

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

УТВЕРЖДАЮ



Заведующий кафедрой
информационных систем
доцент Борисов Д.Н.,
подпись, расшифровка подписи
05.03.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФТД.В.02 Цифровая обработка сигналов

Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки:

09.04.02 Информационные системы и технологии

2. Профиль подготовки/специализация: Информационные технологии и компьютерные науки для цифровой экономики

3. Квалификация выпускника: магистр

4. Форма обучения: Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: информационных систем

6. Составители программы: Попова Елена Вячеславовна,

7. Рекомендована: НМС ФКН, протокол № 5 от 05.03.2025.

8. Учебный год: 2026-2027

Семестр(ы)/триместр(ы): Семестр 2

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- Изучение основных подходов цифровой обработки сигналов, проектирования фильтров с конечной (КИХ) и бесконечной (БИХ) импульсной характеристикой;
- изучение способов вычисления коэффициентом для КИХ и БИХ фильтров, обработкой сигналов на нескольких скоростях;
- изучение обработки цифровых сигналов, алгоритмы, соответствующие этим методам, и их практическая реализация;
- получение профессиональных компетенций в области современных технологий обработки цифровых сигналов

Задачи учебной дисциплины:

- обучение студентов теоретическим и практическим аспектам применения методов цифровой обработки сигналов в различных областях;
- овладение практическими навыками применения моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП дисциплина относится к дисциплинам, формируемой участниками образовательных отношений. Факультативы. Требуется предварительное знание Линейная алгебра, Общая физика: электричество и Магнетизм, Общая электротехника, Математический анализ, Теория вероятностей и математическая статистика, Математические методы в современных информационных технологиях, Моделирование систем.

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 индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ОПК-4 Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований	ОПК-4.1 Знает новые научные принципы и методы исследований	знать: моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований. уметь: осуществлять сбор, анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; осуществлять постановку и проведение экспериментов по заданной методике и анализ результатов. владеть: проведением анализа результатов реализации экспериментов, осуществлением выбора оптимальных решений, подготовкой и составлением обзоров, отчетов.
ОПК-4 Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований	ОПК-4.2 Умеет применять на практике новые научные принципы и методы исследований	Знать: алгоритмы обработки полученных результатов исследований с использованием стандартных методов (методик). Уметь: Обрабатывать полученные результаты исследований с использованием стандартных методов (методик) Владеть: Обработкой полученных результатов исследований с использованием стандартных методов (методик)

ОПК-4 Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований	ОПК-4.3 Иметь навыки применения новых научных принципов и методов исследования для решения профессиональных задач	Знать: различные современные научные принципы и методы и применение их для решения профессиональных задач
---	---	---

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

Форма промежуточной аттестации зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Семестр 2	Всего
Аудиторные занятия	32	32
лекции	16	16
практические	16	16
лабораторные	0	0
Самостоятельная работа	40	40
Форма промежуточной аттестации (зачет – час..)	зачет	
Итого:	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	Сигналы и их свойства	Общие сведения о сигналах. Обобщенная структурная схема информационной системы. Функциональные задачи, возлагаемые на системы обработки сигналов, особенности цифровой обработки сигналов. Классификация сигналов. Характеристики сигналов. Формы представления сигналов.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=31760
1.2	Представление сигналов во временной и частотной областях.	Представление детерминированных сигналов во временной области. Примеры типовых детерминированных сигналов. Представление случайных сигналов во временной области. Представление детерминированных сигналов в частотной области. Системы базисных функций. Системы комплексных экспоненциальных функций.	
1.3	Линейные дискретные системы с постоянными параметрами.	Линейная дискретная системы с постоянными параметрами (ЛПП), ее свойства. Импульсная характеристика системы. Частотная характеристика системы. Примеры ЛПП систем.	

1.4	Цифровые фильтры.	Линейные разностные уравнения цифровых фильтров, их свойства. Классификация фильтров. Рекурсивные и нерекурсивные фильтры. Структурные схемы цифровых фильтров. Сравнительная оценка фильтров по точности и сложности реализации.	
1.5	КИХ-фильтры.	Разработка КИХ-фильтров. Спецификации КИХ-фильтра. Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтров: метод взвешивания, метод частотной выборки, оптимальный метод. Структуры реализаций КИХ-фильтров.	
1.6	БИХ-фильтры.	Разработка цифровых БИХ-фильтров. Спецификация производительности. Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров: метод инвариантного преобразования импульсной характеристики, метод согласованного z-преобразования, метод билинейного z-преобразования.	
1.7	Цифровая обработка сигналов при нескольких скоростях.	Концепции обработки при нескольких скоростях. Децимация и интерполяция частоты дискретизации с целым шагом. Преобразование частоты дискретизации с нецелым шагом. Многокаскадное преобразование частоты дискретизации.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=31760
2. Практические занятия			
2.1	Исследование характеристик аналоговых и дискретных фильтров	Расчет характеристик аналоговых и дискретных фильтров в пакете GNU Octave	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=31760
2.2	Проектирование дискретных фильтров по аналоговому эквиваленту	Проектирование дискретных фильтров	
2.3	Изучение алгоритма цифровой сверки	Изучение алгоритма цифровой сверки в пакете GNU Octave	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Практические	Сам. работа	Всего
1	Сигналы и их свойства	3	2	5	10
2	Представление сигналов во временной и частотной областях.	3	2	5	10
3	Линейные дискретные системы с постоянными параметрами.	2	2	6	10
4	Цифровые фильтры.	2	2	6	10
5	КИХ-фильтры.	2	3	6	11
6	БИХ-фильтры.	2	3	6	11
7	Цифровая обработка сигналов при нескольких скоростях.	2	2	6	10
	Итого:	16	16	40	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина реализуется по тематическому принципу, каждая тема представляет собой завершённый раздел курса. На первом занятии студент получает информацию для доступа к комплексу учебнометодических материалов. Лекционные занятия посвящены рассмотрению теоретических основ дисциплины: вводятся основные понятия, изучаются базовые технологии, разбираются основные процессы работы с большими данными. Практические работы предназначены для формирования умений и навыков, закреплённых компетенций по ОПОП. Они организуются в виде выполнения отдельных заданий.

По окончании изучения дисциплины проводится тестирование.

Самостоятельная работа студентов включает в себя проработку учебного материала лекций, разбор заданий практических работ, подготовку к зачету. Для успешного освоения дисциплины рекомендуется подробно конспектировать лекционный материал, просматривать презентации по соответствующей теме, чтобы систематизировать изучаемый материал, выполнять задания Практических работ, а также читать рекомендованную литературу. Преподавателю рекомендуется проводить теоретический опрос с целью определения степени усвоения материала.

Промежуточная аттестация по результатам обучения проводится в форме зачет, контролирующего освоение ключевых положений дисциплины, составляющих основу знаний по дисциплине.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения следует выполнять все указания преподавателя по работе на LMS-платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов : учебник / А. Оппенгейм, Р. Шафер. — 3-е изд., испр. — Москва : Техносфера, 2012. — 1048 с. — ISBN 978-5-94836-329-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/73524
2	Стариковский, А. И. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / А. И. Стариковский, Н. А. Стариковская, А. Ю. Унгер. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021 — Часть 1 — 2021. — 125 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/182542
3	Стариковский, А. И. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / А. И. Стариковский, Н. А. Стариковская, Е. В. Солдатов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2023 — Часть 2 — 2023. — 120 с. — ISBN 978-5-7339-1682-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/329009

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Васильев, В. Г. Прикладные задачи спектрального анализа сигналов : учебник для вузов / В. Г. Васильев, С. Н. Куженькин. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 284 с. — ISBN 978-5-8114-8465-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/193303
4	Фрейман, В. И. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / В. И. Фрейман. — Пермь : ПНИПУ, 2021. — 114 с. — ISBN 978-5-398-02542-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/239828
5	Степанов, А. Б. Цифровая обработка сигналов в радиотехнических системах : учебное пособие / А. Б. Степанов. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2021. — 42 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/279560
6	Степанов, А. Б. Цифровая обработка сигналов в радиотехнических системах. Реализация алгоритмов на многоядерных цифровых сигнальных процессорах : учебное пособие / А. Б. Степанов. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2021. — 38 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/279665

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

№ п/п	Ресурс
1	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
2	https://e.lanbook.com – ЭБС Лань
3	https://www.youtube.com/watch?v=fcrhXFxCbD8&list=PLmu_y3-

	DV2_nKd7epECPEbTVamsmEmMMI – Видео лекции "Введение в MATLAB"
4	https://www.youtube.com/watch?v=E4yOa0yEkMk&list=PLZuZy1qxOI-I_NRhJ0-yyssBj-srhnPmj – Видео лекции "Введение в Octave"
5	https://www.youtube.com/watch?v=fxvxaTyZ6vw – Видео лекция "Проектирование цифровых фильтров в MATLAB"
6	https://www.youtube.com/watch?v=gDsgbQY1s&list=PLmu_y3-DV2_k0FqQSqWVKE0cW-eSPUSTq – Видео лекция "Введение в Simulink MATLAB"

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Макаренко, А. А. Практикум по цифровой обработке сигналов : учебное пособие / А. А. Макаренко. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2014. — 50 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/71007
2	Столбов, М. Б. Цифровая обработка речевых сигналов : учебно-методическое пособие / М. Б. Столбов, А. М. Кассу. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2016. — 71 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/91330

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

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе портала edu.vsu.ru, а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

- 1) Персональные компьютеры;
 - 2) класс для проведения практических занятий (учебная лаборатория кафедры);
 - 3) Программы «MATLAB», Octave
-

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

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

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля)	Код компетенции	Код индикатора	Оценочные средства для текущей аттестации
1	Введение. Основные понятия ЦОС. Цифровые генераторы сигналов	ОПК-4	ОПК-4.1 ОПК-4.2	Тестовое задание
2	Преобразование Фурье Цифровая фильтрация	ОПК-4	ОПК-4.1 ОПК-4.2	Тестовое задание
3	Системы с обратной связью	ОПК-4	ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-4.3	Тестовое задание
Промежуточная аттестация форма контроля – <u>зачет</u>				Перечень вопросов Практическое задание

Примерные вопросы к зачету:

1. Основные формулы теории аналоговых сигналов.
2. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы. Основные сведения.
3. Теорема Котельникова. Частота Найквиста
4. Структурная схема цифровых систем обработки сигналов.
5. Спектр дискретного сигнала. Математическое описание дискретного сигнала.

Дискретизирующая последовательность и ее спектральная плотность.

6. Восстановление непрерывного сигнала по дискретной последовательности. Сигнал на выходе ЦАП.
7. Эффект наложения спектра.
8. Дискретное преобразование Фурье.
9. Основные свойства ДПФ.
10. Алгоритм быстрого преобразования Фурье.
11. Теория z-преобразования. Определение z-преобразования.
12. Основные свойства z-преобразования.

13. Основные формулы теории преобразования аналоговых сигналов.

14. Общий вид частотного коэффициента передачи. Передаточная функция. Нули и полюса передаточной функции.

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

1) Практических работ

Перечень практических работ

Практическая работа 1: Исследование характеристик аналоговых и дискретных фильтров.

Практическая работа 2: Проектирование дискретных фильтров по аналоговому Эквиваленту.

Практическая работа 3: Изучение алгоритма цифровой сверки Цифровые фильтры

Описание технологии проведения

Зачеты по практическим работам принимаются по мере их выполнения студентами. Студенты практические работы и формируют отчеты по результатам их выполнения. После проверки отчетов преподавателем задаются вопросы в соответствии с учебной программой по теме работы. На основании полученных ответов определяется уровень компетенции студентов и выносится итоговая оценка выполненной работы.

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

Отчеты о выполнении лабораторных работ должны быть представлены в виде отдельных m-файлов, содержащих коды на языке MATLAB. Результаты выполнения кодов m-файлов должны формировать графики и требуемые данные в соответствии с заданиями работ.

Критерии оценки	Уровень формирования компетенции	Шкала оценок
Практические работы выполнены в полном объеме и сформированы отчеты, обеспечивающие корректные результаты. Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области ЦОС затрагиваемой в практических работах.	Пороговый уровень	Зачтено
Практические работы не выполнены в полном объеме или обучающийся не владеет понятийным аппаратом данной области ЦОС затрагиваемой в практической работе.		Не зачтено

2) Контрольная работа по теоретической части курса.

Перечень тем теоретической части курса:

1. Сигналы и их свойства.
2. Представление сигналов во временной и частотной областях.
3. Линейные дискретные системы с постоянными параметрами.
4. Цифровые фильтры.
5. КИХ-фильтры.
6. БИХ-фильтры.
7. Цифровая обработка сигналов при нескольких скоростях.

№ п/п	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде	Критерии оценки
1	Устный опрос на практических занятиях	Вопросы по темам/разделам дисциплины	Правильный ответ – зачтено, неправильный или принципиально неточный ответ - не зачтено
2	Контрольная работа (тест) по разделам дисциплины	Теоретические вопросы по темам/разделам дисциплины	Правильный ответ – зачтено, неправильный или принципиально неточный ответ - не зачтено
3	Практическая работа	Содержит 9 практических заданий, предусматривающих разработку, тестирование и эксплуатацию различных криптографических и стеганографических алгоритмов.	При успешном выполнении работы ставится оценка зачтено, в противном случае ставится оценка не зачтено

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

ПК-2

Задания закрытого типа

3) Как определяется детерминированный сигнал?

1. Значение этого сигнала в момент времени определяется точно
2. В любой момент времени этот сигнал представляет собой случайную величину
3. В любой момент времени этот сигнал представляет собой не случайную величину, которая принимает конкретное значение с некоторой вероятностью

Правильный ответ: 1

4) 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 .

Правильный ответ: 3

5) 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.

Правильный ответ: 2

6) Если в аналоговой системе произвольная задержка подаваемого на вход сигнала приводит лишь к такой же задержке выходного сигнала, не меняя его формы, система называется?

1. Стационарной.
2. Не стационарной.
3. Параметрической.
4. Системой с переменными параметрами.

Правильный ответ: 1

7) Импульсная характеристика это:

1. Отклик на воздействие дельта-функции.
2. Отклик на воздействие в виде функции Хевисайда.
3. Отклик на воздействие в виде прямоугольного импульса.
4. Передаточная функция.

Правильный ответ: 2

9) Эта функция в MATLABе преобразует наборы коэффициентов полиномов числителя и знаменателя функции передачи в векторы и нули: ?

1. `cheblfp(x,y)`.
2. `demo`.
3. `platx`.
4. `tf2zp`.

Правильный ответ: 4

10) Процесс преобразования аналогового сигнала в последовательность значений, называется?

1. Квантование сигнала по уровню.
2. Получение цифрового сигнала.

3. Дискретизацией сигнала.

4. Модуляцией сигнала.

Правильный ответ:3

11) Z- преобразование имеет свойства?

1. Нелинейность.

2. Цикличность.

3. Линейность, задержка, свертка.

4. Сопряженность.

Правильный ответ:3

12) Какие бывают формы дискретных фильтров?

1. Каноническая, транспонированная, последовательная, эллиптическая.

2. Каноническая, балансная, параллельная, эллиптическая.

3. Транспонированная, последовательная, параллельная, каскадная.

4. Каноническая, транспонированная, последовательная, параллельная.

Правильный ответ: 4

13) При обработке сигналов приходится увеличивать или уменьшать частоту дискретизации сигналов. Что производит функция передискретизации?

1. Повышает чистоту дискретизации в целое число раз.

2. Изменение частоты дискретизации в произвольное число раз.

3. Понижение частоты дискретизации в целое число раз.

4. повышение частоты дискретизации в произвольное число раз.

Правильный ответ:2

14) Дискретное преобразование Фурье используется, для?

1. Корреляционного анализа.

2. Анализа предельных циклов.

3. Спектрального анализа.

4. Квантового анализа.

Правильный ответ: 3

15) Какое свойство не относится к дискретному преобразованию Фурье?

1. Линейность.

2. Круговая свёртка.

3. Задержка.

4. Симметрия.

Правильный ответ:2

16) Какой из вариантов вывода идеи быстрого преобразования Фурье являются ложным?

1. БПФ не является приближенным алгоритмом.

2. Применение БПФ имеет смысл, если число элементов в анализируемой последовательности являлось степенью числа 2.

3. Алгоритм БПФ не предназначен для одновременного расчёта всех спектральных отсчётов $X(n)$.

4. Алгоритм БПФ предназначен для одновременного расчёта всех спектральных отсчётов $X(n)$.

Правильный ответ:3

17) Какой метод относится к авторегрессионному спектральному анализу?

15

1. Метод Берга.

2. Метод Уэлча.
3. Параметрический метод.
4. Непараметрический метод.

Правильный ответ: 1

18) Эффекты, связанные с конечной разрядностью представления чисел квантования в цифровых системах, разделяются на категории. Какой из вариантов не относится к ним?

1. Шум квантования, возникает при аналого-цифровом преобразование.
2. Искажение характеристик.
3. Переполнение разрядной сетки.
4. Округление промежуточных результатов вычисления.

Правильный ответ: 3

19) Для формирования случайных сигналов служат какие функции?

1. Равномерное и нормальное распределение.
2. Нормальное и быстрое распределение.
3. Равномерное и быстрое распределение.
4. Равномерное и распределение с заданной точностью.

Правильный ответ: 1

20) Ряд Фурье справедлив для:

1. Не периодического сигнала.
2. Периодического сигнала.
3. Аналитический сигнал.
4. Гармонический сигнал.

Правильный ответ: 2

21) Корреляционная функция:

1. Прямоугольна.
2. Не симметрична.
3. Треугольная.
4. Симметрична.

Правильный ответ: 4

22) Случайные стационарные процессы, это случайные процессы, у которых:

1. Статистические характеристики, которых одинаковы во всех временных сечениях.
2. Статистические характеристики, которых различны в зависимости от временных сечений.
3. У которых, статистические характеристики стремятся к бесконечности.
4. Статистические характеристики, которых не могут принимать нулевые значения.

Правильный ответ: 1

23) Линейная система устойчива, если:

1. Если при нулевом сигнале выходной сигнал равен 1 при любых начальных условиях.
2. Если при нулевом сигнале выходной сигнал возрастает при любых начальных условиях.
3. Если при нулевом сигнале выходной сигнал затухает при любых начальных условиях.
4. Если при нулевом сигнале выходной сигнал стремится к бесконечности

при любых начальных условиях.

Правильный ответ:3

24) Единичная импульсная функция является дискретным аналогом дельта-функции и представляет собой:

1. Бесконечно узкий импульс с бесконечной амплитудой.
2. Одиночный отсчёт с единичным значением.
3. Сумму бесконечной геометрической прогрессии.
4. Отсчёты синусоиды с произвольной частотой и начальной фазой.

Правильный ответ:2

Задания открытого типа

1. Какая выглядит формула прямого преобразования Фурье? _____ -
2. Какое соотношение будет между вероятностями случайного сигнала $P(x)$ и функцией распределения? _____
3. Чему равна спектральная плотность мощности белого шума?
4. Фильтр Чебышева первого рода? _____
5. Схема цифровой обработки сигнала?
6. Дельта-функция или функция Дирака удовлетворяет соотношению_?
7. Теорема Винера-Хинчина имеет вид: _____?
8. Как описывается линейная цепь в пространстве состояний?
9. Чему соответствует интегрирование в частотной области?

Задания с развернутым ответом

1. Дискретизация аналогового сигнала $x(t)$ производится с периодом T_d . Чему равно значение решетчатой функции $x(n)$, описывающей дискретный сигнал, на интервале $nT_d < t < (n+1)T_d$?
2. При каком условии последовательность, полученная путем дискретизации гармонического сигнала, не является периодической?
3. Какие операции осуществляются при переходе от дискретного сигнала к цифровому?
4. Запишите математическую модель идеальной дискретизации.
5. Максимальная частота в спектре звукового сигнала равна 20 кГц. Каков должен быть минимальный период дискретизации в АЦП, чтобы эффект наложения отсутствовал?
6. В чем заключается способ восстановления непрерывного сигнала по дискретным отсчетам, непосредственно вытекающий из теоремы УКШ?
7. Дискретная последовательность образована путем дискретизации одного периода гармонического колебания. Частота дискретизации равна $\omega/8$. Чему равен коэффициент ДПФ $X(0)$?
8. Что понимают под термином «алгоритм БПФ»?
9. Каково общее количество комплексных умножений при реализации базовой операции «бабочка»?

10. Какая операция лежит в основе построения алгоритма БПФ с произвольным основанием (алгоритма Кули — Тьюки)?
11. Последовательность $y(n)$ образуется как результат свертки двух последовательностей $x(n) = (-0,9)^n$ и $h(n)$. Определите $Y(z)$, если $H(z) = 1/(1 - bz^{-1})$.
12. Каково назначение предварительного фильтра в простейшей системе с понижением частоты дискретизации (дециматоре)?
13. Какой должна быть КЧХ идеального интерполяционного фильтра в простейшей системе с повышением частоты дискретизации (интерполаторе)?
14. Запишите алгоритм работы однородного трансверсального фильтра третьего порядка при понижении частоты дискретизации на его выходе в 2 раза.
15. Запишите алгоритм работы рекурсивного фильтра первого порядка с коэффициентом a при понижении частоты дискретизации на его выходе в 2 раза.
16. Как связан спектр выходного сигнала компрессора частоты дискретизации со спектром входного сигнала?
17. Какой сигнал называется узкополосным?
18. Определите сопряженный сигнал и огибающую для вещественного сигнала — гармонического колебания вида $s(t) = \cos(2\pi f t + \theta)$.
19. Какой тип дискретного фильтра приближенно реализует дискретное преобразование Гильберта?

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросов к зачету

Перечень вопросов к зачету и порядок формирования КИМ

Описание технологии проведения

Зачет проводится в устной или письменной форме, по билетам (КИМ), составленным в соответствии с программой курса на основании зачетных вопросов. Для более полной оценки знаний студентов им задаются вопросы в соответствии с учебной программой по теме билета. На основании полученных ответов определяется уровень компетенции студентов и выносится итоговая оценка.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом радиотехники; 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 4) умение применять методы цифровой обработки в задачах, анализа спектральных составляющих цифровых сигналов, квадратурной обработки цифровых сигналов, анализа границ применимости аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей с заданными тактикотехническими данными, синтеза и анализа цифровых фильтров;
- 5) умение применять теоретические знания для решения практических задач.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется шкала: «зачтено», «не зачтено».

Промежуточная аттестация может включать в себя проверку теоретических вопросов, а также, при необходимости (в случае невыполнения в течение семестра),

проверку выполнения установленного перечня практических работ, позволяющих оценить уровень полученных знаний и/или практическое (ие) задание(я), позволяющее (ие) оценить степень сформированности умений и навыков.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения представлено в следующей таблице.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, выполнение заданий, предусмотренных программой, знакомство с основной литературой, рекомендованной программой. Присутствуют погрешности в ответе на зачете и при выполнении контрольных заданий.		<i>Зачет</i>
Имеются пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, наличие которых препятствует дальнейшему обучению студента.		<i>Не зачет</i>

Контрольно- измерительные материалы (КИМ) формируются на основании перечня вопросов к зачету путем выбора трех произвольных вопросов для формирования одного зачетного билета.

1. Основные формулы теории аналоговых сигналов.
2. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы. Основные сведения.
3. Теорема Котельникова. Частота Найквиста
4. Структурная схема цифровых систем обработки сигналов.
5. Спектр дискретного сигнала. Математическое описание дискретного сигнала.

Дискретизирующая последовательность и ее спектральная плотность.

6. Восстановление непрерывного сигнала по дискретной последовательности. Сигнал на выходе ЦАП.
7. Эффект наложения спектра.
8. Дискретное преобразование Фурье.
9. Основные свойства ДПФ.
10. Алгоритм быстрого преобразования Фурье.
11. Теория z-преобразования. Определение z-преобразования.
12. Основные свойства z-преобразования.
13. Основные формулы теории преобразования аналоговых сигналов.
14. Общий вид частотного коэффициента передачи. Передаточная функция. Нули и полюса передаточной функции.

УТВЕРЖДАЮ
заведующий кафедрой информационных систем

_____ Д. Н. Борисов

30.08.2025

Специальность 09.03.02 Информационные системы и технологии

Дисциплина Цифровая обработка сигналов

Вид контроля Зачет с оценкой

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Основные формулы теории аналоговых сигналов.
2. Теорема Котельникова. Частота Найквиста

Преподаватель _____ Е.В. Попова