекции (Л)	24	24		
практические занятия (ПЗ)	-	-		
лабораторные работы (ЛР)	24	24		
2. Общая самостоятельная работа и контроль	60	60		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	-	-		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)	51	51		
Подготовка к зачету	9	9		
Вид промежуточного контроля:	Зачет			

ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 2б

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	час.	В т.ч. по семестрам		Из них практиче- ская подго- товка
		5		
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	108	108		
1. Контактная работа:	10	10		
лекции (Л)	4	4		
практические занятия (ПЗ)	-	-		
лабораторные работы (ЛР)	6	6		
2. Общая самостоятельная работа и контроль	98	98		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	-	-		

Вид учебной работы	Трудоёмкость			
	час.	В т.ч. по семестрам		Из них практиче- ская подго- товка
		5		
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)</i>	89	89		
<i>Подготовка к зачету</i>	9	9		
Вид промежуточного контроля:	Зачет			

4.2 Содержание дисциплины

Тематический план учебной дисциплины ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 3а

Наименование разделов дисциплины	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ЛР	ПЗ	
Раздел 1. Описание и характеристики непрерывных сигналов и линейных систем. Процедуры, схемы дискретизации и восстановления.	22	6	4	-	12
Раздел 2. Описание и характеристики дискретных сигналов и линейных систем.	22	6	4	-	12
Раздел 3 Анализ и синтез цифровых фильтров.	27	6	8	-	13
Раздел 4. Цифровая обработка сигналов в многоканальных телекоммуникационных системах (МТС).	28	6	8	-	14
Всего за 5-ый семестр	99	24	24	-	51
<i>Зачет</i>	9	-	-	-	9
Итого по дисциплине	108	24	24	-	60

ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 3б

Наименование разделов дисциплины	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ЛР	ПЗ	
Раздел 1. Описание и характеристики непрерывных сигналов и линейных систем. Процедуры, схемы дискретизации и восстановления.	22	1	1	-	20
Раздел 2. Описание и характеристики дискретных сигналов и линейных систем.	22	1	1	-	20
Раздел 3 Анализ и синтез цифровых фильтров.	27	1	2	-	24
Раздел 4. Цифровая обработка сигналов в многоканальных	28	1	2	-	25

Наименование разделов дисциплины	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ЛР	ПЗ	
телекоммуникационных системах (МТС).					
Всего за 5-ый семестр	99	4	6	-	89
<i>Зачет</i>	9	-	-	-	9
Итого по дисциплине	108	4	6	-	98

4.3 Лекции/лабораторные/практические/ занятия

Содержание лекций/лабораторного практикума/практических занятий

ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 4а

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Кол-во часов
1.	Раздел 1. Описание и характеристики непрерывных сигналов и линейных систем. Процедуры, схемы дискретизации и восстановления.			
	Тема 1. Основные частотные, временные и числовые характеристики непрерывных сигналов (НС) и непрерывных линейных систем (НЛС), примеры. .	Лекция № 1. Комплексная, амплитудная и фазовая частотные характеристики НС и НЛС и их классификация. Понятия корреляционной функции, импульсной характеристики, свертки.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	2
		Лекция №2. Связь между временными и частотными характеристиками, а также основные числовые параметры НС и НЛС. Примеры вычисления характеристик.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	2
		Лекция №3. Теорема дискретизации Котельникова и ее спектральная интерпретация при разных частотах дискретизации и свойствах спектра непрерывного сигнала. Структурные схемы дискретизации и восстановления.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	2
		Лабораторная работа № 11м. Временная дискретизация и восстановление непрерывных сигналов.	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3	4
2.	Раздел 2. Описание и характеристики дискретных сигналов и дискретных линейных систем.			
	Тема 3. Непррывно-дискретные преобразования, используемые для описания дискретных процессов.	Лекция №4. Непрерывно-дискретное преобразование Фурье (НДПФ), Z-преобразование их свойства и связь между ними.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Кол-во часов
	Тема 4. Основные частотные, временные и числовые характеристик дискретных сигналов (ДС) и дискретных линейных систем (ДЛС), примеры.	Лекция №5. Комплексная (АЧХ), амплитудная (АЧХ) и фазовая (ФЧХ) частотные характеристики ДС и ДЛС и их классификация.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	2
		Лекция №6. Понятия дискретной корреляционной функции, свертки, импульсной (ИХ) и переходной (ПХ) характеристики. Связь между временными и частотными характеристиками, а также основные числовые параметры ДС и ДЛС.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	2
		Лабораторная работа № 26-1. Исследование нерекурсивных ЦФ (НЦФ).	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3	4
3.	Раздел 3. Анализ и синтез цифровых фильтров.			
	Тема 5. Основные модели цифровых фильтров (ЦФ), их частотные и временные характеристики.	Лекция №7. Уравнения, описывающие нерекурсивные и рекурсивные модели фильтры, их прямые и канонические схемы, системные функции (СФ), КЧХ, АЧХ, ФЧХ, ИХ и ПХ.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	2
		Лабораторная работа № 26-2. Исследование рекурсивных ЦФ (РЦФ)	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3	4
	Тема 6. Устойчивость и физическая реализуемость фильтров.	Лекция №8. Условия устойчивости и физической реализуемости ЦФ. Каскадное и параллельное соединения ЦФ.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	2
		Лекция № 9. Методы теоретического и эмпирического синтеза фильтров по заданным СФ и АЧХ.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	2
		Лабораторная работа № 26-3. Анализ и эмпирический синтез НПФ и РЦФ.	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3	4
4.	Раздел 4. Цифровая обработка сигналов в многоканальных телекоммуникационных системах (МТС).			
	Тема 7. Методы и алгоритмы передачи информации в цифровых МТС	Лекция № 10. Дискретные ортогональные преобразования, процедуры цифровой модуляции	ОПК-3.1, ОПК-3.2	2
		Лекция №11. Методы оптимального формирования сигналов в цифровых МТС.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	2
		Лабораторная работа № 6 DSP. Формирование и прием сигналов в системе OFDM.	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3	4
	Тема 8. Методы и алгоритмы оптимального приема цифровых сигналов	Лекция №12. Оптимальные процедуры демодуляции и детектирования цифровых сигналов в МТС.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	2
		Лабораторная работа № 4 DSP. Оптимальный прием сигналов М-PSK, М-QAM на фоне аддитивного белого	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3	4

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Кол-во часов
		гауссовского шума		

ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 46

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Кол-во часов
1.	Раздел 1. Описание и характеристики непрерывных сигналов и линейных систем. Процедуры, схемы дискретизации и восстановления.			
	Тема 1. Основные частотные, временные и числовые характеристики непрерывных сигналов (НС) и непрерывных линейных систем (НЛС), примеры. .	Лекция № 1. Комплексная, амплитудная и фазовая частотные характеристики НС и НЛС и их классификация. Понятия корреляционной функции, импульсной характеристики, свертки.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	0,5
		Лекция №2. Связь между временными и частотными характеристиками, а также основные числовые параметры НС и НЛС. Примеры вычисления характеристик.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	0,25
	Тема 2. Дискретизация непрерывных сигналов и обратная процедура их восстановления.	Лекция №3. Теорема дискретизации Котельникова и ее спектральная интерпретация при разных частотах дискретизации и свойствах спектра непрерывного сигнала. Структурные схемы дискретизации и восстановления.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	0,25
		Лабораторная работа № 11м. Временная дискретизация и восстановление непрерывных сигналов.	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3	1
2.	Раздел 2. Описание и характеристики дискретных сигналов и дискретных линейных систем.			
	Тема 3. Непривно-дискретные преобразования, используемые для описания дискретных процессов.	Лекция №4. Непрерывно-дискретное преобразование Фурье (НДПФ), Z-преобразование их свойства и связь между ними.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	0,5
	Тема 4. Основные частотные, временные и числовые характеристик дискретных сигналов (ДС) и дискретных линейных систем (ДЛС), примеры.	Лекция №5. Комплексная (АЧХ), амплитудная (АЧХ) и фазовая (ФЧХ) частотные характеристики ДС и ДЛС и их классификация.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	0,25
		Лекция №6. Понятия дискретной корреляционной функции, свертки, импульсной (ИХ) и переходной (ПХ) характеристики. Связь между временными и частотными характеристиками, а также основные числовые параметры	ОПК-3.1, ОПК-3.2	0,25

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Кол-во часов
		ДС и ДЛС.		
		Лабораторная работа № 26-1. Исследование нерекурсивных ЦФ (НЦФ).	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3	1
3.	Раздел 3. Анализ и синтез цифровых фильтров.			
	Тема 5. Основные модели цифровых фильтров (ЦФ), их частотные и временные характеристики.	Лекция №7. Уравнения, описывающие нерекурсивные и рекурсивные модели фильтры, их прямые и канонические схемы, системные функции (СФ), КЧХ, АЧХ, ФЧХ, ИХ и ПХ.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	0,5
		Лабораторная работа № 26-2. Исследование рекурсивных ЦФ (РЦФ)	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3	1
	Тема 6. Устойчивость и физическая реализуемость фильтров.	Лекция №8. Условия устойчивости и физической реализуемости ЦФ. Каскадное и параллельное соединения ЦФ.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	0,25
		Лекция № 9. Методы теоретического и эмпирического синтеза фильтров по заданным СФ и АЧХ.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	0,25
		Лабораторная работа № 26-3. Анализ и эмпирический синтез НПФ и РЦФ.	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3	1
4.	Раздел 4. Цифровая обработка сигналов в многоканальных телекоммуникационных системах (МТС).			
	Тема 7. Методы и алгоритмы передачи информации в цифровых МТС	Лекция № 10. Дискретные ортогональные преобразования, процедуры цифровой модуляции	ОПК-3.1, ОПК-3.2	0,5
		Лекция №11. Методы оптимального формирования сигналов в цифровых МТС.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	0,25
		Лабораторная работа № 6 DSP. Формирование и прием сигналов в системе OFDM.	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3	1
	Тема 8. Методы и алгоритмы оптимального приема цифровых сигналов	Лекция №12. Оптимальные процедуры демодуляции и детектирования цифровых сигналов в МТС.	ОПК-3.1, ОПК-3.2	0,25
		Лабораторная работа № 4 DSP. Оптимальный прием сигналов М-PSK, М-QAM на фоне аддитивного белого гауссовского шума	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3	1

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

5.1. Контрольные вопросы и задания (для самостоятельного изучения)

Контрольные вопросы

1. Определение дискретной последовательности. Наиболее часто встречающиеся последовательности.
2. Евклидово пространство дискретных сигналов. Определение векторного линейного пространства.
3. Скалярное произведение векторов. Норма вектора.
4. Базис пространства дискретных сигналов. Разложение сигнала по сигналам базиса.
5. Ортогональный и ортонормированный базис. Построение сигналов цифровой модуляции.
6. Разложение дискретного сигнала в экспоненциальном базисе.
7. Обобщенный гармонический анализ дискретных сигналов.
8. Дискретные системы. Общие понятия. Статическая, динамическая и стационарная системы.
9. Линейные системы. Причинность. Устойчивость. Линейные стационарные системы.
10. Свойства линейных стационарных систем.
11. Линейные разностные уравнения с постоянными параметрами.
12. Частотная характеристика линейной стационарной системы.
13. Дискретизация сигнала. Теорема Котельникова-Найквиста о дискретизации.
14. Уменьшение частоты дискретизации в целое число раз.
15. Увеличение частоты дискретизации в целое число раз.
16. Изменение частоты дискретизации с рациональным множителем.
17. Фильтрация для устранения эффекта наложения спектров.
18. Восстановление сигнала с ограниченным спектром по его отсчетам.
19. Квантование сигналов.
20. Преобразование цифрового сигнала в аналоговый.
21. ДПФ. Свойства ДПФ.
22. Алгоритмы быстрого преобразования Фурье (БПФ). Прореживание по времени. Вычисления на месте.
23. Алгоритмы БПФ. Прореживание по частоте.
24. ДПФ анализ синусоидального сигнала. Эффект обработки окном.
25. ДПФ анализ синусоидального сигнала. Спектральная дискретизация.
26. Фурье анализ стационарных случайных сигналов. Периодограмма.
27. Вычисление усредненных периодограмм через ДПФ.
28. Вычисление корреляции и спектральной плотности мощности с помощью ДПФ.
29. КИХ и БИХ фильтры. Системная функция. АЧХ и ФЧХ фильтров.
30. Прямые формы БИХ фильтров.
31. Каскадная форма БИХ фильтра.
32. Параллельная форма БИХ фильтра.
33. Прямая форма КИХ фильтра.

34. Каскадная форма КИХ фильтра.
35. Проектирование БИХ фильтров. Метод импульсной инвариантности.
36. Проектирование БИХ фильтров. Билинейное преобразование.
37. Проектирование КИХ фильтров. Оконный метод.
38. Структурная схема ЦСС.
39. . Спектральная и энергетическая эффективность ЦСС.
40. Процедура цифровой модуляции для PSK, QAM созвездий.
41. Процедура демодуляции.
42. Процедура детектирования.

Примеры заданий

1. Запишите выражения для прямого и обратного Z-преобразований .
2. Чему равно Z-преобразование единичного импульса и Z-преобразование задержанного на 3 отсчета единичного импульса?
3. Как называется отклик ЦФ на воздействие в виде единичного импульса, привести график этого импульса и его математическое описание?
4. Поясните свойства Z-преобразования и запишите их математически (всего четыре свойства).
5. Как определяется порядок ЦФ и записать общий вид разностного уравнения для ЦФ n-го порядка?
6. При каком воздействии отклик ЦФ называется переходной функцией, привести график этого воздействия и его математическое описание?
7. Коэффициенты разностного уравнения не рекурсивного ЦФ-1 равны $b_0=1$, $b_1=0.5$. Вычислить значение импульсной реакции при $n=0$?
8. Параметры не рекурсивного ЦФ-2 равны $b_0=1$, $b_1=0.5$, $b_2=0.8$. Запишите численное значение переходной функции при $n = 1$.
9. Требуется ли проверять на устойчивость не рекурсивный ЦФ и почему (ответ пояснить через рекуррентное уравнение такого фильтра)?
10. На не рекурсивный ЦФ 2 порядка с коэффициентами $b_0=b_1=b_2=1$ действует сигнал, состоящий из трех временных отсчетов: $x(0)=x(1)=x(2)=1$. Каково значение отсчета отклика фильтра $y(2)$?
11. Как называется ЦФ, если все его коэффициенты $a_i=0$, и записать его разностное уравнение применительно к ЦФ n-го порядка?
12. Как определяется системная функция ЦФ и записать ее выражение применительно к не рекурсивному ЦФ n-го порядка?
13. Записать разностное уравнение и системную функцию для не рекурсивного ЦФ 4-го порядка с коэффициентами $b_0=b_1=0$, $b_2\neq 0$, $b_3\neq 0$, $b_4\neq 0$
14. На не рекурсивный ЦФ 2 порядка с коэффициентами $b_0=b_1=b_2=1$ действует сигнал, состоящий из трех временных отсчетов $x(0)=x(1)=x(2)=1$. Каково максимальное значение отклика фильтра $y(nT)$?

15. Осуществляет ли не рекурсивный ЦФ 1 порядка полосовую фильтрацию (ответ обосновать через общее выражение для АЧХ этого фильтра)?

16. На не рекурсивный ЦФ 2 порядка с коэффициентами $b_0=b_1=b_2=1$ действует сигнал, состоящий из трех временных отсчетов: $x(0)=x(1)=x(2)=1$. Сколько не нулевых отсчетов содержит отклик фильтра $y(nT)$?

17. Как называется модуль комплексного коэффициента передачи $K(j\omega)$ ЦФ и запишите его выражение применительно к не рекурсивному фильтру n -го порядка?

18. Как называется отклик ЦФ на воздействие в виде единичной функции включения (скачка) $1(nT)$, привести график этого воздействия и его математическое описание?

19. Запишите разностное уравнение для не рекурсивного ЦФ n -го порядка и выражение для его комплексного коэффициента передачи.

20. Что такое дискретная свертка двух сигналов и чему равно ее Z -преобразование (ответ пояснить соответствующими формулами)?

21. Нарисовать структурную схему не рекурсивного ЦФ 4-го порядка и с записать его разностное уравнение (все коэффициенты b_0, \dots, b_4 не нулевые).

22. Вывести выражение для АЧХ не рекурсивного ЦФ 1-го порядка с произвольными коэффициентами b_0, b_1 (ответ преобразовать к максимально простому виду).

23. При каких ограничениях на коэффициенты b_0, b_1 получается ЦФ-1 верхних частот (ответ обосновать анализом соответствующего выражения для АЧХ ЦФ-1)

24. При каких ограничениях на коэффициенты b_0, b_1 получается ЦФ-1 нижних частот (ответ обосновать анализом соответствующего выражения для АЧХ ЦФ-1)

25. Вывести выражение для ИХ не рекурсивного ЦФ 1-го порядка с произвольными коэффициентами b_0, b_1 (непосредственно воспользоваться определением ИХ, разностным уравнением и ответ преобразовать к максимально простому виду).

26. Вывести выражение для ИХ не рекурсивного ЦФ 2-го порядка с произвольными коэффициентами b_0, b_1, b_2 (непосредственно воспользоваться определением ИХ, разностным уравнением и ответ преобразовать к максимально простому виду).

27. Нарисовать структурную схему не рекурсивного ЦФ 3-го порядка и с записать его разностное уравнение, если коэффициенты $b_0=b_2=0, b_1 \neq 0, b_3 \neq 0$.

28. Нарисовать структурную схему не рекурсивного ЦФ 3-го порядка и с записать его разностное уравнение, если коэффициенты $b_0 \neq 0, b_1=0, b_2 \neq 0, b_3 \neq 0$.

29. Нарисовать структурную схему не рекурсивного ЦФ 3-го порядка и с записать его разностное уравнение, если коэффициенты $b_0=b_1=b_2=0, b_3 \neq 0$

30. Какой фильтр называется рекурсивным?

31. Все коэффициенты разностного уравнения ЦФ равны 0 за исключением a_1, a_3, b_0 . Каков порядок фильтра?

32. Коэффициенты разностного уравнения равны $a_1 = 0.5, a_2 = -0.8, b_0 = 1$. Введите численное значение импульсной реакции при $n = 0$.
33. Параметры фильтра $a_1 = -0.6, a_2 = -0.6, b_0 = 1$. Устойчив ли фильтр?
34. Параметры фильтра $a_1 = 0.8, a_2 = -0.9, b_0 = 1$. Введите численное значение переходной функции при $n = 1$.
35. Параметры фильтра $a_1 = 0.6, a_2 = 0.6, b_0 = 1$. Устойчив ли фильтр?
36. Параметры фильтра $a_1 = 1.5, a_2 = -0.8, b_0 = 1$. Устойчив ли фильтр?
37. Как называется ЦФ, если хотя бы один из коэффициентов a_i разностного уравнения не равен 0.
38. Осуществляет ли рекурсивный ЦФ 1- порядка полосовую фильтрацию?
39. Изобразите каноническую схему ЦФ 2-го порядка.
40. Чем отличается каноническая схема ЦФ от схемы прямой реализации.
41. Как определяются полюса системной функции?

5.2. Темы письменных работ

Письменные работы не предусмотрены учебным планом.

5.3. Оценочные средства

Оценочные материалы (оценочные средства) для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» прилагаются

5.4. Перечень видов оценочных средств

1. Список контрольный вопросов к зачету по дисциплине
2. Компетентностно-ориентированные тесты к промежуточному контролю
3. Задачи к промежуточному контролю

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Основная литература

1. Павлюк В.В., Санников В.Г. Цифровая обработка сигналов. Учебно-методическое пособие. М: МТУСИ, 2016.-32с.
— Режим доступа: — ЭБС МТУСИ.
http://elib.mtuci.ru/catalogue/author_book.php?r=239
2. Калачиков А.А. Математические основы цифровой обработки сигналов [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям / А.А. Калачиков. — Электрон. Текстовые данные. — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2014. — 67 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55481.html>

6.2 Дополнительная литература

1. Волчков В.П. Основы построения цифровых систем связи.- М: МТУСИ, 2005.-67с.

— Режим доступа: — ЭБС МТУСИ

2. Щетинин Ю.И. Анализ и обработка сигналов в среде MATLAB [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.И. Щетинин. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 115 с. — 978-5-7782-1807-9.

— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/44896.html>

6.3 Периодические издания

Не предусмотрены.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. ЭБС издательства «Лань»: <http://www.e.lanbook.com/>
2. ЭБС IPRbooks: <http://iprbookshop.ru>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <https://elibrary.ru/>
4. ЭБС POLPRED.COM: <https://polpred.com/>
5. Российская государственная библиотека (РГБ): <https://www.rsl.ru/>
6. Российская национальная библиотека (РНБ): <http://nlr.ru/>
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека (ГПНТБ): <http://www.gpntb.ru/>
8. Президентская библиотека: <https://www.prlib.ru/>
9. Российский фонд фундаментальных исследований: <https://podpiska.rfbr.ru/>
10. Информационная система «Регламент»: <https://www.reglament.pro/>
11. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»: <http://window.edu.ru/>
12. Росстандарт: <http://www.gost.ru/>
13. Сайт Европейской организации по стандартизации (ETSI): <http://www.etsi.org>
14. Сайт Международного союза электросвязи: <http://www.itu.int>

8. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. ОС Astra Linux Common Edition релиз «Орел» (свободно распространяемое ПО);
2. 7-Zip (свободно распространяемое ПО);
3. Mozilla Firefox (свободно распространяемое ПО);
4. Foxit Reader (свободно распространяемое ПО);
5. Yandex Browser (свободно распространяемое ПО);
6. VSCodium (свободно распространяемое ПО);
7. Pinta (свободно распространяемое ПО);
8. Adobe Reader (свободно распространяемое ПО);
9. LibreOffice (свободно распространяемое ПО);

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: наборами демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочей программе дисциплины.

2. Лаборатория «Теории электросвязи» укомплектованная:
Стенды учебно-лабораторные
Контрольно-измерительная аппаратура для измерения амплитуды и формы сигналов
Генераторы сигналов с заданными параметрами
Комплекс «Теория электрической связи»
Стенд «Изучение ИКМ-кодека»
Стенд «Телекоммуникационные линии связи»
Стенд «Изучение принципов временного разделения каналов»
Стенд «Компоненты ВОЛС»
Измерительные приборы общепромышленного назначения

3. Учебная аудитория для проведения консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная компьютерной техникой.

4. Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МТУСИ и в электронно-библиотечную систему МТУСИ.

10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

1. «Цифровая обработка сигналов» — дисциплина, требующая знаний высшей математики, в частности таких разделов, как математический анализ, теория вероятностей и случайные процессы.

2. В курсе ЦОС рассматриваются сложные для понимания студентами вопросы теории информации, в связи с чем изложения теоретических положений четко увязываются с графиком выполнения лабораторного практикума.
3. Порядок и характер представления материалов по ряду разделов дисциплины согласовано с изложением материала по специальным дисциплинам, изучаемым параллельно.
4. Целесообразно в качестве текущего контроля знаний использовать тесты в виде вопросов по основным темам дисциплины и мини задач, которые не требуют громоздких вычислений, но позволяют оценить полученные знания и умения по дисциплине.
5. Дополнительные рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся приводятся в методических рекомендациях по выполнению конкретных лабораторных работ и упражнений
6. В начале семестра обучающиеся получают информацию о перечне ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

УТВЕРЖДАЮ

Зам. Директора ВВФ МТУСИ по УМО


С.А. Маринин

«__» _____ 2022 г.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины

«Цифровая обработка сигналов»

Направление: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность (профиль): Инфокоммуникационные системы и сети

Форма обучения: Очная, заочная. Рабочая программа действует без изменений.

Разработчик (и): к.т.н. Голубев С.В.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ИКиПД,
протокол № 7 от 28 августа 2022 года

И.о. заведующий кафедрой



Мазниченко В.В.