

Приложение к рабочей программе  
по дисциплине “Современные методы и технологии ЦОС в системах связи”

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.06 «Современные методы и технологии ЦОС в системах связи»**

Направление подготовки  
11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Направленности (профили) подготовки  
«Сети, системы и устройства телекоммуникаций»

Квалификация (степень) выпускника – магистр

Форма обучения – заочная

Рязань 2024 г

Фонд оценочных средств - это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной образовательной программы.

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

Основная задача — обеспечить оценку уровня сформированности общепрофессиональных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

Контроль знаний обучающихся проводится в форме текущего опроса, проведения контрольных работ по отдельным разделам и промежуточной аттестации.

В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются письменные ответы студентов на индивидуальные вопросы.

По итогам курса обучающиеся сдают зачет. Форма проведения зачета – устный ответ с письменным подкреплением.

### 1. 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	Цифровые системы частотной селекции на основе многоскоростной обработки сигналов	УК-1, ОПК-2, ОПК-3	экзамен
2	Адаптивная обработка сигналов и ее применение в системах телекоммуникаций	УК-1, ОПК-2, ОПК-3	экзамен
3	Спектральное оценивание и вейвлет-преобразование	УК-1, ОПК-2, ОПК-3	экзамен

Расписание аудиторных занятий, консультаций и зачета составляет диспетчерская служба учебного отдела, выставляет его на сайт РГРТУ и вывешивает на бумажном носителе, утвержденном проректором по учебной работе, в установленном месте.

Расписание текущих консультаций в течение семестра по лекционному материалу, темам, вынесенным для самостоятельного изучения студентами,

составляется лектором дисциплины по согласованию со студентами, подписывается им и вывешивается на бумажном носителе на доске объявлений кафедры.

Если студент в ходе семестра не выполнил часть предусмотренной программой дисциплины учебной работы или не прошел часть текущих контролируемых мероприятий, знание им этого материала проверяется в ходе сдачи зачета во время промежуточной аттестации (написания и успешной сдачи контрольных работ по каждому из трех разделов).

## 2. Критерии оценивания компетенций (результатов)

- 1) Уровень освоения материала, предусмотренного программой.
- 2) Умение анализировать изучаемый материал, устанавливать причинно-следственные связи.
- 3) Умение излагать основной смысл изучаемых понятий и наблюдаемых процессов.
- 4) Практические навыки расчетов, анализа, разработки программ.

«**Отлично**» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, усвоивший основную программу обучения и знакомый с дополнительными источниками, рекомендованные рабочей программой.

«**Хорошо**» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполнивший предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе.

«**Удовлетворительно**» заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, выполнивший предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе.

«**Неудовлетворительно**» выставляется студенту при обнаружении пробелов в знании 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 данной дисциплине.

### 3. Типовые контрольные мероприятия

#### 3.1. Примеры заданий для КР по разделу 1

##### Раздел 1. Цифровые системы частотной селекции на основе многоскоростной обработки сигналов

Цель: Изучение математических методов анализа-синтеза сигналов на основе многоскоростной обработки и их применение для построения банка цифровых полосовых фильтров и фильтров-демодуляторов в системах телекоммуникаций.

Вопросы для обсуждения:

1. Цифровые многоскоростные системы анализа-синтеза сигналов. Классификация методов синтеза набора цифровых фильтров-демодуляторов.
2. Прямая параллельная форма построения набора цифровых фильтров-демодуляторов. Два способа построения структуры цифрового фильтра-демодулятора.
3. Параллельная форма построения набора цифровых фильтров-демодуляторов с предварительным преобразованием.
4. Полифазная форма построения набора цифровых фильтров-демодуляторов с применением ДПФ.
5. Пирамидальная форма построения набора цифровых фильтров-демодуляторов.
6. Методы синтеза набора цифровых фильтров-демодуляторов в частотной области: прямая параллельная форма.
7. Адаптивные системы анализа-синтеза сигналов.
8. Методы синтеза структуры банка цифровых полосовых фильтров.
9. Прямая форма построения банка цифровых полосовых фильтров с предварительным преобразованием.
10. Пирамидальная форма построения банка цифровых полосовых фильтров на основе эффекта прореживания по частоте.

БИЛЕТ № 1-1
-------------

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Цифровые многоскоростные системы анализа-синтеза сигналов. Классификация методов синтеза набора цифровых фильтров-демодуляторов.</li><li>2. Как графически отображается система анализа-синтеза сигналов с использованием многоскоростной обработки.</li><li>3. Как выбирается коэффициент децимации-интерполяции?</li><li>4. Приведите примеры применения систем анализа-синтеза сигналов.</li></ol> |
|--|

БИЛЕТ № 1-2
-------------

1. Прямая параллельная форма построения набора цифровых фильтров-демодуляторов. Два способа построения структуры цифрового фильтра-демодулятора.
2. Как графически отображаются структуры цифрового фильтра-демодулятора? Достоинства и недостатки двух альтернативных способов.
3. Какие требования предъявляются к частотной избирательности?
4. Как связан коэффициент децимации на выходе фильтра-демодулятора с параметрами его частотной избирательности?

#### БИЛЕТ № 1-3

1. Параллельная форма построения набора цифровых фильтров-демодуляторов с предварительным преобразованием.
2. Как графически отображается набор цифровых фильтров-демодуляторов с предварительным преобразованием?
3. В чем преимущество структуры с предварительным преобразованием и когда она наиболее эффективна?
4. Приведите (выведите) формулу оценки приведенных вычислительных затрат и памяти данных.

#### БИЛЕТ № 1-4

1. Полифазная форма построения набора цифровых фильтров-демодуляторов с применением ДПФ.
2. Как графически отображается полифазная форма построения набора цифровых фильтров-демодуляторов с применением ДПФ?
3. В чем преимущества полифазной формы и чем она ограничена?
4. Приведите (выведите) формулу оценки приведенных вычислительных затрат и памяти данных.

#### БИЛЕТ № 1-5

1. Пирамидальная форма построения набора цифровых фильтров-демодуляторов.
2. Как графически отображается пирамидальная форма построения набора цифровых фильтров-демодуляторов?
3. В чем преимущества пирамидальной формы и чем она ограничена?

4. Приведите (выведите) формулу оценки приведенных вычислительных затрат и памяти данных.

БИЛЕТ № 1-6

1. Методы синтеза набора цифровых фильтров-демодуляторов в частотной области: прямая параллельная форма.
2. Как графически отображается прямая параллельная форма построения набора цифровых фильтров-демодуляторов в частотной области?
3. В чем преимущества прямой параллельной формы и чем она ограничена?
4. Приведите (выведите) формулу оценки приведенных вычислительных затрат и памяти данных.

БИЛЕТ № 1-7

1. Адаптивные системы анализа-синтеза сигналов.
2. Как графически отображается система анализа-синтеза сигналов на основе набора цифровых фильтров-демодуляторов ?
3. В чем преимущества адаптивной системы анализа-синтеза сигналов и чем она ограничена?
4. Приведите примеры применения адаптивной системы анализа-синтеза сигналов.

БИЛЕТ № 1-8

1. Методы синтеза структуры банка цифровых полосовых фильтров.
2. Как формулируется постановка задачи синтеза банка цифровых полосовых фильтров и чем она отличается от задачи построения набора цифровых фильтров-демодуляторов?
3. Назовите основные методы синтеза банка цифровых полосовых фильтров.
4. Приведите примеры применения банка цифровых полосовых фильтров.

БИЛЕТ № 1-9

1. Прямая форма построения банка цифровых полосовых фильтров с предварительным преобразованием.

2. Как графически отображается банк цифровых полосовых фильтров с предварительным преобразованием?
3. В чем преимущества прямой параллельной формы с предварительным преобразованием?
4. Приведите (выведите) формулу оценки приведенных вычислительных затрат и памяти данных.

**БИЛЕТ № 1-10**

1. Пирамидальная форма построения банка цифровых полосовых фильтров на основе эффекта прореживания по частоте.
2. Как графически отображается пирамидальная форма построения банка цифровых полосовых фильтров?
3. В чем преимущества пирамидальной формы построения банка цифровых полосовых фильтров?
4. Приведите (выведите) формулу оценки приведенных вычислительных затрат и памяти данных.

### **3.2. Примеры заданий для КР по разделу 2**

#### **Раздел 2. Адаптивная обработка сигналов и ее применение в системах телекоммуникаций**

Цель: Изучение методов и алгоритмов адаптивной обработки сигналов в системах телекоммуникаций.

Вопросы для обсуждения:

1. Адаптивные фильтры: назначение, классификация, применение.
2. Адаптивные КИХ-фильтры: общее описание и методы синтеза.
3. Методы поиска параметров рабочей функции. Устойчивость и скорость сходимости. Обучающая кривая.
4. Градиентные методы поиска: метод Ньютона и метод наискорейшего спуска.
5. Влияние шума на поиск оптимального вектора весовых коэффициентов.
6. Метод наименьших квадратов (МНК): вывод алгоритма МНК, анализ сходимости, обучающая кривая.
7. Градиентные методы для многомерного пространства и его приближения. Алгоритм последовательной регрессии. Адаптивные рекурсивные фильтры.

8. Применение адаптивной обработки в телекоммуникационных системах. Прямое моделирование многолучевого канала связи. Эхо-компенсация.
9. Обратное моделирование динамических систем. Адаптивное выравнивание телефонных каналов (эквалайзеры).
10. Адаптивное подавление помех. Подавление и фильтрация периодических сигналов с помощью адаптивного устройства предсказания.

БИЛЕТ № 2-1

1. Адаптивные фильтры: назначение, классификация, применение.
2. Два способа построения структуры адаптивного фильтра: отличительные особенности, область применения.
3. Как графически отображаются схемы подключения адаптивного фильтра в задачах прямого и обратного моделирования?
4. Применение адаптивной фильтрации в задачах кодирования.,

БИЛЕТ № 2-2

1. Адаптивные КИХ-фильтры: общее описание и методы синтеза.
2. Как графически отображается структура адаптивного КИХ-фильтра?
3. Приведите матрично-векторное описание КИХ-фильтра с выводом оптимального решения по критерию метода наименьших квадратов ошибки обучения.
4. Какие ограничения накладываются на статистические характеристики сигналов, гарантирующие устойчивость алгоритма обучения?

БИЛЕТ № 2-3

1. Методы поиска параметров рабочей функции. Устойчивость и скорость сходимости. Обучающая кривая.
2. Что вкладывается в понятие «рабочая функция» в задаче поиска оптимального решения на этапе обучения адаптивного фильтра?
3. Чем определяются степень устойчивости и скорость сходимости алгоритма обучения?
4. Приведите примеры поведения обучающей кривой в зависимости от значения знаменателя геометрической прогрессии рекуррентного алгоритма обучения.



БИЛЕТ № 2-4

1. Градиентные методы поиска: метод Ньютона и метод наискорейшего спуска.
2. Почему рассматриваемые методы поиска оптимального решения называются градиентами, в чем их принципиальное отличие?
3. Приведите формулы рекуррентного алгоритма обучения по методу наискорейшего спуска и методу Ньютона.
4. Проведите сравнительную оценку эффективности градиентных методов с позиции точности, скорости и вычислительной сложности.

БИЛЕТ № 2-5

1. Влияние шума на поиск оптимального вектора весовых коэффициентов.
2. Дайте оценку влияния шума на поиск оптимального решения методом статистического оценивания корреляционной функции входного процесса и вектора взаимной корреляции.
3. Дайте оценку влияния шума на поиск оптимального решения градиентными методами.
4. Как влияет шум на скорость и сходимость алгоритма обучения?

БИЛЕТ № 2-6

1. Метод наименьших квадратов (МНК): вывод алгоритма МНК, анализ сходимости, обучающая кривая.
2. В чем отличие алгоритма МНК от других градиентных методов?
3. Приведите (выведите) формулу рекуррентного алгоритма обучения по методу наименьших квадратов (МНК).
4. Проведите сравнительную оценку эффективности МНК с позиции точности, скорости и вычислительной сложности.

БИЛЕТ № 2-7

1. Градиентные методы для многомерного пространства и его приближения. Алгоритм последовательной регрессии. Адаптивные рекурсивные фильтры.
2. Приведите (выведите) формулу рекуррентного алгоритма обучения по методу Ньютона и методу наискорейшего спуска.

3. Какие операции включает в себя алгоритм последовательной регрессии: достоинства и недостатки?
4. В чем проблема обучения адаптивного БИХ-фильтра и как она решается?

#### БИЛЕТ № 2-8

1. Применение адаптивной обработки в телекоммуникационных системах. Прямое моделирование многолучевого канала связи. Эхо-компенсация.
2. В чем проблема многолучевости беспроводной связи и как она решается с помощью прямого моделирования?
3. Приведите схему подключения адаптивного фильтра к каналу связи.
4. В чем проблема акустического эхо и как она решается с помощью адаптивных фильтров?

#### БИЛЕТ № 2-9

1. Обратное моделирование динамических систем. Адаптивное выравнивание телефонных каналов (эквалайзеры).
2. В чем проблема «эквалайзинга» и как она решается с помощью обратного моделирования?
3. Приведите схему подключения адаптивного фильтра к каналу связи.
4. Дайте оценку эффективности обратного моделирования с позиции достижимой скорости передачи данных.

#### БИЛЕТ № 2-10

1. Адаптивное подавление помех. Подавление и фильтрация периодических сигналов с помощью адаптивного устройства предсказания.
2. Приведите схему подключения адаптивного фильтра линейного предсказания в задаче подавления узкополосных и периодических сигналов.
3. Приведите схему подключения адаптивного фильтра линейного предсказания в задаче выделения узкополосных и периодических сигналов на фоне широкополосного шума.
4. Дайте оценку эффективности применения линейного предсказания в задачах подавления и фильтрации периодических сигналов.

### 3.3. Примеры заданий для КР по разделу 3

#### Раздел 3. Спектральное оценивание и вейвлет-преобразование

Цель: Изучение методов и алгоритмов спектрального оценивания и вейвлет-преобразования в системах телекоммуникаций.

Вопросы для обсуждения:

1. Частотно-временной анализ непрерывных сигналов. Кратковременное преобразование Фурье. Вейвлет-преобразование.
2. Непрерывное вейвлет-преобразование и его свойства.
3. Быстрый алгоритм для вычисления вейвлет-образа.
4. Быстрый алгоритм восстановления сигнала по его вейвлет-образу.
5. Принцип построения вейвлетов.
6. Дискретное вейвлет-преобразование. Преобразование Хаара и его свойства.
7. Вейвлеты Добеши и их свойства.
8. Кратномасштабный анализ.
9. Периодограмма дискретного случайного процесса.
10. Разрешающая способность спектрального оценивания.
11. Периодограмма и выборочная автокорреляционная функция.
12. Коррелограммные методы оценивания СПМ.
13. Периодограммные методы оценивания СПМ.
14. Параметрический метод спектрального оценивания. AP, - CC, - APCC-модели.
15. Связь параметров AP, - CC, - APCC-моделей автокорреляционной функции.

#### БИЛЕТ № 3-1

1. Частотно-временной анализ непрерывных сигналов. Кратковременное преобразование Фурье. Вейвлет-преобразование.
2. Периодограмма дискретного случайного процесса.

#### БИЛЕТ № 3-2

1. Непрерывное вейвлет-преобразование и его свойства.
2. Разрешающая способность спектрального оценивания.

БИЛЕТ № 3-3

1. Быстрый алгоритм для вычисления вейвлет-образа.
2. Периодограмма и выборочная автокорреляционная функция.

БИЛЕТ № 3-4

1. Быстрый алгоритм восстановления сигнала по его вейвлет-образу.
2. Коррелограммные методы оценивания СПМ.

БИЛЕТ № 3-5

1. Принцип построения вейвлетов.
2. Периодограммные методы оценивания СПМ.

БИЛЕТ № 3-6

1. Дискретное вейвлет-преобразование. Преобразование Хаара и его свойства.
2. Параметрический метод спектрального оценивания. AP, - CC, - APCC-модели.

БИЛЕТ № 3-7

1. Вейвлеты Добеши и их свойства.
2. Связь параметров AP, - CC, - APCC-моделей автокорреляционной функции.

БИЛЕТ № 3-8

1. Частотно-временной анализ непрерывных сигналов. Кратковременное преобразование Фурье. Вейвлет-преобразование.
2. Периодограмма и выборочная автокорреляционная функция.

БИЛЕТ № 3-9

1. Быстрый алгоритм для вычисления вейвлет-образа.
2. Коррелограммные методы оценивания СПМ.

**3.4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Современные методы и технологии ЦОС в системах связи»**

1. Цифровые многоскоростные системы анализа-синтеза сигналов. Классификация методов синтеза набора цифровых фильтров-демодуляторов.
2. Прямая параллельная форма построения набора цифровых фильтров-демодуляторов. Два способа построения структуры цифрового фильтра-демодулятора.
3. Параллельная форма построения набора цифровых фильтров-демодуляторов с предварительным преобразованием.
4. Полифазная форма построения набора цифровых фильтров-демодуляторов с применением ДПФ.
5. Пирамидальная форма построения набора цифровых фильтров-демодуляторов.
6. Методы синтеза набора цифровых фильтров-демодуляторов в частотной области: прямая параллельная форма.
7. Адаптивные системы анализа-синтеза сигналов.
8. Методы синтеза структуры банка цифровых полосовых фильтров.
9. Прямая форма построения банка цифровых полосовых фильтров с предварительным преобразованием.
10. Пирамидальная форма построения банка цифровых полосовых фильтров на основе эффекта прореживания по частоте.
11. Адаптивные фильтры: назначение, классификация, применение.

12. Адаптивные КИХ-фильтры: общее описание и методы синтеза.
13. Методы поиска параметров рабочей функции. Устойчивость и скорость сходимости. Обучающая кривая.
14. Градиентные методы поиска: метод Ньютона и метод наискорейшего спуска.
15. Влияние шума на поиск оптимального вектора весовых коэффициентов.
16. Метод наименьших квадратов (МНК): вывод алгоритма МНК, анализ сходимости, обучающая кривая.
17. Метод Ньютона для многомерного пространства и его приближения. Алгоритм последовательной регрессии. Адаптивные рекурсивные фильтры.
18. Применение адаптивной обработки в телекоммуникационных системах. Прямое моделирование многолучевого канала связи.
19. Применение адаптивной обработки в телекоммуникационных системах. Эхо-компенсация в телефонных сетях.
20. Применение адаптивного моделирования при синтезе цифровых КИХ-фильтров.
21. Обратное моделирование динамических систем. Адаптивное выравнивание телефонных каналов (эквалайзеры).
22. Адаптивный синтез цифровых БИХ-фильтров. Метод прямого и обратного моделирования.
23. Кодирование с линейным предсказанием. Модель речевого сигнала на основе адаптивного фильтра линейного предсказания.
24. Адаптивное подавление помех. Подавление и фильтрация периодических сигналов с помощью адаптивного устройства предсказания.
25. Применение адаптивной обработки сигналов в системах управления и обработки информации.
26. Частотно-временной анализ непрерывных сигналов. Кратковременное преобразование Фурье. Вейвлет-преобразование.
27. Непрерывное вейвлет-преобразование. Примеры вейвлетов.
28. Быстрый алгоритм восстановления сигнала по его вейвлет-образу.
29. Дискретное вейвлет-преобразование. Преобразование Хаара и его свойства.
30. Быстрый алгоритм вычисления непрерывного вейвлет-преобразования с использованием преобразования Хаара.
31. Вейвлеты Добеши и их свойства. От фильтров к функциям.
32. Кратномасштабный анализ. Одномерные сигналы. Двумерные сигналы (изображения).
33. Примеры применения вейвлетов в система передачи данных: локализация энергии и сжатие.
34. Частотно-временной анализ непрерывных сигналов. Кратковременное преобразование Фурье. Вейвлет-преобразование.
35. Непрерывное вейвлет-преобразование и его свойства.
36. Быстрый алгоритм для вычисления вейвлет-образа.
37. Быстрый алгоритм восстановления сигнала по его вейвлет-образу.
38. Принцип построения вейвлетов.

39. Дискретное вейвлет-преобразование. Преобразование Хаара и его свойства.
40. Вейвлеты Добеши и их свойства.
41. Кратномасштабный анализ.
42. Периодограмма дискретного случайного процесса.
43. Разрешающая способность спектрального оценивания.
44. Периодограмма и выборочная автокорреляционная функция.
45. Коррелограммные методы оценивания СПМ.
46. Периодограммные методы оценивания СПМ.
47. Параметрический метод спектрального оценивания. АР, - СС, - АРСС-модели.
48. Связь параметров АР, - СС, - АРСС-моделей автокорреляционной функции.

**Расписание аудиторных занятий, предзачетных консультаций и зачетов составляет диспетчерская служба учебного отдела, выставляет его на сайт РГРТУ и вывешивает на бумажном носителе, утвержденном проректором по учебной работе, в установленном месте.**

**Расписание текущих консультаций в течение семестра по лекционному материалу, темам, вынесенным для самостоятельного изучения студентами, составляется лектором дисциплины по согласованию со студентами, подписывается им и вывешивается на бумажном носителе на доске объявлений кафедры.**

**Если студент в ходе семестра не выполнил часть предусмотренной программой дисциплины учебной работы или не прошел часть текущих контролируемых мероприятий, знание им этого материала проверяется в ходе сдачи зачета или во время промежуточной аттестации.**

Составил

д.т.н., зав. кафедрой  
«Телекоммуникаций и основ радиотехники»

В.В. Витязев

Заведующий кафедрой  
«Телекоммуникаций и основ радиотехники»,  
д.т.н, профессор

В.В. Витязев