

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Факультет физико-технический
Кафедра радиофизики и инфокоммуникационных технологий



УТВЕРЖДАЮ
проректор

«29» марта 2024 г.
МП

П.А. Машаров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ»

У крупненная группа направлений подготовки	03.00.00 Физика и астрономия
Программа высшего образования	Программа бакалавриат
Направление подготовки	03.03.03 Радиофизика
Профиль подготовки	Радиофизика
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	очная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «**Цифровая обработка сигналов**» для обучающихся по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика (Профиль: Радиофизика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 7 августа 2020 г. № 912 (с изм. и доп.). Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчик:

Доцент
кафедры радиофизики
и инфокоммуникационных технологий

 И.И. Худяков

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий
Протокол от 26.03.2024 г. № 16

Заведующий кафедрой

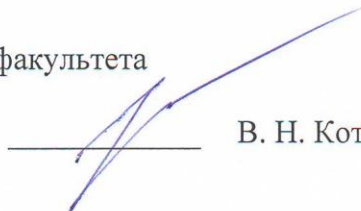
 В.В. Данилов

СОГЛАСОВАНО:


И.о. декана физико-технического факультета
28.03.2024 г.

 С.А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета
Протокол от 27.03.2024 г. № 2
Председатель

 В. Н. Котенко

Руководитель основной профессиональной образовательной программы
д-р тех. наук, проф.
26.03.2024 г.

 В.В. Данилов

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

базовая подготовка по математике в объеме программы средней школы;

дисциплины программы бакалавриата: Основы теории сигналов и процессов, Электроника и схемотехника, История и философия науки.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Мобильные системы связи, Математические методы в радиофизике, Знания и умения, полученные в ходе изучения дисциплины используются при написании квалификационной работы.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	03.03.03 Радиофизика (Программа бакалавриата: Радиофизика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ОД.17 Цифровая обработка сигналов
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор вуза
Количество зачетных единиц / всего часов	3 / 108

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная, всего	4	7	34	17	-	57	108	зачет

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение студентами современных методов обработки одномерных и многомерных сигналов при ее реализации с помощью цифровых процессоров с учетом особенностей обработки сигналов в радиотехнических системах и устройствах на основе;

- математических методов и алгоритмов, применяемых в цифровых системах обработки сигналов,

- ознакомления со средствами реализации алгоритмов ЦОС.

4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

4.1. Компетенции

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
-------------	------------	---------------------

ПК-1. Обладает достаточными знаниями в области математических и физических наук, основ цифровой техники и информационных технологий, необходимыми при проведении научно-исследовательских работ и по профилю подготовки.	ПК-1.3. Обладает достаточными знаниями основ цифровой техники и информационных технологий, необходимыми при проведении научно-исследовательских работ по профилю подготовки.	<p>ПК-1.3.1. Способен использовать знания способов преобразования сигналов в профессиональной деятельности.</p> <p>ПК-1.3.2. Может выявлять и анализировать преимущества и недостатки вариантов предлагаемых решений, оценивает риски.</p> <p>ПК-1.3.3. Может разработать методику получения и обработки сигналов.</p> <p>ПК-1.3.4. Может разработать методику определения характеристик контролируемых сигналов.</p> <p>ПК-1.3.5. Может проводить сбор исходных данных, необходимых для разработки систем защиты.</p>
--	--	--

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
1. Виды сигналов. Основные параметры сигналов.	<p>1.1. Источники сигналов.</p> <p>1.2. Основные характеристики аналоговых сигналов.</p> <p>1.3. Регистрация сигналов.</p> <p>1.4. Преобразование сигналов в цифровую форму.</p> <p>1.5. Операции с цифровыми сигналами.</p>
2. Цифровые фильтры. Весовые функции	<p>2.1. Общие понятия.</p> <p>2.2. Функция отклика.</p> <p>2.3. Передаточные функции фильтров.</p> <p>2.4. Частотные характеристики фильтров.</p> <p>2.5. Фильтрация случайных сигналов.</p> <p>2.6. Структурные схемы.</p> <p>2.7. Схемы реализации фильтров.</p> <p>2.8. Расчет фильтра по частотной характеристике</p> <p>2.9. Явление Гиббса. Параметры эффекта.</p> <p>2.10. Весовые функции. Основные весовые функции.</p>
3. Частотные фильтры. Рекурсивные фильтры	<p>3.1. Типы фильтров. Методика расчетов.</p> <p>3.2. Идеальные частотные фильтры.</p> <p>3.3. Применение весовых функций. Весовая функция Кайзера.</p> <p>3.4. Дифференцирующие цифровые фильтры.</p> <p>3.5. Передаточная функция.</p> <p>3.6. Принцип синтеза фильтров.</p> <p>3.7. Принципы рекурсивной фильтрации. Конструкция РЦФ.</p> <p>3.8. Режекторные и селекторные фильтры.</p> <p>3.9. Принцип преобразования. Деформация частотной шкалы.</p>
4. Рекурсивные частотные фильтры	<p>4.1. Низкочастотный фильтр Баттеруорта.</p> <p>4.2. Высокочастотный фильтр Баттеруорта.</p> <p>4.3. Полосовой фильтр Баттеруорта.</p> <p>4.4. Фильтры Чебышева</p>
5. Деконволюция сигналов	<p>5.1. Определение деконволюции. Особенности деконволюции.</p> <p>5.2. Устойчивость фильтров деконволюции</p> <p>5.3. Оптимальные фильтры деконволюции.</p>

	5.4. Принцип оптимизации. Фильтры неполной деконволюции
6. Случайные процессы и сигналы.	6.1. События и явления. Классификация случайных событий. 6.2. Сумма событий. Произведение событий. 6.3. Полная группа событий. Сложные события. 6.4. Вероятности случайных событий. Частотное определение. 6.5. Определение на основе меры. Основные положения теории вероятностей. 6.6. Сложение вероятностей. Условная вероятность. 6.7. Умножение вероятностей. Независимость событий
7. Случайные процессы и сигналы	7.1. Случайный процесс. Функции математического ожидания и дисперсии. 7.2. Корреляционная функция. Ковариационные функции. 7.3. Свойства функций автоковариации и автокорреляции. 7.4. Взаимные моменты случайных процессов. Классификация случайных процессов. 7.5. Функции спектральной плотности. Спектр функций случайных процессов. 7.6. Преобразования случайных функций. 7.7. Преобразования стационарных случайных функций. 7.8. Модели случайных сигналов и помех.
8 Оптимальные линейные фильтры	8.1. Система линейных уравнений фильтра. 8.2. Частотная характеристика фильтра. Эффективность фильтра. Оптимальные фильтры сжатия сигналов. 8.3. Частотная характеристика. 8.4. Условие оптимальности. Фильтр прогнозирования. Фильтр обнаружения сигналов 8.5. Согласованный фильтр. Обратный фильтр. 8.6. Энергетический фильтр. Критерий оптимальности.
9. Адаптивная фильтрация данных	9.1. Статистическая регуляризация данных. Проверка теоретических положений метода. Оценка СРД. 9.2. Результаты моделирования. 9.3. Статистическая группировка полезной информации. 9.4. Сущность аппаратной реализации.
10. Аппроксимация сигналов и функций	10.1. Приближение сигналов рядами Тейлора. 10.2. Интерполяция и экстраполяция сигналов. Спектральный метод интерполяции. 10.3. Спектр дискретного сигнала. 10.4. Методика аппроксимации эмпирических данных. Мера приближения. 10.5. Аппроксимирующая функция. Порядок модели. 10.6. Оценка качества приближения.
11. Преобразование Фурье. Общий принцип.	11.1. Функция Фурье для дискретного сигнала. 11.2. Свойства преобразования Фурье. 11.3. Прямое и обратное преобразование Фурье. 11.4. Параметры сигнала в преобразовании Фурье.
12. Функции оконного анализа	12.1 Принципы оконного анализа. 12.2. Частотно-временное оконное преобразование. 12.3. Функции оконного анализа в среде Mathcad.

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 7

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
1. Виды сигналов. Основные параметры сигналов.	3	1	-	5	9
2. Цифровые фильтры. Весовые функции	2	2	-	5	9
3. Частотные фильтры. Рекурсивные фильтры	3	2	-	4	9
4. Рекурсивные частотные фильтры	3	1	-	5	9
5. Деконволюция сигналов	3	1	-	5	9
6. Случайные процессы и сигналы.	3	1	-	5	9
7. Случайные процессы и сигналы	3	1	-	5	9
8 Оптимальные линейные фильтры	3	1	-	5	9
9. Адаптивная фильтрация данных	3	2	-	4	9
10. Аппроксимация сигналов и функций	3	2	-	4	9
11. Преобразование Фурье. Общий принцип.	2	2	-	5	9
12. Функции оконного анализа	3	1	-	5	9
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	34	17	-	57	108

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

1. Цифровые фильтры. Функция отклика.
2. Передаточные функции фильтров. Устойчивость фильтров.
3. Частотные характеристики фильтров. Основные свойства.
4. Фильтрация случайных сигналов. Дисперсия выходного сигнала.
5. Структурные схемы цифровых фильтров. Схемы реализации фильтров.
6. Сглаживающие фильтры и фильтры аппроксимации.
7. Разностные операторы. Восстановление данных. Аппроксимация производных.
8. Интегрирование данных.
9. Расчет фильтра по частотной характеристике
10. Весовые функции. Последствия для практики. Основные весовые функции.
11. Частотные фильтры. Типы фильтров. Методика расчетов.
12. Дифференцирующие цифровые фильтры. Передаточная функция.
13. Гладкие частотные фильтры. Принцип синтеза фильтров.
14. Рекурсивные фильтры-Принципы рекурсивной фильтрации. Конструкция РЦФ.
15. Принцип преобразования. Деформация частотной шкалы. Типы рекурсивных частотных фильтров. Передаточная функция. Виды фильтров.
16. Рекурсивные частотные фильтры. Низкочастотный фильтр Баттеруорта.
17. Высокочастотный фильтр Баттеруорта
18. Полосовой фильтр Баттеруорта.
19. Фильтры Чебышева.
20. Деконволюция сигналов
21. Оптимальные фильтры деконволюции
22. Рекурсивная деконволюция. Фильтры неполной деконволюции.
23. Классификация случайных событий. Сумма событий. Произведение событий. Полная группа событий. Сложные события.

24. Вероятности случайных событий
25. Формула полной вероятности
26. Функции от случайной величины.
27. Функция распределения вероятностей системы
28. Сумма и разность случайных величин.
29. Случайные процессы и сигналы Случайный процесс.
30. Свойства функций автоковариации и автокорреляции. Взаимные моменты случайных процессов. Классификация случайных процессов.
31. Функции спектральной плотности. Каноническое разложение случайных функций. Комплексные случайные функции. Финитное преобразование Фурье.
32. Спектр функций случайных процессов. Взаимные спектральные функции.
33. Преобразования случайных функций. Системы преобразования случайных функций. Математическое ожидание выходного сигнала.
34. Спектральные соотношения. Дисперсия выходного сигнала.
35. Преобразования стационарных случайных функций.
36. Модели случайных сигналов и помех. Телеграфный сигнал. Белый шум. Гауссовский шум. Гауссовские случайные процессы.
37. Белый шум. Фильтрация белого шума.
38. Критерии построения оптимальных фильтров
39. Амплитудное отношение сигнал/шум. Энергетическое отношение сигнал/шум
40. Условие оптимальности фильтра
41. Частотная характеристика фильтра.
42. Эффективность фильтра.
43. Оптимальные фильтры сжатия сигналов.
44. Фильтр обнаружения сигналов. Частотная характеристика. Система линейных уравнений.
45. Эффективность фильтра. Согласованный фильтр. Обратный фильтр.
46. Энергетический фильтр. Критерий оптимальности. Расчет векторов операторов фильтров.
47. Адаптивная фильтрация данных
48. Статистическая группировка полезной информации. Сущность аппаратной реализации
49. Приближение сигналов рядами Тейлора.
50. Интерполяция и экстраполяция сигналов.
51. Сплайновая интерполяция.
52. Спектральный метод интерполяции.
53. Методика аппроксимации эмпирических данных.
54. Регрессия -Реализация в Mathcad.
55. Преобразование Фурье
56. Кратковременное преобразование Фурье. Общий принцип. Частотно-временное оконное преобразование.
57. Функции оконного анализа в среде Mathcad.

7.2. Темы докладов

1. Использование источников регистрации сигналов.
2. Методика получения аналогового сигнала.
3. Организация преобразования аналогового сигнала в цифровой.
4. Анализ процесса преобразования аналогового сигнала в цифровой.
5. Анализ аудио- сигнала.
6. Регистрация и анализ радиосигнала.

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

8.1. Семестр 1

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-12	Контрольная работа	20
	Лабораторные работы	70
	Проверка конспектов	10
ИТОГО		100
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
 - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа;
 - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
 - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - в печатной форме увеличенным шрифтом;
 - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в корпусе №4 ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения лекционных и лабораторных занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете Главного корпуса (ауд.405).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

11.1. Основная литература

1. Давыдов А.В. ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ, ЕКАТЕРИНБУРГ, 2005
2. Гольденберг Л.М. и др. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1990. - 256 с
3. Хемминг Р.В. Цифровые фильтры. – М.: Недра, 1987. – 221 с.
4. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: В 2-х томах. - М.: Мир, 1983.
5. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 1988. - 448 с.

6. Севостьянов Б.А. Курс теории вероятностей и математической статистики. - М, Наука, 1982. - 256 с.
7. Вероятностные методы в вычислительной технике: Учебное пособие для вузов. / А.В.Крайников и др. - М.: Высшая школа, 1986. - 312 с.
8. Игнатов В.А. Теория информации и передачи сигналов. - М.: Советское радио, 1979.
9. Адаптивные фильтры. /Под ред. К.Ф.Н.Коуэна и П.М.Гранта. – М.: Мир, 1988, 392 с
10. Корн Г., Корн Е. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1984.
11. Дьяконов В., Абраменкова И. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002, 608 с.

11.2. Дополнительная литература

1. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. – М.: Мир, 1989. 540 с.
2. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. – М.: СОЛОН-Р, 2002. – 448 с.
3. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: В 2-х томах. - М.:Мир, 1983.
4. Гурский Е.И. Теория вероятностей с элементами математической статистики: Учебное пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 1971.- 328 с.
5. Канасевич Э.Р. Анализ временных последовательностей в геофизике. - М.: Недра, 1985.- 300 с.

12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. Научная электронная библиотека elibrary.ru : информ.-аналит. портал / ООО Научная электронная библиотека. – Москва : ООО Науч. электрон. б-ка, сор. 2000–2022. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.01.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.
2. Электронный каталог Научной библиотеки Донецкого государственного университета. – Донецк : НБ ДонГУ, 1999– . – URL: <http://catalog.donnu.education> (дата обращения: 01.01.2023). – Текст : электронный;
3. Учебники и другие книги по математике URL: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics.htm> (дата обращения: 31.03.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный
4. Интернет-библиотека Виталия Арнольда URL: <http://ilib.mccme.ru/> (дата обращения: 31.03.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный;
5. Техническая библиотека URL: <http://techlibrary.ru/> (дата обращения: 31.03.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный;
6. Научные журналы ФГБОУ ВО «ДонГУ» URL: <http://donnu.ru/science/journals> (дата обращения: 31.03.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.

13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).