

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный  
университет им. Х.М. Бербекова»  
(КБГУ)

Институт электроники, робототехники и искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП

 Р.Ш. Тешев

« 12 » февраля 20 26 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Б1.В.ДВ.02.02 «Тенденция развития радиоэлектронных систем»**

Специальность

**11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**

Специализация

**Радиоэлектронные системы передачи информации**

Квалификация (степень) выпускника

**Инженер**

Форма обучения

**Очная**

Нальчик 2025

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю),  
соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

**Таблица 1**

Код и формулировка компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУН)
<p><b>ПК-4.</b></p> <p>Способен к проведению диагностики, оценки качества и надежности в процессе эксплуатации радиоэлектронных систем и комплексов..</p>	<p><b>ПК-4.1.</b></p> <p>Способен учитывать специфику и особенности различного назначения радиоэлектронных систем и комплексов при оценке эффективности работы функциональных узлов и частей радиоэлектронной аппаратуры.</p>	<p><b>Знать</b> специфику и особенности различного назначения радиоэлектронных систем и комплексов при оценке эффективности работы функциональных узлов и частей радиоэлектронной аппаратуры.</p>
		<p><b>Уметь</b> контролировать проведение диагностики радиоэлектронных систем и их составных частей.</p>
	<p><b>ПК-4.2</b></p> <p>Способен контролировать проведение диагностики и определять категории оценки качества на надежность, долговечность и безотказность работы радиоэлектронных</p>	<p><b>Владеть</b> методами оценки качества на надежность, долговечность и безотказность работы радиоэлектронных систем и их составных частей.</p>

	систем и их составных частей.	
--	-------------------------------------	--

## 2 Шкала оценивания планируемых результатов обучения

### 2.1 Текущий контроль

Оценка результатов текущей успеваемости в рамках контрольных точек осуществляется посредством 70-балльной системы, при этом за добросовестное посещение занятий обучающийся может набрать до 10 баллов, за качественное прохождение оценочных мероприятий - до 60 баллов.

Таблица 2

Карта распределения рейтинговых баллов в рамках текущего контроля  
в 3 семестре

№	Оценочное средство	Форма проведения	Порядок проведения	Максимальное количество баллов	Критерии оценивания
1	Лабораторная работа №1 «Моделирование и оценка интеллектуальной отражающей поверхности (RIS) для улучшения качества канала».	Виртуальная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами индивидуально.	10	10- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 6 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 3 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
2	Лабораторная работа №2 «Применение методов машинного обучения для предсказания качества радиоканала и адаптивного управления ресурсами».	Виртуальная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами индивидуально.	10	10- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 6 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 3 – задания выполнены частично или одно

					из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
3	Лабораторная работа №3 «Экспериментальная реализация узкополосного mmWave/THz звена на SDR: оценка качества передачи и beam-steering (симуляция/лабораторный стенд)».	Виртуальная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами индивидуально.	10	10- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 6 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 3 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
4	Тесты 1	с применением ДТ	Студент проходит компьютерное тестирование в ЭИОС.	7	Количество баллов пропорционально количеству правильных ответов
5	Тесты 2	с применением ДТ	Студент проходит компьютерное тестирование в ЭИОС.	7	Количество баллов пропорционально количеству правильных ответов
6	Коллоквиум 1	письменная	Студенты отвечают письменно на вопросы коллоквиума	8	8-6 – ответы полные, точные, демонстрируют глубокое понимание темы, аргументация логична; 5-4 – ответы в основном

					<p>правильные, но содержат незначительные ошибки;</p> <p>3- ответы недостаточно полные;</p> <p>2 – ответы частичные, содержат ошибки или требуют наводящих вопросов;</p> <p>1-ответы не на все вопросы, частичные.</p> <p>0 – ответы отсутствуют или полностью неверные.</p>
1 4	Коллоквиум 2	письменная	Студенты отвечают письменно на вопросы коллоквиума	8	<p>8-6– ответы полные, точные, демонстрируют глубокое понимание темы, аргументация логична;</p> <p>5-4 – ответы в основном правильные, но содержат незначительные ошибки;</p> <p>3- ответы недостаточно полные;</p> <p>2 – ответы частичные, содержат ошибки или требуют наводящих вопросов;</p> <p>1-ответы не на все вопросы, частичные.</p> <p>0 – ответы отсутствуют или полностью неверные.</p>

	<b>Итого:</b>			<b>60</b>	
--	---------------	--	--	-----------	--

**Карта распределения баллов в рамках промежуточной аттестации**

<b>№</b>	<b>Оценочное средство</b>	<b>Форма проведения</b>	<b>Порядок проведения</b>	<b>Максимальное количество баллов</b>	<b>Критерии оценивания</b>
1	Билет на зачет	Устный опрос	Билет содержит 2 теоретических вопроса. На теоретические вопросы студент должен ответить устно.	Теоретические вопросы – 30 баллов.	<p><b><u>Критерии оценивания теоретических вопросов:</u></b></p> <p>25 до 30 баллов: Глубокий уровень владения материалом, точное знание ключевых концепций, способность анализировать и интерпретировать факты, грамотно строить высказывания, привести примеры, свободно оперировать терминологией.</p> <p>От 19 до 24 баллов: Базовое владение предметом, умение последовательно раскрыть основную мысль вопроса, грамотное применение терминов, наличие существенных элементов анализа и обобщений, но недостаточное развертывание или отдельные неточности.</p> <p>От 13 до 18 баллов: Частичное освоение материала, попытка объяснить</p>

					<p>основной смыслом вопроса, использование некоторых базовых терминов, но отсутствие глубокого понимания сложных моментов, логические недостатки изложения, отсутствие выводов. От 7 до 12 баллов: Ошибочные представления, слабо выраженное владение основными понятиями, значительные затруднения в интерпретации вопросов, существенные фактологические ошибки, отсутствие обоснованных выводов и примеров. От 0 до 6 баллов: Полное непонимание темы, неспособность сформулировать адекватный ответ, грубые ошибки, несоответствие требованиям задания.</p>
--	--	--	--	--	---

### 3. Оценочные материалы для текущего и промежуточного контроля успеваемости

#### 3.1. Оценочные материалы для текущего контроля

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

##### Лабораторная работа 1

#### Моделирование и оценка интеллектуальной отражающей поверхности (RIS) для улучшения качества канала

Цель :Исследовать влияние RIS (reconfigurable intelligent surface) на характеристики радиоканала и на показатели приёмапередачи (RSRP/SINR, BER, throughput) в сценарии с препятствием между передатчиком и приёмником.

### **Описание работы**

1. Построить геометрическую модель: Tx, Rx, препятствие, плоскость RIS с набором N элементов.
2. Сформировать модели каналов: прямой (blocked), отражённый через RIS (фазовые сдвиги элементов). Учесть затухание по расстоянию и фазу.
3. Реализовать алгоритм настройки фазовых коэффициентов элементов RIS для максимизации сигнала в направлении Rx (конструктивное суммирование).
4. Смоделировать и сравнить метрики без RIS и с RIS: спектральная эффективность, SINR, BER для заданной модуляции (QPSK/16QAM). Построить зависимости от числа элементов N и ошибок в фазировке.
5. (Опционально) провести измерение на SDR-стенде с имитацией .
6. Построить кривые зависимости SINR/throughput от числа элементов RIS и точности фазирования; выводы об эффективности RIS в разных сценариях.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое RIS и какова его роль в управлении радиополя?
2. Почему точность фазирования элементов критична для эффективности RIS?
3. Как изменение числа элементов RIS влияет на усиление в направлении приёмника?
4. Какие ограничения (в физике/экономике) накладывает использование RIS в реальной сети?
5. Чем RIS отличается от традиционных ретрансляторов (relay)?
6. Как ошибки синхронизации/оценки канала влияют на производительность системы с RIS?

## **Лабораторная работа 2**

### **Применение методов машинного обучения для предсказания качества радиоканала и адаптивного управления ресурсами**

Цель: Освоить практические подходы использования ML для прогнозирования параметров канала (SINR/RSRP/throughput) и принятия решений по адаптивной модуляции/распределению ресурсов.

### **Описание работы**

1. Подготовить датасет: признаки — расстояние, углы, скорость UE, параметры окружения, текущая мощность Tx, шум; целевая переменная — SINR или throughput. Можно сгенерировать данные симулятором канала.
2. Разделить данные на train/test, нормализовать признаки.
3. Обучить несколько моделей: линейная регрессия, случайный лес, простая нейронная сеть; оценить метрики (RMSE, MAE, R<sup>2</sup>).

4. Реализовать простую правило-ориентированную систему адаптивной модуляции: предсказанный SINR → выбор MCS. Сравнить производительность (throughput, BER) с неконтролируемым сценарием.
5. Проанализировать важность признаков (feature importance) и устойчивость модели к шуму/изменению условий.
6. Сравнить модели предсказания канала; демонстрация выигрыша от использования ML при адаптивном выборе MCS/ресурсов.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие признаки наиболее информативны для предсказания SINR и почему?
2. Какие преимущества и ограничения у ML-подходов в задачах управления радиоресурсами?
3. Почему важно разделять выборку на train/test и проводить кросс-валидацию?
4. Как ошибки прогноза SINR влияют на выбор MCS и общую пропускную способность?
5. Какие меры можно принять для повышения обобщающей способности модели в реальном мире?

## **Лабораторная работа 3**

### **Экспериментальная реализация узкополосного mmWave/THz звена на SDR: оценка качества передачи и beam-steering (симуляция/лабораторный стенд)**

Цель :Исследовать особенности передачи в mmWave/низких THz диапазонах через SDR-имитацию (или лабораторный стенд), оценить влияние полосы, направленности (beamforming) и поглощения на throughput и BER.

### **Описание работы**

1. Настроить передачу цифрового потокового трафика (UDP) через SDR-цепочку: модуляция (QPSK/16QAM), фильтрация, передача/приём.
2. Смоделировать или обеспечить реальный линк в mmWave: задать затухание по расстоянию, атмосферные потери, направленность антенн.
3. Выполнить серию измерений: throughput (iperf), BER, RSSI/SNR при различных углах направленности (имитировать beam-steering), ширина полосы и мощности Tx.
4. Проанализировать влияние misalignment (несоосность антенн) и ширины луча на качество связи. При возможности реализовать простую стратегию поиска луча (beam sweeping).
5. Сформировать отчёт с графиками throughput/SNR/BER vs distance/angle/power.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие основные физические факторы ограничивают дальность в mmWave/THz диапазоне?
2. Почему направленность (beamforming) критична в mmWave и как она влияет на спектральную эффективность?
3. Как misalignment антенн отражается на BER и throughput?

4. Какие особенности модуляций предпочтительны в условиях высокой полосы и почему?
5. Какие инженерные меры можно предложить для повышения надёжности mmWave-звен в городской среде?

### Вопросы для тестирования

1. Что такое Reconfigurable Intelligent Surface (RIS)?
  - A) Активный ретранслятор, усиливающий сигнал передатчиком.
  - B) Поверхность с программируемыми элементами, меняющими фазу/амплитуду отражённого поля.
  - C) Пассивный экран, полностью поглощающий радиоволны.
2. Чем RIS принципиально отличается от классического relay (ретранслятора)?
  - A) RIS обычно не усиливает сигнал и не выполняет демодуляцию—работает через управляемое отражение.
  - B) RIS декодирует и повторно передаёт пакет на другом частотном канале.
  - C) RIS требует собственного канала управления высокой пропускной способности.
3. Какой параметр RIS наиболее влияет на направление сформированного луча?
  - A) Частота несущей.
  - B) Фазовые сдвиги элементов.
  - C) Температура элементов.
4. Какие факторы особенно критичны для распространения в mmWave диапазоне?
  - A) Низкие свободные потери и отсутствие атмосферного поглощения.
  - B) Высокое затухание на препятствиях, сильное поглощение атмосферой и необходимость направленных антенн.
  - C) Полная прозрачность материалов и отсутствие чувствительности к погоде.
5. Что такое pilot contamination в Massive MIMO?
  - A) Шум в передающем усилителе.
  - B) Интерференция пилотных последовательностей от соседних ячеек, искажая оценку CSI.
  - C) Потеря пакетов в канальном уровне.
6. В чём преимущество Massive MIMO?
  - A) Увеличение спектральной эффективности за счёт пространственной мультиплексии многих пользователей.
  - B) Снижение мощности передачи до нуля.
  - C) Полное устранение интерференции без координации.
7. Какой метод beamforming требует наличия полных цифровых каналов на каждый элемент антенны?
  - A) Аналоговый beamforming.
  - B) Гибридный beamforming.
  - C) Цифровой beamforming.

8. Rayleigh-модель канала применима в условиях:
- A) Наличия ярко выражённого прямого LOS-компонента.
  - B) Отсутствия доминирующего прямого сигнала и множественных отражений (мультипут).
  - C) Канала без многолучевости.
9. Что такое Doppler-эффект в подвижной радиосвязи?
- A) Изменение фазы сигнала из-за шумов.
  - B) Сдвиг частоты сигнала из-за относительного движения Tx/Rx, влияющий на оценку канала.
  - C) Потеря мощности на антенне.
10. Что обозначает PAPR в OFDM-системах?
- A) Отношение мощности полезного сигнала к уровню помех.
  - B) Отношение пиковой мощности к средней мощности сигнала.
  - C) Отношение числа поднесущих к числу антенн.
11. Какой метод применяется для снижения нелинейных искажений передатчика?
- A) DPD (Digital Pre-Distortion).
  - B) Увеличение PAPR.
  - C) Удаление фильтрации по боковой полосе.
12. Как увеличение разрядности ADC/DAC влияет на систему фазированных решёток?
- A) Повышает точность квантования, улучшая EVM и возможность точного фазирования.
  - B) Влияет только на мощность передатчика, не на точность.
  - C) Всегда ухудшает качество сигнала.
13. Какие коды используются в современных системах (LTE/5G) для коррекции ошибок?
- A) Reed-Solomon исключительно.
  - B) LDPC и Polar-коды.
  - C) Только сверточные коды без декодирования.
14. Что такое spectrum sensing в cognitive radio?
- A) Процесс физической перестройки антенны.
  - B) Обнаружение наличия активности первичных пользователей в полосе (детектирование занятости спектра).
  - C) Метод усиления сигнала.
15. Какие ограничения у детектора энергии (energy detector) при обнаружении спектра?
- A) Требуется знание сигнатуры первичного сигнала.
  - B) Чувствителен к уровню шума и неразличим при низком SNR/неизвестном шумовом пороге.
  - C) Работает только в THz-диапазоне.
16. Что такое dynamic spectrum sharing (например, CBRS)?
- A) Статическое закрепление полосы за одним пользователем.

- В) Механизм совместного использования спектра несколькими категориями пользователей с динамическим распределением доступа.
- С) Условие, когда спектр используется только ночью.

17. Что означает CoMP (Coordinated Multi-Point)?

- А) Совместная передача/приём между несколькими точками доступа для снижения интерференции и повышения мощности приёма у пользователя.
- В) Увеличение мощности только у одной базовой станции.
- С) Исключение поддержки MIMO.

18. Чем является eICIC?

- А) Механизм управления энергопотреблением у абонента.
- В) Межсотовая координация времени/частот для уменьшения интерференции между макро- и микроячейками (enhanced ICIC).
- С) Новым типом кодирования.

19. Какие блоки выделяются в Open RAN архитектуре?

- А) Только RF-модуль.
- В) O-CU (Centralized Unit), O-DU (Distributed Unit) и O-RU (Radio Unit) с открытыми интерфейсами.
- С) Исключительно виртуальные BBU без физического RU.

20. В чём ключевое различие SDN и NFV?

- А) SDN — виртуализация функций, NFV — централизованный контроллер.
- В) SDN — разделение плоскостей управления и данных (контроллер управляет потоками), NFV — виртуализация сетевых функций в ПО.
- С) Нет никакой разницы.

21. Что такое fronthaul в C-RAN?

- А) Интерфейс между базовой станцией и абонентом.
- В) Канал между O-RU и O-DU/O-CU с жесткими требованиями по задержке/полосе для передачи IQ-сэмплов.
- С) Канал для резервного электропитания.

22. Network slicing предназначен для:

- А) Разделения оборудования по физическому признаку.
- В) Логического выделения независимых виртуальных сетей с разными SLA внутри общей инфраструктуры.
- С) Уменьшения числа абонентов.

23. Где наиболее уместно применять edge AI в РЭС?

- А) На облачном сервере на другом континенте.
- В) Вблизи источника данных (на базовой станции или MEC) для низкой латентности и снижения трафика в ядро сети.
- С) Только в лабораторных симуляциях.

24. Какой из перечисленных методов НЕ является распространённым применением ML в

РЭС?

- A) Прогнозирование канала и выбор MCS.
- B) Управление beamforming и ресурсами спектра.
- C) Замена физических антенн на ML-модель без аппаратной части.

25. Что такое reciprocity (взаимность) канала и где она применяется?

- A) Свойство, что передача и приём независимы.
- B) При TDD-режиме предположение, что канал в uplink и downlink совпадает, что упрощает получение CSI.
- C) Принцип старого GSM-фрейма.

26. Почему TDD часто предпочтителен для Massive MIMO?

- A) Позволяет использовать взаимность канала для получения DL-CSI без больших накладных расходов на обратную связь.
- B) Требуется меньше спектра.
- C) Не требует пилотов.

27. Какие меры применяются для защиты от jamming?

- A) Frequency hopping, spread spectrum, гибкая смена ресурсов и детектирование помех.
- B) Полное отключение антенн.
- C) Переход на аналоговую связь.

28. Что такое IMSI-catcher?

- A) Легальный монитор для тестирования сетей.
- B) Устройство-ловушка, имитирующее базовую станцию для перехвата идентификаторов абонентов и/или трафика.
- C) Специальный вид антенны.

29. Что важнее при проектировании mmWave-антенн?

- A) Низкая направленность.
- B) Высокая направленность, малые потери и точность фокусировки луча.
- C) Только способность работать в любых погодных условиях.

30. Какие регуляторные ограничения критичны для развертывания THz-связи?

- A) Только требования к цвету корпуса оборудования.
- B) Ограничения по использованию полосы, мощности излучения, требования EMC и сертификации.
- C) Отсутствие ограничений — свободный диапазон.

31. Что такое metamaterial в контексте антенн/поверхностей?

- A) Обычный металл с повышенной проводимостью.
- B) Структурированный искусственный материал с управляемыми электромагнитными свойствами, позволяющий создавать необычные отклики (например, управляемое отражение).
- C) Пластик для корпуса антенны.

32. Как нелинейности передатчика влияют на EVM и BER?

- A) Улучшают EVM и снижают BER.
  - B) Приводят к росту искажений, увеличению EVM и ухудшению BER.
  - C) Не влияют на цифровой сигнал.
33. Какие методы снижения PAPR в OFDM наиболее распространены?
- A) Clipping & Filtering, Tone Reservation, Selected Mapping.
  - B) Увеличение числа поднесущих бесконечно.
  - C) Прямое использование аналогового усилителя без предискажения.
34. Что такое channel state information (CSI)?
- A) Информация об IP-маршрутах.
  - B) Набор параметров, описывающих состояние радиоканала (амплитуда, фаза, затухание и т.д.) для адаптации передачи.
  - C) Только величина RSSI.
35. Какие проблемы возникают при использовании ML моделей, обученных в лабораторных условиях, при развертывании в полевых условиях?
- A) Точная полнота — никаких проблем.
  - B) Overfitting к синтетическим данным, непредвиденные доменные сдвиги, недостаток репрезентативных данных и задержки адаптации.
  - C) Только экономические проблемы.
36. Что означает термин Open RAN?
- A) Закрытая проприетарная архитектура RAN.
  - B) Подход с открытыми интерфейсами и взаимозаменяемыми компонентами O-RU/O-DU/O-CU, способствующий интероперабельности и мультивендорности.
  - C) Только удалённое управление питанием базовых станций.
37. Что такое Green-design в контексте РЭС?
- A) Дизайн зелёного цвета.
  - B) Проектирование с учётом энергосбережения: энергоменеджмент, sleep-режимы, оптимизация мощности и использование возобновляемых источников.
  - C) Максимальное потребление энергии для надёжности.
38. Какие требования предъявляются к fronthaul в C-RAN по сравнению с обычным backhaul?
- A) Меньше требований по задержке.
  - B) Жёсткие требования по задержке, синхронизации и высокой пропускной способности (IQ-поток).
  - C) Фронтхол требует только управления электропитанием.
39. Для чего применяется DPD (Digital Pre-Distortion)?
- A) Для увеличения PAPR.
  - B) Для компенсации нелинейной характеристики усилителя и уменьшения искажений.
  - C) Для шифрования сигнала.
40. Какой из перечисленных трендов относится к архитектуре будущих РЭС?

- А) Переход от SDN/NFV к монолитным аппаратным решениям.
- В) Интеграция AI/ML, Open RAN, C-RAN, massive MIMO и использование mmWave/THz диапазонов.
- С) Отказ от цифровой обработки сигналов.

## **Вопросы, выносимые на коллоквиумы**

### **Коллоквиум 1**

1. Эволюция архитектуры РЭС (от монолитных устройств к Open RAN и C-RAN) — ключевые преимущества и проблемы интеграции.
2. Тенденции в аппаратных платформах: GaN, SiC, SiGe и их влияние на СВЧ-модули.
3. mmWave и THz радиоинтерфейсы — физика распространения, потери и ограничения дальности.
4. Массовый MIMO (Massive MIMO) — принципы, масштабирование и эффект пространственной мультиплексии.
5. Beamforming: цифровой, аналоговый и гибридный — сравнительная оценка и области применения.
6. Фазированные антенные решётки (ФАР) — принципы электронного сканирования и управление лучом.
7. Reconfigurable Intelligent Surfaces (RIS) — модель, алгоритмы фазирования и практические ограничения.
8. Модели радиоканала для mmWave/THz и классические статистические модели (Rayleigh, Rician, Nakagami).
9. Влияние доплера и подвижности на характеристики канала и методы компенсации.
10. PAPR и проблемы OFDM в широкополосных системах: методы снижения и компромиссы.
11. Коды коррекции ошибок будущего: LDPC, Polar — преимущества и реализация в 5G/5G-Advanced.
12. Digital Pre-Distortion (DPD) и борьба с нелинейностью РЧ-усилителей.
13. Роль ADC/DAC в высокочастотных многоканальных системах — требования по разрядности и скорости.
14. Cognitive Radio и spectrum sensing — методы обнаружения спектра и ограничения energy detector.
15. Dynamic spectrum sharing (CBRS, LSA) — модели координации и регуляторные аспекты.
16. Интерференционный менеджмент: ICIC, eICIC, CoMP — методы и сценарии применения.
17. Управление радиоресурсами и алгоритмы планирования (schedulers) в 5G/6G.
18. Open RAN: O-RU / O-DU / O-CU — интерфейсы, стандарты и вызовы мультивендорности.
19. SDN и NFV в контексте РЭС — преимущества виртуализации сетевых функций и проблемы задержки.

20. Fronthaul и backhaul: требования к пропускной способности, задержке и синхронизации.

## Коллоквиум 2

21. Network slicing: концепция, реализация и требования по SLA для различных сервисов.
22. Применение ML/AI в РЭС: прогнозирование канала, управление ресурсами, anomaly detection.
23. Edge AI / MEC — архитектуры, ограничение латентности и offload вычислений.
24. Проблемы применения ML в полевых условиях: доменные сдвиги, объяснимость и надежность.
25. Метаматериалы и управляемые поверхности — принципы, возможности и ограничения.
26. Антенны для mmWave/THz: конструктивные особенности, потери и интеграция с радиочастотной цепью.
27. Измерения и оценка качества канала: RSRP, RSRQ, SINR, throughput, BER — методики и инструменты.
28. SDR (Software-Defined Radio) и GNU Radio — применение в исследованиях и прототипировании РЭС.
29. Безопасность радиointерфейса: jamming, spoofing, методы обнаружения и защиты.
30. IMSI-catchers и проблемы приватности в мобильных сетях — механизмы уязвимости и контрмеры.
31. Энергетическая устойчивость и green-design: энергоменеджмент, sleep-режимы, возобновляемые источники.
32. Квантовые и сверхчувствительные приёмники: потенциал и текущие технические барьеры.
33. Взаимность канала (reciprocity) и её использование в TDD-системах для получения CSI.
34. Pilot contamination — причины, последствия и методы уменьшения эффекта в Massive MIMO.
35. Координация в многопользовательских системах: beam management, handover и mobility management.
36. Протоколы и стандартизация: роль 3GPP, ITU и O-RAN в развитии РЭС.
37. Регуляторные и сертификационные требования при внедрении mmWave/THz-технологий.
38. Интеграция РЭС с IoT, V2X и URLLC-сервисами — требования к QoS и безопасности.
39. Цифровые двойники (digital twin) и моделирование сетей РЭС для тестирования и оптимизации.
40. Устойчивость и отказоустойчивость РЭС: резервирование, самовосстановление и киберфизические риски.

### 1.2 Оценочные материалы для промежуточной аттестации

Зачет проводится по билетам. В каждом билете 2 теоретических вопроса.

#### Вопросы к зачету

1. Эволюция архитектуры РЭС (от монолитных устройств к Open RAN и C-RAN) — ключевые преимущества и проблемы интеграции.

2. Тенденции в аппаратных платформах: GaN, SiC, SiGe и их влияние на СВЧ-модули.
3. mmWave и THz радиоинтерфейсы — физика распространения, потери и ограничения дальности.
4. Массовый MIMO (Massive MIMO) — принципы, масштабирование и эффект пространственной мультиплексии.
5. Beamforming: цифровой, аналоговый и гибридный — сравнительная оценка и области применения.
6. Фазированные антенные решётки (ФАР) — принципы электронного сканирования и управление лучом.
7. Reconfigurable Intelligent Surfaces (RIS) — модель, алгоритмы фазирования и практические ограничения.
8. Модели радиоканала для mmWave/THz и классические статистические модели (Rayleigh, Rician, Nakagami).
9. Влияние доплера и подвижности на характеристики канала и методы компенсации.
10. PAPR и проблемы OFDM в широкополосных системах: методы снижения и компромиссы.
11. Коды коррекции ошибок будущего: LDPC, Polar — преимущества и реализация в 5G/5G-Advanced.
12. Digital Pre-Distortion (DPD) и борьба с нелинейностью РЧ-усилителей.
13. Роль ADC/DAC в высокочастотных многоканальных системах — требования по разрядности и скорости.
14. Cognitive Radio и spectrum sensing — методы обнаружения спектра и ограничения energy detector.
15. Dynamic spectrum sharing (CBRS, LSA) — модели координации и регуляторные аспекты.
16. Интерференционный менеджмент: ICIC, eICIC, CoMP — методы и сценарии применения.
17. Управление радиоресурсами и алгоритмы планирования (schedulers) в 5G/6G.
18. Open RAN: O-RU / O-DU / O-CU — интерфейсы, стандарты и вызовы мультивендорности.
19. SDN и NFV в контексте РЭС — преимущества виртуализации сетевых функций и проблемы задержки.
20. Fronthaul и backhaul: требования к пропускной способности, задержке и синхронизации.
21. Network slicing: концепция, реализация и требования по SLA для различных сервисов.
22. Применение ML/AI в РЭС: прогнозирование канала, управление ресурсами, anomaly detection.
23. Edge AI / MEC — архитектуры, ограничение латентности и offload вычислений.
24. Проблемы применения ML в полевых условиях: доменные сдвиги, объяснимость и надежность.
25. Метаматериалы и управляемые поверхности — принципы, возможности и ограничения.
26. Антенны для mmWave/THz: конструктивные особенности, потери и интеграция с радиочастотной цепью.
27. Измерения и оценка качества канала: RSRP, RSRQ, SINR, throughput, BER — методики и инструменты.

28. SDR (Software-Defined Radio) и GNU Radio — применение в исследованиях и прототипировании РЭС.
29. Безопасность радиоинтерфейса: jamming, spoofing, методы обнаружения и защиты.
30. IMSI-catchers и проблемы приватности в мобильных сетях — механизмы уязвимости и контрмеры.
31. Энергетическая устойчивость и green-design: энергоменеджмент, sleep-режимы, возобновляемые источники.
32. Квантовые и сверхчувствительные приёмники: потенциал и текущие технические барьеры.
33. Взаимность канала (reciprocity) и её использование в TDD-системах для получения CSI.
34. Pilot contamination — причины, последствия и методы уменьшения эффекта в Massive MIMO.
35. Координация в многопользовательских системах: beam management, handover и mobility management.
36. Протоколы и стандартизация: роль 3GPP, ITU и O-RAN в развитии РЭС.
37. Регуляторные и сертификационные требования при внедрении mmWave/THz-технологий.
38. Интеграция РЭС с IoT, V2X и URLLC-сервисами — требования к QoS и безопасности.
39. Цифровые двойники (digital twin) и моделирование сетей РЭС для тестирования и оптимизации.
40. Устойчивость и отказоустойчивость РЭС: резервирование, самовосстановление и киберфизические риски.