МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цифровая обработка сигналов

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки (специальность): **11.05.02 Специальные радиотехнические системы**
Направленность (профиль): **Средства и комплексы радиоэлектронной борьбы**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	36	36	часов
2	Практические занятия	36	36	часов
3	Лабораторные работы	24	24	часов
4	Всего аудиторных занятий	96	96	часов
5	Самостоятельная работа	48	48	часов
6	Всего (без экзамена)	144	144	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	180	180	часов
		5.0	5.0	З.Е

Экзамен: 7 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 22331

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 2 от «24» 10 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.05.02 Специальные радиотехнические системы, утвержденного 11 августа 2016 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

старший преподаватель каф. РТС _____ П. А. Карпушин

Заведующий обеспечивающей каф.
РТС _____ С. В. Мелихов

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан РТФ _____ К. Ю. Попова

Заведующий выпускающей каф.
РТС _____ С. В. Мелихов

Эксперт:

старший преподаватель каф. РТС _____ Д. О. Ноздреватых

Согласована на портале № 22331

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью преподавания дисциплины является изложение основ фундаментальной теории

цифровой обработки сигналов (ЦОС) в части базовых методов и алгоритмов ЦОС, инвариантных относительно физической природы сигнала, и включающих в себя: математическое описание (математические модели) линейных дискретных систем (ЛДС) и дискретных сигналов, включая дискретное и быстрое преобразование Фурье (ДПФ и БПФ).

1.2. Задачи дисциплины

– Задачами изучения дисциплины является формирование у студентов знаний и умений,

– позволяющих осуществлять анализ функционирования, разработку и техническое обслуживание устройств цифровой обработки сигналов, а также изучение современных средств компьютерного моделирования базовых методов и алгоритмов ЦОС.

–

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» (Б1.Б.26) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Информационные технологии 1. Введение в информатику, Информационные технологии 2. Сетевые информационные технологии. Базы данных., Информационные технологии 3. Программирование на языке С++., Информационные технологии 4. Объектно-ориентированное программирование на языке С++..

Последующими дисциплинами являются: Цифровые устройства и микропроцессоры.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-8 способностью разрабатывать электрические схемы специальных радиотехнических систем и устройств с использованием компьютерных средств проектирования, проводить расчеты и технико-экономическое обоснование принимаемых решений;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** методы математического описания линейных дискретных систем; основные этапы проектирования цифровых фильтров; основные методы синтеза и анализа частотно-избирательных цифровых фильтров; методы математического описания цифровых фильтров в виде структуры; метод математического описания дискретных сигналов с помощью дискретного преобразования Фурье (ДПФ); алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ); принципы оценки шумов квантования в цифровых фильтрах с фиксированной точкой; принципы построения систем однократной интерполяции и децимации;

– **уметь** объяснять математическое описание линейных дискретных систем в виде алгоритмов; выполнять компьютерное моделирование линейных дискретных систем на основе их математического описания; задавать требования к частотным характеристикам цифровых фильтров; обосновывать выбор типа цифрового фильтра, КИХ или БИХ (с конечной или бесконечной импульсной характеристикой); синтезировать цифровой фильтр и анализировать его характеристики средствами компьютерного моделирования; обосновывать выбор структуры цифрового фильтра; выполнять компьютерное моделирование структуры цифрового фильтра; вычислять ДПФ дискретного сигнала с помощью алгоритмов БПФ средствами компьютерного моделирования; объяснять принципы построения систем однократной интерполяции и децимации.

– **владеть** навыками составления математических моделей линейных дискретных систем и дискретных сигналов; навыками компьютерного моделирования линейных дискретных систем; навыками компьютерного проектирования цифровых фильтров; навыками компьютерного вычисления ДПФ на основе БПФ.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Согласована на портале № 22331

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		7 семестр
Аудиторные занятия (всего)	96	96
Лекции	36	36
Практические занятия	36	36
Лабораторные работы	24	24
Самостоятельная работа (всего)	48	48
Оформление отчетов по лабораторным работам	12	12
Проработка лекционного материала	18	18
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	18	18
Всего (без экзамена)	144	144
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость ч	180	180
Зачетные Единицы	5.0	5.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
7 семестр						
1 Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование сигналов.	4	6	4	7	21	ПК-8
2 Дискретное преобразование Фурье.	8	4	0	6	18	ПК-8
3 Фильтры с импульсной характеристикой конечной длины	8	4	4	8	24	ПК-8
4 Фильтры с импульсной характеристикой бесконечной длины	4	6	4	7	21	ПК-8
5 Квадратурные сигналы.	2	2	4	4	12	ПК-8
6 Дискретное преобразование Гильберта.	2	2	4	4	12	ПК-8
7 Преобразование частоты дискретизации.	2	2	4	4	12	ПК-8
8 Анализ спектра	2	4	0	3	9	ПК-8
9 Цифровые форматы данных и их	4	6	0	5	15	ПК-8

Согласована на портале № 22331

роль в обработке сигналов.						
Итого за семестр	36	36	24	48	144	
Итого	36	36	24	48	144	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование сигналов.	Периодическая дискретизация:Наложение: неоднозначность представления сигнала в частотной области.Дискретизация низкочастотных сигналов.Дискретизация полосовых сигналов.Инверсия спектра при полосовой дискретизации.	2	ПК-8
	Цифро-аналоговое преобразованиеАналоговые фильтры для преобразования данныхВыбор антиалайзингового фильтра	2	
	Итого	4	
2 Дискретное преобразование Фурье.	ДПФ в экспоненциальной и тригонометрической формеПредставление амплитуды, фазы и мощности сигнала в частотной областиСимметрия ДПФЛинейность ДПФМодуль ДПФЧастотная ось ДПФОбратное ДПФУтечка ДПФ	2	ПК-8
	ОкнаГребешковые искажения ДПФРазрешающая способность ДПФ, дополнение нулями и дискретизация в частотной областиКоэффициент улучшения ДПФКоэффициент отдельного ДПФУлучшение интегрирования при усреднении нескольких ДПФ	2	
	ДПФ прямоугольных функцийДПФ обобщенной прямоугольной функциИДПФ симметричной прямоугольной функцииЧастотная и временные оси, связанные с прямоугольными функциямиЧастотная ось ДПФ в Герцах (Гц)Частотная ось ДПФ в радианах в секундуЧастотная ось ДПФ при использовании нормированной угловой переменнойАльтернативная форма ДПФ прямоугольной функции, состоящей из одних единицОбратное ДПФ	2	

Согласована на портале № 22331

	обобщенной прямоугольной функции-Обратное ДПФ симметричной прямоуголной функции		
	Частотный отклик ДПФ на комплексный входной сигналРеакция на действительный косинусоидальный сигналРеакция отдельного бина ДПФ на действительный косинусоидальный сигналИнтерпритация ДПФБыстрое преобразование Фурье	2	
	Итого	8	
3 Фильтры с импульсной характеристикой конечной длины	Введение в КИХ-фильтрыСвертка в КИХ-фильтрахОбобщенное описание дискретной свертки Дискретная свертка во временной областиТеорема о свертке Применение теоремы о свертке	2	ПК-8
	Проектирование КИХ-фильтра нижних частотМетод проектирования с помощью оконОкна в проектировании КИХ-фильтровПроектирование КИХ-фильтров верхних частотПроектирование КИХ-фильтров методом замен РемезаПолуполосные КИХ-фильтры	2	
	Специальные КИХ-фильтры нижних частот. Фильтры на основе частотной выборки. Гребенчатый фильтр и комплексный цифровой резонатор. Многосекционные комплексные ФОЧВ. Обеспечение устойчивости ФОЧВ. Многосекционные ФОЧВ с действительными коэффициентами. Эффективный действительный ФОЧВ. Моделирование ФОЧВ. Улучшение характеристик с помощью коэффициентов переходной полосы.	2	
	Интерполированные КИХ ФНЧ. Выбор оптимального значения коэффициента расширения. Оценка количества ответвлений КИХ-фильтра. Моделирование характеристик ИКИХ-фильтров.	2	
	Итого	8	
4 Фильтры с импульсной характеристикой бесконечной длины	Введение в фильтры с бесконечными импульсными характеристиками. Преобразование Лапласа. Полюсы и нули на s-плоскости и условие устойчивости. Z-преобразование. Полюсы и нули на z-плоскости и условие устойчивости. Использование z-преобразования для анализа БИХ-фильтров. Другие структуры БИХ-фильтров.	2	ПК-8

Согласована на портале № 22331

	Метод инвариантного преобразования импульсной характеристики. Метод проектирования БИХ-фильтров с помощью билинейного преобразования. Оптимизационный метод проектирования БИХ-фильтров. Улучшение БИХ-фильтров с помощью каскадных структур. Свойства каскадных и параллельных структур фильтров. Каскадное соединение БИХ-фильтров. Краткое сравнение КИХ- и БИХ-фильтров.	2	
	Итого	4	
5 Квадратурные сигналы.	Представление действительных сигналов с помощью комплексных фазоров. Отрицательные частоты. Квадратурные сигналы в частотной области. Полосовые квадратурные сигналы в частотной области. Комплексное понижающее преобразование.	2	ПК-8
	Итого	2	
6 Дискретное преобразование Гильберта.	Определение преобразование Гильберта. Области применения преобразования Гильберта. Импульсная характеристика преобразования Гильберта. Проектирование дискретного преобразования Гильберта. Преобразование Гильберта во временной области: реализация в виде КИХ-фильтра. Преобразование Гильберта в частотной области. Генерация аналитического сигнала во временной области. Сравнение методов генерации аналитических сигналов.	2	ПК-8
	Итого	2	
7 Преобразование частоты дискретизации.	Концепция обработки при нескольких скоростях. Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Многокаскадное преобразование частоты дискретизации. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов.	2	ПК-8
	Итого	2	
8 Анализ спектра	Методы оценки спектра	2	ПК-8
	Итого	2	
9 Цифровые форматы данных и их роль в обработке сигналов.	Двоичные форматы с фиксированной запятой. Восьмеричные числа. Шестнадцатиричные числа. Дробные двоичные числа. Двоичный формат "модуль плюс знак". Двоичный дополнительный формат. Двоичный формат со сме-	4	ПК-8

Согласована на портале № 22331

	щением. Точность и динамический диапазон двоичных чисел. Эффекты конечной длины слова двоичных чисел с фиксированной запятой. Ошибки квантования в аналогово-цифровом преобразователе. Переполнение данных. Усечение. Округление данных. Двоичные форматы с плавающей запятой. Динамический диапазон чисел с плавающей запятой. Двоичный формат с поблочно плавающей запятой.		
	Итого	4	
Итого за семестр		36	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предшествующие дисциплины									
1 Информационные технологии 1. Введение в информатику	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Информационные технологии 2. Сетевые информационные технологии. Базы данных.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3 Информационные технологии 3. Программирование на языке С++.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4 Информационные технологии 4. Объектно-ориентированное программирование на языке С++.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины									
1 Цифровые устройства и микропроцессоры	+	+	+	+	+	+	+	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

	Виды занятий	Формы контроля

Согласована на портале № 22331

Компетенции	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	
ПК-8	+	+	+	+	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование сигналов.	Передаточная функция дискретной системы. Импульсная характеристика дискретной системы. Структурные схемы дискретных систем. Устойчивость дискретных систем.	4	ПК-8
	Итого	4	
3 Фильтры с импульсной характеристикой конечной длины	Проектирование КИХ-фильтра	4	ПК-8
	Итого	4	
4 Фильтры с импульсной характеристикой бесконечной длины	Проектирование БИХ-фильтра	4	ПК-8
	Итого	4	
5 Квадратурные сигналы.	Представление действительных сигналов с помощью комплексных фазоров. Отрицательные частоты. Квадратурные сигналы в частотной области. Полосовые квадратурные сигналы в частотной области. Комплексное понижающее преобразование.	4	ПК-8
	Итого	4	
6 Дискретное преобразование Гильберта.	Проектирование дискретного преобразования Гильберта. Преобразование Гильберта во временной области: реализация в виде КИХ-фильтра. Преобразование Гильберта в частотной области. Генерация аналитического сигнала	4	ПК-8

Согласована на портале № 22331

	во временной области. Сравнение методов генерации аналитических сигналов.		
	Итого	4	
7 Преобразование частоты дискретизации.	Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов.	4	ПК-8
	Итого	4	
Итого за семестр		24	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование сигналов.	Дискретизация низкочастотных и полосовых сигналов.	2	ПК-8
	Выборка с запасом по частоте при аналого-цифровом преобразовании.	2	
	Выборка с запасом по частоте при цифро-аналоговом преобразовании.	2	
	Итого	6	
2 Дискретное преобразование Фурье.	Изучение свойств ДПФ.	2	ПК-8
	Применение окон для уменьшения утечки. Изменение разрешающей способности ДПФ.	2	
	Итого	4	
3 Фильтры с импульсной характеристикой конечной длины	Корреляция и свертка.	2	ПК-8
	Проектирование КИХ фильтров.	2	
	Итого	4	
4 Фильтры с импульсной характеристикой бесконечной длины	Проектирование БИХ фильтра	6	ПК-8
	Итого	6	
5 Квадратурные сигналы.	Реализация комплексного понижающего преобразования.	2	ПК-8
	Итого	2	
6 Дискретное преобразование Гильберта.	Проектирование дискретного преобразователя Гильберта. Генерация аналитического сигнала во временной области.	2	ПК-8
	Итого	2	

Согласована на портале № 22331

7 Преобразование частоты дискретизации.	Децимация и интерполяция с целым и нецелым шагом. Программная реализация дециматоров и интерполяторов. Реализация полифазных фильтров.	2	ПК-8
	Итого	2	
8 Анализ спектра	Методы оценки спектра	4	ПК-8
	Итого	4	
9 Цифровые форматы данных и их роль в обработке сигналов.	Шум квантования АЦП и качество сигнала.	2	ПК-8
	Эффекты конечной разрядности в цифровых БИХ-фильтрах	2	
	Эффекты конечной разрядности слова в алгоритмах БПФ.	2	
	Итого	6	
Итого за семестр		36	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
7 семестр				
1 Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование сигналов.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ПК-8	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	7		
2 Дискретное преобразование Фурье.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-8	Контрольная работа, Тест
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	6		
3 Фильтры с импульсной характеристикой конечной длины	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-8	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по	2		

Согласована на портале № 22331

	лабораторным работам			
	Итого	8		
4 Фильтры с импульсной характеристикой бесконечной длины	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ПК-8	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	7		
5 Квадратурные сигналы.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ПК-8	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	4		
6 Дискретное преобразование Гильберта.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ПК-8	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	4		
7 Преобразование частоты дискретизации.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ПК-8	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	4		
8 Анализ спектра	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-8	Контрольная работа, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
9 Цифровые форматы данных и их роль в обработке сигналов.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ПК-8	Контрольная работа, Тест
	Проработка лекционного материала	2		

Согласована на портале № 22331

	Итого	5		
Итого за семестр		48		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		84		

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
7 семестр				
Контрольная работа	9	9	9	27
Отчет по лабораторной работе	9	9	9	27
Тест	6	5	5	16
Итого максимум за период	24	23	23	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	24	47	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	

Согласована на портале № 22331

	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Смит, С. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников. [Электронный ресурс] : Учебники — Электрон. дан. — М. : ДМК Пресс, 2011. — 720 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/60986 — Загл. с экрана. [Электронный ресурс]. - http://e.lanbook.com/book/60986

12.2. Дополнительная литература

1. Цифровая обработка сигналов : Пер. с англ. / А. В. Оппенгейм, Р. В. Шафер ; пер. : С. А. Кулешов ; ред. пер. : А. С. Ненашев. - М. : Техносфера, 2006. - 855[1] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.)
2. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях [Электронный ресурс] : монография / М.А. Басараб [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2007. — 544 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/59487. — Загл. с экрана. [Электронный ресурс]. - https://e.lanbook.com/book/76274

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Цифровая обработка сигналов: Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» (5 семестр) специальности «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (код 210700.62) / Гельцер А. А., Абенов Р. Р., Рогожников Е. В. - 2013. 25 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3464, дата обращения: 23.10.2017.
2. Цифровая обработка сигналов. Часть 1: Методические указания по проведению практических занятий и организации самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 210700.62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» / Абенов Р. Р. - 2014. 53 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3748, дата обращения: 23.10.2017.

12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Смит, С. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников. [Электронный ресурс] : Учебники — Электрон. дан. — М. : ДМК Пресс, 2011. — 720 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/60986 — Загл. с экрана.

Согласована на портале № 22331

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических (семинарских) занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 4 этаж, ауд. 423 а,б. Состав оборудования: Учебная мебель (Стол рабочий, цвет вишня 35 шт. Размеры: 1360x600x750; Стул офисный ИЗО 60x60, металлический цвет черный. 40 шт; Шкаф для бумаг закрытый цвет вишня. 1 шт. Размеры: 690x350x1957); Доска магнитно-маркерная (BRAUBERG (БРАУБЕРГ), 100x150/300 см, 3-элементная, белая) -1шт.; проектор (NEC "M361X") - 1 шт., экран (LMC-100103 Экран с электроприводом Master Control 203x203 см Matte White FiberGlass, черная кайма по периметру) - 1 шт., телевизор (LED 50" (127 см) Toshiba 50L4353) - 1 шт., компьютеры (Intel «Core i3-4330») - 16 шт. с выходом в Интернет, ПО - Windows 8, MS Office 97-2003, MathCad 15.0, MatLAB 11a, Qt Creator 5.7.1

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

Для проведения лабораторных занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 4 этаж, ауд. 423 а,б. Состав оборудования: Учебная мебель (Стол рабочий, цвет вишня 35 шт. Размеры: 1360x600x750; Стул офисный ИЗО 60x60, металлический цвет черный. 40 шт; Шкаф для бумаг закрытый цвет вишня. 1 шт. Размеры: 690x350x1957); Доска магнитно-маркерная (BRAUBERG (БРАУБЕРГ), 100x150/300 см, 3-элементная, белая) -1шт.; проектор (NEC "M361X") - 1 шт., экран (LMC-100103 Экран с электроприводом Master Control 203x203 см Matte White FiberGlass, черная кайма по периметру) - 1 шт., телевизор (LED 50" (127 см) Toshiba 50L4353) - 1 шт., компьютеры (Intel «Core i3-4330») - 16 шт. с выходом в Интернет, ПО - Windows 8, MS Office 97-2003, MathCad 15.0, MatLAB 11a, Qt Creator 5.7.1

13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 47, 1 этаж, ауд. 126. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 4 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

Согласована на портале № 22331

14. Фонд оценочных средств

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

Согласована на портале № 22331

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Цифровая обработка сигналов

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки (специальность): **11.05.02 Специальные радиотехнические системы**
Направленность (профиль): **Средства и комплексы радиоэлектронной борьбы**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**
Курс: **4**
Семестр: **7**

Учебный план набора 2018 года

Разработчик:
- старший преподаватель каф. РТС П. А. Карпушин

Экзамен: 7 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 22331

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ПК-8	способностью разрабатывать электрические схемы специальных радиотехнических систем и устройств с использованием компьютерных средств проектирования, проводить расчеты и технико-экономическое обоснование принимаемых решений	Должен знать методы математического описания линейных дискретных систем; основные этапы проектирования цифровых фильтров; основные методы синтеза и анализа частотно-избирательных цифровых фильтров; методы математического описания цифровых фильтров в виде структуры; метод математического описания дискретных сигналов с помощью дискретного преобразования Фурье (ДПФ); алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ); принципы оценки шумов квантования в цифровых фильтрах с фиксированной точкой; принципы построения систем однократной интерполяции и децимации; ; Должен уметь объяснять математическое описание линейных дискретных систем в виде алгоритмов; выполнять компьютерное моделирование линейных дискретных систем на основе их математического описания; задавать требования к частотным характеристикам цифровых фильтров; обосновывать выбор типа цифрового фильтра, КИХ или БИХ (с конечной или бесконечной импульсной характеристикой); синтезировать цифровой фильтр и анализировать его характеристики средствами компьютерного моделирования; обосновывать выбор структуры цифрового фильтра; выполнять компьютерное моделирование структуры цифрового фильтра; вычислять ДПФ дискретного сигнала с помощью алгоритмов БПФ средствами компьютерного моделирования; объяснять принципы построения систем однократной интерполяции и децимации. ; Должен владеть навыками составления математических моделей линейных дискретных систем и дискретных сигналов; навыками компьютерного моделирования линейных дискретных систем; на-

Согласована на портале № 22331

		выками компьютерного проектирования цифровых фильтров; навыками компьютерного вычисления ДПФ на основе БПФ. ;

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ПК-8

ПК-8: способностью разрабатывать электрические схемы специальных радиотехнических систем и устройств с использованием компьютерных средств проектирования, проводить расчеты и технико-экономическое обоснование принимаемых решений.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	основные этапы проектирования цифровых фильтров на базе микропроцессоров и микропроцессорных систем и программируемых логических интегральных схем с использованием современных пакетов прикладных программ	• выполнять компьютерное моделирование линейных дискретных систем на основе их математического описания; • задавать требования к частотным характеристикам цифровых фильтров; • обосновывать выбор типа цифрового фильтра, КИХ или БИХ (с конечной или бесконечной импульсной характеристикой); • синтезировать цифровой фильтр и анализировать его характеристики средствами	• навыками составления математических моделей линейных дискретных систем и дискретных сигналов; • навыками компьютерного моделирования линейных дискретных систем; • навыками компьютерного проектирования цифровых фильтров; • навыками компьютерного вычисления ДПФ на основе БПФ.

Согласована на портале № 22331

		компьютерного моделирования; • обосновывать выбор структуры цифрового фильтра; • выполнять компьютерное моделирование структуры цифрового фильтра; • объяснять принципы построения систем однократной интерполяции и децимации.	
Виды занятий	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Тест; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Тест; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• этапы проектирования цифровых фильтров;; • методы синтеза и анализа частотно-избирательных цифровых фильтров;; • методы математического описания цифровых фильтров в виде структуры;; • принципы оценки шумов квантования в цифровых фильтрах с фиксированной точкой;; • принципы построения систем однократной интерполяции и децимации;;	• выполнять компьютерное моделирование линейных дискретных систем на основе их математического описания;; • задавать требования к частотным характеристикам цифровых фильтров;; • обосновывать выбор типа цифрового фильтра, КИХ или БИХ (с конечной или бесконечной импульсной характеристикой);; • синтезировать цифровой фильтр и анализировать его характеристики средствами компьютерного моделирования;; • обосновывать выбор структуры цифрового	• навыками составления математических моделей линейных дискретных систем и дискретных сигналов;; • навыками компьютерного моделирования линейных дискретных систем;; • навыками компьютерного проектирования цифровых фильтров;; • навыками компьютерного вычисления ДПФ на основе БПФ.;

Согласована на портале № 22331

		фильтра;; • выполнять компьютерное моделирование структуры цифрового фильтра;; • объяснять принципы построения систем однократной интерполяции и децимации.;	
Хорошо (базовый уровень)	• базовые методы проектирования, синтеза и анализа цифровых фильтров; • основные принципы оценки шумов квантования для учета при построении систем цифровой обработки сигналов;	• выполнять компьютерное моделирование линейных дискретных систем на основе их математического описания;; • обосновывать выбор типа цифрового фильтра, КИХ или БИХ (с конечной или бесконечной импульсной характеристикой);; • синтезировать цифровой фильтр и анализировать его характеристики средствами компьютерного моделирования;; • объяснять принципы построения систем однократной интерполяции и децимации.;	• основными навыками составления математических моделей линейных дискретных систем и дискретных сигналов;; • навыками компьютерного моделирования линейных дискретных систем; навыками компьютерного проектирования цифровых фильтров;;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Имеет представление о методах проектирования, синтеза и анализа цифровых фильтров;; • Имеет представление о влиянии шумов квантования для учета при построении систем цифровой обработки сигналов;	• выполнять компьютерное моделирование простых линейных дискретных систем на основе их математического описания;; • обосновывать характеристики цифрового фильтра, КИХ или БИХ (с конечной или бесконечной импульсной характеристикой);; • синтезировать простые цифровые фильтры и анализировать его характеристики средствами компьютерного моделирования;; • проводить интерполяцию и децимацию сигнала.;	• владеть навыками моделирования простых дискретных систем.;

Согласована на портале № 22331

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Тестовые задания

– Как определяется Детерминированный сигнал?

– 1. Значение этого сигнала в любой момент времени определяется точно.

– 2. В любой момент времени этот сигнал представляет собой случайную величину, которая принимает конкретное значение с некоторой вероятностью.

– 3. В любой момент времени этот сигнал представляет собой не случайную величину, которая принимает конкретное значение с некоторой вероятностью.

– 4. Значение этого сигнала нельзя определить точно в любой момент времени.

– Какими параметрами определяется гармонический сигнал?

– 1. Амплитудой A и частотой ω.

– 2. Амплитудой A и начальной фазой φ.

– 3. Амплитудой A, частотой ω и начальной фазой φ.

– 4. Частотой ω и начальной фазой φ.

– Какие условия Дирихле должен удовлетворять ряд Фурье что бы разложение существовало?

– 1. Не должно быть разрывов второго рода и число экстремумов должно быть конечным.

– 2. Не должно быть разрывов второго рода, число разрывов первого рода должно быть конечным и число экстремумов должно быть конечным.

– 3. Не должно быть разрывов второго рода и число разрывов первого рода должно быть конечным.

– 4. Число разрывов первого рода должно быть конечным и число экстремумов должно быть конечным.

3.2 Темы контрольных работ

– 1. Дискретизация низкочастотных сигналов.

– 2. Дискретизация полосовых сигналов

– 3. Инверсия спектра при полосовой дискретизации

– 4. Найдите оптимальную частоту дискретизации полосового сигнала. Несущая частота сигнала 16 МГц. Ширина полосы сигнала 4 МГц. Ширина защитной полосы.

3.3 Экзаменационные вопросы

– Периодическая дискретизация. Особенности спектра дискретных сигалов. Наложение: неоднозначность представления сигнала в частотной области

– Дискретное преобразование Фурье. ДПФ в экспоненциальной и тригонометрической форме. Представление амплитуды, фазы и мощности сигнала в частотной области. Симметрия ДПФ. Линейность ДПФ. Модуль ДПФ.

– Частотная ось ДПФ. . Дискретное преобразование Фурье. Обратное ДПФ

– 2.8. Утечка ДПФ

– 2.9. Окна

– 2.10. Гребешковые искажения ДПФ

– 2.11. Разрешающая способность ДПФ, дополнение нулями и дискретизация в частотной области

– 2.12. Коэффициент улучшения ДПФ

– 2.13. ДПФ прямоугольных функций

– 2.14. Частотный отклик ДПФ на комплексный входной сигнал

– 2.15. Реакция на действительный косинусоидальный сигнал

– 2.16. Реакция отдельного бина ДПФ на действительный косинусоидальный сигнал

Согласована на портале № 22331

– 2.17. Интерпритация ДПФ

– Обратное ДПФ. Утечка ДПФ. Окна. Гребешковые искажения ДПФ. Разрешающая способность ДПФ, дополнение нулями и дискретизация в частотной области

– Фильтры с импульсной характеристикой конечной длины. Свертка в КИХ-фильтрах. Проектирование КИХ-фильтра нижних частот. Проектирование КИХ-фильтров верхних частот. Полуполосные КИХ-фильтры. Обобщенное описание дискретной свертки.

– Фильтры с импульсной характеристикой бесконечной длины. Преобразование Лапласа. Полюсы и нули на s-плоскости и условие устойчивости.

– Фильтры с импульсной характеристикой бесконечной длины. Z-преобразование.

– Фильтры с импульсной характеристикой бесконечной длины. Метод проектирования БИХ-фильтров с помощью билинейного преобразования.

– Фильтры с импульсной характеристикой бесконечной длины. Улучшение БИХ-фильтров с помощью каскадных структур

– Квадратурные сигналы. Отрицательные частоты. Квадратурные сигналы в частотной области.

– Полосовые квадратурные сигналы в частотной области. Комплексное понижающее преобразование.

– Дискретное преобразование Гильберта. Определение преобразование Гильберта.

– Области применения преобразования Гильберта. Импульсная характеристика преобразования Гильберта. Проектирование дискретного преобразования Гильберта. Генерация аналитического сигнала во временной области.

– Сравнение методов генерации аналитических сигналов.

– Преобразование частоты дискретизации. Прореживание. Интерполяция. Полифазные фильтры. Каскадные интеграторы-гребенчатые фильтры.

– Усреднение сигналов. Когерентное усреднение. Некогерентное усреднение. Фильтрующие свойства усреднения во временной области. Экспоненциальное усреднение.

3.4 Темы лабораторных работ

– Передаточная функция дискретной системы. Импульсная характеристика дискретной системы. Структурные схемы дискретных систем. Устойчивость дискретных систем.

– Проектирование КИХ-фильтра

– Проектирование БИХ-фильтра

– Представление действительных сигналов с помощью комплексных фазоров. Отрицательные частоты. Квадратурные сигналы в частотной области. Полосовые квадратурные сигналы в частотной области. Комплексное понижающее преобразование.

– Проектирование дискретного преобразования Гильберта. Преобразование Гильберта во временной области: реализация в виде КИХ-фильтра. Преобразование Гильберта в частотной области. Генерация аналитического сигнала во временной области. Сравнение методов генерации аналитических сигналов.

– Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов.

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Смит, С. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников. [Электронный ресурс] : Учебники — Электрон. дан. — М. : ДМК Пресс, 2011. — 720 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/60986 — Загл. с экрана. [Электронный ресурс]. - http://e.lanbook.com/book/60986

Согласована на портале № 22331

4.2. Дополнительная литература

1. Цифровая обработка сигналов : Пер. с англ. / А. В. Оппенгейм, Р. В. Шафер ; пер. : С. А. Кулешов ; ред. пер. : А. С. Ненашев. - М. : Техносфера, 2006. - 855[1] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.)
2. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях [Электронный ресурс] : монография / М.А. Басараб [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2007. — 544 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/59487. — Загл. с экрана. [Электронный ресурс]. - https://e.lanbook.com/book/76274

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Цифровая обработка сигналов: Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» (5 семестр) специальности «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (код 210700.62) / Гельцер А. А., Абенов Р. Р., Рогожников Е. В. - 2013. 25 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3464, свободный.
2. Цифровая обработка сигналов. Часть 1: Методические указания по проведению практических занятий и организации самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 210700.62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» / Абенов Р. Р. - 2014. 53 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3748, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Смит, С. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников. [Электронный ресурс] : Учебники — Электрон. дан. — М. : ДМК Пресс, 2011. — 720 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/60986 — Загл. с экрана.

Согласована на портале № 22331