

ПРИЛОЖЕНИЕ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Телекоммуникаций и основ радиотехники»

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Цифровая обработка сигналов»**

Направление подготовки
11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Направленности (профили) подготовки
«Системы радиосвязи, мобильной связи и радиодоступа»

Уровень подготовки
Бакалавриат

Квалификация выпускника – бакалавр

Формы обучения – очная

Рязань 2025 г

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов, предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной профессиональной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной профессиональной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности компетенций, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

Контроль знаний проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретенных обучающимися в ходе выполнения индивидуальных заданий на лабораторных работах. При оценивании результатов освоения лабораторных работ применяется шкала оценки «зачтено – не зачтено». Количество лабораторных работ и их тематика определена рабочей программой дисциплины.

Результат выполнения каждого индивидуального задания должен соответствовать всем критериям оценки в соответствии с компетенциями, установленными для заданного раздела дисциплины.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением теоретического зачета.

Форма проведения зачета – устный ответ с письменным подкреплением (по необходимости).

Дополнительным средством оценки знаний и умений студентов является отчет о проведении лабораторных работ и его защита.

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
1	2	3	4
1	ЦОС – информатика реального времени. Предмет и задачи ЦОС	ПК-2.1	экзамен
2	Математический аппарат описания линейных цифровых цепей и дискретных сигналов. Математические основы проектирования линейных цифровых фильтров в классе КИХ- и БИХ- цепей. Дискретное преобразование Фурье, алгоритм БПФ, быстрая свертка.	ПК-2.1	экзамен
3	Основы анализа эффектов квантования в цифровых цепях.	ПК-2.1	экзамен
4	Математические основы описания двумерных цифровых цепей и сигналов	ПК-2.1	экзамен

Критерии оценивания компетенций (результатов)

- 1) Уровень усвоения материала, предусмотренного программой.
- 2) Умение анализировать материал, устанавливать причинно-следственные связи.
- 3) Качество ответа на вопросы: полнота, аргументированность, убежденность, логичность.
- 4) Содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по лабораторным работам, практическим занятиям.
- 5) Использование дополнительной литературы при подготовке ответов.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине Б1.В.01.06 «Цифровая обработка сигналов» является экзамен с оценкой, оцениваемый по принятой в ФГБОУ ВО «РГРТУ» пятибальной системе: «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично».

Критерии оценивания промежуточной аттестации:

– **оценки «отлично»** заслуживает студент, продемонстрировавший всестороннее, систематическое и глубокое понимание материалов, изученных в ходе прохождения практики НИР, проявивший творческие способности и достойный уровень подготовки при выполнении заданий в ходе практики;

– **оценки «хорошо»** заслуживает студент, продемонстрировавший полное знание материала, изученного и освоенного в ходе прохождения практики НИР, успешно выполнивший все предусмотренные задания, правильно выполнившие практические задания, но допустившему при этом не принципиальные ошибки;

– **оценки «удовлетворительно»** заслуживает студент, продемонстрировавший знание материала, освоенного в ходе прохождения практики, в объеме, необходимом для предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, допустивший погрешности при выполнении практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством руководителя практики;

– **оценки «неудовлетворительно»** заслуживает студент, продемонстрировавший серьезные пробелы в знаниях основного материала, допустивший принципиальные ошибки в выполнении заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут работать по выбранной специальности без дополнительной подготовки.

Типовые контрольные мероприятия

Примеры заданий для КР по разделу 2

Раздел 2. Математический аппарат описания линейных цифровых цепей и дискретных сигналов. Математические основы проектирования линейных цифровых фильтров в классе КИХ- и БИХ-цепей. Дискретное преобразование Фурье, алгоритм БПФ, быстрая свертка.

Цель: Изучение математических методов анализа и построения линейных цифровых цепей с заданными свойствами частотной избирательности, в том числе с использованием дискретного преобразования Фурье и алгоритма БПФ.

Вопросы для обсуждения:

1. Математическое описание класса операторов линейных цифровых цепей, инвариантных к сдвигу: уравнение свертки, импульсная характеристика.
2. Z-преобразование и его вычисление.
3. Обратное Z-преобразование и его вычисление.
4. Описание линейных дискретных систем и цифровых цепей в Z-области.
5. Передаточная функция цифровой цепи. Взаимосвязь между передаточной функцией и разностным уравнением.
6. Передаточные функции и импульсные характеристики цифровых звеньев первого порядка.

7. Передаточные функции и импульсные характеристики цифровых звеньев второго порядка.
8. Оценка устойчивости цифровых цепей по передаточной функции. Карта нулей и полюсов.
9. Частотные характеристики цифровых звеньев первого порядка.
10. Частотные характеристики цифровых звеньев второго порядка.
11. Дискретное преобразование Фурье и его вычисление. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.
12. Алгоритм быстрого преобразования Фурье и его вычислительная эффективность.
13. Билинейное преобразование и его применение для синтеза ЦФ в классе БИХ-цепей.
14. Вычисление быстрой свертки на основе алгоритма БПФ.
15. Математическая формализация и решение задачи оптимального проектирования цифровых фильтров.

Образцы контрольных задач и вопросов

БИЛЕТ № 1-1
1. Описание линейных дискретных систем и цифровых цепей в Z-области. 2. Постановка и решение задачи аппроксимации функции передачи ЦФ в классе БИХ-цепей. 3. Как графически отображается структура ЦФ вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида: $y(n) = x(n) + 2x(n-2) + y(n-1) + 2y(n-2) - 3y(n-3)$ 4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и $h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики $h(n)$: $X = \{1; 1; -1; -1\}; H = \{1; 0,5; 0,25; 0\}$

БИЛЕТ № 1-2
1. Математическая постановка задачи оптимального проектирования цифровых фильтров. 2. Передаточная функция цифровой цепи. Взаимосвязь между передаточной функцией и разностным уравнением. 3. Как графически отображается структура ЦФ, вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = 2x(n) - x(n-3) + 2y(n-1) - y(n-4)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и $h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики $h(n)$:

$$X = \{1; 1; -1; -1\}; H = \{1; -0,5; 0,25; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-3

1. Элементарные цифровые звенья и их графическое отображение.
2. Разностное уравнение ЦФ в классе БИХ-цепей.
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = x(n) + 3x(n-3) + x(n-4) - y(n-1) + 2y(n-5)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и $h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики $h(n)$:

$$X = \{1; -1; 1; -1\}; H = \{0; 0,5; 0,1; 0,5; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-4

1. Математическое описание класса операторов линейных цифровых цепей, инвариантных к сдвигу: уравнение свертки, импульсная характеристика.
2. Постановка и решение задачи аппроксимации функции передачи ЦФ в классе КИХ-цепей.
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = x(n) - 2x(n-1) + 3x(n-2) - y(n-1) + 5y(n-4)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и $h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики $h(n)$:

$$X = \{1; -1; 1; -1\}; H = \{-1; 0,5; -0,25; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-5

1. Z-преобразование и его свойства
2. Основные этапы проектирования системы ЦОС
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = 3x(n) - x(n-5) + y(n-1) + 2y(n-2) - 4y(n-5)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и $h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики $h(n)$:

$$X = \{1; 1; -1; -1\}; H = \{0; 0,5; 0,1; 0,5; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-6

1. Предмет и задачи ЦОС в цифровых цепях.
2. Преобразование Фурье и его связь с Z-преобразованием.
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = -x(n) + 5x(n-3) + 2y(n-2) - 3y(n-3)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и $h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики $h(n)$:

$$X = \{1; 1; -1; -1\}; H = \{-1; 0,5; -0,25; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-7

1. Устойчивость и физическая реализуемость линейных цифровых цепей.
2. Математическое описание цифровых фильтров в классах КИХ- и БИХ-цепей. Сравнительный анализ эффективности двух классов линейных цифровых цепей.
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = -2x(n) + 4x(n-4) - y(n-1) + 2y(n-2) - 5y(n-5)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и $h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики $h(n)$:

$$X = \{1; 1; -1; -1\}; H = \{1; -1; 1; -1; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-8

1. Описание линейных дискретных систем и цифровых цепей в Z-области.
2. Постановка и решение задачи аппроксимации функции передачи ЦФ в классе БИХ-цепей.
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = x(n) - x(n-4) + 2y(n-1) + 3y(n-3) - 5y(n-5)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и $h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики $h(n)$:

$$X = \{1; -1; 1; -1\}; H = \{0; 0,5; 0,1; 0,5; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-9

1. Предмет и задачи ЦОС в цифровых цепях.
2. Передаточная функция цифровой цепи. Взаимосвязь между передаточной функцией и разностным уравнением.
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = x(n) + x(n-2) - x(n-3) + y(n-1) + y(n-2) - 3y(n-4)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и $h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики $h(n)$:

$$X = \{1; -1; 1; -1\}; H = \{-1; 0,5; -0,25; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-10

1. Математическая постановка задачи оптимального проектирования цифровых фильтров.

2. Разностное уравнение ЦФ в классе БИХ-цепей.
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = x(n) - 4x(n-4) + 2y(n-2) - 3y(n-4)$$
4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и $h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики $h(n)$:

$$X = \{1; -1; 1; -1\}; H = \{1; -1; 1; -1; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-11

1. Элементарные цифровые звенья и их графическое отображение.
2. Постановка и решение задачи аппроксимации функции передачи ЦФ в классе КИХ-цепей.
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = x(n) + 2x(n-2) + y(n-1) + 2y(n-2) - 3y(n-3)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и $h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики $h(n)$:

$$X = \{0; 0,5; 1; 0,5; 0\}; H = \{1; 0,5; 0,25; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-12

1. Математическое описание класса операторов линейных цифровых цепей, инвариантных к сдвигу: уравнение свертки, импульсная характеристика.
2. Преобразование Фурье и его свойства. Связь с Z-преобразованием.
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = 2x(n) - x(n-3) + 2y(n-1) - y(n-4)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и $h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики $h(n)$:

$$X = \{0; 0,5; 1; 0,5; 0\}; H = \{1; -0,5; 0,25; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-13

1. Z-преобразование и его свойства.
2. Передаточная функция цифровой цепи. Взаимосвязь между передаточной функцией и разностным уравнением.
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = x(n) + 3x(n-3) + x(n-4) - y(n-1) + 2y(n-5)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и $h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики $h(n)$:

$$X = \{0; 0,5; 1; 0,5; 0\}; H = \{0; 0,5; 0,1; 0,5; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-14

1. Преобразование Фурье и его связь с Z-преобразованием.
2. Математическое описание цифровых фильтров в классах КИХ- и БИХ-цепей. Сравнительный анализ эффективности двух классов линейных цифровых цепей.
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = x(n) - 2x(n-1) + 3x(n-2) - y(n-1) + 5y(n-4)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и $h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики $h(n)$:

$$X = \{0; 0,5; 1; 0,5; 0\}; H = \{-1; 0,5; -0,25; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-15

1. Устойчивость и физическая реализуемость линейных цифровых цепей.
2. Постановка и решение задачи аппроксимации функции передачи ЦФ в классе БИХ-цепей.
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = 3x(n) - x(n-5) + y(n-1) + 2y(n-2) - 4y(n-5)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и

$h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики $h(n)$:

$$X = \{0; 0,5; 1; 0,5; 0\}; H = \{1; -1; 1; -1; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-16

1. Предмет и задачи ЦОС в цифровых цепях.
2. Передаточная функция цифровой цепи. Взаимосвязь между передаточной функцией и разностным уравнением.
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = -x(n) + 5x(n-3) + 2y(n-2) - 3y(n-3)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и $h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики $h(n)$:

$$X = \{1; 0,7; 0; 1; -0,7; -1\}; H = \{1; 0,5; 0,25; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-17

1. Математическая постановка задачи оптимального проектирования цифровых фильтров.
2. Описание линейных дискретных систем и цифровых цепей в Z-области. Разностное уравнение ЦФ в классе БИХ-цепей.
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = -2x(n) + 4x(n-4) - y(n-1) + 2y(n-2) - 5y(n-5)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и $h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики $h(n)$:

$$X = \{1; 0,7; 0; 1; -0,7; -1\}; H = \{1; -0,5; 0,25; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-18

1. Элементарные цифровые звенья и их графическое отображение.
2. Постановка и решение задачи аппроксимации функции передачи ЦФ

в классе КИХ-цепей.

3. Как графически отображается структура ЦФ, вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = x(n) - x(n-4) + 2y(n-1) + 3y(n-3) - 5y(n-5)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и $h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики $h(n)$:

$$X = \{1; 0,7; 0; 1; -0,7; -1\}; H = \{0; 0,5; 0,1; 0,5; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-19

1. Математическое описание класса операторов линейных цифровых цепей, инвариантных к сдвигу: уравнение свертки, импульсная характеристика.
2. Передаточная функция цифровой цепи. Взаимосвязь между передаточной функцией и разностным уравнением.
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = x(n) + x(n-2) - x(n-3) + y(n-1) + y(n-2) - 3y(n-4)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и $h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики $h(n)$:

$$X = \{1; 0,7; 0; 1; -0,7; -1\}; H = \{-1; 0,5; -0,25; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-20

1. Z-преобразование и его свойства.
2. Постановка и решение задачи аппроксимации функции передачи ЦФ в классе КИХ-цепей.
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход $x(n)$ и выход $y(n)$, которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = x(n) - 4x(n-4) + 2y(n-2) - 3y(n-4)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей $x(n)$ и $h(n)$, представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного $x(n)$, выходного $y(n)$ сигналов и импульсной характеристики

стики $h(n)$:

$$X = \{1; 0,7; 0; 1; -0,7; -1\}; H = \{1; -1; 1; -1; 0\}$$

БИЛЕТ № 2-1

1. Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.
2. Метод частотной выборки.
3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = 2x(n) - x(n-1) + 0,25y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = 2\sin\frac{2\pi}{16}n + \cos 2\frac{2\pi}{16}n.$$

БИЛЕТ № 2-2

1. Передаточная функция, частотные и импульсные характеристики цифровых звеньев второго порядка (действительные корни).
2. Алгоритм быстрого преобразования Фурье и его вычислительная эффективность.
3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = x(n) - 2x(n-1) + 1,3y(n-1) - 0,4y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = \sin\frac{2\pi}{16}n + \cos 3\frac{2\pi}{16}n.$$

БИЛЕТ № 2-3

1. Передаточная функция, частотные и импульсные характеристики циф-

ровых звеньев первого порядка.

2. Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.

3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = x(n) + x(n-2) - 1,3y(n-1) - 0,4y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = 2\sin\frac{2\pi}{16}n + \cos 4\frac{2\pi}{16}n.$$

БИЛЕТ № 2-4

1. Передаточные функции, частотные и импульсные характеристики цифровых звеньев второго порядка (действительные корни)

2. Алгоритм быстрого преобразования Фурье и его вычислительная эффективность.

3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = 3x(n) - 2x(n-1) + 1,6y(n-1) - 0,63y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = 0,5\sin\frac{2\pi}{16}n + \cos 2\frac{2\pi}{16}n.$$

БИЛЕТ № 2-5

1. Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.

2. Метод частотной выборки.

3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = 5x(n) - x(n-1) - 1,6y(n-1) - 0,63y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = 2\sin 2\frac{2\pi}{16}n - \cos\frac{2\pi}{16}n.$$

БИЛЕТ № 2-6

1. Алгоритм быстрого преобразования Фурье и его вычислительная эффективность.
2. Вычисление быстрой свертки на основе алгоритма БПФ.
3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = -3x(n) + x(n-1) + 0,81y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = \sin \frac{2\pi}{16} n - \cos 3 \frac{2\pi}{16} n.$$

БИЛЕТ № 2-7

1. Передаточная функция, частотные и импульсные характеристики цифровых звеньев первого порядка.
2. Вычисление быстрой свертки на основе алгоритма БПФ.
3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = 2x(n) - x(n-1) + 1,4y(n-1) - 0,98y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = 2\sin \frac{2\pi}{16} n + \cos 4 \frac{2\pi}{16} n.$$

БИЛЕТ № 2-8

1. Прямая задача оптимального проектирования цифровых фильтров. Метод декомпозиции.
2. Дискретное преобразование Фурье и его свойства.
3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = 2x(n) - x(n-1) - 1,4y(n-1) - 0,98y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = 2\sin \frac{2\pi}{16} n + \cos 6 \frac{2\pi}{16} n.$$

БИЛЕТ № 2-9

1. Каноническая, параллельная и последовательная формы БИХ-фильтров.
2. Передаточная функция, частотные и импульсные характеристики цифровых звеньев второго порядка (действительные корни).
3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = x(n) + 3x(n-1) - 0,81y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = 2\sin\frac{2\pi}{16}n - \cos 5\frac{2\pi}{16}n.$$

БИЛЕТ № 2-10

1. Передаточная функция, частотная и импульсные характеристики цифровых звеньев первого порядка.
2. Метод частотной выборки.
3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = 0,5x(n) - x(n-1) + 1,8y(n-1) - 0,82y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = \sin 3\frac{2\pi}{16}n + \cos 5\frac{2\pi}{16}n.$$

БИЛЕТ № 2-11

1. Передаточная функция, частотные и импульсные характеристики цифровых звеньев второго порядка (комплексно-сопряженные корни).
2. Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.
3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = 2x(n) + x(n-1) + 0,25y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = 2\sin 2\frac{2\pi}{16}n + \cos 4\frac{2\pi}{16}n.$$

БИЛЕТ № 2-12

1. Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.
2. Метод частотной выборки.
3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = x(n) + 2x(n-1) + 1,3y(n-1) - 0,4y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = 0,5\sin \frac{2\pi}{16}n + \cos 2\frac{2\pi}{16}n.$$

БИЛЕТ № 2-13

1. Алгоритм быстрого преобразования Фурье и его вычислительная эффективность.
2. Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.
3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = x(n) - x(n-2) - 1,3y(n-1) - 0,4y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = 0,2\sin \frac{2\pi}{16}n + \cos 4\frac{2\pi}{16}n.$$

БИЛЕТ № 2-14

1. Вычисление быстрой свертки на основе алгоритма БПФ.
2. Передаточная функция, частотные и импульсные характеристики цифровых звеньев первого порядка.
3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить

АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = 3x(n) + 2x(n-1) + 1,6y(n-1) - 0,63y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = 0,3\sin\frac{2\pi}{16}n + \cos 6\frac{2\pi}{16}n.$$

БИЛЕТ № 2-15

1. Обратная задача оптимального проектирования цифровых фильтров. Метод декомпозиции.
2. Передаточная функция, частотные и импульсные характеристики цифровых звеньев второго порядка (действительные корни).
3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = 5x(n) + x(n-1) - 1,6y(n-1) - 0,63y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = -3\sin\frac{2\pi}{16}n + \cos 3\frac{2\pi}{16}n.$$

БИЛЕТ № 2-16

1. Каноническая, параллельная и каскадная формы БИХ-фильтров.
2. Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.
3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = 3x(n) + x(n-1) + 0,81y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = \sin\frac{2\pi}{16}n + \cos 7\frac{2\pi}{16}n.$$

БИЛЕТ № 2-17

1. Алгоритм быстрого преобразования Фурье и его вычислительная эффективность.
2. Вычисление быстрой свертки на основе алгоритма БПФ.

3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = 2x(n) + x(n-1) + 1,4y(n-1) - 0,98y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = 2\sin 3\frac{2\pi}{16}n + \cos 4\frac{2\pi}{16}n.$$

БИЛЕТ № 2-18

1. Передаточная функции, частотные и импульсные характеристики цифровых звеньев первого порядка.
2. Алгоритм быстрого преобразования Фурье и его вычислительная эффективность.
3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = 2x(n) + x(n-1) - 1,4y(n-1) - 0,98y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = 0,3\sin \frac{2\pi}{16}n + \cos 4\frac{2\pi}{16}n.$$

БИЛЕТ № 2-19

1. Передаточная функция, частотные и импульсные характеристики цифровых звеньев второго порядка (действительные корни).
2. Вычисление быстрой свертки на основе алгоритма БПФ.
3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = x(n) + 3x(n-1) - 0,81y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = 10\sin \frac{2\pi}{16}n + 5\cos 2\frac{2\pi}{16}n.$$

БИЛЕТ № 2-20

1. Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.
2. Метод частотной выборки.

3. Найти передаточную функцию $H(z)$, определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = 0,5x(n) + x(n-1) + 1,8y(n-1) - 0,82y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = \sin \frac{2\pi}{16} n + \cos 7 \frac{2\pi}{16} n.$$

Примеры заданий для КР по разделу 4

Раздел 4. Основы анализа эффектов квантования в цифровых цепях

Цель: Изучение методики анализа эффектов квантования в цифровых цепях.

Вопросы для обсуждения:

1. Эффекты конечной разрядности чисел в цифровых цепях. Линейная модель шума квантования.
2. Шумы округления в цифровых фильтрах при представлении чисел с фиксированной запятой.
3. Шумовая модель ЦФ первого порядка и его оценка.
4. Шумовая модель ЦФ второго порядка и его оценка.
5. Вычисление собственного шума на выходе линейной цифровой цепи.
6. Эффекты переполнения в сумматорах и борьба с ними. Ограничение динамического диапазона. Масштабирование.
7. Шумовая модель Джексона и ее применение для масштабирования переменных и оценки собственного шума.
8. Квантование коэффициентов ЦФ и оценка его влияния.

БИЛЕТ № 3-1

1. Эффекты конечной разрядности чисел в цифровых цепях. Линейная модель шума квантования.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = 2x(n) - x(n-1) + 0,25y(n-2).$$

--

БИЛЕТ № 3-2

1. Шум аналого-цифрового преобразования и его оценка.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = x(n) - 2x(n - 1) + 1,3y(n - 1) - 0,4y(n - 2).$$

БИЛЕТ № 3-3

1. Шумы округления в цифровых фильтрах при представлении чисел с фиксированной запятой.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = x(n) + x(n - 2) - 1,3y(n - 1) - 0,4y(n - 2).$$

БИЛЕТ № 3-4

1. Шумовая модель ЦФ первого порядка и его оценка.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = 3x(n) - 2x(n - 1) + 1,6y(n - 1) - 0,63y(n - 2).$$

БИЛЕТ № 3-5

1. Шумовая модель ЦФ второго порядка и его оценка.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = 5x(n) - x(n-1) - 1,6y(n-1) - 0,63y(n-2).$$

БИЛЕТ № 3-6

1. Вычисление собственного шума на выходе линейной цифровой цепи.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = -3x(n) + x(n-1) + 0,81y(n-2).$$

БИЛЕТ № 3-7

1. Эффекты переполнения в сумматорах и борьба с ними. Ограничение динамического диапазона. Масштабирование.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = 2x(n) - x(n-1) + 1,4y(n-1) - 0,98y(n-2).$$

БИЛЕТ № 3-8

1. Шумовая модель Джексона и ее применение для масштабирования переменных и оценки собственного шума.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = 2x(n) - x(n-1) - 1,4y(n-1) - 0,98y(n-2).$$

БИЛЕТ № 3-9

1. Квантование коэффициентов ЦФ и оценка его влияния.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = x(n) + 3x(n-1) - 0,81y(n-2).$$

БИЛЕТ № 3-10

1. Шумовая модель Джексона и ее применение для расчета масштабирующих множителей.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = 0,5x(n) - x(n-1) + 1,8y(n-1) - 0,82y(n-2).$$

БИЛЕТ № 3-11

1. Шум аналого-цифрового преобразования и его оценка.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = 2x(n) - x(n - 1) + 0,25y(n - 2).$$

БИЛЕТ № 3-12

1. Шумы округления в цифровых фильтрах при представлении чисел с фиксированной запятой.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = x(n) - 2x(n - 1) + 1,3y(n - 1) - 0,4y(n - 2).$$

БИЛЕТ № 3-13

1. Шумовая модель ЦФ первого порядка и его оценка.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = x(n) + x(n - 2) - 1,3y(n - 1) - 0,4y(n - 2) .$$

БИЛЕТ № 3-14

1. Шумовая модель ЦФ второго порядка и его оценка.

2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = 3x(n) - 2x(n - 1) + 1,6y(n - 1) - 0,63y(n - 2).$$

БИЛЕТ № 3-15

1. Вычисление собственного шума на выходе линейной цифровой цепи.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = 5x(n) - x(n - 1) - 1,6y(n - 1) - 0,63y(n - 2).$$

БИЛЕТ № 3-16

1. Эффекты переполнения в сумматорах и борьба с ними. Ограничение динамического диапазона. Масштабирование.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = -3x(n) + x(n - 1) + 0,81y(n - 2).$$

БИЛЕТ № 3-17

1. Шумовая модель Джексона и ее применение для масштабирования переменных и оценки собственного шума.

2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = 2x(n) - x(n-1) + 1,4y(n-1) - 0,98y(n-2).$$

БИЛЕТ № 3-18

1. Квантование коэффициентов ЦФ и оценка его влияния.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = 2x(n) - x(n-1) - 1,4y(n-1) - 0,98y(n-2).$$

БИЛЕТ № 3-19

1. Шумовая модель Джексона и ее применение для расчета масштабирующих множителей.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = x(n) + 3x(n-1) - 0,81y(n-2) .$$

БИЛЕТ № 3-20

1. Эффекты конечной разрядности чисел в цифровых цепях. Линейная модель шума квантования.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = 0,5x(n) - x(n - 1) + 1,8y(n - 1) - 0,82y(n - 2) .$$

Примеры контрольных вопросов в лаборатории

1. Сформулируйте требования, которые предъявляются к проектированию цифрового низкочастотного фильтра.
2. Перечислите элементарные цифровые звенья и представьте их графическое отображение, приведите пример цифровой цепи.
3. Что понимают под метрикой пространства функций и какая метрика используется в теории цифровых цепей?
4. Что понимают под инвариантностью к сдвигу линейной цифровой цепи? Перечислите основные свойства цифровых цепей, инвариантных к сдвигу.
5. Как связаны вход и выход линейной цифровой цепи?
6. Дайте определение импульсной характеристики цифровой цепи. Как связаны между собой импульсная характеристика цифровой цепи и воспроизводимая функция передачи?
7. Какая цифровая цепь считается устойчивой и физически реализуемой? Назовите условия устойчивости и физической реализуемости линейной цифровой цепи.
8. Как связаны друг с другом вход и выход КИХ-фильтра? Перечислите основные свойства, достоинства и недостатки КИХ-цепей.
9. Сформулируйте задачу аппроксимации желаемой функции передачи в классе КИХ-цепей и назовите основные способы ее решения.
10. Как связаны друг с другом вход и выход БИХ-фильтра? Перечислите основные свойства, достоинства и недостатки БИХ-цепей.
11. Дайте определение Z-преобразования и назовите его основные свойства.
12. Используя Z-преобразование, докажите, что передаточная функция БИХ-фильтра является отношением двух полиномов.
13. Сформулируйте задачу аппроксимации желаемой функции передачи в классе БИХ-цепей и назовите основные способы ее решения.
14. Почему и каким способом выполняется переход к параллельной и последовательной формам реализации БИХ-фильтра?
15. Приведите структурную схему, разностное уравнение, передаточную функцию БИХ-фильтра 1-го порядка и опишите его свойства: АЧХ, ФЧХ и импульсную характеристику.
16. Приведите структурную схему, разностное уравнение, передаточную функцию БИХ-фильтра 2-го порядка и опишите его свойства: АЧХ, ФЧХ и импульсную характеристику.
17. Приведите структурную схему, разностное уравнение, передаточную функцию биквадратной формы БИХ-фильтра 2-го порядка и опишите его свойства: АЧХ, ФЧХ и импульсную характеристику.
18. Дайте определение дискретного преобразования Фурье и назовите его основные отличительные свойства.
19. Как связаны друг с другом дискретный синусоидальный сигнал заданной частоты и его Фурье-образ?
20. Назовите отличительные свойства алгоритма быстрого преобразования Фурье: ограничения и вычислительную эффективность.
21. Перечислите основные операции алгоритма быстрой свертки и условия их реализации.

Вопросы к экзамену по дисциплине «Цифровая обработка сигналов»

1. Основные этапы проектирования системы ЦОС.
2. Предмет и задачи ЦОС в цифровых цепях.
3. Математическая постановка задачи оптимального проектирования цифровых фильтров.
4. Элементарные цифровые звенья и их графическое отображение.

5. Математическое описание класса операторов линейных цифровых цепей, инвариантных к сдвигу: уравнение свертки, импульсная характеристика.
6. Дискретное преобразование Лапласа и его связь с Z-преобразованием.
7. Z-преобразование и его свойства.
8. Обратное Z-преобразование и его вычисление.
9. Преобразование Фурье и его связь с Z-преобразованием.
10. Устойчивость и физическая реализуемость линейных цифровых цепей.
11. Описание линейных дискретных систем и цифровых цепей в Z-области.
12. Передаточная функция цифровой цепи. Взаимосвязь между передаточной функцией и разностным уравнением.
13. Передаточные функции и импульсные характеристики цифровых звеньев первого порядка.
14. Передаточные функции и импульсные характеристики цифровых звеньев второго порядка.
15. Оценка устойчивости цифровых цепей по передаточной функции. Карта нулей и полюсов.
16. Частотные характеристики цифровых звеньев первого порядка.
17. Частотные характеристики цифровых звеньев второго порядка.
18. Определение уравнений состояния и выхода цифровой цепи по передаточной функции.
19. Математическое описание дискретных сигналов. Связь между спектрами аналогового и дискретного сигналов.
20. Дискретизация узкополосного сигнала. Теорема Котельникова для узкополосных сигналов.
21. Формирование сигнала с одной боковой полосой. Модулятор Уивера.
22. Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.
23. Алгоритм быстрого преобразования Фурье и его вычислительная эффективность.
24. Математическое описание цифровых фильтров в классах КИХ- и БИХ-цепей. Сравнительный анализ эффективности двух классов линейных цифровых цепей.
25. Постановка и решение задачи аппроксимации функции передачи ЦФ в классе БИХ-цепей.
26. Синтез БИХ-фильтров методом инвариантной импульсной характеристики.
27. Методы синтеза аналоговых фильтров-прототипов.
28. Билинейное преобразование и его применение для синтеза ЦФ в классе БИХ-цепей.
29. Каноническая и каскадная формы БИХ-фильтров.
30. Разностное уравнение ЦФ в классе БИХ-цепей.

31. Проблемы устойчивости и чувствительности характеристик цифровых БИХ-фильтров.
32. Постановка и решение задачи аппроксимации функции передачи ЦФ в классе КИХ-цепей.
33. Прямая и каскадная формы реализации ЦФ в классе КИХ-цепей.
34. КИХ-фильтры с линейной ФЧХ. Синтез КИХ-фильтров методом окон.
35. Метод частотной выборки и его модификации.
36. Вычисление быстрой свертки на основе алгоритма БПФ.
37. Цифровые согласованные фильтры и их вычисление методом быстрой свертки.
38. Математическая формализация и решение задачи оптимального проектирования цифровых фильтров.
39. Прямая и обратная задачи оптимального проектирования цифровых фильтров. Методы декомпозиции.
40. Эффекты конечной разрядности чисел в цифровых цепях. Линейная модель шума квантования.
41. Шум аналого-цифрового преобразования и его оценка.
42. Шумы округления в цифровых фильтрах при представлении чисел с фиксированной и плавающей запятой.
43. Шумовая модель ЦФ первого порядка и его оценка.
44. Шумовая модель ЦФ второго порядка и его оценка.
45. Вычисление собственного шума на выходе линейной цифровой цепи.
46. Эффекты переполнения в сумматорах и борьба с ними. Ограничение динамического диапазона. Масштабирование.
47. Шумовая модель Джексона и ее применение для масштабирования переменных и оценки собственного шума.
48. Квантование коэффициентов ЦФ и оценка его влияния.
49. Колебания предельного цикла.
50. Двумерные сигналы и цепи: математическое описание. Типовые двумерные последовательности. Основные операции.
51. Устойчивость и физическая реализуемость двумерных систем. Разделимые системы.
52. Дискретизация двумерных сигналов. Двумерное Z-преобразование и его свойства. Двумерное дискретное преобразование Фурье.
53. Двумерные БИХ-фильтры: описание и свойства.
54. Двумерные КИХ-фильтры. Реализация на основе ДПФ.

Составил

д.т.н., зав. кафедрой

«Телекоммуникаций и основ радиотехники»

В.В. Витязев