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**

**Б1.В.01.06 «Цифровая обработка сигналов»**

Направление подготовки

11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Направленности (профили) подготовки

«Сети, системы и устройства телекоммуникаций»

Уровень подготовки

Бакалавриат

Квалификация выпускника – бакалавр

Формы обучения – очная

Рязань 2021 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 | 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 | экзамен |
| 3 | Основы анализа эффектов квантования в цифровых цепях. | ПК-2 | экзамен |
| 4 | Математические основы описания двумерных цифровых цепей и сигналов | ПК-2 | 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 подготовке 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 выполнившему практические задания, но допустившему при этом непринципиальные 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.   1. 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:    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*):  ; |

|  |
| --- |
| 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:     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*):  ; |

|  |
| --- |
| 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:     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*):  ; |

|  |
| --- |
| 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:     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*):  ; |
|  |
| 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:     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*):  ; |
| 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:     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*):  ; |
| 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:     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*):  ; |
| 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:     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*):  ; |
| 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:   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*):  ; |
| 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:      1. 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*):   ; |
| 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:     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*):  ; |
| 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:     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*):  ; |
| 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:     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*):  ; |
| 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:     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*):  ; |
| 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:     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*):  ; |

|  |
| --- |
| 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:     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*):  ; |
| 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:     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*):  ; |
| 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:     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*):  ; |

|  |
| --- |
| 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:     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*):  ; |
| 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:     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*):  ; |

|  |
| --- |
| БИЛЕТ № 2-1 |
| 1. Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Прямое и   обратное дискретное преобразование Фурье.   1. Метод частотной выборки. 2. Найти передаточную функцию *H*(*z*), определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:   .   1. Построить ДПФ дискретного сигнала: |

|  |
| --- |
| 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:   .   1. Построить ДПФ дискретного сигнала: |

|  |
| --- |
| БИЛЕТ № 2-3 |
| 1. Передаточная функция, частотные и импульсные характеристики цифровых 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:  .  4. Построить ДПФ дискретного сигнала: |

|  |
| --- |
| 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:      1. Построить ДПФ дискретного сигнала: |
| 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:   .   1. Построить ДПФ дискретного сигнала: |

|  |
| --- |
| 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:   .   1. Построить ДПФ дискретного сигнала: |

|  |
| --- |
| 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:   .   1. Построить ДПФ дискретного сигнала: |

|  |
| --- |
| 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:   .   1. Построить ДПФ дискретного сигнала: |

|  |
| --- |
| 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:   .   1. Построить ДПФ дискретного сигнала: |

|  |
| --- |
| 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:   .   1. Построить ДПФ дискретного сигнала: |

|  |
| --- |
| 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:   .   1. Построить ДПФ дискретного сигнала: |

|  |
| --- |
| 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:      1. Построить ДПФ дискретного сигнала: |

|  |
| --- |
| 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:   .   1. Построить ДПФ дискретного сигнала: |

|  |
| --- |
| 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:      1. Построить ДПФ дискретного сигнала: |

|  |
| --- |
| 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:   .   1. Построить ДПФ дискретного сигнала: |

|  |
| --- |
| 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:   .   1. Построить ДПФ дискретного сигнала: |

|  |
| --- |
| 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:   .   1. Построить ДПФ дискретного сигнала: |

|  |
| --- |
| 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:   .   1. Построить ДПФ дискретного сигнала: |

|  |
| --- |
| 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:   .   1. Построить ДПФ дискретного сигнала: |

|  |
| --- |
| 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:   .   1. Построить ДПФ дискретного сигнала: |

**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:     . |

|  |
| --- |
| 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:   . |

|  |
| --- |
| 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:     . |

|  |
| --- |
| 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: |
|  |
| 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:   . |

|  |
| --- |
| 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:   . |

|  |
| --- |
| 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:  . |

|  |
| --- |
| 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:   . |

|  |
| --- |
| 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:   . |

|  |
| --- |
| 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:   . |

|  |
| --- |
| 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:   . |

|  |
| --- |
| 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:   . |

|  |
| --- |
| 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:   . |

|  |
| --- |
| 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: |

|  |
| --- |
| 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:   . |

|  |
| --- |
| 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:  . |

|  |
| --- |
| 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:   . |

|  |
| --- |
| 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:   . |

|  |
| --- |
| 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:   . |

|  |
| --- |
| 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:   . |

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

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Телекоммуникаций и основ радиотехники» (протокол № от 2020 г.)

Заведующий кафедрой

«Телекоммуникаций и основ радиотехники»,

д.т.н, профессор В.В. Витязев

Заведующий кафедрой ТОР В.В. Витязев