

Приложение  
к рабочей программе дисциплины

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ . В.Ф. УТКИНА»

Факультет радиотехники и телекоммуникаций  
Кафедра Радиоуправления и связи

## **ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **«ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ И СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ»**

Направление подготовки  
11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»  
ОПОП-1 «Сети, системы и устройства телекоммуникаций»  
Квалификация выпускника – магистр  
Форма обучения: очная, заочная, очно-заочная.

Рязань 2023

## **1. Общие положения**

Оценочные материалы – 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 приобретенных 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 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 на лабораторных работах и практических занятиях.

При выполнении лабораторных работ применяется система оценки «зачтено – не зачтено». Защита лабораторных работ - средство, позволяющее оценить умение и владение обучающегося излагать суть поставленной задачи, самостоятельно применять стандартные методы решения поставленной задачи с использованием имеющейся лабораторной базы, проводить анализ полученного результата работы. Выполнение и защита всех лабораторных работ, предусмотренных программой, является допуском к экзамену по изучаемой дисциплине.

Целью проведения практических занятий является углубление изучения разделов дисциплины с целью получения навыков применения теоретических знаний к решению практических задач. Средством текущего контроля по данному виду занятий является итоговое тестирование в письменной форме. Каждый студент получает вариант задания, состоящий из 3 вопросов. Результат тестирования учитывается преподавателем при проведении итогового контроля по дисциплине (экзамена или зачёта).

Форма проведения экзамена – устный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включается два теоретических вопроса. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый может составить в письменном виде план ответа,

включающий в себя определения, выводы формул, рисунки и т.п.

## 2. Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции	Форма оценки
1	2	3	4
<b>Модуль 1</b>			
1	Принципы построения цифровых телекоммуникационных сетей		
1.1	Общие принципы построения цифровых радиорелейных линий	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
1.2	Структура цифровых сигналов	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
1.3	Архитектура ЦРРЛ	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
1.4	Гипотетические цепи ВСС и МККР	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
1.5	Нормы ВСС и рекомендации МККР на основные характеристики цифровых каналов РРЛ	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
<b>Модуль 2</b>			
2	Основы моделирования радиолиний		
2.1	Детерминированные модели	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
2.2	Эмпирические модели	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
2.3	Статистические модели	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.

2.4	Экспериментальные модели	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
2.5	Системы энергоснабжения РРС	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
2.6	Методы анализа распространения радиоволн в городских условиях	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
2.7	Расчёт дальности связи на основе модели «большого расстояния» (эмпирическая модель, экспериментальная модель, методика МККР, методика EURO COST)	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
2.8	Модель «малого расстояния» (плоский фединг, ЧС фединг, медленный и быстрый фединги)	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	
Модуль 3			
3	Основы расчёта трасс цифровых радиорелейных линий прямой видимости		
3.1	Сигнатура ЦРРС	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
3.2	Причины замираний сигналов на трассе ЦРРЛ	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
3.3	Методика расчёта плоских замираний на трассе	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
3.4	Методика расчёта частотно-селективных замираний	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
3.5	Расчёт первой зоны Френеля на пролёте	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14;	Экзам.

		ПК-15	
3.6	Выбор трассы, аппаратуры РРЛ, частотного плана, структуры АФТ	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
3.7	Построение профилей трассы. Выбор высот подвеса антенн на пересечённой трассе	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
3.8	Выбор высот подвеса на слабопересечённой местности	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
3.9	Особенности расчёта пролётов в горных условиях	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
3.10	Расчёт множителя ослабления для открытых трасс	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
3.11	Расчёт множителя ослабления для закрытых и полужакрытых трасс.	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
3.12	Определение величины запаса на замирания на интервале ЦРРЛ	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
3.13	Энергетический расчёт пролётов РРЛ	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
3.14	Показатели качества каналов ЦРРЛ: коэффициент неготовности, коэффициент ошибок	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
3.15	Расчет влияния атмосферы и гидрометеоров на работу ЦРРЛ	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
3.16	Расчет вероятности появления интерференционных замираний	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14;	Экзам.

		ПК-15	
3.17	Расчет запаса на плоские замирания	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
<b>Модуль 4</b>			
4	Методы и средства повышения устойчивости связи на ЦРРЛ		
4.1	Приём сигналов в условиях фединга	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
4.2	Разнесённый приём на ЦРРЛ. Методы реализации	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
4.3	Методы комбинирования сигналов	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
4.4	Расчёт устойчивости связи при разнесённом приёме	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
4.5	Применение эквалайзеров в каналах с ЧСЗ	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
4.6	Интерливинг	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
<b>Модуль 5</b>			
5	Перспективы развития низкоскоростных и высокоскоростных ЦРРЛ		
5.1	Области применения низкоскоростных ЦРРЛ	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.
5.2	Особенности и проблемы применения ЦРРЛ миллиметрового диапазона	ОПК-5; ПК-2; ПК-3; ПК-5; ПК-13; ПК-14; ПК-15	Экзам.

### 3. Критерии оценивания компетенций

- 1) Уровень усвоения материала, предусмотренного программой.
- 2) Умение анализировать материал, устанавливать причинно-следственные связи.
- 3) Качество ответа на вопросы: полнота, аргументированность, убежденность, логичность.
- 4) 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 учебно-программного 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, 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.

**Оценка «зачтено»** выставляется, если задание по работе выполнено в полном объеме. Студент усвоил программный материал, точно и

аргументированно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, показал глубокие знания, владеет приёмами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников, теорию связывает с практикой, другими темами курса, без ошибок выполнил практическое задание. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. Дополнительным условием получения зачёта могут стать хорошие успехи при выполнении самостоятельной и контрольной работы, активная работа на практических занятиях.

**Оценка «не зачтено»** выставляется студенту, который не справился с 50% вопросов и заданий билета, в ответах на вопросы допустил существенные ошибки. не выполнил все задания работы и не может объяснить полученные результаты.

#### **4. Типовые контрольные задания**

##### **Примерный перечень вопросов к лабораторным работам, курсовому проекту и экзамену (сем. 2) «Проектирование цифровых РРЛ и ССП»**

1. Назовите области наиболее эффективного применения ЦРРЛ
2. Перечислите основные недостатки установки и эксплуатации ЦРРС.
3. Назовите возможные способы построения ЦРРЛ
4. Назовите основные отличия технологий СЦИ и ПЦИ.
5. В чём преимущества передачи цифровых сигналов по аналоговой РРЛ?
6. В чём проблемы передачи цифрового сигнала по аналоговым стволам РРЛ?
7. Укажите проблемы организации цифрового ТВ вещания.
8. Какие достоинства и недостатки передачи цифровых сигналов с регенерацией?
9. С какой целью применяют фильтр Найквиста в ЦРРЛ?
10. Перечислите возможные причины замираний сигналов на трассе.
11. Дайте понятие гладких (плоских) замираний.
12. Дайте понятие частотно-селективных замираний.
13. Методы борьбы с гладкими замираниями сигнала на трассе.
14. Методы борьбы с ЧСЗ на трассе.
15. Что такое коэффициент системы?
16. Какими методами повышают эффективность использования спектра в ЦРРЛ?
17. Приведите обобщённую структурную схему аналого-цифрового ствола.
18. Дайте определение манипуляции. Какие виды применяют?
19. Каким требованиям должен отвечать линейный цифровой сигнал?
14. Охарактеризуйте технологию PDH. Какую скорость имеет поток ЕЗ? Укажите недостатки PDH.

15. Охарактеризуйте технологию SDH. Укажите достоинства SDH.
16. Изобразите обобщённую схему подключения оконечного цифрового оборудования к аналоговой РРЛ на приём и передачу.
17. Как выбирается полоса пропускания цифрового ствола?
18. Дайте понятие фильтра Найквиста. Его назначение.
19. К чему приводит ограничение спектра манипулированных ВЧ сигналов до входа детектора приёмника?
20. Поясните принципы фазовой манипуляции.
21. Определите оптимальную ширину полосы ствола при передаче цифровых сигналов по РРЛ.
22. Какая система резервирования стволов используется в ЦРРЛ?
23. С какой целью применяют скремблирование цифровых потоков?
24. Дайте понятие сигнатуры ЦРРС
25. Перечислите причины замираний сигналов на трассе ЦРРЛ.
26. Как рассчитывается зона Френеля на пролёте?
27. Как определяются высоты подвеса антенн на пролёте?
28. Чем опасен большой просвет на интервале?
29. Чем объяснить зигзагообразный характер трассы РРЛ ПВ?
30. Как осуществляется проверка интервала на субрефракцию?
31. Дайте понятия запаса на замирания и минимально-допустимого множителя ослабления на пролёте. Как они определяются?
32. Как рассчитать мощность сигнала на входе приёмника в реальном пространстве?
33. Как реализуется адаптивная модуляция на ЦРРЛ?
34. Дайте понятия коэффициента неготовности (ПНГ) и коэффициента ошибок (СПС).
35. Перечислите методы повышения устойчивости связи на ЦРРЛ.
36. Назначение и реализация методов разнесённого приёма.
37. Назовите методы комбинирования сигналов. Дайте оценку.
38. Как рассчитывается устойчивость связи при разнесённом приёме?
39. Назовите причины межсимвольных искажений цифрового сигнала.
40. Назначение эквалайзеров в каналах с ЧСЗ.
41. Каков смысл и назначение интерливинга в ЦРРЛ?
42. Что такое эквивалентный радиус Земли? Как он определяется?
43. Определите коэффициент рефракции при стандартной рефракции атмосферы.
44. Дайте понятия открытой, полузакрытой и закрытой трассы.
45. Что такое рефракция? Виды рефракции.
46. Причины появления интерференционных замираний. Методы борьбы с ними.
47. Какой характер местности на пролёте предпочтителен для обеспечения устойчивой связи?
48. В чём смысл процедуры оптимизации высот подвеса антенн?
49. Как осуществляется поствольное (поучастковое) резервирование?
50. Способы организации каналов СС и ТО на ЦРРЛ.

51. Какие основные параметры непрерывно контролируются на терминале ЦРРС?
52. Аппаратура КУРС-2. Нарисуйте двухчастотный план РРЛ с конфигурацией 3+1 (2ТВ+1ТФ) в прямом и обратном направлениях.

## 5. Варианты контрольных вопросов с ответами

**Вопрос 1.** Что такое рефракция? Виды атмосферной рефракции.

**Ответ.**

Атмосферная рефракция (или преломление) – это явление искривления траектории распространения электромагнитной волны в атмосфере по причине неоднородности диэлектрической проницаемости воздуха  $\epsilon$ , в свою очередь вызванной неоднородностью метеопараметров воздуха.

Рефракция может быть нулевая, положительная и отрицательная в зависимости от значения вертикального градиента диэлектрической проницаемости воздуха  $g = d\epsilon/dh$ . При  $g = 0$  рефракция нулевая. При уменьшении диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  с высотой, т.е.  $g < 0$ , рефракция положительная. При увеличении  $\epsilon$  с высотой, т.е.  $g > 0$ , рефракция отрицательная (или субрефракция). При нулевой рефракции траектория распространения ЭМВ прямолинейная. При положительной рефракции траектория искривляется, радиус её кривизны положительный  $\rho = 1/(-g) > 0$ , траектория распространения ЭМВ относительно поверхности земли выпуклая. При отрицательной рефракции (субрефракции) радиус кривизны отрицательный  $\rho = 1/(-g) < 0$ , траектория ЭМВ при этом вогнутая.

Если вертикальный градиент равен  $g = -8 \cdot 10^{-8}$  1/м, то рефракция называется нормальной (стандартной). При значении  $g = -31,4 \cdot 10^{-8}$  1/м рефракция называется критической и траектория ЭМВ параллельна поверхности Земли.

**Вопрос 2.** Дайте понятия открытой, полузакрытой и закрытой трассы.

**Ответ.**

Характер (тип) трассы определяется значением нормированного просвета на пролёте (интервале)  $p(g)$ . Этот параметр зависит от значения вертикального градиента диэлектрической проницаемости  $g$  и равен

$p(g) = [H + \Delta H(g)]/H_0$ , где  $H$  – геометрический (физический),

$\Delta H(g) = -0,25 R^2 g [k_{тр}(1 - k_{тр})]$  – приращение просвета на пролёте за счёт рефракции;

$k_{тр} = R_1/R$  – коэффициент трассы (относительная координата препятствия на пролёте);

$R_1$  – координата препятствия;

$R$  – длина пролёта;

$H_0 = \sqrt{R\lambda(k_{тр}(1 - k_{тр}))}/3$  – радиус первой зоны Френеля.

Если выполняются следующие условия:

$p(g) > 1$  или  $H(g) = H + \Delta H(g) > H_0$ , то трасса открытая;

$0 < p(g) < 1$  или  $0 < H(g) < H_0$ , то трасса полузакрытая;  
 $p(g) < 0$  или  $H(g) < 0$ , то трасса закрытая.

**Вопрос 3.** Как определяются высоты подвеса антенн на пролёте?

**Ответ.**

После построения продольного профиля пролёта определяются координата лидирующего препятствия на пролёте  $R_1$  и коэффициент трассы на пролёте  $k_{тр} = R_1/R$ . Затем рассчитываются радиус первой зоны Френеля  $H_0 = \sqrt{R\lambda(k_{тр}(1 - k_{тр}))/3}$  и приращение просвета при нормальной рефракции  $\Delta H(g_n) = -0,25 R^2 g_n [k_{тр}(1 - k_{тр})]$ .

Из выражения для относительного просвета из условия минимально открытой трассы  $p(g_n) = [H + \Delta H(g_n)]/H_0 = 1$  определяется величина геометрического просвета на пролёте  $H = H_0 - \Delta H(g_n)$ , которая откладывается от верхней точки препятствия. Через вновь полученную точку проводится прямая линия таким образом, чтобы суммарная высота подвеса антенн  $(h_1 + h_2)$  была бы как можно меньше.

Затем высоты подвеса антенн проверяются на субрефракцию. Рассчитывается приращение просвета для  $g_{ср} = g_n + 4,3\sigma$ , где  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение нормально распределённого вертикального градиента диэлектрической проницаемости  $g$ :

$$\Delta H(g_{ср}) = -0,25 R^2 g_{ср} [k_{тр}(1 - k_{тр})].$$

После чего выбором высот подвеса  $h_1$  и  $h_2$  добиваются выполнения условия  $H + \Delta H(g_{ср}) \geq 0$ .

Фонд оценочных средств составлен в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования для подготовки магистров по направлению подготовки 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», ООП «Многоканальные телекоммуникационные системы»

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

СОГЛАСОВАНО

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Дмитриев Владимир  
Тимурович, Заведующий кафедрой РУС

18.10.24 12:01 (MSK)

Простая подпись