

## 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.О.17 «Основы цифровой обработки сигналов»**

Специальность

12.05.01 «Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения»

Специализация

«Оптико-электронные информационно-измерительные приборы и системы»

Уровень подготовки

Специалитет

Квалификация выпускника – инженер

Формы обучения – очная

Рязань 2024 г

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), 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 общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимися 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 лабораторных работ и индивидуальных заданий на практических занятиях. При оценивании результатов освоения лабораторных работ и практических занятий применяется шкала оценки «зачтено – не зачтено». Количество лабораторных и практических работ и их тематика определена рабочей программой дисциплины, утвержденной заведующим кафедрой.

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 экзамена.

Форма проведения экзамена – письменный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. После выполнения письменной работы обучаемого производится ее оценка преподавателем и, при необходимости, проводится теоретическая беседа с обучаемым для уточнения экзаменационной оценки.

## Паспорт оценочных материалов по дисциплине

| №<br>п/п | Контролируемые разделы (темы)<br>дисциплины<br>(результаты по темам)                                                                                                                                                                                                        | Код<br>контролируемой<br>компетенции (или<br>её части)                     | Вид, метод,<br>форма<br>оценочного<br>мероприятия |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1        | 2                                                                                                                                                                                                                                                                           | 3                                                                          | 4                                                 |
| 1        | <i>Тема 1</i><br>ЦОС - информатика реального времени.<br>Предмет и задачи ЦОС в цифровых цепях                                                                                                                                                                              | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В | Экзамен                                           |
| 2        | <i>Тема 2</i><br>Математический аппарат описания<br>линейных цифровых цепей и дискретных<br>сигналов. Математические основы<br>проектирования линейных цифровых<br>фильтров в классе КИХ- и БИХ-цепей.<br>Дискретное преобразование Фурье, алгоритм<br>БПФ, быстрая свертка | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В | Экзамен,<br>лабораторная<br>работа                |
| 3        | <i>Тема 3</i><br>Основы многоскоростной обработки<br>сигналов и методы построения цифровых<br>фильтров с прореживанием по времени и по<br>частоте                                                                                                                           | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В | Экзамен,<br>лабораторная<br>работа                |
| 4        | <i>Тема 4</i><br>Основы анализа эффектов квантования в<br>цифровых цепях                                                                                                                                                                                                    | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В | Экзамен                                           |
| 5        | <i>Тема 5</i><br>Математические основы описания<br>двумерных цифровых цепей и сигналов                                                                                                                                                                                      | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В | Экзамен                                           |

### Критерии оценивания компетенций (результатов)

1). Уровень усвоения материала, предусмотренного программой.

- 2). Умение анализировать материал, устанавливать причинноследственные связи.
- 3). Ответы на вопросы: полнота, аргументированность, убежденность, умение
- 4). Качество ответа (его общая композиция, логичность, убежденность, общая эрудиция)
- 5). Использование дополнительной литературы при подготовке ответов.

Уровень освоения сформированности знаний, умений и навыков по дисциплине оценивается в форме бальной отметки:

**«Отлично»** заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

**«Хорошо»** заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебнопрограммного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

**«Удовлетворительно»** заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

**«Неудовлетворительно»** выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## Типовые контрольные задания или иные материалы

### Вопросы к экзамену по дисциплине

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. Фазовые цифровые звенья и их свойства.
19. Описание линейных дискретных систем и цифровых цепей в пространстве состояний.
20. Определение уравнений состояния и выхода цифровой цепи по передаточной функции.
21. Математическое описание дискретных сигналов. Связь между спектрами аналогового и дискретного сигналов.
22. Дискретизация узкополосного сигнала. Теорема Котельникова для узкополосных сигналов.
23. Формирование сигнала с одной боковой полосой. Модулятор Уивера.
24. Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.
25. Алгоритм быстрого преобразования Фурье и его вычислительная эффективность.

26. Математическое описание цифровых фильтров в классах КИХ- и БИХ-цепей. Сравнительный анализ эффективности двух классов линейных цифровых цепей.
27. Постановка и решение задачи аппроксимации функции передачи ЦФ в классе БИХ-цепей.
28. Синтез БИХ-фильтров методом инвариантной импульсной характеристики.
29. Методы синтеза аналоговых фильтров-прототипов.
30. Билинейное преобразование и его применение для синтеза ЦФ в классе БИХ-цепей.
31. Каноническая и каскадная формы БИХ-фильтров.
32. Разностное уравнение ЦФ в классе БИХ-цепей.
33. Проблемы устойчивости и чувствительности характеристик цифровых БИХ-фильтров.
34. Постановка и решение задачи аппроксимации функции передачи ЦФ в классе КИХ-цепей.
35. Прямая и каскадная формы реализации ЦФ в классе КИХ-цепей.
36. КИХ-фильтры с линейной ФЧХ. Синтез КИХ-фильтров методом окон.
37. Метод частотной выборки и его модификации.
38. Вычисление быстрой свертки на основе алгоритма БПФ.
39. Цифровые согласованные фильтры и их вычисление методом быстрой свертки.
40. Цифровые преобразователи Гильберта и дифференциаторы.
41. Математическая формализация и решение задачи оптимального проектирования цифровых фильтров.
42. Прямая и обратная задачи оптимального проектирования цифровых фильтров. Методы декомпозиции.
43. Децимация, как способ понижения частоты дискретизации.
44. Интерполяция, как способ повышения частоты дискретизации.
45. Метод синтеза узкополосного фильтра на основе децимации и интерполяции.
46. Многоступенчатая структура ЦФ: оптимальный синтез.
47. Полифазная форма фильтра-дециматора.
48. Параллельная форма фильтра-дециматора.
49. Цифровые гребенчатые фильтры: отличительные особенности и основные характеристики.
50. Метод синтеза структуры узкополосного ЦФ на основе децимации и интерполяции импульсной характеристики.
51. Оптимальный синтез многокаскадной структуры узкополосного ЦФ на основе децимации и интерполяции импульсной характеристики.
52. Эффекты конечной разрядности чисел в цифровых цепях. Линейная модель шума квантования.
53. Шум аналого-цифрового преобразования и его оценка.

54. Шумы округления в цифровых фильтрах при представлении чисел с фиксированной и плавающей запятой.
55. Шумовая модель ЦФ первого порядка и его оценка.
56. Шумовая модель ЦФ второго порядка и его оценка.
57. Вычисление собственного шума на выходе линейной цифровой цепи.
58. Эффекты переполнения в сумматорах и борьба с ними. Ограничение динамического диапазона. Масштабирование.
59. Шумовая модель Джексона и ее применение для масштабирования переменных и оценки собственного шума.
60. Квантование коэффициентов ЦФ и оценка его влияния.
61. Колебания предельного цикла.
62. Математическое описание нелинейных дискретных систем и цифровых цепей на основе функциональных рядов и полиномов Вольтерры.
63. Двумерные сигналы и цепи: математическое описание. Типовые двумерные последовательности. Основные операции.
64. Устойчивость и физическая реализуемость двумерных систем. Разделимые системы.
65. Дискретизация двумерных сигналов. Двумерное Z-преобразование и его свойства. Двумерное дискретное преобразование Фурье.
66. Двумерные БИХ-фильтры: описание и свойства.
67. Двумерные КИХ-фильтры. Реализация на основе ДПФ.
68. Описание двумерных систем и цифровых цепей в пространстве состояний. Управляемость и наблюдаемость.
69. Эффекты квантования в двумерных системах и цифровых цепях.

### **План практических занятий**

**Тема 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 (12 часов).**

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.

### Примеры типовых заданий

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

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

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

#### 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 векторов, и нарисуйте графики входного  $x(n)$ , выходного  $y(n)$  сигналов и импульсной характеристики  $h(n)$ :

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

#### 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 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 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 № 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 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:

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

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:

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

**Тема 4. Основы анализа эффектов квантования в цифровых цепях**  
**(4 часа)**

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.

### Примеры типовых заданий

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| БИЛЕТ № 3-1                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>1. Эффекты конечной разрядности чисел в цифровых цепях. Линейная модель шума квантования.</p> <p>2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:</p> $y(n) = 2x(n) - x(n-1) + 0,25y(n-2).$         |
| БИЛЕТ № 3-2                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>1. Шум аналого-цифрового преобразования и его оценка.</p> <p>2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:</p> $y(n) = x(n) - 2x(n-1) + 1,3y(n-1) - 0,4y(n-2).$                                  |
| БИЛЕТ № 3-3                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>1. Шумы округления в цифровых фильтрах при представлении чисел с фиксированной запятой.</p> <p>2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:</p> $y(n) = x(n) + x(n-2) - 1,3y(n-1) - 0,4y(n-2).$ |
| БИЛЕТ № 3-4                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>1. Шумовая модель ЦФ первого порядка и его оценка.</p> <p>2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:</p> $y(n) = 3x(n) - 2x(n-1) + 1,6y(n-1) - 0,63y(n-2).$                                   |
| 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:

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

### Типовые задания для самостоятельной работы

1. Дайте определение следующих терминов: «полоса пропускания», «показатели частотной избирательности».
2. Какие исходные данные необходимо иметь при моделировании цифровых фильтров?
3. Какой физический смысл имеют коэффициенты КИХ-фильтра?
4. Какие существуют этапы проектирования цифровых фильтров частотной селекции?
5. Что такое прямоугольность и узкополосность АЧХ? Как изменяются требования к порядку фильтра при их изменении?
6. Какие негативные последствия повлечёт за собой неоправданное увеличение или уменьшение порядка КИХ-фильтра?
7. В чём заключается сущность операций децимации и интерполяции?
8. Структурная схема узкополосного фильтра на основе децимации и интерполяции. Основные особенности.
9. Что такое максимально возможный коэффициент децимации?
10. Какие критерии используются при расчете оптимальных структур фильтра? Объясните их физический смысл.
11. Что такое полный коэффициент прореживания многоступенчатой структуры? Как его найти?
12. Способ решения задачи оптимального синтеза многоступенчатой структуры фильтра-дециматора с помощью Хука и Дживса.
13. Дайте определение цифровому гребенчатому фильтру?
14. Какое преимущество дает переход к двухкаскадной структуре с использованием гребенчатого фильтра, “прореживающего” спектр входного сигнала?
15. Способ синтеза гребенчатого фильтра.
16. Варианты построения многокаскадной структуры узкополосного НЧ фильтра.
17. Изобразите импульсную характеристику гребенчатого фильтра (коэффициент прореживания задается преподавателем).

18. Изобразите амплитудно-частотную характеристику (коэффициент прореживания задается преподавателем).
19. Запишите и объясните аналитическую формулу гребенчатого КИХ-фильтра.
20. Нарисуйте структурную схему гребенчатого КИХ-фильтра.
21. Объясните почему при синтезе узкополосного НЧ фильтра наблюдается значительное уменьшение собственных шумов?
22. Почему при синтезе узкополосного НЧ фильтра удастся многократно уменьшить вычислительные затраты?

### Лабораторный практикум

| № п/п | № темы дисциплины | Наименование лабораторной работы                             | Трудоемкость, час |
|-------|-------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------|
| 1     | 2                 | Синтез цифровых КИХ-фильтров и исследование их характеристик | 4                 |
| 2     | 2                 | Методы проектирования и программная реализация КИХ-фильтров  | 4                 |
| 3     | 2                 | Методы проектирования и программная реализация БИХ-фильтров  | 4                 |
| 4     | 3                 | Моделирование цифровых фильтров в среде MATLAB               | 4                 |

Составил

д.т.н., зав. кафедрой

«Телекоммуникаций и основ радиотехники»

В.В. Витязев