

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Северо-Кавказский филиал
ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора по УР
Н.А. Андреева
« 31 » 03 2025 г.

Б1.В.03 Цифровая обработка сигналов рабочая программа дисциплины

Кафедра	Общенаучной подготовки
Направление подготовки	11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
Профили	Инфокоммуникационные системы и сети, Защищенные инфокоммуникационные системы
Формы обучения	очная, очно-заочная, заочная

Распределение часов дисциплины по семестрам (для очной и очно-заочной формы обучения (ОФО и ОЗФО)), курсам (для заочной формы обучения (ЗФО))

Вид учебной работы	ОФО		ЗФО		ОЗФО	
	ЗЕ	часов/сем.	ЗЕ	часов/курс	ЗЕ	часов/сем.
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе (по семестрам, курсам):	4	144/5	1/2 3/3	36/2 108/3	4	144/5
Контактная работа, в том числе (по семестрам, курсам):		72/5		2/2 16/3		20/5
Лекции		18/5		2/2, 4/3		6/5
Лабораторных работ		18/5		6/3		6/5
Практических занятий		36/5		6/3		8/5
Семинаров						
Самостоятельная работа		72/5		34/2 92/3		124/5
Контроль						
Число контрольных работ (по курсам)				1/3		1/5
Число КР (по семестрам, курсам)						
Число КП (по семестрам, курсам)						
Число зачетов с разбивкой по семестрам		1/5		1/3		1/5
Число экзаменов с разбивкой по семестрам						

Программу составил:

Доцент кафедры ОНП к.ф.-м.н., доцент Бородин А.В.

Рабочая программа дисциплины

«Цифровая обработка сигналов»

Разработана в соответствии с ФГОС ВО

направления подготовки 11.03.02 ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ СВЯЗИ, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017 г. N 930.

Составлена на основании учебных планов

направления 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профили «Инфокоммуникационные системы и сети», «Защищенные инфокоммуникационные системы» одобренных Учёным советом СКФ МТУСИ, протокол № 8 от 31.03.2025 г., и утвержденных директором СКФ МТУСИ 31.03.2025 г.

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

Общенаучной подготовки

Протокол от «31» 03 2025 г. № 8

И.о. зав. кафедрой  Денисов Е.А.

1. Цели изучения дисциплины

Целями изучения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» являются:

- изучение алгоритмов дискретизации и квантования сигналов, операций преобразования дискретных сигналов и разностных уравнений дискретных систем;
- изучение принципов действия, характеристик, параметров и особенностей устройства цифровых фильтров, освоение алгоритмов синтеза цифровых фильтров.

2. Планируемые результаты обучения

Изучение дисциплины направлено на формирование у выпускника способности решать профессиональные задачи в соответствии с **технологической деятельностью**.

Результатом освоения дисциплины являются сформированные у выпускника следующие компетенции:

Компетенции выпускника, формируемые в результате освоения дисциплины (в части, обеспечиваемой дисциплиной)	
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	
Знать:	методы хранения и обработки цифровых сигналов с помощью нерекурсивной и рекурсивной цифровой фильтрации; алгоритмы синтеза цифровых фильтров
Уметь:	синтезировать цифровой фильтр с целью обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности
Владеть:	методами определения характеристик и параметров цифровых фильтров и их компьютерного исследования

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Требования к предварительной подготовке обучающегося (предшествующие дисциплины, модули, темы):	
1.	Б1.О.12 Теоретические основы электротехники
2.	Б1.О.18 Основы компьютерного анализа электрических цепей
3.	Б1.О.21 Электроника
Последующие дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо:	
1.	Б1.В.07 Цифровые системы передачи
2.	Б1.В.17 Проектирование инфокоммуникационных сетей
3.	Б1.В.18 Спутниковые и наземные системы радиосвязи

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Очная форма обучения, 4 года (всего 144 часа, 72 часа контактной работы)

Код зан.	Тема и краткое содержание занятия	Вид зан.	Кол. часов	Компетенции	УМИО
Курс 3, Семестр 5					
Модуль 1. Цифровые сигналы. Преобразование дискретных сигналов. – 36 (8+20+8) часов контактной работы, 36 часов СР					
1.1	<u>Предмет и содержание дисциплины, ее место и роль в подготовке специалиста.</u> Порядок изучения дисциплины, рекомендуемая литература, формы контроля и отчетности, области применения цифровой обработки сигналов. Классификация сигналов. Структурная схема преобразования сигналов при цифровой обработке. Структурная схема аналого-цифрового преобразователя.	Лек.	2	ОПК-3	Л1.1, Л2.1, Л2.2
1.2	Погрешность квантования. Методы оценки погрешности квантования.	СРС	4	ОПК-3	Л1.1, Л2.1, Л2.2
1.3	<u>Дискретизированные сигналы.</u> Теорема Котельникова. Частота Найквиста. Математические модели дискретных сигналов. Процедура дискретизации сигнала. Структура спектра дискретизованного сигнала.	Лек.	2	ОПК-3	Л1.1, Л2.1, Л2.2
1.4	Пространство z - полиномов. Аналитическая форма z -образов. Свойства z - преобразования. Применение преобразования.	СРС	4	ОПК-3	Л1.1, Л2.1, Л3.1
1.5	<u>Преобразования дискретных сигналов.</u> Операции над дискретными сигналами. Дискретное преобразование Фурье. Свертка дискретных сигналов.	Лек.	2	ОПК-3	Л1.1, Л1.2, Л2.1, Л2.2
1.6	Связь Фурье-преобразования и Z -преобразования последовательностей.	СРС	4	ОПК-3	Л1.1, Л2.1, Л2.2
1.7	<u>Дискретные системы.</u> Математическое описание дискретных систем.	Лек.	2	ОПК-3	Л1.1, Л1.2, Л2.1, Л2.2
1.8	Математическое описание дискретных систем.	СРС	4	ОПК-3	Л1.1, Л2.1, Л2.2
1.9	Исследование спектров дискретного преобразования Фурье различных сигналов.	ЛР	4	ОПК-3	Л1.1, Л2.2, Л3.1
1.10	Исследование спектров дискретного преобразования Фурье различных сигналов.	СРС	4	ОПК-3	Л1.1, Л2.2, Л3.1
1.11	Численные методы осуществления преобразования Фурье.	ЛР	4	ОПК-3	Л1.2, Л2.2, Л3.1
1.12	Численные методы осуществления преобразования Фурье.	СРС	4	ОПК-3	Л1.1, Л2.2,

					ЛЗ.1
1.13	Исследование спектров ДПФ различных сигналов. Спектр периодического сигнала. Спектр прямоугольного импульса. Спектр суммы гармонических сигналов.	ПЗ	4	ОПК-3	Л1.1, ЛЗ.1, Л2.2
1.14	Спектр периодического сигнала. Спектр прямоугольного импульса. Спектр суммы гармонических сигналов.	СРС	4	ОПК-3	Л1.1, Л2.1, Л2.2
1.15	Численные методы осуществления преобразования Фурье. Прямое Фурье-преобразование сигнала, амплитудный и фазовый спектры. Обратное Фурье преобразование.	ПЗ	4	ОПК-3	Л1.1, ЛЗ.1, Л2.2
1.16	Прямое Фурье-преобразование сигнала, амплитудный и фазовый спектры. Обратное Фурье преобразование.	СРС	4	ОПК-3	Л1.1, Л2.1, Л2.2
1.17	Теорема Котельникова. Определение частоты дискретизации.	ПЗ	4	ОПК-3	Л1.1, ЛЗ.1, Л2.2
1.18	Теорема Котельникова. Частота Найквиста.	СРС	4	ОПК-3	Л1.1, Л2.1, Л2.2
1.19	Свёртка дискретных сигналов.	ПЗ	4	ОПК-3	Л1.1, ЛЗ.1, Л2.2
1.20	Свёртка дискретных сигналов.	СРС	2	ОПК-3	Л1.1, Л2.1, Л2.2
1.21	Z-преобразование сигналов и системных функций. Обратное z - преобразование.	ПЗ	4	ОПК-3	Л1.1, Л2.1, Л2.2
1.22	Z-преобразование сигналов и системных функций. Обратное z - преобразование.	СРС	2	ОПК-3	Л1.1, Л2.1, Л2.2
Модуль 2. Цифровая фильтрация. Способы описания цифровых фильтров. – 36(10+16+10)часов контактной работы, 36 часов СР					
2.1	<u>Цифровые фильтры на основе разностных уравнений и дискретной временной свертки</u> Цифровые фильтры: определение, классификация. Алгоритм фильтрации. Разностное уравнение. Временная свертка. Передаточная функция, импульсная характеристика ЦФ.	Лек.	2	ОПК-3	Л1.1 Л1.2 Л2.1 Л2.2
2.2	Взаимосвязь передаточной функции, разностного уравнения, переходной и импульсной характеристик. Связь между коэффициентами, нулями и полюсами для каскадной и параллельной форм реализации ЦФ.	СРС	4	ОПК-3	Л1.1 Л2.1 Л2.2
2.3	<u>Нерекурсивные цифровые фильтры</u> Определение. Алгоритм фильтрации. Частотные характеристики. Структурная схема.	Лек.	2	ОПК-3	Л1.1 Л1.2 Л2.1
2.4	Линейная ФЧХ в КИХ-фильтрах. Симметричные и антисимметричные импульсные характеристики КИХ- фильтров.	СРС	4	ОПК-3	Л1.1 Л1.2 Л2.2

2.5	<u>Рекурсивные цифровые фильтры</u> Определение. Алгоритм фильтрации. Частотные характеристики. Устойчивость фильтров. Структурная схема.	Лек.	2	ОПК-3	Л1.1 Л1.2 Л2.2
2.6	Линейная ФЧХ в КИХ-фильтрах. Симметричные и антисимметричные импульсные характеристики КИХ-фильтров. Искажения АЧХ при расчете КИХ-фильтров. Оконные функции. Синтез КИХ-фильтра методом частотной выборки. Согласованный фильтр и его реализация в цифровой области.	СРС	4	ОПК-3	Л1.1 Л1.2 Л2.1 Л3.1
2.7	<u>Использование окон.</u> Прямоугольное окно. Оценка эксплуатационных характеристик. Достоинства и недостатки фильтров, полученных с использованием прямоугольных окон.	Лек.	4	ОПК-3	Л1.1, Л2.1, Л2.2
2.8	Использование окон. Окно Хэмминга. Окно Блэкмена. Окно Кайзера.	СРС	4	ОПК-3	Л1.1, Л2.1, Л2.2
2.9	Исследование нерекурсивных цифровых фильтров 1-го и 2-го порядков.	ЛР	4	ОПК-3	Л1.1, Л2.2, Л3.1
2.10	Синтез фильтров по заданным характеристикам. Исследование переходной характеристики. Отклик фильтра на гармонический сигнал.	СРС	4	ОПК-3	Л1.1, Л2.2
2.11	Определение характеристик нерекурсивных и согласованных цифровых фильтров.	ЛР	2	ОПК-3	Л1.1 Л3.2
2.12	Синтез КИХ-фильтра методом весовых (оконных) функций; синтез КИХ-фильтра методом минимального среднего квадрата ошибки; исследование характеристик синтезированных фильтров.	СРС	4	ОПК-3	Л1.2
2.13	Определение характеристик рекурсивных цифровых фильтров.	ЛР	2	ОПК-3	Л1.2
2.14	Определение характеристик рекурсивных цифровых фильтров.	СРС	4	ОПК-3	Л1.2
2.15	Исследование технических характеристик цифровых сигнальных процессоров.	ЛР	2	ОПК-3	Л1.2 Л3.1
2.16	Методические ошибки алгоритма линейной интерполяции. Ошибки шага квантования. Точность вычисления тригонометрической функции и быстродействие ЦСП.	СРС	4	ОПК-3	Л3.1
2.17	Исследование нерекурсивных цифровых фильтров. Исследование переходной характеристики.	ПЗ	4	ОПК-3	Л1.2 Л3.1
2.19	Исследование рекурсивных цифровых фильтров. Исследование переходной характеристики.	ПЗ	4	ОПК-3	Л3.1
2.21	Определение устойчивости рекурсивных фильтров.	ПЗ	4	ОПК-3	Л3.1
2.23	Определение амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик цифровых фильтров.	ПЗ	4	ОПК-3	Л1.2 Л3.1
2.24	Исследование нерекурсивных цифровых фильтров. Исследование рекурсивных цифровых фильтров. Исследование переходной характеристики. Определение	СРС	4	ОПК-3	Л1.2

	устойчивости рекурсивных фильтров.				
Зачет					
Итого -144 часа					

4.2 Заочная форма обучения, 4 г. 8 мес. (всего 144 часа, 18 часов контактной работы)

Код зан.	Тема и краткое содержание занятия	Вид зан.	Кол. часов	Компетенции	УМИО
Курс 3, Семестр 5					
Модуль 1. Цифровые сигналы. Преобразование дискретных сигналов. – 10(4+2+4)часов контактной работы, 62 часов СР					
1.1	<u>Предмет и содержание дисциплины, ее место и роль в подготовке специалиста.</u> Порядок изучения дисциплины, рекомендуемая литература, формы контроля и отчетности, области применения цифровой обработки сигналов. Классификация сигналов. Структурная схема преобразования сигналов при цифровой обработке.	Лек.	2	ОПК-3	Л1.1, Л1.2, Л2.1, Л2.2
1.2	<u>Дискретизированные сигналы.</u> Теорема Котельникова. Частота Найквиста. Математические модели дискретных сигналов. Процедура дискретизации сигнала. Структура спектра дискретизованного сигнала.	Лек.	2	ОПК-3	Л1.1, Л1.2, Л2.1, Л2.2
1.3	Исследование спектров дискретного преобразования Фурье различных сигналов.	ЛР	2	ОПК-3	Л1.1, Л2.2, Л2.2
1.4	Численные методы осуществления преобразования Фурье.	ЛР	2	ОПК-3	Л1.2, Л2.2
1.5	Теорема Котельникова. Определение частоты дискретизации.	ПЗ	2	ОПК-3	Л1.1, Л3.1, Л2.2
1.6	Преобразование дискретных сигналов. Дискретное преобразование Фурье. Свертка дискретных сигналов. Погрешность квантования. Методы оценки погрешности квантования. Z-преобразование сигналов и системных функций. Определение z-преобразования. Математическое описание дискретных систем.	СРС	62	ОПК-3	Л1.1, Л1.2, Л3.1, Л2.2
Модуль 2. Цифровая фильтрация. Способы описания цифровых фильтров. – 8(2+4+2)часов контактной работы, 64 часов СР					
2.1	<u>Цифровые фильтры на основе разностных уравнений и дискретной временной свертки.</u> Цифровые фильтры: определение, классификация. Алгоритм фильтрации. Разностное уравнение. Временная свертка. Передаточная функция, импульсная характеристика ЦФ.	Лек.	2	ОПК-3	Л1.1, Л1.2, Л2.1, Л2.2
2.2	Исследование технических характеристик цифровых сигнальных процессоров.	ЛР	2	ОПК-3	Л1.1, Л3.1
2.3	Исследование нерекурсивных цифровых фильтров. Исследование переходной характеристики.	ПЗ	2	ОПК-3	Л1.2, Л3.1
2.4	Исследование рекурсивных цифровых фильтров. Исследование переходной характеристики. Определение устойчивости рекурсивных фильтров.	ПЗ	2	ОПК-3	Л1.2, Л3.1
2.5	Нерекурсивные цифровые фильтры. Определение. Разност-	СРС	58	ОПК-3	Л1.1,

	ное уравнение. Частотные характеристики. Структурная схема. Линейная ФЧХ в КИХ-фильтрах. Симметричные и антисимметричные импульсные характеристики КИХ-фильтров. Рекурсивные цифровые фильтры. Определение. Разностное уравнение. Частотные характеристики. Устойчивость фильтров. Структурная схема. Линейная ФЧХ в КИХ-фильтрах.				Л1.2, Л2.1
2.6	Выполнение контрольной работы.	СРС	6	ОПК-3	Л1.1, Л1.2, Л2.1
Зачет					
Итого -144 часа					

4.3 Очно-заочная форма обучения, 4г. 8мес. (всего 144 часа, 20 часов контактной работы)

Код зан.	Тема и краткое содержание занятия	Вид зан.	Кол. часов	Компетенции	УМИО
Курс 3, Семестр 5					
Модуль 1. Цифровые сигналы. Преобразование дискретных сигналов. – 12(4+4+4)часов контактной работы, 60 часов СР					
1.1	<u>Предмет и содержание дисциплины</u> , ее место и роль в подготовке специалиста. Порядок изучения дисциплины, рекомендуемая литература, формы контроля и отчетности, области применения цифровой обработки сигналов. Классификация сигналов. Структурная схема преобразования сигналов при цифровой обработке.	Лек.	2	ОПК-3	Л1.1, Л1.2, Л2.1, Л2.2
1.2	<u>Дискретизированные сигналы</u> . Теорема Котельникова. Частота Найквиста. Математические модели дискретных сигналов. Процедура дискретизации сигнала. Структура спектра дискретизованного сигнала.	Лек.	2	ОПК-3	Л1.1, Л1.2, Л2.1, Л2.2
1.3	Исследование спектров дискретного преобразования Фурье различных сигналов.	ЛР	2	ОПК-3	Л1.1, Л2.1, Л3.1
1.4	Численные методы осуществления преобразования Фурье.	ЛР	2	ОПК-3	Л1.2, Л2.1, Л3.2
1.5	Теорема Котельникова. Определение частоты дискретизации.	ПЗ	4	ОПК-3	Л1.1, Л2.1, Л2.1
1.6	Преобразование дискретных сигналов. Дискретное преобразование Фурье. Свертка дискретных сигналов. Погрешность квантования. Методы оценки погрешности квантования. Z-преобразование сигналов и системных функций. Определение z-преобразования. Математическое описание дискретных систем.	СРС	60	ОПК-3	Л1.1, Л1.2, Л3.1, Л2.2
Модуль 2. Цифровая фильтрация. Способы описания цифровых фильтров. – 8(2+4+2)часов контактной работы, 64 часов СР					
2.1	<u>Цифровые фильтры на основе разностных уравнений и дискретной временной свертки</u> . Цифровые фильтры: определение, классификация. Алгоритм фильтрации. Разностное уравнение. Временная свертка. Передаточная функция, импульсная характеристика ЦФ.	Лек.	2	ОПК-3	Л1.1, Л1.2, Л2.1, Л2.2

2.2	Исследование технических характеристик цифровых сигнальных процессоров.	ЛР	2	ОПК-3	Л1.1, Л3.1
2.3	Исследование нерекурсивных цифровых фильтров. Исследование переходной характеристики.	ПЗ	2	ОПК-3	Л1.2 Л3.1
2.4	Исследование рекурсивных цифровых фильтров. Исследование переходной характеристики. Определение устойчивости рекурсивных фильтров.	ПЗ	2	ОПК-3	Л1.2 Л3.1
2.5	Нерекурсивные цифровые фильтры. Определение. Разностное уравнение. Частотные характеристики. Структурная схема. Линейная ФЧХ в КИХ-фильтрах. Симметричные и антисимметричные импульсные характеристики КИХ-фильтров. Рекурсивные цифровые фильтры. Определение. Разностное уравнение. Частотные характеристики. Устойчивость фильтров. Структурная схема. Линейная ФЧХ в КИХ-фильтрах.	СРС	58	ОПК-3	Л1.1, Л1.2, Л2.1
2.6	Выполнение контрольной работы.	СРС	6	ОПК-3	Л1.1, Л1.2, Л2.1
Зачет					
Итого -144 часа					

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1 Рекомендуемая литература				
5.1.1. Основная литература				
Код	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Кол.
Л1.1	Ремизов С.Л., Рясный Ю.В., Дежина Е.В., Черных Ю.С.	Основы цифровой обработки сигналов	М.: Горячая линия-Телеком, 2021.– 492с.	Э1
Л1.2	Афанасьев А.А., Рыболовлев А.А., Рыжков А.П.	Цифровая обработка сигналов	М.: Горячая линия-Телеком, 2019.– 356с.	Э2
5.1.2 Дополнительная литература				
Код	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Кол.
Л2.1	Косичкина Т.П., Сперанский В.С.	Цифровые сигнальные процессоры и их применение в системах телекоммуникаций и электроники	М.: Горячая линия-Телеком, 2023.– 316с.	Э3
Л2.2	Крухмалев В.В., Гордиенко В.Н., Моченов А.Д.	Цифровые системы передачи	М.: Горячая линия-Телеком, 2022.– 376с.	Э4
5.1.3 Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся				
Код	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Кол.
Л3.1	Бородин А.В.	Цифровая обработка сигналов. Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 11.03.02 ИТСС	СКФ МТУСИ: Ростов н/Д, 2019	Э5
5.2 Электронные образовательные ресурсы				
Э1	https://elib.mtuci.ru/view.php?book_id=3726			
Э2	https://elib.mtuci.ru/view.php?book_id=4257			

Э3	https://elib.mtuci.ru/view.php?book_id=4265
Э4	https://elib.mtuci.ru/view.php?book_id=4269
Э5	https://skf.mtuci.ru/upload/iblock/30a/0xlr2xbh8e0qqk0vmc87ldemd5u89s2y.pdf
5.3 Информационно-справочные системы и профессиональные базы данных	
5.3.1	Консультант Плюс – https://www.consultant.ru/
5.3.2	Гарант – https://www.garant.ru/
5.3.2	Консорциум Кодекс – https://docs.cntd.ru/
5.3.3	Научная электронная библиотека – https://www.elibrary.ru/
5.3.4	Профессиональная база данных: Федеральный портал «Российское образование»: [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.edu.ru/ (открытый доступ)
5.4 Программное обеспечение	
СКФ МТУСИ обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства:	
П1	SMath Studio
П2	Advanced Grapher
П3	ОС Microsoft Windows лицензионное ПО
П4	Kaspersky Endpoint Security
П5	Операционная система Linux – свободное ПО

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины	
6.1 МТО лекционных занятий	
1.	Лекционная аудитория, оснащенная проектором, ПК (ноутбуком), экраном.
6.2 МТО лабораторных работ и практических занятий	
1.	Учебные аудитории, оборудованные компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети «Интернет», и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СКФ МТУСИ
6.3 МТО текущего контроля, промежуточной аттестации	
1.	Учебные аудитории, оборудованные компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети «Интернет», и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СКФ МТУСИ
6.4 МТО самостоятельной работы обучающихся	
1.	Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СКФ МТУСИ

7. Оценочные материалы
Оценочные материалы и перечень видов оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины.

8. Методические рекомендации по освоению дисциплины
Методические рекомендации по освоению дисциплины представлены в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины.

9. Особенности реализации дисциплины при обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Рабочая программа дисциплины при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья учитываются их индивидуальные психофизические особенности. Обучение инвалидов осуществляется также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление учебной информации в визуальной форме (краткий конспект лекций; тексты заданий, напечатанные увеличенным шрифтом), на аудиторных занятиях допускается присутствие ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в письменной форме: обучающийся письменно отвечает на вопросы, письменно выполняет практические задания.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки к ответу может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации, а также использование на аудиторных занятиях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в устной форме.

При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, на аудиторных занятиях, а также при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации могут быть предоставлены необходимые технические средства (персональный компьютер, ноутбук или другой гаджет); допускается присутствие ассистента (ассистентов), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь (занять рабочее место, передвигаться по аудитории, прочесть задание, оформить ответ, общаться с преподавателем).

10. Дополнения и изменения в Рабочей программе

Лист актуализации рабочей программы дисциплины «Б1.В.03 Цифровая обработка сигналов» для использования в 20___/20___ учебном году

Утверждаю

Зам. директора по УР _____
«___» _____ 20___ г.

Направление: **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

Профили: **Инфокоммуникационные системы и сети,
Защищенные инфокоммуникационные системы**

Форма обучения: очная, заочная, очно-заочная

(Возможны следующие варианты):

а) Рабочая программа действует без изменений.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения:

1)

2)

3)

Разработчик (и): _____

«___» _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры Общенаучной подготовки

Протокол № _____ от «___» _____ 20___ г.

Заведующий кафедрой _____

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

1.1 Шкала оценивания компетенций

Шкала оценивания компетенций		
Оценка	Уровень освоения компетенции	Критерии оценивания
«Отлично»	Высокий уровень	Обучающийся показывает всестороннее, систематическое и глубокое знание основного и дополнительного учебного материала, умеет свободно выполнять задания, предусмотренные программой; усвоил основную и знаком с дополнительной рекомендованной литературой; может объяснить взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для последующей профессиональной деятельности; проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала.
«Хорошо»	Повышенный уровень	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний в пределах основного учебного материала, без существенных ошибок выполняет предусмотренные в программе задания; усвоил основную литературу, рекомендованную в программе; способен объяснить взаимосвязь основных понятий дисциплины при дополнительных вопросах преподавателя. Допускает не существенные погрешности в ответах, устраняет их без помощи преподавателя.
«Удовлетворительно»	Пороговый уровень	Обучающийся показывает знания основного учебного материала в минимальном объеме, необходимом для дальнейшей учебы; справляется с выполнением заданий, предусмотренных программой, допуская при этом большое количество не принципиальных ошибок; знаком с основной литературой, рекомендованной программой. Допускает существенные погрешности в ответах, но обладает необходимыми

		знаниями для их устранения под руководством преподавателя.
«Неудовлетворительно»	Минимальный уровень не достигнут	Обучающийся обнаруживает пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не знаком с рекомендованной литературой, не может исправить допущенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

1.2 Показатели, критерии и шкалы оценивания компетенций

Показатели компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
ОПК-3		
Знать:		
методы хранения и обработки цифровых сигналов с помощью нерекурсивной и рекурсивной цифровой фильтрации; алгоритмы синтеза цифровых фильтров	Контрольная работа 1	Модуль 1 0÷20 «Неудовлетворительно» - 0–7 «Удовлетворительно» - 8–11 «Хорошо» - 12–16 «Отлично» - 17–20
	Контрольная работа 2	Модуль 2 0÷20 «Неудовлетворительно» - 0–7 «Удовлетворительно» - 8–11 «Хорошо» - 12–16 «Отлично» - 17–20
Уметь:		
синтезировать цифровой фильтр с целью обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности	Практическое занятие 1	Модуль 1 0÷4 «Неудовлетворительно» - 0–1 «Удовлетворительно» - 2 «Хорошо» - 3 «Отлично» - 4
	Практическое занятие 2	Модуль 1 0÷4 «Неудовлетворительно» - 0–1

		«Удовлетворительно» - 2 «Хорошо» - 3 «Отлично» - 4
	Практическое занятие 3	Модуль 1 0÷4 «Неудовлетворительно» - 0–1 «Удовлетворительно» - 2 «Хорошо» - 3 «Отлично» - 4
	Практическое занятие 4	Модуль 1 0÷4 «Неудовлетворительно» - 0–1 «Удовлетворительно» - 2 «Хорошо» - 3 «Отлично» - 4
	Практическое занятие 5	Модуль 1 0÷4 «Неудовлетворительно» - 0–1 «Удовлетворительно» - 2 «Хорошо» - 3 «Отлично» - 4
	Практическое занятие 6	Модуль 2 0÷4 «Неудовлетворительно» - 0–1 «Удовлетворительно» - 2 «Хорошо» - 3 «Отлично» - 4
	Практическое занятие 7	Модуль 2 0÷4 «Неудовлетворительно» - 0–1 «Удовлетворительно» - 2 «Хорошо» - 3 «Отлично» - 4
	Практическое занятие 8	Модуль 2 0÷4 «Неудовлетворительно» - 0–1 «Удовлетворительно» - 2 «Хорошо» - 3 «Отлично» - 4
	Практическое занятие 9	Модуль 2 0÷3 «Неудовлетворительно» - 0 «Удовлетворительно» - 1 «Хорошо» - 2 «Отлично» - 3

Владеть:		
методами определения характеристик и параметров цифровых фильтров и их компьютерного исследования	Лабораторная работа 1	Модуль 1 0÷5 «Неудовлетворительно» - 0-2 «Удовлетворительно» - 3 «Хорошо» - 4 «Отлично» - 5
	Лабораторная работа 2	Модуль 1 0÷5 «Неудовлетворительно» - 0-2 «Удовлетворительно» - 3 «Хорошо» - 4 «Отлично» - 5
	Лабораторная работа 3	Модуль 2 0÷4 «Неудовлетворительно» - 0-1 «Удовлетворительно» - 2 «Хорошо» - 3 «Отлично» - 4
	Лабораторная работа 4	Модуль 2 0÷4 «Неудовлетворительно» - 0-1 «Удовлетворительно» - 2 «Хорошо» - 3 «Отлично» - 4
	Лабораторная работа 5	Модуль 2 0÷4 «Неудовлетворительно» - 0-1 «Удовлетворительно» - 2 «Хорошо» - 3 «Отлично» - 4
	Лабораторная работа 6	Модуль 2 0÷3 «Неудовлетворительно» - 0 «Удовлетворительно» - 1 «Хорошо» - 2 «Отлично» - 3
	Зачет	0–100 «Незачтено» - 0–40 «Зачтено» - 41–100

1.3 Оценочные материалы: типовые контрольные задания, иные материалы

1.3.1 Оценочные материалы для очной формы обучения

Модуль 1 (50 баллов):

Модуль содержит 4 лекционных занятий, 5 практических и 2 лабораторных занятий. Знание лекционного материала оценивается по контрольной работе, состоящей из двух вопросов, максимальное количество баллов за контрольную работу составляет 20. За выполненные и защищенные практические занятия студент получает максимум 20 баллов; за лабораторные работы - максимум 10 баллов. Общее максимальное количество баллов за модуль 1 составляет 50.

Вопросы для контрольной работы 1 (ОПК-3):

1. Классификация сигналов.
2. Структурная схема преобразования сигналов при цифровой обработке. Структурная схема аналого-цифрового преобразователя.
3. Теорема Котельникова.
4. Частота Найквиста.
5. Математические модели дискретных сигналов.
6. Процедура дискретизации сигнала.
7. Структура спектра дискретизованного сигнала.
8. Операции над дискретными сигналами.
9. Дискретное преобразование Фурье.
10. Свертка дискретных сигналов.
11. Математическое описание дискретных систем.

Практическое занятие №1. Исследование спектров ДПФ различных сигналов. Спектр периодического сигнала. Спектр прямоугольного импульса. Спектр суммы гармонических сигналов (ОПК-3).

Задача:

Определить дискретный спектр периодического дискретного сигнала $x(n) = (0, 1, 1, 0)$.

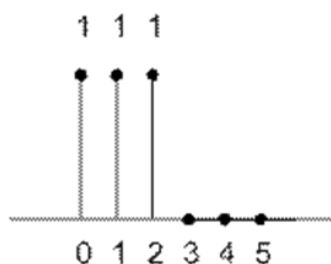
$$c_k = \frac{1}{4} \sum_{n=0}^3 x(n) e^{-j\frac{\pi}{2}kn}, \quad k=0,1,\dots,3.$$

Практическое занятие №2. Численные методы осуществления преобразования Фурье. Прямое Фурье-преобразование сигнала, амплитудный и фазовый спектры. Обратное Фурье преобразование (ОПК-3).

Задача:

Дискретный сигнал периодически задан шестью равноотстоящими отсчетами $\{x_k\} = \{1,1,1,0,0,0\}$

Найти коэффициенты ДПФ этого сигнала



Практическое занятие №3. Теорема Котельникова. Определение частоты дискретизации (ОПК-3).

Задача:

Определите интервал дискретизации и минимально допустимую частоту дискретизации сигнала, спектральная плотность которого равна нулю при значениях частоты выше 100 кГц.

Из условия задачи следует, что граничная частота спектра F_b равна 100 кГц.

Тогда в соответствии с теоремой Котельникова имеем интервал дискретизации

$$T = \frac{1}{2F_b} = \frac{1}{2 \cdot 100 \cdot 10^3} = 5 \text{ мкс}.$$

Минимально допустимая частота дискретизации $f_d = 2F_b = 2 \times 100 = 200$ кГц.

Практическое занятие №4. Свёртка дискретных сигналов (ОПК-3).

Задача:

Выполните линейную свертку следующих последовательностей:

$$x_1(n) = (1, 2, 1, 2),$$

$$x_2(n) = (1, 2, 3, 4).$$

Линейная свертка $y(n)$ двух данных последовательностей равна:

$$y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x_1(k) x_2(n-k),$$

$$y(n) = (1, 4, 8, 14, 15, 10, 8).$$

Практическое занятие №5. Z-преобразование сигналов и системных функций. Обратное z - преобразование. (ОПК-3).

Задача:

Рассчитайте z- преобразование дискретного сигнала $x(k)$, имеющего вид:

$$x(k) = \begin{cases} 0, & k \leq 0 \\ 1, & k = 1, 2, 3 \\ 0, & k > 3 \end{cases}$$

Лабораторная работа №1. Исследование спектров дискретного преобразования Фурье различных сигналов.

Контрольные вопросы ЛР1(ОПК-3):

1. Какие методы алгебраической интерполяции используются при численном осуществлении преобразования Фурье?
2. В чем состоит отличие дискретного преобразования Фурье для четных и нечетных функций?
3. Каким образом можно построить графики спектрального представления функции в системе компьютерного моделирования?
4. Какие встроенные функции системы компьютерного моделирования используются при прямом и обратном преобразовании Фурье?
5. В какой последовательности осуществляется разложение периодических функций в ряд Фурье?

Лабораторная работа №2. Численные методы осуществления преобразования Фурье.

Контрольные вопросы ЛР2(ОПК-3):

1. Для чего используются ортогональные преобразования?
2. Дать определение ортогональным и ортонормальным функциям.
3. Доказать, что Фурье – базис является ортогональным.
4. Дать определение преобразования Фурье.
5. Каковы основные свойства дискретного преобразования Фурье?
6. Каким образом осуществляется быстрое преобразование Фурье?
7. В чем заключается преимущество быстрого преобразования Фурье?

Модуль 2: (50 баллов):

Модуль содержит 4 лекционных занятий, 4 практических и 4 лабораторных занятий. Знание лекционного материала оценивается по контрольной работе, состоящей из двух вопросов, максимальное количество баллов за контрольную работу составляет 20. За выполненные и защищенные практические занятия студент получает максимум 15 баллов; за лабораторные работы - максимум 15 баллов. Общее максимальное количество баллов за модуль 1 составляет 50.

Вопросы для контрольной работы 2 (ОПК-3):

1. Цифровые фильтры: определение, классификация.
2. Алгоритм фильтрации. Разностное уравнение.
3. Временная свертка.
4. Передаточная функция, импульсная характеристика ЦФ.
5. Нерекурсивные цифровые фильтры. Алгоритм фильтрации. Частотные характеристики. Структурная схема.
6. Рекурсивные цифровые фильтры. Устойчивость фильтров. Структурная схема.
7. Линейная ФЧХ в КИХ-фильтрах. Симметричные и антисимметричные импульсные характеристики КИХ- фильтров.
8. Искажения АЧХ при расчете КИХ- фильтров.
9. Согласованный фильтр и его реализация в цифровой области.
10. Использование окон. Прямоугольное окно. Оценка эксплуатационных характеристик. Достоинства и недостатки фильтров, полученных с использованием прямоугольных окон.

Практическое занятие №6. Исследование нерекурсивных цифровых фильтров. Исследование переходной характеристики (ОПК-3).

Задача:

На вход нерекурсивного цифрового фильтра (НЦФ) с импульсной характеристикой (ИХ) $\{g(nT)\} = (-1,8; 2; 0,2)$ подается сигнал $\{x(kT)\} = (0,05; 1; 0,95)$.

1. Найти системную функцию $H(z)$ фильтра.

Системная функция $H(z)$ фильтра определяется формулой:

$$H(z) = b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + b_3 z^{-3} + \dots + b_m z^{-m},$$

где b_i – весовые коэффициенты данного НЦФ.

$$H(z) = -1,8 + 2z^{-1} + 0,2z^{-2}.$$

2. Записать алгоритм цифровой фильтрации.

Алгоритм цифровой фильтрации представляет собой дискретную свертку двух сигналов, один из которых импульсная характеристика, а другой входной дискретный сигнал:

$$y(nT) = \sum_{k=0}^{N-1} g(kT)x(nT - kT)$$

3. Изобразить схему фильтра.

Практическое занятие №7. Исследование рекурсивных цифровых фильтров. Исследование переходной характеристики (ОПК-3).

Задача:

На вход рекурсивного цифрового фильтра (РЦФ) с системой функции $H(z)$ подается сигнал $\{x(kT)\} = (0,05; 1; 0,95)$.

a_0	a_1	a_2	b_1	b_2
0,1	1	0,1	2,0	-0,96

1. Записать алгоритм цифровой фильтрации.

С помощью системной функции запишем алгоритм цифровой фильтрации РЦФ:

$$H(z) = \frac{0,1 + z^{-1} + 0,1z^{-2}}{1 - 2z^{-1} + 0,96z^{-2}}$$

$$y(nT) = a_0x(nT) + a_1x(nT-T) + \dots + b_1y(nT-T) + \dots + b_{L-1}y(nT-(L-1)T),$$

2. Изобразить схему фильтра в прямой и канонической формах.

Практическое занятие №8. Определение устойчивости рекурсивных фильтров.

Контрольные вопросы ПЗ 7 (ОПК-3):

Задача:

Системная функция рекурсивного цифрового фильтра имеет вид:

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{\sum_{k=0}^2 \alpha_k \cdot z^{-k}}{1 - \sum_{m=1}^2 b_m \cdot z^{-m}} = \frac{0,8 + 1 \cdot z^{-1} + 0,8 \cdot z^{-2}}{1 - 1 \cdot z^{-1} + 0,16 \cdot z^{-2}}.$$

Требуется определить, устойчив фильтр или нет.

Устойчивость рекурсивного фильтра определяется положением полюсов фильтра на комплексной плоскости. Полюсы находим, приравнявая нулю знаменатель системной функции, и решая уравнение.

$$z_{1,2} = \frac{b_1}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{b_1}{2}\right)^2 + b_2}.$$

$$z_{1,2} = \frac{1}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 - 0,16} = 0,5 \pm 0,3.$$

$$z_1 = 0,8; \quad z_2 = 0,2.$$

Так как $z_1 < 1$ и $z_2 < 1$, то фильтр устойчив.

Практическое занятие №9. Определение амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик цифровых фильтров.

Контрольные вопросы ПЗ8 (ОПК-3):

Частотная характеристика фильтра выводится из системной функции и определяется по формуле:

$$H(j\omega) = \frac{\sum_{k=0}^2 \alpha_k \cdot e^{-jk\omega T}}{1 - \sum_{m=1}^2 b_m \cdot e^{-jm\omega T}} = \frac{0,8 + 1 \cdot e^{-j\omega T} + 0,8 \cdot e^{-j2\omega T}}{1 - 1 \cdot e^{-j\omega T} + 0,16 \cdot e^{-j2\omega T}}$$

Применив формулу Эйлера $e^{-j\varphi} = \cos \varphi - j \sin \varphi$, представим частотную характеристику в тригонометрической форме:

$$H(j\omega) = \frac{0,8 + 1(\cos \omega T - j \sin \omega T) + 0,8(\cos 2\omega T - j \sin 2\omega T)}{1 - 1(\cos \omega T - j \sin \omega T) + 0,16(\cos 2\omega T - j \sin 2\omega T)} = \frac{(0,8 + 1 \cos \omega T + 0,8 \cos 2\omega T) - j(1 \sin \omega T + 0,8 \sin 2\omega T)}{(1 - 1 \cos \omega T + 0,16 \cos 2\omega T) + j(1 \sin \omega T - 0,16 \sin 2\omega T)}.$$

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) выводится из тригонометрической формы частотной характеристики и определяется по формуле:

$$A(\omega) = \sqrt{\frac{(0,8 + 1 \cos \omega T + 0,8 \cos 2\omega T)^2 + (1 \sin \omega T + 0,8 \sin 2\omega T)^2}{(1 - 1 \cos \omega T + 0,16 \cos 2\omega T)^2 + (1 \sin \omega T - 0,16 \sin 2\omega T)^2}}.$$

Фазочастотная характеристика (ФЧХ) выводится из тригонометрической формы частотной характеристики и определяется по формуле:

$$\varphi(\omega) = -\operatorname{arctg} \frac{1 \sin \omega T + 0,8 \sin 2\omega T}{0,8 + 1 \cos \omega T + 0,8 \cos 2\omega T} - \operatorname{arctg} \frac{1 \sin \omega T - 0,16 \sin 2\omega T}{1 - 1 \cos \omega T + 0,16 \cos 2\omega T}.$$

Лабораторная работа №3. Исследование нерекурсивных цифровых фильтров 1-го и 2-го порядков.

Контрольные вопросы ЛР3(ОПК-3):

1. Какой метод используется при синтезе передаточной функции цифрового КИХ-фильтра?
2. Чем вызвано требование линейности ФЧХ фильтра? Каким условиям должна удовлетворять ДИХ КИХ-фильтра, чтобы АЧХ фильтра была строго линейной?
3. Что такое "оконная" функция? Что дает применение "оконной" функции? В каких случаях целесообразно применение "оконной" функции?
4. Почему при укорочении ДИХ изменяется форма АЧХ фильтра?
5. Какую протяженность должна иметь ДИХ для получения прямоугольной АЧХ?

Лабораторная работа №4. Определение характеристик нерекурсивных и согласованных цифровых фильтров.

Контрольные вопросы ЛР4(ОПК-3):

1. Определение нерекурсивного цифрового фильтра.
2. Импульсная характеристика цифрового фильтра.
3. Как связаны коэффициенты передаточной функции и отсчеты импульсной характеристики для нерекурсивного цифрового фильтра.
4. Как определяется выходной сигнал нерекурсивного цифрового фильтра?
5. Определение согласованного цифрового фильтра.

Лабораторная работа №5. Определение характеристик рекурсивных цифровых фильтров.

Контрольные вопросы ЛР5(ОПК-3):

1. Определение рекурсивного цифрового фильтра.
2. Определение устойчивости рекурсивного цифрового фильтра.
3. Алгоритм фильтрации рекурсивного цифрового фильтра.
4. Структурные схемы реализации рекурсивного фильтра.
5. Назовите преимущества и недостатки БИХ-фильтров и КИХ-фильтров.

Лабораторная работа №6. Исследование технических характеристик цифровых сигнальных процессоров.

Контрольные вопросы ЛР6(ОПК-3):

1. Какова связь точности вычислений и объема памяти ЦСП?
2. Какова связь точности вычислений и шага интерполяции ЦСП?
3. Какова связь точности вычислений и быстродействия ЦСП?
4. Какова связь формы представления чисел и быстродействия ЦСП?

1.3.1 Вопросы, выносимые на зачет по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» (ОПК-3):

1. Классификация сигналов.
2. Структурная схема преобразования сигналов при цифровой обработке.
3. Структурная схема аналого-цифрового преобразователя.
4. Теорема Котельникова.
5. Частота Найквиста.
6. Математические модели дискретных сигналов.
7. Процедура дискретизации сигнала.

8. Структура спектра дискретизованного сигнала.
9. Операции над дискретными сигналами.
10. Дискретное преобразование Фурье.
11. Свертка дискретных сигналов.
12. Математическое описание дискретных систем.
13. Цифровые фильтры: определение, классификация. Алгоритм фильтрации. Разностное уравнение.
14. Временная свертка.
15. Передаточная функция, импульсная характеристика ЦФ.
16. Нерекурсивные цифровые фильтры. Алгоритм фильтрации. Частотные характеристики. Структурная схема.
17. Рекурсивные цифровые фильтры. Устойчивость фильтров. Структурные схемы.
18. Линейная ФЧХ в КИХ-фильтрах. Симметричные и антисимметричные импульсные характеристики КИХ-фильтров.
19. Искажения АЧХ при расчете КИХ-фильтров.
20. Согласованный фильтр и его реализация в цифровой области.
21. Использование окон. Прямоугольное окно. Оценка эксплуатационных характеристик. Достоинства и недостатки фильтров, полученных с использованием прямоугольных окон.

1.4 Оценочные материалы для очно-заочной и заочной формы обучения

Лабораторная работа №1. Исследование спектров дискретного преобразования Фурье различных сигналов.

Контрольные вопросы ЛР1(ОПК-3):

1. Какие методы алгебраической интерполяции используются при численном осуществлении преобразования Фурье?
2. В чем состоит отличие дискретного преобразования Фурье для четных и нечетных функций?
3. Каким образом можно построить графики спектрального представления функции в системе компьютерного моделирования?
4. Какие встроенные функции системы компьютерного моделирования используются при прямом и обратном преобразовании Фурье?
5. В какой последовательности осуществляется разложение периодических функций в ряд Фурье?

Лабораторная работа №2. Численные методы осуществления преобразования Фурье.

Контрольные вопросы ЛР2(ОПК-3):

1. Для чего используются ортогональные преобразования?
2. Дать определение ортогональным и ортонормальным функциям.
3. Доказать, что Фурье – базис является ортогональным.
4. Дать определение преобразования Фурье.
5. Каковы основные свойства дискретного преобразования Фурье?
6. Каким образом осуществляется быстрое преобразование Фурье?
7. В чем заключается преимущество быстрого преобразования Фурье?

Практическое занятие №1. Теорема Котельникова. Определение частоты дискретизации (ОПК-3).

Задача:

Определите интервал дискретизации и минимально допустимую частоту дискретизации сигнала, спектральная плотность которого равна нулю при значениях частоты выше 100 кГц.

Из условия задачи следует, что граничная частота спектра F_B равна 100 кГц. Тогда в соответствии с теоремой Котельникова имеем интервал дискретизации

$$T = \frac{1}{2F_B} = \frac{1}{2 \cdot 100 \cdot 10^3} = 5 \text{ мкс}.$$

Минимально допустимая частота дискретизации $f_d = 2F_B = 2 \times 100 = 200$ кГц.

Лабораторная работа №3. Исследование технических характеристик цифровых сигнальных процессоров.

Контрольные вопросы ЛРЗ(ОПК-3):

1. Какова связь точности вычислений и объема памяти ЦСП?
2. Какова связь точности вычислений и шага интерполяции ЦСП?
3. Какова связь точности вычислений и быстродействия ЦСП?
4. Какова связь формы представления чисел и быстродействия ЦСП?

Практическое занятие №2. Исследование нерекурсивных цифровых фильтров. Исследование переходной характеристики (ОПК-3).

Задача:

На вход нерекурсивного цифрового фильтра (НЦФ) с импульсной характеристикой (ИХ) $\{g(nT)\} = (-1,8; 2; 0,2)$ подается сигнал $\{x(kT)\} = (0,05; 1; 0,95)$.

Найти системную функцию $H(z)$ фильтра.

Системная функция $H(z)$ фильтра определяется формулой:

$$H(z) = b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + b_3 z^{-3} + \dots + b_m z^{-m},$$

где b_i – весовые коэффициенты данного НЦФ.

$$H(z) = -1,8 + 2z^{-1} + 0,2z^{-2}.$$

Записать алгоритм цифровой фильтрации.

Алгоритм цифровой фильтрации представляет собой дискретную свёртку двух сигналов, один из которых импульсная характеристика, а другой входной дискретный сигнал:

$$y(nT) = \sum_{k=0}^{N-1} g(kT)x(nT - kT)$$

Изобразить схему фильтра.

Практическое занятие №3. Исследование рекурсивных цифровых фильтров. Исследование переходной характеристики (ОПК-3).

Задача:

На вход рекурсивного цифрового фильтра (РЦФ) с системой функцией $H(z)$ подается сигнал $\{x(kT)\} = (0,05; 1; 0,95)$.

a_0	a_1	a_2	b_1	b_2
0,1	1	0,1	2,0	-0,96

Записать алгоритм цифровой фильтрации.

С помощью системной функции запишем алгоритм цифровой фильтрации РЦФ:

$$H(z) = \frac{0,1 + z^{-1} + 0,1z^{-2}}{1 - 2z^{-1} + 0,96z^{-2}}$$

$$y(nT) = a_0 x(nT) + a_1 x(nT-T) + \dots + b_1 y(nT-T) + \dots + b_{L-1} y(nT-(L-1)T),$$

Изобразить схему фильтра в прямой и канонической формах.

Контрольная работа выполняется в процессе освоения компетенции ОПК-3.

Выполненная и защищенная контрольная работа является допуском к зачету.

Критерии оценивания контрольной работы:

1. задание выполнено в полном объеме, каждый рассматриваемый вопрос раскрыт полностью, полученный конечный результат исследования, проведенного в контрольной работе, соответствует предъявляемым требованиям;
2. демонстрационный материал включает в себя все необходимые технические требования
3. контрольная работа оформлена в полном соответствии с ЕСКД;
4. в процессе защиты контрольной работы студент дает полные и развернутые ответы на поставленные вопросы.

Вариант контрольной работы:

Задача 1. На вход нерекурсивного цифрового фильтра с импульсной характеристикой $g(nT)$ подается сигнал $x(kT)$

Требуется:

1. Найти системную функцию $H(z)$ фильтра.
2. Записать алгоритм цифровой фильтрации.
3. Изобразить схему фильтра.
4. Определить сигнал на выходе фильтра $y(nT)$.
5. Найти частотную характеристику $H(j\omega)$ фильтра.
6. Найти АЧХ $A(\omega)$ фильтра.
7. Найти ФЧХ $\varphi(\omega)$ фильтра.

Параметр	$x(0)$	$x(T)$	$x(2T)$
Значение	0,2	1	0,8

Параметр	b_0	b_1	b_2
Значение	0,4	2	-0,9

Задача 2. На вход рекурсивного цифрового фильтра с системной функцией $H(z)$ подается сигнал $x(kT)$

Требуется:

1. Записать алгоритм цифровой фильтрации.
2. Изобразить схему фильтра в прямой и канонической форме.
3. Определить сигнал на выходе фильтра $y(nT)$ ($n = 0, 1, 2, \dots, 6$).
4. Определить, устойчив ли фильтр.
5. Найти частотную характеристику $H(j\omega)$ фильтра.
6. Найти АЧХ $A(\omega)$ фильтра.
7. Найти ФЧХ $\varphi(\omega)$ фильтра.

Параметр	α_0	α_1	α_2
Значение	0,4	1	0,4
Параметр	b_1		b_2
Значение	1,8		- 0,97

Вопросы на зачет такие же, как и для студентов очной формы обучения.

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

2.1 Порядок и методика проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

Предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль по каждому модулю – в форме написания контрольной работы для оценки теоретических знаний;
- текущий контроль по каждому модулю – в форме отчетов по лабораторным работам и практическим занятиям для оценки практических навыков;
- промежуточная аттестация по дисциплине – в форме зачета.

Текущий контроль успеваемости в форме защиты лабораторных и практических проводится в два этапа:

- 1-й этап: допуск к выполнению лабораторной работы – проводится в форме письменной «летучки» (5-10 мин) с целью контроля знаний студентов теоретической части лабораторной работы и готовности к выполнению практических исследований;

- 2-й этап выполняется по окончании каждой лабораторной работы (практического занятия) в форме индивидуального собеседования по выполненным исследованиям или расчетам. Проводится с целью контроля закрепления теоретической части материала и степени отработки студентом практических навыков исследования на аппаратуре.

Контрольные работы выполняются в виде короткого письменного ответа на один вопрос, изученный на предыдущей лекции в начале каждой последующей лекции. Ответ на вопрос дается в течение 5-10 минут. Таким образом, после лекционного курса каждого модуля формируется общая оценка за теоретические знания.

С целью повышения качества обучения за счет побуждения студентов к активной текущей учебной работе, четкого и оперативного контроля всего хода учебного процесса, снижения роли случайных и субъективных факторов при оценивании учебной деятельности студентов в образовательном процессе реализована модульно-рейтинговая система.

Правила ее использования прописаны в «Положении об МРС».

Набранные обучающимся баллы могут быть переведены в оценку:

- «не зачтено» - от 0% до 40% от максимального количества баллов;
- «зачтено» - от 41% до 100% максимального количества баллов;

Соотношения максимального количества баллов, полученных студентом по блокам модулей, показаны в Таблице

Таблица - Распределение баллов по блокам модулей дисциплины «Цифровая обработка сигналов»

Модуль	Всего баллов (Максимальное значение)	Теоретический блок (Контрольная работа)	Практический блок (Распределение баллов по занятиям)
Модуль 1	50	20	30=10+20
Модуль 2	50	20	30=15+15
Зачет	100	100	

Результаты текущего контроля доводятся до сведения обучающихся на последнем занятии в рамках аудиторной работы до проведения промежуточной аттестации.

На зачете производится оценка тех компетенций, которые должны быть в той или иной форме освоены в процессе изучения. Рекомендуются формировать вопросы в билетах к зачету таким образом, чтобы преподаватель смог оценить все компетенции данной дисциплины.

2.2 Методика проведения зачета в группах заочной и очно-заочной форм обучения

Оценка итогов изучения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» у студентов заочной и очно-заочной форм обучения складывается из трех составляющих: зачет по лабораторным работам, защита контрольной работы, итоговый зачет. Зачет по лабораторным работам может проводиться как во время самих лабораторных работ, так и во время итогового зачета по дисциплине. В ходе собеседования по контрольной работе преподаватель убеждается в том, что контрольная работа выполнена студентом самостоятельно, студент отвечает на замечания, высказанные в рецензии, и представляет материалы, свидетельствующие о доработке контрольной работы, исправлении допущенных ошибок. Вторая часть зачета проводится по традиционной методике. Вопросы сгруппированы в билетах. В каждом билете содержится по 3 вопроса, скомпонованные таким образом, чтобы преподаватель смог оценить все компетенции данной дисциплины. Количество билетов должно быть не менее числа обучающихся в группе. Обучающиеся готовят письменные ответы на вопросы.

3. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Зачет проводится по расписанию экзаменационной сессии в письменном виде. Количество вопросов в экзаменационном билете – 2. Проверка ответов и объявление результатов производится в день зачета. Результаты аттестации заносятся в зачетную ведомость и зачетную книжку обучающегося.

Обучающиеся, не прошедшие промежуточную аттестацию по графику сессии, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

Образец билета к зачету

	Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики»	Утверждаю: И.о. зав. кафедрой «Общенаучной подготовки» _____ Е. А. Денисов «__» _____ 2026г.
Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи (ИТСС) Курс: 3 курс (зачёт) Дисциплина: «Цифровая обработка сигналов»		
Билет № 1 1. Преимущества цифровой обработки сигналов. 2. Определите интервал дискретизации и минимально допустимую частоту дискретизации сигнала, спектральная плотность которого равна нулю при значениях частоты выше 100 кГц. Доцент кафедры ОНП _____ Бородин А.В. «__» _____ 2026г.		

Один комплект отпечатанных билетов, подписанных преподавателем кафедры и утвержденных заведующим кафедрой хранится у заведующего кафедрой, другой комплект – у преподавателя, ведущего дисциплину

4. Тестовые задания для проведения оценки сформированности компетенции (ОПК-3)

Тестовые задания позволяют оценить уровень сформированности компетенции (ОПК-3): **Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных.**

Задания распределены по блокам в соответствии с уровнем сложности. Каждый блок содержит номер задания, и текст задания.

Базовый уровень содержит примерно 50 % заданий.

Он формируется из заданий с выбором одного или нескольких верных ответов из предложенных или воспроизведения фактического материала (терминология, факты, классификация, параметры и др.);

Повышенный уровень в среднем составляет 35 % заданий.

В нем используются задания на сопоставление, сравнение, установление последовательности;

Высокий уровень в среднем составляют – 15 % заданий.

В задании используются: решения нетиповых задач, алгоритмы, доказательства, задания с развернутым ответом – определения, перечисление, изображение схемы, структуры и др.

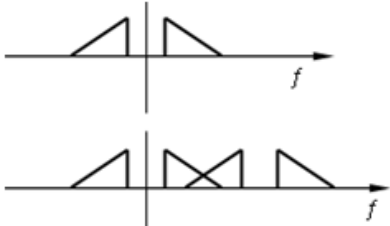
Количество заданий равно 20.

Один комплект тестовых вопросов с указанием правильных ответов хранится у заведующего кафедрой, другой комплект – у преподавателя, ведущего дисциплину.

БЛОК А (базовый уровень) – Задание комбинированного типа с выбором одного или нескольких верных ответов из предложенных

Инструкция по тестам Блока А: Прочитайте текст и выберите один или несколько правильных ответов

№ задания	Тексты заданий
1	Спектральная плотность сигнала $s(t)$ тождественно равна нулю при значениях частоты выше 300кГц. Определить минимально допустимую частоту дискретизации аналогового сигнала. 1) 150 кГц 2) 300 кГц 3) 600 кГц 4) 450 кГц
2	Системная функция цифрового фильтра (ЦФ) – это 1) z-преобразование входного сигнала ЦФ. 2) z-преобразование переходной характеристики ЦФ. 3) z-преобразование импульсной характеристики ЦФ. 4) z-преобразование δ -функции ЦФ
3	Цифровой фильтр не содержит в своей структуре следующего элемента (укажите лишнее): 1) сумматор 2) интегратор 3) умножитель 4) элемент единичной задержки
4	Значения шума квантования, возникающего в процессе квантования с шагом квантования Δ гармонического сигнала $s(t)$, лежат в следующих пределах: 1) $0 \leq e(t) \leq 0,5\Delta$ 2) $1 \leq e(t) \leq 1,5\Delta$

	3) $\Delta \leq e(t) \leq 2\Delta$ 4) $-\Delta \leq e(t) \leq \Delta$
5	Оцифровка сигнала осуществляется с частотой с частотой 1) в 2 раза меньшей, чем частота Найквиста. 2) в 2 раза большей, чем частота Найквиста. 3) равной частоте Найквиста. 4) значительно меньшей, чем частота Найквиста.
6	Сигналы, значения которых заранее известны называются 1) финитными 2) случайными 3) дискретными 4) детерминированными
7	Цифровой фильтр, значения выходного дискретного сигнала $y(n)$ которого в любой момент nT определяется лишь значениями входного дискретного сигнала в этот же момент и $K-1$ его прошлыми значениями, называется 1) БИХ – фильтром 2) рекурсивным фильтром 3) КИХ – фильтром 4) режекторным фильтром
8	Цифровой фильтр, отсчеты выходного сигнала которого в каждый момент времени зависят не только от отсчетов входного сигнала, но и от отсчетов выходного сигнала в предшествующие моменты времени, называется 1) трансверсальным фильтром 2) рекурсивным фильтром 3) полосовым фильтром 4) КИХ - фильтром
9	Теорема Котельникова справедлива для 1) финитных сигналов 2) дискретных сигналов 3) квантованных сигналов 4) модулированных сигналов
10	 При дискретизации сигнала происходит наложение спектров исходного сигнала $s(t)$, если граничная частота непрерывного сигнала удовлетворяет условию: 1) $f_m > 0,5 f_\Delta$ 2) $f_m = 0,5 f_\Delta$ 3) $f_m \geq 0,5 f_\Delta$ 4) $f_m \leq 0,5 f_\Delta$

БЛОК Б (повышенный уровень) – Задание закрытого типа на установление соответствия
 Инструкция: Прочитайте текст и установите соответствие

№ задания	Тексты заданий
11	1. амплитудно-частотная характеристика цифрового фильтра 2. фазочастотная характеристика цифрового фильтра 3. импульсная характеристика цифрового фильтра А. модуль комплексной частотной характеристики В. аргумент комплексной частотной характеристики С. реакция фильтра на единичный импульс, поданный на его вход
12	1. передаточная функция $H(z)$ цифрового фильтра 2. алгоритм фильтрации 3. оконная функция А. z - преобразование импульсной характеристики системы В. математический алгоритм, который реализует обработку цифрового сигнала С. набор весовых коэффициентов, изменяющих значения амплитуды отсчетов сигнала во временной области
13	1. сложный сигнал 2. детерминированный сигнал 3. цифровой сигнал А. сигнал, который нельзя описать простой математической моделью В. сигнал, значения которого заранее известно С. сигнал является частным случаем дискретного сигнала, он может принимать одно из двух возможных значений по амплитуде (логического нуля или единицы)
14	1. Параметр цифрового сигнала, определяющий количество отсчетов в секунду 2. Параметр, определяющий максимальную частоту, которую может передавать система без искажений 3. Параметр цифрового сигнала, определяющий количество бит, используемых для представления одного отсчета А. частота дискретизации В. полоса пропускания С. разрядность аналого-цифрового преобразователя

БЛОК Б (повышенный уровень) – Задание закрытого типа на установление последовательности
 Инструкция: Прочитайте текст и установите правильную последовательность

15	Операции в цифро-аналоговом преобразователе 1. Двоичное кодирование 2. Дискретизация по времени 3. Квантование по уровню
----	---

16	Последовательность блоков в системе цифровой обработки сигналов 1. ФНЧ 1 2. ПЦОС 3. АЦП 4. ФНЧ 2 5. ЦАП
17	Расположите этапы разработки цифрового фильтра в правильном порядке 1. Реализация фильтра (выбор структуры, разрядности) 2. Анализ полученных характеристик и корректировка параметров 3. Определение требований к фильтру (полоса пропускания, полоса задерживания, неравномерность) 4. Синтез фильтра (расчет коэффициентов)

БЛОК В (высокий уровень) – Задание открытого типа с развернутым ответом

Инструкция: Прочитайте текст и запишите обоснованный ответ

№ задания	Тексты заданий
18	Фильтр называется _____, если при любых начальных условиях реакция фильтра на любое ограниченное воздействие также ограничена.
19	Цифровой фильтр называется _____, если отсчеты выходного сигнала в каждый момент времени зависят не только от отсчетов входного сигнала, но и от отсчетов выходного сигнала в предшествующие моменты времени.
20	Если спектр непрерывного во времени сигнала не содержит частотных компонент _____, чем f_{max} Гц, то он может быть полностью восстановлен по последовательности своих отсчетов, взятых с частотой не менее $2f_{max}$ отсчетов в секунду.

Методические рекомендации по освоению дисциплины

1. Методические рекомендации преподавателю

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» (очная форма) включает в себя:

- лекционные занятия – 18 часов;
- практические занятия – 36 часов;
- лабораторные работы – 18 часов;
- промежуточную аттестацию – зачет.

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» (заочная форма) включает в себя:

- лекционные занятия – 6 часов;
- практические занятия – 6 часов;
- лабораторные работы – 6 часов;
- контрольную работу;
- промежуточную аттестацию – зачет.

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» (очно-заочная форма) включает в себя:

- лекционные занятия – 6 часов;
- практические занятия – 8 часов;
- лабораторные работы – 6 часов;
- контрольную работу;
- промежуточную аттестацию – зачет.

Перед началом изучения дисциплины преподаватель должен ознакомить обучающихся с рабочей программой и оценочными материалами по дисциплине, с видами учебной и самостоятельной работы, перечнем литературы и интернет-ресурсов, с формами текущей и промежуточной аттестации, с критериями оценки качества знаний для итоговой оценки по дисциплине.

При проведении лекций, преподаватель:

- 1) формулирует тему и цель занятия, объявляет учебные вопросы;
- 2) излагает основные теоретические положения;
- 3) с помощью технических средств обучения и/или под запись дает определения основных понятий, расчетных формул;
- 4) проводит примеры из отечественного и зарубежного опыта, дает текущие статистические данные для наглядного и образного представления изучаемого материала;
- 5) в конце занятия выдает вопросы для самостоятельного изучения.

На занятиях лабораторного цикла следует обратить внимание на соответствие выбираемых обучающимся средств выполнения решаемых в работе задач.

Каждая лабораторная работа должна быть оформлена и защищена в соответствии с требованиями. Защита производится после оформления отчета по работе.

Во время выполнения заданий в учебной аудитории обучающийся может консультироваться с преподавателем, определять наиболее эффективные методы решения поставленных задач. Если какая-то часть задания остается не выполненной, обучающийся может продолжить её выполнение во время внеаудиторной самостоятельной работы.

Для оценки полученных знаний и освоения учебного материала по каждому разделу и в целом по дисциплине преподаватель использует формы текущего контроля и контроля знаний обучающихся при проведении промежуточной аттестации.

2. Методические рекомендации обучающимся

Приступая к изучению новой учебной дисциплины, обучающиеся должны ознакомиться с рабочей программой, оценочными материалами, учебной, научной и методической литературой, имеющейся в ЭИОС СКФ МТУСИ,

Глубина усвоения дисциплины зависит от активной и систематической работы обучающегося на лекциях и практических занятиях, а также в ходе самостоятельной работы, по изучению рекомендованной литературы.

2.1 Методические указания для обучающихся по подготовке к лекционным занятиям

Важно сосредоточить внимание на содержании лекции. Это поможет лучше воспринимать учебный материал и уяснить взаимосвязь проблем по всей дисциплине.

Основное содержание лекции целесообразнее записывать в тетради в виде ключевых фраз, понятий, тезисов, обобщений, схем, опорных выводов. Необходимо обращать внимание на термины, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Желательно оставлять в конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющей материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

С целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций необходимо задавать преподавателю уточняющие вопросы. Для закрепления содержания лекции в памяти, необходимо во время самостоятельной работы внимательно прочесть свой конспект и дополнить его записями из учебников и рекомендованной литературы.

Конспектирование читаемых лекций и их последующая доработка способствует более глубокому усвоению знаний, и поэтому являются важной формой учебной деятельности обучающихся.

2.2 Методические указания для обучающихся по подготовке к лабораторным работам

Лабораторные занятия по любой учебной дисциплине проводятся в соответствии с рабочей программой этой учебной дисциплины в установленные расписанием часы.

Инструктаж по технике безопасности, правилам пожарной безопасности и правилам внутреннего распорядка в лаборатории проводится преподавателем на первом лабораторном занятии. На этом же занятии обучающимся сообщаются:

- программа всего предстоящего лабораторного цикла;
- условия взаимодействия обучающихся с преподавателем в процессе выполнения лабораторных работ;
- условия контроля самостоятельной работы обучающихся, включая правила оформления отчетов по лабораторным работам и их последующей защиты;
- другая необходимая информация.

Организация лабораторных работ включает:

- самостоятельную внеаудиторную подготовку обучающегося к выполнению каждой отдельной лабораторной работы в соответствии с ее программой в рамках часов, выделенных на самостоятельную проработку материала в программе дисциплины;
- входной контроль преподавателем степени подготовленности каждого обучающегося к выполнению лабораторных работ;
- выполнение программы лабораторных работ в полном объеме;
- оформление отчета и его защиту каждым обучающимся в установленные сроки;
- формирование преподавателем рейтингов каждого из обучающихся по результатам выполнения и защиты им отдельных лабораторных работ и их циклов (используется Модульно-рейтинговая система).

Оценка качества выполнения лабораторных работ каждым обучающимся производится преподавателем отдельно за подготовку к работе, ее выполнение и защиту.

2.3 Методические указания для обучающихся по подготовке к практическим занятиям

Целью практических занятий является закрепление теоретических знаний, полученных при изучении дисциплины.

При подготовке к практическому занятию целесообразно выполнить следующие рекомендации:

- изучить основную литературу; ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д.;
- при необходимости доработать конспект лекций. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы.

При выполнении практических занятий основным методом обучения является самостоятельная работа обучающегося под управлением преподавателя. На них пополняются теоретические знания обучающихся, их умение творчески мыслить, анализировать, обобщать изученный материал, проверяется отношение обучающихся к будущей профессиональной деятельности.

Оценка выполненной работы осуществляется преподавателем комплексно: по результатам выполнения заданий, устному сообщению и оформлению работы.

После подведения итогов занятия обучающийся обязан устранить недостатки, отмеченные преподавателем при оценке его работы.

3. Методические указания для обучающихся по подготовке контрольной работы

В ходе выполнения контрольной работы обучающийся решает следующие задачи:

1. Определяет системные характеристики нерекурсивного и рекурсивного фильтров;
2. Определяет алгоритмы цифровой фильтрации;
3. Изображает схемы цифровых фильтров;
4. Определяет сигнал на выходе фильтра;
5. Определяет амплитудно-частотную и фазочастотную характеристики фильтров.

Порядок выполнения контрольной работы приведен в методических материалах по ее выполнению. Критерии оценки контрольной работы приведены в оценочных материалах дисциплины.

4. Методические рекомендации для обучающихся по самостоятельной работе

Самостоятельная работа обучающихся является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, в том числе с использованием автоматизированных обучающих курсов (систем), а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, зачетам и экзаменам.

Самостоятельная работа во внеаудиторное время включает в себя:

- повторение лекционного материала;
- подготовки к лабораторным работам (практическим занятиям);
- изучения учебной и научной литературы;
- решения задач, выданных на практических занятиях;
- подготовки к тестированию;
- выделение наиболее сложных и проблемных вопросов по изучаемой теме, получение разъяснений и рекомендаций по данным вопросам с преподавателями кафедры на их еженедельных консультациях;
- проведение самоконтроля путем ответов на вопросы текущего контроля знаний, решения представленных в учебно-методических материалах кафедры задач, тестов, написания рефератов по отдельным вопросам изучаемой дисциплины.

Перед выполнением внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит инструктаж (консультацию) с определением цели задания, его содержания, сроков выполнения, основных требований к результатам работы, критериев оценки, форм контроля и перечня источников и литературы.

Обычно постановку задачи обучаемым на проведение самостоятельной работы преподаватель осуществляет на одном из занятий, предшествующему данному.

Методику самостоятельной работы все обучаемые выбирают индивидуально.

Обучающимся очной/заочной/очно-заочной форм обучения при освоении вопросов для самостоятельного изучения, представленных в подразделе(лах) 4.1/4.2/4.3 рабочей программы, рекомендуется соблюдать последовательность их изучения, представленную в таблицах 1-3.

Таблица 1. – Учебный материал для самостоятельного изучения обучающимися очной формы обучения

№	Темы, разделы, вынесенные на самостоятельную подготовку, вопросы для подготовки к практическим занятиям	Часов всего: 72
Модуль 1		36
1.	Погрешность квантования. Понятие кванта цифрового отсчета. Методы оценки погрешности квантования.	6
2.	Z-преобразование сигналов и системных функций. Определение z-преобразования. Пространство z - полиномов. Аналитическая форма z-образов. Свойства z - преобразования. Применение преобразования. Обратное z - преобразование.	6
3.	Связь Фурье-преобразования и Z-преобразования последовательностей.	6
4.	Спектр периодического сигнала. Спектр прямоугольного импульса. Спектр суммы гармонических сигналов.	6
5.	Прямое Фурье-преобразование сигнала, амплитудный и фазовый спектры. Обратное Фурье преобразование.	6
6.	Синтез фильтров по заданным характеристикам. Исследование переходной характеристики. Отклик фильтра на гармонический сигнал.	6
Модуль 2		36
1.	Отображение нулей и полюсов цифрового фильтра на комплексной Z – плоскости. Взаимосвязь передаточной функции, разностного уравнения, переходной и импульсной характеристик. Связь между коэффициентами, нулями и полюсами для каскадной и параллельной форм реализации ЦФ.	6
2.	Линейная ФЧХ в КИХ-фильтрах. Симметричные и антисимметричные импульсные характеристики КИХ- фильтров.	6
3.	Линейная ФЧХ в КИХ-фильтрах. Симметричные и антисимметричные импульсные характеристики КИХ- фильтров. Искажения АЧХ при расчете КИХ- фильтров. Оконные функции. Синтез КИХ-фильтр методом частотной выборки. Согласованный фильтр и его реализация в цифровой области.	6
4.	Синтез КИХ-фильтра методом весовых (оконных) функций; синтез КИХ-фильтра методом минимального среднего квадрата ошибки; исследование характеристик синтезированных фильтров.	6
5.	Метод билинейного преобразования при различных видах аппроксимации фильтров-прототипов; синтез передаточной функции ЦФ по аналоговому прототипу методом билинейного преобразования; исследование переходной и амплитудно-частотной характеристики фильтра.	6
6.	Методические ошибки алгоритма линейной интерполяции. Ошибки шага квантования. Точность вычисления тригонометрической функции и быстроедействие ЦСП.	6

Таблица 2. – Учебный материал для самостоятельного изучения обучающимися заочной формы обучения

№	Темы, разделы, вынесенные на самостоятельную подготовку, вопросы для подготовки к практическим занятиям	Часов всего: 126
Модуль 1		62

1	Преобразование дискретных сигналов. Дискретное преобразование Фурье. Свертка дискретных сигналов. Погрешность квантования. Понятие кванта цифрового отсчета. Методы оценки погрешности квантования. Z-преобразование сигналов и системных функций. Определение z-преобразования. Пространство z - полиномов. Аналитическая форма z-образов. Свойства z - преобразования. Применение преобразования. Обратное z - преобразование.	
Модуль 2		64
1	Нерекурсивные цифровые фильтры. Определение. Разностное уравнение. Частотные характеристики. Структурная схема. Линейная ФЧХ в КИХ-фильтрах. Симметричные и антисимметричные импульсные характеристики КИХ- фильтров. Рекурсивные цифровые фильтры. Определение. Разностное уравнение. Частотные характеристики. Устойчивость фильтров. Структурная схема. Линейная ФЧХ в КИХ-фильтрах. Симметричные и антисимметричные импульсные характеристики КИХ- фильтров. Искажения АЧХ при расчете КИХ- фильтров. Оконные функции. Синтез КИХ-фильтр методом частотной выборки. Согласованный фильтр и его реализация в цифровой области.	58
2	Выполнение контрольной работы	6

Таблица 3. – Учебный материал для самостоятельного изучения обучающимися очно-заочной формы обучения

№	Темы, разделы, вынесенные на самостоятельную подготовку, вопросы для подготовки к практическим занятиям	Часов всего: 124
Модуль 1		60
1	Преобразование дискретных сигналов. Дискретное преобразование Фурье. Свертка дискретных сигналов. Погрешность квантования. Понятие кванта цифрового отсчета. Методы оценки погрешности квантования. Z-преобразование сигналов и системных функций. Определение z-преобразования. Пространство z - полиномов. Аналитическая форма z-образов. Свойства z - преобразования. Применение преобразования. Обратное z - преобразование.	
Модуль 2		64
1	Нерекурсивные цифровые фильтры. Определение. Разностное уравнение. Частотные характеристики. Структурная схема. Линейная ФЧХ в КИХ-фильтрах. Симметричные и антисимметричные импульсные характеристики КИХ- фильтров. Рекурсивные цифровые фильтры. Определение. Разностное уравнение. Частотные характеристики. Устойчивость фильтров. Структурная схема. Линейная ФЧХ в КИХ-фильтрах. Симметричные и антисимметричные импульсные характеристики КИХ- фильтров. Искажения АЧХ при расчете КИХ- фильтров. Оконные функции. Синтез КИХ-фильтр методом частотной выборки. Согласованный фильтр и его реализация в цифровой области.	58
2	Выполнение контрольной работы	6

Самостоятельная работа обучающихся над усвоением материала по дисциплине может выполняться в помещении для самостоятельной работы СКФ МТУСИ, посредством использования электронной библиотеки и ЭИОС.