

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научно-педагогической работе

(подпись)

И.О. Фамилия

« 03 » 07 20 17 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Цифровая обработка сигналов»

(наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление (специальность)
подготовки:

11.03.01 «Радиотехника»

(код и наименование направления / специальности)

Направленность:

Радиотехника

(наименование профиля / магистерской программы / специализации)

Уровень образования:

бакалавриат

(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Форма обучения:

очная

(очная, заочная, очно-заочная)

Семестры	7	8
Общая трудоёмкость в з.е./часах	3,0/108	2,5/90
Аудиторные занятия (час.), в том числе	51	32
Лекции (час.)	34	16
Практические (семинарские) занятия (час.)	-	-
Лабораторные работы (час.)	17	16
Самостоятельная работа (час.), в том числе	39	22
Курсовой проект/работа (сем/кол.)	-	-
Индивидуальное задание (сем/кол.)	-	-
Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачёт):	Экзамен	Экзамен

Донецк, 2017 г.

Рабочая программа дисциплины «Цифровая обработка сигналов» составлена в соответствии с учебным планом по направлению подготовки 11.03.01 – «Радиотехника» для 2017 года приёма.

Составитель: Оводенко А.В., к.т.н., доцент кафедры радиотехники и защиты информации

Рабочая программа **рассмотрена и утверждена** на заседании кафедры радиотехники и защиты информации.

Протокол от « 04 » 06 20 17 года № 10

Заведующий кафедрой _____ (Паслен В.В.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **согласована с выпускающей кафедрой** радиотехники и защиты информации.

Протокол от « 16 » 06 20 17 года № 10

Заведующий кафедрой _____ (Паслен В.В.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ДонНТУ по направлению подготовки 11.03.01 – «Радиотехника»

Протокол от « 30 » 09 20 17 года № 11

Председатель _____ (Паслен В.В.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20 18 года приёма на заседании кафедры радиотехники и защиты информации.

Протокол от « 31 » 08 20 18 года № 1

Заведующий кафедрой _____ (Паслен В.В.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Согласовано с выпускающей кафедрой радиотехники и защиты информации.

Заведующий кафедрой _____ (Паслен В.В.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20 19 года приёма на заседании кафедры радиотехники и защиты информации.

Протокол от « 28 » 08 20 19 года № 1

Заведующий кафедрой _____ (Паслен В.В.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Согласовано с выпускающей кафедрой радиотехники и защиты информации.

Заведующий кафедрой _____ (Паслен В.В.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20 ____ года приёма на заседании кафедры радиотехники и защиты информации.

Протокол от « ____ » ____ 20 ____ года № ____

Заведующий кафедрой _____ (Паслен В.В.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Согласовано с выпускающей кафедрой радиотехники и защиты информации.

Заведующий кафедрой _____ (Паслен В.В.)
(подпись) (Ф.И.О.)

1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью преподавания дисциплины является углубленная теоретическая и практическая подготовка студентов по основным направлениям цифровой обработки сигналов (ЦОС): цифровой фильтрации, спектрально-корреляционному анализу и оценки параметров, многомерной и адаптивной обработки, алгоритмическому обеспечению.

В результате освоения дисциплины студент должен:

- знать: принципы и особенности дискретизации сигналов в радиоэлектронных системах; преобразования сигналов при цифровой обработке и связанные с ними искажения и погрешности; алгоритмы цифровой фильтрации, спектрального анализа и оценки параметров сигнала; методы синтеза систем цифровой обработки сигналов и оценки эффективности их работы; основные применения ЦОС.

- уметь: обоснованно оценить необходимые параметры дискретизации и квантования; выбирать наиболее эффективный алгоритм обработки; выполнять синтез цифрового фильтра; вычислять основные преобразование и базовые модели системы ЦОС; моделировать алгоритмы обработки на ЭВМ в средах общего и специализированного математического программного обеспечения (MathCAD, MatLAB, Maple и др.); оценить сложность реализации алгоритмов обработки на современной элементной базе.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций: ОК-7, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6, ОПК-7, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-17, ПК-18, ПК-19, ПК-20.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к циклу профессиональной подготовки вариативной части учебного плана (по выбору студента).

Дисциплина базируется на знаниях и умениях, обеспечивающих базовую теоретическую и инженерную подготовку. Фундаментальной основой для изучения дисциплины являются знания, полученные на дисциплинах «Высшая математика», «Теория вероятности и математическая статистика», «Цифровые устройства», «Сигналы и процессы в радиотехнике».

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при выполнении курсовых работ (проектов) по всем дисциплинам профессиональной и практической подготовки и дипломном проектировании.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов			
	всего	в том числе		
		лекции	лабор.	СРС
7-й семестр				
Тема 1. Введение. Дискретизация и квантование сигналов	4	2		2
Тема 2. Математические модели дискретной и цифровой систем обработки сигналов	14	4	4	6
Тема 3. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ)	8	2	2	4
Тема 4. Быстрое преобразование Фурье (БПФ)	14	4	4	6
Тема 5 Дискретные преобразования в поле вещественных чисел	4	2		2
Тема 6. Дискретные преобразования в поле целых чисел	4	2		2
Тема 7. Обобщенные ортогональные преобразования цифровых сигналов	4	2		2
Тема 8. Дискретная свертка и корреляция	8	4		4

Тема 9. Описание цифровых фильтров с помощью аппарата разностных уравнений и дискретной свертки	12	4	4	4
Тема 10. Типовые и специализированные цифровые фильтры	8	2	3	3
Тема 11. Непараметрические методы спектрального и корреляционного анализа	3	2		1
Тема 12. Параметрические методы спектрального анализа, основанные на моделях исследуемых процессов	7	4		3
Итого по 7-му семестру	90	34	17	39
Тема 13. Фильтры оптимальной обработки цифровых сигналов	9	6		3
Тема 14. Применение цифровой обработки сигналов в задачах радиолокации и навигации	16	4	4	8
Тема 15. Цифровая спектрально-корреляционная обработка сложных сигналов	16	4	4	8
Тема 16. Адаптивная цифровая фильтрация сигналов	9	2	4	3
Итого по 8-му семестру	54	16	16	22
Всего:	144	50	33	61

3.2. Лекции

Тема 1. Введение. Дискретизация и квантование сигналов - 2 часа

Содержание темы 1: Задачи цифровой обработки в радиоэлектронных системах. Области применения и возможности ЦОС. Общая структура системы цифровой обработки сигналов. Математические модели дискретных сигналов (Дискретизация видео- и радиосигналов. Дискретное представление сигналов в виде функционального ряда. Условия выбора частоты дискретизации). Квантование сигнала (Эффекты и шумы квантования. Стохастическая модель аналого-цифрового преобразования. Условия математической адекватности цифрового и дискретного сигналов. Алгебраическая структура цифровых сигналов и систем).

Литература к теме 1: [1]

Тема 2 Математические модели дискретной и цифровой систем обработки сигналов – 4 ч

Содержание темы 2: Методы и модели ЦОС. Разностные уравнения и метод пространства состояний. Оператор сдвига. Z- преобразование и преобразование Фурье дискретных сигналов. Спектры дискретных сигналов. Понятие цифрового фильтра. Технические показатели эффективности ЦОС. Точность и вычислительная сложность обработки сигналов

Литература к теме 2: [1]

Тема 3. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) - 2 часа

Содержание темы 3: Обработка сигналов с помощью дискретных ортогональных преобразований (ДПФ). Система дискретных экспоненциальных функций (ДЭФ) и обработка сигналов в поле комплексных чисел. Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Прямое и обратное преобразования. Двухмерное ДПФ. Вычислительная сложность и точность ДПФ

Литература к теме 3: [2,3]

Тема 4. Быстрое преобразование Фурье (БПФ) - 4 часа

Содержание темы 4: Определение быстрого преобразования Фурье (БПФ). Классификация алгоритмов БПФ. Алгоритмы БПФ с прореживанием во времени и частоте. БПФ по смешанному основанию. Алгоритм БПФ в системе остаточных классов. Дуальность усеченного ДПФ и свертки. Сверточные и полиномиальные алгоритмы вычисления ДПФ. Вычисление БПФ с помощью ЛЧМ-Z-преобразования. Оценка вычислительной сложности и точности БПФ.

Литература к теме 4: [2,3]

Тема 5. Дискретные преобразования в поле вещественных чисел - 2 часа

Содержание темы 5: Функции и дискретное преобразование Уолша-Адамара, их свойства и применение при цифровой обработке сигналов в поле вещественных чисел. Быстрое преобразование Уолша (БПУ). Оценка вычислительной сложности и точности.

Литература к теме 5: [3]

Тема 6. Дискретные преобразования в поле целых чисел

- 2 часа

Содержание темы 6: Теоретико-числовые преобразования (ТЧП). Повышение точности вычислений с помощью теоретико-числовых преобразований сигналов в поле целых чисел. Прямые и обратные ТЧП, условия их существования. ТЧП Мерсенна и быстрое ТЧП Ферма. Оценка вычислительной сложности.

Литература к теме 6: [1, 5, 12]

Тема 7. Обобщенные ортогональные преобразования цифровых сигналов

- 2 часа

Содержание темы 7: Понятие обобщенного базиса. Характеры. Оператор циклического, диадного и обобщенного группового сдвига. Обобщенное преобразование Фурье. Классификация основных Фурье-подобных преобразований. Понятие о преобразовании Понтрягина-Виленькина. Преобразование спектров цифровых сигналов.

Литература к теме 7: [6]

Тема 8. Дискретная свертка и корреляция

- 4 часа

Содержание темы 8: **Дискретная свертка.** Задача вычисления свертки и корреляции в цифровой обработке сигналов. Разновидности сверток: циклическая, линейная, диадная и свертка относительно обобщенного группового сдвига. Матричное и полиномиальное описание процесса вычисления свертки. Теплицевы и ганкелевы матрицы сдвигов, их свойства. Связь структур линейной и циклической свертки. **Методы вычисления сверток.** Алгоритмы матричного, полиномиального вычисления. Вычисление циклической свертки с помощью быстрых ортогональных преобразований. Вычисление части линейной свертки и секционирование: методы перекрытия с накоплением и перекрытия с суммированием. **Автокорреляция и взаимная корреляция.** Периодические и аperiodические решетчатые (дискретные) корреляционные функции. Алгоритмы вычислений дискретных корреляционных функций и функции неопределенности цифровых сигналов.

Литература к теме 8: [6]

Тема 9. Описание цифровых фильтров с помощью аппарата разностных уравнений и дискретной свертки

- 4 часа

Содержание темы 9: Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры, их основные характеристики и параметры. Передаточные функции и частотные характеристики фильтров. Нерекурсивные цифровые фильтры с линейной ФЧХ. Минимально-фазовые нерекурсивные фильтры. Неминимально-фазовые фильтры. Формы реализации цифровых фильтров.

Литература к теме 9: [6]

Тема 10. Типовые и специализированные цифровые фильтры

- 2 часа

Содержание темы 10: Типовые цифровые фильтры (полосовые, квадратурные фильтры). Методы синтеза. Критерии, формулировка и методы решения задач аппроксимации. Методы оценки и обеспечения точности цифровых фильтров. Масштабирование сигналов в цифровых фильтрах). Цифровые фильтры со специальными характеристиками (дифференцирующие, интегрирующие и гребенчатые цифровые фильтры. Децимирующий и интерполирующий цифровые фильтры, понятие многоскоростной фильтрации_.

Литература к теме 10: [6]

Тема 11. Непараметрические методы спектрального и корреляционного анализа - 2 часа

Содержание темы 11: **Задачи и методы спектрального анализа детерминированных дискретных сигналов.** Параметры анализаторов спектра. Базовая структура анализатора спектра на основе ДПФ и БПФ. Частотная характеристика анализатора спектра на основе ДПФ. Особенности гармонического анализа сигналов. Роль параметров и весовых функций, используемых при спектральном анализе. **Спектральный анализ нестационарных сигналов.** Недостатки ДПФ при обработки нестационарных сигналов. Понятие о частотно-временных преобразованиях. Применение текущего (короткого), весового ДПФ. Преобразование Габора. Фрактальные процессы. Дискретные Вейвлет-преобразования. Быстрое преобразование Хаара. **Спектрально-корреляционный анализ дискретных случайных сигналов.** Статистические оценки автокорреляции и взаимной корреляции дискретных случайных сигналов. Коррелограммные и периодограммные оценки спектральной плотности мощности и взаимной спек-

тральной плотности мощности дискретных случайных сигналов. Вычисление автокорреляционной и взаимокорреляционной функций дискретных сигналов с помощью ДПФ (БПФ).

Литература к теме 11: [2, 3, 6]

Тема 12. Параметрические методы спектрального анализа, основанные на моделях исследуемых процессов - 4 часа

Содержание темы 12: Модели авторегрессии. Цифровые авторегрессионные фильтры и их характеристики. Методы и алгоритмы проекционной обработки сигналов: максимальной энтропии, метод Писаренко и сингулярного разложения.

Литература к теме 12: [2, 3, 6]

Тема 13. Фильтры оптимальной обработки цифровых сигналов - 6 часов

Содержание темы 13: **Понятие статистически оптимального оценивания и воспроизведения сигналов.** Линейные операторы и системы оптимального оценивания. Преобразование Карунена-Лоэва (ПКЛ). Дискретные операторы оценивания в базисе Чебышева и Фурье. Применение дискретного косинусного преобразования в системах оценки параметров. **Цифровые оптимальные оцениватели.** Цифровой фильтр Винера. Оптимальный рекурсивный фильтр Калмана.

Литература к теме 13: [2, 3, 6]

Тема 14. Применение цифровой обработки сигналов в задачах радиолокации и навигации - 4 часа

Содержание темы 14: Цифровая обработка сигналов в антенных фазированных решетках с помощью алгоритмов спектрального анализа и цифровой фильтрации. Цифровой согласованный фильтр на основе алгоритмов быстрых преобразований сигнала. Цифровой обнаружитель узкополосных сигналов. Обнаружители сигналов в условиях априорной неопределенности. Цифровая обработка сигналов в системах селекции движущихся целей. Цифровые фильтры сглаживания и рекуррентного оценивания траекторий. Пример цифровой пространственно-доплеровской обработки в когерентно-импульсной радиолокационной станции.

Литература к теме 14: [2, 3, 6]

Тема 15. Цифровая спектрально-корреляционная обработка сложных сигналов - 4 часа

Содержание темы 15: Назначение сложных сигналов в радиотехнических системах. Задачи обработки сложных радиосигналов в различных условиях приема. Структура цифрового многоканального приемника сложных сигналов. Применение быстрых ортогональных преобразований для решения задач обнаружения, оценки параметров, согласованной фильтрации и многоканальной корреляционной обработки сложных сигналов. Согласование базиса ортогонального преобразования с кодовой структурой сигнала. Примеры цифровой обработки сложных сигналов в системах спутниковой навигационной ГЛОНАСС, Navstar, сотовой сети стандарта CDMA.

Литература к теме 15: [6, 8]

Тема 16. Адаптивная цифровая фильтрация сигналов - 2 часа

Содержание темы 16: Определение и назначение адаптивной обработки сигналов. Адаптивные алгоритмы для фильтров с конечной импульсной характеристикой: Винера, градиентный, по методу наименьших квадратов. Адаптивный фильтр как линейное предсказывающее устройство. Адаптивная фильтрация в частотной области. Цифровые адаптивные фильтры, использующие быстрые ортогональные преобразования. Перестраиваемые цифровые фильтры. Пример адаптивного цифрового фильтра совместной пространственно-доплеровской обработки с управлением от цифровых карт.

Литература к теме 16: [6]

3.3 Лабораторные работы

№ п/п	Название работы	Объем, час.
7-й семестр		
1	Компьютерное моделирование дискретных сигналов	4
2	Компьютерное моделирование линейных дискретных систем	2

3	Синтез и анализ оптимальных (по Чебышеву) КИХ-фильтров средствами компьютерного моделирования	4
4	Теоретико - числовые преобразования сигналов.	3
5	Синтез и анализ БИХ-фильтров методом билинейного Z-преобразования средствами компьютерного моделирования	4
Итого по 7-му семестру:		17
8-й семестр		
7	Компьютерное моделирование структур КИХ-фильтров с ФТ	4
8	Компьютерное моделирование структур БИХ-фильтров с ФТ	4
9	Вычисление ДПФ с помощью БПФ средствами компьютерного моделирования	4
10	Синтез и анализ БИХ-фильтров методом билинейного Z-преобразования средствами компьютерного моделирования	4
Итого по 8-му семестру:		16
Всего по дисциплине		33

3.4 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час.
1	Изучение лекционного материала	25
2	Подготовка к лабораторным работам	36
Итого:		61

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе изучения дисциплины “Цифровая обработка сигналов” применяются следующие виды контроля:

1. Текущее тестирование или контрольный опрос по всем темам программы во время лекционных, практических и лабораторных занятий

2. Оценка качества и своевременность выполнения СРС, относящейся к соответствующей теме. Учитывается качество и своевременность выполнения соответствующей лабораторной работы.

3. Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового экзамена в соответствии с «Положением об организации учебного процесса в Донецком национальном техническом университете (новая редакция)», утвержденном приказом ДонНТУ №1006-14 от 01.12.2016 г. в соответствии с графиком учебного процесса.

Для определения уровня знаний студентов преподаватель руководствуется критериями оценки знаний, являющимися составляющей учебно-методического комплекса дисциплины.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

основная литература:

1. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. — М.: Техносфера, 2006.
2. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. 2-е изд. — СПб.: ПИТЕР, 2006.
3. Солонина А. И., Улахович Д. А., Арбузов С. М., Соловьева Е. Б. Основы цифровой обработки сигналов. 2-е изд. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
4. Солонина А. И., Арбузов С. М. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в MATLAB. — СПб.: БХВ-Петербург, 2008.
5. Федоров, Е.Е. Методы и средства обработки акустических сигналов / Е. Е. Федоров, В. А. Хорошко, Н. И. Чичикало; Е.Е. Федоров, В.А. Хорошко, Н.И. Чичикало ; ГВУЗ "ДонНТУ". - Донецк : Вебер, Донецк. отд-ние, 2009. - 424с. -1 экз.
6. Грешилов, А.А. Некорректные задачи цифровой обработки информации и сигналов / А. А. Грешилов ; А.А. Грешилов. - М.: Логос, 2009. - 360с. – 1 экз.

7. Бойт, К. Цифровая электроника / К. Бойт ; К. Бойт ; пер. с англ. М.М. Ташлицкого. - М. : Техносфера, 2007. - 472с. -1 экз.
8. Глинченко, А.С. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] / А.С. Глинченко. - Красноярск: Изд-во КГТУ. - 2008. - 199 с. – 3,07 Мб. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader

дополнительная литература:

9. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов. — М.—СПб.—Киев: Вильямс, 2004.
10. Гольденберг Л. М., Матюшкин Б. Д., Поляк М. Н. Цифровая обработка сигналов. Справочник. — М.: Радио и связь, 1985.
11. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов. — М.: Бином, 2006.
12. Марпл С. Л. (мл.). Цифровой спектральный анализ и его приложения / Пер. с англ. — М.: Мир, 1990.
13. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов по дисциплине цикла "Цифровая обработка сигналов" = Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів з навчальної дисципліни циклу "Цифрове оброблення сигналів" [Электронный ресурс] : галузь знань: 0509 Радіотехніка, радіоелектронні апарати та зв'язок : напрям підготовки: 6.050901 Радіотехніка / Державний вищий навчальний заклад "Донецький національний технічний університет", Факультет радіотехніки та спеціальної підготовки ; ДВНЗ "ДонНТУ", Фак. радіотехніки і спец. підготовки, Каф. радіотехніки та захисту інформації ; уклад. О.В. Оводенко. - 87 Мб. - Донецьк : ДВНЗ "ДонНТУ", 2013. - 1 файл. - Систем. вимоги: Acrobat

периодические издания

14. Математическое моделирование
15. Искусственный интеллект
16. Chip news инженерная микроэлектроника
17. Электронное
18. Интернет-журнал «Радиоежегодник» <http://www.rlocman.ru/radioyearbook/>

6 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные занятия:

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук);
- комплект электронных презентаций;

Лабораторные работы:

- ПК с предустановленным программным обеспечением MATLAB, SystemVIEW.

Составитель рабочей программы: _____ А.В.Оводенко
(подпись)