

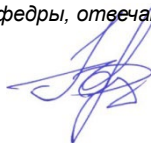
МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

информационных систем

наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины



Борисов Д.Н.

подпись, расшифровка подписи

05.03.2025

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.01.04.02 Обработка сигналов и изображений в цифровых системах

1. Код и наименование направления подготовки:

09.03.02 Информационные системы и технологии

2. Профиль подготовки: Инженерия информационных систем и технологий

3. Квалификация выпускника: Бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: Информационных систем

6. Составители программы: Борисов Д.Н., кандидат технических наук, доцент (borisov@cs.vsu.ru)

7. Рекомендована: НМС факультета компьютерных наук, протокол № 5 от 05.03.2025 г.

8. Учебный год: 2028/2029

Семестр(ы): 7

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Дисциплина знакомит студентов с основами теоретических положений цифровых методов обработки сигналов и изображений в цифровых системах. В ней рассматриваются методы формирования и описания дискретных и цифровых одномерных и двумерных сигналов (изображений), программные и аппаратные способы их обработки, способы описания мощности и энергии сигналов, базовые понятия корреляции и свертки, свойства преобразования Фурье, спектры тестовых сигналов, принципы дискретизации и восстановления сигналов, дискретные преобразования сигналов, базовые понятия систем для обработки сигналов, обработка двумерных сигналов (изображений).

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (вариативная) блока Б1. Для успешного освоения необходимо предварительное изучение следующих дисциплин: математический анализ; методы вычислений; введение в программирование.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения

Код и название компетенции	Код и название компетенции	Знания, умения, навыки
ПК-4 Обеспечение работы технических и программных средств информационно-коммуникационных систем	ПК-4.1 Использует оценку текущих требований к информационно-коммуникационной системе	Знать: алгоритмы оценки текущих требований к информационно-коммуникационной системе Уметь: использовать оценку текущих требований к информационно-коммуникационной системе Владеть: оценкой текущих требований к информационно-коммуникационной системе

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.

Форма промежуточной аттестации — Зачет с оценкой

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	5 семестр	Всего
Аудиторные занятия	50	50
Лекционные занятия	34	34
Практические занятия	0	0
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа	22	22
Часы на контроль	0	0
Всего	72	72

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Введение в теорию сигналов и систем	Понятие сигнала. Шумы и помехи. Размерность сигналов. Типы сигналов. Графическое отображение сигналов. Системы преобразования сигналов. Основные системные операции.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219
1.2	Метрология сигналов	Пространство сигналов. Координатный базис пространства. Понятия мощности и энергии сигналов. Ортогональные сигналы. Разложение сигнала в ряд Фурье. Ортонормированные системы функций. Разложение энергии сигнала.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219

1.3	Динамическое представление сигналов	Разложение сигналов по единичным импульсам. Единичные импульсы. Разложение сигнала. Импульсный отклик линейной системы. Свертка (конволюция). Интеграл Дюамеля.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219
1.4	Спектральное представление сигналов	Разложение сигналов по гармоническим функциям. Свойства преобразований Фурье: линейность, свойства четности, изменение масштаба аргумента функции, теорема запаздывания, преобразование производной, преобразование интеграла, преобразование свертки, преобразование произведения, умножение сигнала на гармоническую функцию, спектры мощности. Спектры некоторых сигналов: гребневая функция, функции Лапласа и Гаусса.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219
1.5	Дискретизация сигналов	Принципы дискретизации. Воспроизведение сигнала. Равномерная дискретизация. Спектр дискретного сигнала. Интерполяционный ряд Котельникова-Шеннона. Дискретизация с усреднением. Дискретизация спектров. Информационная тождественность динамической и спектральной формы сигнала. Дискретизация усеченных сигналов. Соотношение спектров одиночного и периодического сигналов. Дискретизация по критерию наибольшего отклонения. Адаптивная дискретизация. Квантование сигналов. Децимация и интерполяция данных	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219
1.6	Дискретные преобразования сигналов	Преобразование Фурье. Дискретные преобразования Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Преобразование Лапласа. Z - преобразование сигналов. Определение преобразования. Связь с преобразованиями Фурье и Лапласа. Свойства z-преобразования. Отображение z-преобразования. Аналитическая форма z-образов. Обратное z-преобразование. Дискретная конволюция (свертка). Уравнение дискретной свертки	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219
1.7	Энергетические спектры сигналов	Мощность и энергия сигналов. Энергетические спектры сигналов. Скалярное произведение сигналов. Взаимный энергетический спектр.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219
1.8	Корреляция сигналов	Автокорреляционные функции сигналов (АКФ): финитных сигналов, сигналов, неограниченных во времени, периодических сигналов, дискретных сигналов. Функции автоковариации. Взаимные корреляционные функции сигналов (ВКФ). Спектральные плотности корреляционных функций. Спектральная плотность АКФ. Интервал корреляции сигнала. Спектральная плотность ВКФ	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219
1.9	Стационарные линейные системы	Общие понятия систем. Линейные системы. Основные системные операции. Инвариантность систем к сдвигу. Математическая модель системы. Нерекурсивные цифровые системы. Рекурсивные цифровые системы. Стационарные и нестационарные системы. Импульсная характеристика системы. Импульсный отклик системы. Реакция системы на произвольный сигнал. Усиление постоянной составляющей сигнала. Усиление шумов. Определение импульсной реакции. Передаточные функции цифровых систем. Структурные схемы систем. Структурные схемы. Графы систем. Соединения систем. Схемы реализации систем. Обращенные	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219

		формы	
1.10	Двумерные сигналы (изображения)	Двумерные и многомерные сигналы. Двумерные системы. Импульсный отклик систем. Двумерная свертка. Частотные характеристики сигналов и систем. Частотный отклик системы. Импульсный отклик системы. Свойства двумерного преобразования Фурье. Дискретизация двумерных сигналов. Прямоугольный растр дискретизации. Дискретные преобразования Фурье. Интерполяционный ряд восстановления двумерного сигнала. Произвольный растр дискретизации. Интерполяция дискретных сигналов. Прямоугольный и гексагональный растры дискретизации. Частотный анализ двумерных сигналов.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219
2. Лабораторные работы			
2.1	Временной и спектральный анализ сигналов	Изучение временного представления и спектрального анализа сигналов	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219
2.2	Дискретное косинусное преобразование двумерных сигналов (изображений)	Изучение дискретного косинусного преобразования пространственных сигналов	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219
2.3	Расчет спектров тестовых сигналов	Изучение спектров тестовых сигналов: прямоугольный импульс; прямоугольный импульс, задержанный по времени; несимметричный треугольный импульс или пилообразный сигнал; симметричный треугольный импульс; односторонний экспоненциальный импульс; гауссовский импульс	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219
2.4	Гармонический анализ периодических сигналов	Определение коэффициентов ряда Фурье и построение аппроксимирующей функции для периодического сигнала, образованного из импульсов заданной формы	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219
2.5	Реализация быстрого преобразования Фурье	Изучение алгоритма быстрого преобразования Фурье для двумерных сигналов (изображений)	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение в теорию сигналов и систем	2	0	2	2	6
2	Метрология сигналов	3	0	0	2	5
3	Динамическое представление сигналов	3	0	2	2	7
4	Спектральное представление сигналов	4	0	2	2	8
5	Дискретизация сигналов	2	0	1	2	5
6	Дискретные преобразования сигналов	3	0	1	2	6
7	Энергетические спектры сигналов	3	0	1	2	6
8	Корреляция сигналов	3	0	2	2	7
9	Стационарные линейные системы	3	0	1	2	6
10	Двумерные сигналы (изображения)	8	0	4	4	16
	Итого	34	0	16	22	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов включает проработку материалов лекций, изучение рекомендованной литературы, подготовку к лабораторным работам и их защита, подготовку к устному опросу и экзамену.

Самостоятельная работа в аудитории выполняется под непосредственным руководством преподавателя. Во время самостоятельной работы студенты используют электронно-библиотечные системы, доступные на портале Зональной Библиотеки ВГУ по адресу www.lib.vsu.ru. Для повышения эффективности руководства при проведении лабораторных занятий, призванных обеспечить выборочное использование лекционного материала для более глубокого изучения отдельных разделов дисциплины при решении соответствующих практических задач.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Умняшкин С. В. Основы теории цифровой обработки сигналов: учебное пособие /С. В. Умняшкин. - Москва: Техносфера, 2019. - 550 с. - Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=597188
2	Пасечников, И. И. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / И. И. Пасечников. — Тамбов : ТГУ им. Г.Р.Державина, 2019. — 156 с. — ISBN 978-5-00078-261-3. — Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : https://reader.lanbook.com/book/137567#1

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Волощенко А. П. Моделирование и обработка сигналов для акустических приборов и систем: учебное пособие / А. П. Волощенко, П. Ю.Волощенко. - Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2020. - 135 с. - Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=612305
2	Майстренко В. А. Статистические методы решения задач приема и обработки сигналов в системах радиосвязи: учебное пособие / В. А. Майстренко. - Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2019. - 92 с. - Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=563032
3	Федосов В. П. Современные алгоритмы обработки пространственно-временных сигналов в сетях связи: учебное пособие / В. П. Федосов, В. В. Воронин, С. В. Кучерявенко [и др.]- Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2019. - 99 с. - Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=577755
4	Федосов В. П. Радиотехнические цепи и сигналы: учебное пособие / В. П. Федосов. - Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017. - 283 с. - Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=499606

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
1	www.lib.vsu.ru
2	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online», http://biblioclub.ru
3	Электронно-библиотечная система «Лань», https://reader.lanbook.com

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	ЭУМК. Электронный университет ВГУ. - Режим доступа : https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение)

1. Образовательный портал Moodle (сервер Moodle ВГУ), www.lib.vsu.ru

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Программа реализуется на основе материально-технической базы Воронежского государственного университета. Для реализации учебного процесса используется:

1. помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и доступом в электронную информационно-образовательную среду «Электронный университет ВГУ» (Moodle ВГУ);
2. лекционная аудитория, оснащенная мультимедиа проектором;
3. компьютерный класс для проведения лабораторных работ;
4. математическая среда MATLAB любой версии.

19. Оценочные материалы и критерии оценки текущей аттестации по курсу

Текущий контроль освоения программы осуществляется на основе результатов выполнения тестовых заданий и лабораторных работ, в том числе с применением дистанционных образовательных технологий (электронный курс на образовательном портале «Электронный университет ВГУ» edu.vsu.ru).

Лабораторные работы после выполнения оцениваются преподавателем, и выставляется оценка «зачтено» по лабораторной работе при условии ответа на 80% вопросов преподавателя по предметной области лабораторной работы. По итогам лабораторных работ и устного ответа студента выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено» по лабораторным работам всей дисциплины. К сдаче зачета с оценкой допускаются студенты, сдавшие 100% лабораторных работ.

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/ п	Разделы курса (модули)	Код компетенции	Код индикатора	Оценочные средства для текущей аттестации
1	Введение в теорию сигналов и систем	ПК-4	ПК-4.1	Тестовое задание 1
2	Метрология сигналов	ПК-4	ПК-4.1	Тестовое задание 2
3	Динамическое представление сигналов	ПК-4	ПК-4.1	Тестовое задание 1 Лабораторная работа 1
4	Спектральное представление сигналов	ПК-4	ПК-4.1	Тестовое задание 2 Лабораторная работа 2
5	Дискретизация сигналов	ПК-4	ПК-4.1	Тестовое задание 3 Лабораторная работа 2, 3, 5

6	Дискретные преобразования сигналов	ПК-4	ПК-4.1	Тестовое задание 3 Лабораторная работа 4
7	Энергетические спектры сигналов	ПК-4	ПК-4.1	Тестовое задание 3
8	Корреляция сигналов	ПК-4	ПК-4.1	Тестовое задание 3
9	Стационарные линейные системы	ПК-4	ПК-4.1	Тестовое задание 4
10	Двумерные сигналы (изображения)	ПК-4	ПК-4.1	Тестовое задание 4 Лабораторная работа 2, 5

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущая аттестация проводится в течение всего обучения в рамках освоения дисциплины и заключается в выполнении студентом пяти лабораторных работ, успешного прохождения тестовых заданий (не менее 50 % правильных ответов). Тестовые задания выполняются студентами после прослушивания блока лекций (как правило, после прослушивания лекций по 1-2 темам); лабораторные работы выполняются в течение семестра, но не позже итоговой аттестации.

ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ

Тестовые задания

Пример тестового задания 1

1. Что из перечисленного относится к характеристике аналогового сигнала?

- A) Представляется в виде набора дискретных значений
- B) Может принимать непрерывный спектр значений
- C) Имеет только два возможных состояния
- D) Передаётся исключительно в цифровой форме

2. Что называют автокорреляционной функцией сигнала?

- A) Сумму квадратов всех значений сигнала
- B) Математическое ожидание произведения сигнала и его сдвинутой копии
- C) Результат преобразования Фурье
- D) Модуляцию сигнала

3. Какое утверждение верно для стационарной системы?

- A) Её параметры изменяются со временем
- B) Импульсная характеристика зависит от времени
- C) Поведение системы не зависит от времени
- D) Вход всегда равен выходу

4. Какой тип сигнала можно охарактеризовать как сумму синусоид с разными частотами и амплитудами?

- A) Дискретный сигнал
- B) Шумовой сигнал
- C) Полигармонический сигнал
- D) Стационарный сигнал

5. Что представляет собой координатный базис в линейном пространстве сигналов?

- A) Система фильтров
- B) Совокупность ортогональных векторов, выражающих любой сигнал
- C) Группа частотных составляющих сигнала
- D) Система координат на экране осциллографа

6. Что определяет спектральное представление сигнала?

- A) Сигнал в амплитудно-временной области
- B) Фазовый сдвиг сигнала
- C) Представление сигнала через его частотные компоненты
- D) Уровень шума в сигнале

7. Какая функция используется для измерения степени сходства двух сигналов при различном сдвиге?

- A) Лаплас-перевод
- B) Импульсная характеристика
- C) Взаимная корреляционная функция
- D) Скалярное произведение

8. Как называется операция преобразования цифрового сигнала в аналоговый?

- A) АЦП
- B) ЦАП
- C) Фурье-преобразование
- D) Кодирование Хаффмана

9. Какое из следующих утверждений о норме сигнала верно?

- A) Это частота сигнала
- B) Это длина сигнала в частотной области
- C) Это амплитудное представление сигнала
- D) Это мера энергетической мощности сигнала

10. Что показывает импульсный отклик линейной системы?

- A) Как система реагирует на шум
- B) Реакцию системы на единичный импульс
- C) Частотную характеристику сигнала
- D) Влияние помех на сигнал

Пример тестового задания 2

1. Что происходит со спектром сигнала при умножении его на гармоническую функцию?

- A) Смещение спектра
- B) Сужение спектра
- C) Увеличение амплитуды
- D) Появление шума

2. Какой вид имеет спектр гребневой функции (дискретной дельта-гребенки)?

- A) Постоянная функция
- B) Непрерывный спектр
- C) Гребневая функция
- D) Прямоугольный импульс

3. Как выражается гармоническая функция в комплексной экспоненциальной форме?

- A) $\sin(\omega t)$
- B) $\cos(\omega t)$
- C) $e^{j\omega t}$
- D) ωt^2

4. Что представляет собой спектр дискретного сигнала?

- A) Сплошной спектр
- B) Набор импульсов
- C) Убывающий экспоненциальный график

D) Постоянная величина

5. Как называется формула восстановления непрерывного сигнала по отсчётам при соблюдении теоремы Котельникова?

- A) Преобразование Лапласа
- B) Интерполяционный ряд Котельникова-Шеннона
- C) Фильтрация по Найквисту
- D) Разложение в ряд Фурье

6. Что означает свойство чётности преобразования Фурье?

- A) Преобразование Фурье существует только для чётных функций
- B) Спектр чётной функции также чётен
- C) Все функции имеют чётный спектр
- D) Это синоним симметричности сигнала

7. Чему равен спектр экспоненциального импульса $e^{-\alpha t}$ при $t \geq 0$?

- A) Прямоугольный спектр
- B) Комплексно-рациональная функция
- C) Бесконечная сумма дельта-функций
- D) Синусоидальный сигнал

8. Что необходимо для сохранения спектра в основном диапазоне частот при дискретизации?

- A) Частота дискретизации должна быть произвольной
- B) Частота дискретизации должна быть меньше полосы сигнала
- C) Частота дискретизации должна быть не ниже удвоенной максимальной частоты сигнала
- D) Использование фильтра Калмана

9. Что такое дискретизация с усреднением?

- A) Отбор максимальных значений
- B) Заменяющее значение — среднее по интервалу
- C) Преобразование Лапласа
- D) Интерполяция Фурье

10. Как масштабирование аргумента функции влияет на её преобразование Фурье?

- A) Масштабирование по времени увеличивает ширину спектра
- B) Не влияет
- C) Сужает спектр
- D) Преобразует в экспоненту

Пример тестового задания 3

1. Что происходит при дискретизации аналогового сигнала?

- A) Сигнал теряет всю информацию
- B) Непрерывный сигнал преобразуется в последовательность отсчётов
- C) Частота сигнала увеличивается
- D) Сигнал переходит в спектральную область

2. Что представляет собой дискретное преобразование Фурье (ДПФ)?

- A) Преобразование функции непрерывного времени
- B) Спектральный анализ для непрерывных сигналов
- C) Представление конечной последовательности в частотной области
- D) Метод сжатия данных

3. Как рассчитывается энергия конечного дискретного сигнала?

- A) Сумма квадратов его отсчётов

- B) Среднее значение амплитуды
- C) Разность между максимумом и минимумом
- D) Интеграл от сигнала

4. Что верно для автокорреляционной функции финитного сигнала?

- A) Она не определена
- B) Может быть только положительной
- C) Представляет зависимость между значениями сигнала на разных временных сдвигах
- D) Используется только для шумов

5. Чем характеризуется уравнение передаточной функции для рекурсивных систем?

- A) Отсутствием обратной связи
- B) Наличием нулей, но не полюсов
- C) Зависимостью выхода от предыдущих выходов
- D) Прямой передачей сигнала

6. Что является ключевой особенностью быстрого преобразования Фурье (БПФ)?

- A) Работает только с непрерывными сигналами
- B) Использует экспоненциальные фильтры
- C) Снижает вычислительную сложность ДПФ
- D) Увеличивает объем памяти

7. Что означает свойство инвариантности системы к сдвигу?

- A) Система изменяет амплитуду сигнала
- B) Выходной сигнал смещается на то же время, что и вход
- C) Выходной сигнал масштабируется
- D) Система теряет линейность

8. Какой эффект даёт децимация сигнала?

- A) Увеличение числа отсчётов
- B) Снижение частоты дискретизации
- C) Увеличение полосы пропускания
- D) Преобразование сигнала в аналоговый

9. Что описывает неравенство Коши-Буняковского в теории сигналов?

- A) Условие фильтрации
- B) Оценку максимальной корреляции двух сигналов
- C) Предел дискретизации
- D) Закон сохранения энергии

10. Что верно для автокорреляционной функции периодического сигнала?

- A) Является непериодичной
- B) Повторяет период сигнала
- C) Представляет только максимум и минимум
- D) Является экспонентой

Пример тестового задания 4

1. Что такое импульсный отклик двумерной системы?

- A) Отклик системы на постоянный сигнал
- B) Реакция на двумерный дельта-сигнал
- C) Преобразование Лапласа
- D) Частотная модуляция

2. Что определяет частотный отклик системы?

- A) Реакцию на спектрально чистые входы
- B) Энергетические потери
- C) Скалярное произведение сигналов
- D) Коэффициент корреляции

3. Какой растр наиболее часто используется при дискретизации изображений?

- A) Круговой
- B) Полярный
- C) Прямоугольный
- D) Спиральный

4. Какой тип дискретного преобразования используется для анализа двумерных сигналов?

- A) Z-преобразование
- B) Быстрое преобразование Лапласа
- C) Двумерное дискретное преобразование Фурье
- D) Каноническое преобразование

5. Что представляет собой интерполяционный ряд для восстановления двумерного сигнала?

- A) Линейная регрессия
- B) Сумма синусоид
- C) Бесконечный ряд с ядром sinc
- D) Полином Лагранжа

6. Что такое гексагональный растр?

- A) Сетка из квадратов
- B) Массив круглых точек
- C) Массив точек, образующих шестиугольники
- D) Спиральная дискретизация

7. Что определяет передаточная функция системы?

- A) Спектр входного сигнала
- B) Соотношение между входом и выходом в частотной области
- C) Энергетическую плотность сигнала
- D) Затухание амплитуд

8. Какое утверждение верно для стационарной системы?

- A) Её параметры изменяются во времени
- B) Её поведение не зависит от времени
- C) Она работает только с аналоговыми сигналами
- D) Использует динамическую фильтрацию

9. Что означает усиление постоянной составляющей сигнала в системе?

- A) Увеличение амплитуды шумов
- B) Увеличение значения сигнала на всех частотах
- C) Усиление нулевой частотной компоненты
- D) Подавление высоких частот

10. Что характерно для нерекурсивных цифровых систем?

- A) Зависимость от предыдущих выходов
- B) Задержка сигнала
- C) Отсутствие обратной связи
- D) Использование экспонент

Лабораторные работы

Лабораторная работа 1. Временной и спектральный анализ сигналов

Цель: Изучить особенности временного представления сигналов и освоить методы спектрального анализа, включая построение амплитудных и фазовых спектров.

Лабораторная работа 2. Дискретное косинусное преобразование двумерных сигналов (изображений)

Цель: Ознакомиться с теорией и реализацией дискретного косинусного преобразования (ДКП) для обработки изображений, а также оценить его эффективность в представлении и сжатии пространственных данных.

Лабораторная работа 3. Расчет спектров тестовых сигналов

Цель: Изучить спектральные характеристики различных типов тестовых сигналов с использованием численных методов и визуализировать их спектры для анализа временных и частотных свойств.

Лабораторная работа 4. Гармонический анализ периодических сигналов

Цель: Провести анализ периодических сигналов с использованием разложения в ряд Фурье, определить гармонические составляющие и построить аппроксимацию сигнала на основе полученных коэффициентов.

Лабораторная работа 5. Реализация быстрого преобразования Фурье

Цель: Изучить алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ) и его применение для анализа и обработки двумерных сигналов, включая изображения; освоить программную реализацию БПФ и интерпретацию его результатов.

Тестовые задания оцениваются по 50-бальной шкале. Лабораторные работы оцениваются по 10-бальной шкале.

Приведённые ниже задания рекомендуется использовать при проведении диагностических работ для оценки остаточных знаний:

ПК-4

Задания закрытого типа

1. Гребневая функция определяется выражением

A) $\delta_T(t) = \sum \delta(t - nT)$

B) $\delta_T(t) = e^{-(t^2)}$

C) $\delta_T(t) = \sin(\pi t)/\pi t$

D) $\delta_T(t) = u(t - T) - u(t)$

2. Определите правильное выражение прямого преобразования Лапласа

A) $F(s) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt$

B) $F(s) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-st} dt$

C) $F(s) = \int_0^{\infty} f(t)e^{st} dt$

D) $F(s) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{st} dt$

E) $F(s) = \int_{-\infty}^0 f(t)e^{-st} dt$

F) $F(s) = \int_{-\infty}^0 f(t+1)e^{st} dt$

3. Для свойства линейности преобразования Фурье справедливо выражение

A) $F\{a \cdot f(t) + b \cdot g(t)\} = a \cdot F\{f(t)\} + b \cdot F\{g(t)\}$

B) $F\{f(t) + g(t)\} = F\{f(t)\} \cdot F\{g(t)\}$

- C) $F\{f(t)g(t)\} = F\{f(t)\} + F\{g(t)\}$
 D) $F\{a \cdot f(t)\} = a^2 \cdot F\{f(t)\}$

4. Для свойства преобразования произведения для преобразования Фурье справедливо выражение

- A) $F\{f(t) \cdot g(t)\} = (1/2\pi) \cdot F\{f\} * F\{g\}$
 B) $F\{f(t) \cdot g(t)\} = F\{f\} + F\{g\}$
 C) $F\{f(t) \cdot g(t)\} = F\{f\} / F\{g\}$
 D) $F\{f(t) \cdot g(t)\} = F\{f\} - F\{g\}$
 E) $F\{f(t) \cdot g(t)\} = F\{f\} \cap F\{g\}$

5. Определите правильное выражение автокорреляционной функции

- A) $R(\tau) = \int f(t) \cdot f(t+\tau) dt$
 B) $R(\tau) = \int f(t-\tau) \cdot f(t) dt$
 C) $R(\tau) = \int f(t)^2 dt$
 D) $R(\tau) = \int f(t) \cdot g(t+\tau) dt$
 E) $R(\tau) = \int f(\tau) dt$

6. Определите правильное собственное значение операции дифференцирования для функции сигнала $s(t)=e^{2i\omega t}$

- A) $2i\omega$
 B) $-2i\omega$
 C) $e^{2i\omega t}$
 D) 1
 E) 0
 F) -1

7. Определите правильное собственное значение операции интегрирования для функции сигнала $s(t)=e^{2i\omega t}$

- A) $1/(2i\omega)$
 B) $-1/(2i\omega)$
 C) $e^{2i\omega t}$
 D) $2i\omega$
 E) $-2i\omega$
 F) 0

8. Возможно ли восстановление сигнала по спектру мощности?

- A) Возможно
 B) Возможно только для вещественных сигналов
 C) Возможно только для нечетных сигналов
 D) Возможно только для комплексных сигналов
 E) Возможно только для четных сигналов
 F) Невозможно

9. Интерполяционный ряд Котельникова-Шеннона определяется выражением

- A) $f(t) = \sum f(nT) \cdot \text{sinc}((t-nT)/T)$
 B) $f(t) = \sum f(n) \cdot \cos(n\pi t)$
 C) $f(t) = \int f(t) \cdot e^{-i\omega t} dt$
 D) $f(t) = \sin(\pi t)/\pi t$
 E) $f(t) = \delta(t-nT)$
 F) $f(t) = \sum e^{i\omega t}$

10. Нерекурсивная цифровая система определяется

- A) прошлыми отсчетами выходных отсчетов

- В) текущими значениями входных отсчетов
- С) текущим и прошлыми значениями входных отсчетов
- Д) текущим и прошлыми отсчетами выходных отсчетов
- Е) текущим и прошлыми значениями входных отсчетов, а также прошлыми отсчетами выходных отсчетов
- Ф) прошлыми значениями входных отсчетов

Задания открытого типа

1. Определите корреляцию $B_s(0)$ для двух сигналов $s_1=[8,12,8,13,6,12,6,10,1,14]$ и $s_2=[7,8,10,11,6,8,14,12,3,5]$ (необходимо учитывать нормировку равную количеству отсчетов сигнала)
2. Для заданного полинома Z-образа $S(z) = 9+4z_1+7z_2+2z_3+8z_4+3z_5+5z_6+6z_7$ восстановите исходный сигнал
3. Определите свертку для двух сигналов $s=[8,13,6,5]$ и $h=[7,5,10,10]$
4. Вычислите энергию цифрового сигнала $s(n)=\{3,10,3,6,3,8,1,11,5,23,10,3,6,3,8,1,11,5,2\}$
5. Определите импульсный отклик системы, если входной сигнал $x_k=\{1,0,0,0,\dots\}$, а рекурсивная цифровая система описывается уравнением $y_k=x_k+0.6y_{k-1}$

Задание с развёрнутым ответом

Подробно опишите вычисление метрики сигнала $s(t) = t^4$ в интервале $4 < t \leq 10$.

20.2. Промежуточная аттестация

Форма контроля – зачет с оценкой

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью собеседования по контрольно-измерительным материалам.

Оценочные средства для промежуточной аттестации:

Промежуточная аттестация проводится на основании итогов выполнения лабораторных работ по всем темам (100% выполненных работ), успешного прохождения тестов (не менее 50% правильных ответов).

По итогам выполнения лабораторных работ, учета прохождения тестов и устного ответа (собеседование со студентом в конце семестра по вопросам из перечня вопросов к зачету и использования контрольно-измерительных материалов) студенту выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно» по дисциплине.

Для оценивания результатов обучения с помощью собеседования по контрольно-измерительным материалам используются следующие показатели : владение понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способность иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач определения основных информационных характеристик источников сообщений и каналов связи.

В промежуточной аттестации используется следующая шкала:

5 баллов ставится, если обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их при решении практических задач;

4 балла ставится, если обучающийся демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, но допускает незначительные ошибки, неточности, испытывает затруднения при решении практических задач;

3 балла ставится, если обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускает значительные ошибки при решении практических задач;

2 балла ставится, если обучающийся демонстрирует явное несоответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям.

При сдаче экзамена

оценка «отлично» - 5 баллов

оценка «хорошо» - 4 балла

оценка «удовлетворительно» - 3 балла

оценка «неудовлетворительно» - 2 балла.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом области обработки сигналов и изображений в цифровых системах (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области обработки сигналов и изображений	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен формулировать основные понятия предметной области, но затрудняется приводить примеры, характеризующие особенности предметной области	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Обучающийся владеет теоретическими основами дисциплины, способен применять теоретические знания на практике. Обучающийся, может давать неполные ответы на дополнительные вопросы.	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания не понимает основных понятий предметной области и допускает грубые ошибки в предметной области.	-	<i>Неудовлетворительно</i>

Перечень вопросов к зачету

1. Общие сведения и понятия теории сигналов. Понятие сигнала. Размерность сигналов. Шумы и помехи.
2. Математическое описание сигналов. Математические модели сигналов. Классификация сигналов. Типы сигналов: аналоговый, дискретный, цифровой сигналы.
3. Преобразования типа сигналов. Спектральное представление сигналов. Графическое отображение сигналов. Тестовые сигналы.
4. Системы преобразования сигналов. Общее понятие систем. Основные системные операции. Линейные системы.
5. Пространство сигналов. Линейное пространство сигналов. Координатный базис пространства. Нормы сигналов. Метрика сигналов.
6. Мощность и энергия сигналов. Понятия мощности и энергии сигналов. Скалярное произведение сигналов.
7. Обобщенный ряд Фурье. Ортогональные сигналы. Разложение сигнала в ряд Фурье. Ортонормированные системы функций. Разложение энергии сигнала.
8. Функции корреляции сигналов. Корреляционные функции сигналов. Взаимная корреляционная функция.
9. Разложение сигнала. Единичные импульсы. Разложение сигналов по единичным импульсам. Импульсный отклик линейной системы.
10. Свертка (конволюция). Интеграл Дюамеля.
11. Разложение сигналов по гармоническим функциям. Понятие собственных функций.
12. Ряд Фурье. Интеграл Фурье. Свойства преобразований Фурье. Линейность. Свойства четности. Изменение масштаба аргумента функции. Теорема запаздывания. Преобразование производной. Преобразование интеграла. Преобразование свертки. Преобразование произведения. Умножение сигнала на гармоническую функцию.

13. Спектры мощности.
14. Преобразование Лапласа.
15. Спектры некоторых сигналов. Единичные импульсы. Гребневая функция. Спектр прямоугольного импульса. Треугольные импульсы. Экспоненциальный импульс. Функции Лапласа и Гаусса. Спектр косинусоиды.
16. Равенство Парсеваля.
17. Принципы дискретизации. Воспроизведение сигнала. Равномерная дискретизация. Спектр дискретного сигнала.
18. Интерполяционный ряд Котельникова-Шеннона. Дискретизация с усреднением. Дискретизация спектров. Информационная тождественность динамической и спектральной формы сигнала. Дискретизация усеченных сигналов. Соотношение спектров одиночного и периодического сигналов.
19. Децимация и интерполяция данных. Дискретные преобразования Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Дискретное преобразование Лапласа. Связь преобразований Фурье и Лапласа.
20. z-преобразования. Свойства z-преобразования. Отображение z-преобразования. Аналитическая форма z-образов. Обратное z-преобразование.
21. Дискретная конволюция (свертка). Уравнение дискретной свертки.
22. Мощность и энергия сигналов. Энергетические спектры сигналов. Скалярное произведение сигналов. Энергетический спектр сигнала. Взаимный энергетический спектр.
23. Автокорреляционные функции сигналов (АКФ). АКФ финитных сигналов. АКФ сигналов, неограниченных во времени. АКФ периодических сигналов. АКФ дискретных сигналов.
24. Функции автоковариации. Взаимные корреляционные функции сигналов (ВКФ). Спектральные плотности корреляционных функций. Спектральная плотность АКФ. Интервал корреляции сигнала. Спектральная плотность ВКФ.
25. Общие понятия систем. Линейные системы. Основные системные операции. Инвариантность систем к сдвигу. Математическая модель системы.
26. Стационарные и нестационарные системы. Нерекursивные цифровые системы. Рекурсивные цифровые системы.
27. Импульсная характеристика системы. Импульсный отклик системы. Реакция системы на произвольный сигнал. Определение импульсной реакции.
28. Усиление постоянной составляющей сигнала. Усиление шумов.
29. Передаточные функции цифровых систем.
30. Структурные схемы систем. Структурные схемы. Графы систем. Соединения систем. Схемы реализации систем. Обращенные формы.
31. Двумерные и многомерные сигналы. Двумерные системы. Импульсный отклик систем. Двумерная свертка. Частотные характеристики сигналов и систем. Частотный отклик системы.
32. Свойства двумерного преобразования Фурье. Дискретизация двумерных сигналов. Прямоугольный растр дискретизации. Дискретные преобразования Фурье. Интерполяционный ряд восстановления двумерного сигнала.
33. Произвольный растр дискретизации. Интерполяция дискретных сигналов.
34. Прямоугольный и гексагональный растры дискретизации.
35. Частотный анализ многомерных сигналов.

Пример контрольно-измерительного материала

Направление подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии

Дисциплина Обработка сигналов и изображений в цифровых системах

Курс 4

Форма обучения очное

Вид аттестации промежуточная

Вид контроля зачет с оценкой

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Спектры мощности.
2. Импульсная характеристика системы. Импульсный отклик системы. Реакция системы на произвольный сигнал.
3. Для заданного полинома Z-образа $S(z) = 1 + 7z_1 + 2z_2 + 4z_4 + 5z_5 + 3z_7 + 6z_{10}$ восстановите исходный сигнал