

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
(СибГУТИ)

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге
(УрТИСИ СибГУТИ)



УТВЕРЖДАЮ
директор УрТИСИ СибГУТИ
Минина Е.А.
«25» 11 2025 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

2.3.3 Кандидатский экзамен по специальной дисциплине

Группа научных специальностей: 2.2 Электроника, фотоника, приборостроение
и связь

Научная специальность 2.2.15 – Системы, сети и устройства
телекоммуникаций

Форма обучения: очная

Год набора: 2026

Разработчик (-и):

к.т.н., доцент

 / Н.В. Будылдина /

подпись

к.т.н., доцент

 / Д.В. Кусайкин /

подпись

Оценочные средства обсуждены и утверждены на заседании инфокоммуникационных
технологий и мобильной связи (ИТиМС)

Протокол от 27.11.2025 г. № 3

Заведующий кафедрой  / Н.В. Будылдина /

подпись

Екатеринбург, 2025

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
(СибГУТИ)

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге
(УрТИСИ СибГУТИ)

УТВЕРЖДАЮ
директор УрТИСИ СибГУТИ
Минина Е.А.
«___» 2025 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

2.3.3 Кандидатский экзамен по специальной дисциплине

Группа научных специальностей: 2.2 Электроника, фотоника, приборостроение
и связь

Научная специальность 2.2.15 – Системы, сети и устройства
телекоммуникаций

Форма обучения: очная

Год набора: 2026

Разработчик (-и):

к.т.н., доцент

_____ / Н.В. Будылдина /

подпись

к.т.н., доцент

_____ / Д.В. Кусайкин /

подпись

Оценочные средства обсуждены и утверждены на заседании инфокоммуникационных
технологий и мобильной связи (ИТиМС)

Протокол от 27.11.2025 г. № 3

Заведующий кафедрой _____ / Н.В. Будылдина /
подпись

Екатеринбург, 2025

1. Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенций | Этап | Предшествующие этапы (с указанием дисциплин/практик) |
|--|--|------|--|
| ОПК-5 – Способен применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития систем, сетей и устройств телекоммуникаций | ОПК-5 – Способен применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития систем, сетей и устройств телекоммуникаций | 2 | 2.1.2.3 Системы, сети и устройства телекоммуникаций |

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен

2. Показатели, критерии и шкалы оценивания компетенций

| Индикатор освоения компетенции | Показатель оценивания | Критерий оценивания Как (с каким качеством) выполняется действие. Соответствует оценке «отлично» в шкале оценивания в РПД |
|--|--|--|
| ОПК-5 – Способен применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития систем, сетей и устройств телекоммуникаций | <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы моделирования систем передачи информации, сетей и устройств телекоммуникаций с учетом новейших технологий; - передовые отечественные и зарубежные достижения в области систем связи и устройств телекоммуникаций; - перспективные направления развития отрасли инфокоммуникаций. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить исследования в области систем, сетей и устройств телекоммуникаций - грамотно интерпретировать полученные результаты проведенных исследований; - применять методы математического анализа и моделирования для решения практических задач; - применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития систем, сетей и устройств телекоммуникаций <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> навыками построения аналитических и имитационных моделей систем, сетей и устройств телекоммуникаций | <p>- формулирует выводы по полученным результатам;</p> <p>- показывает знание программного материала по дисциплине, освоил основную рекомендованную литературу;</p> <p>- демонстрирует стабильный характер знаний и умений и способен к их самостоятельному применению в процессе написания диссертации и исследования по заданной проблематике.</p> |

Шкала оценивания.

| 5-балльная шкала | Критерии оценки |
|-------------------------|--|
| Отлично «5» | <p>Аспирант демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций, обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание по степени подготовленности аспиранта к проведению научных исследований по научной специальности и отрасли наук, по которой идет работа над диссертацией.</p> <p>На экзамене аспирант способен системно и аналитически представить ответы на основной и дополнительные вопросы, демонстрирует навыки творческого, самостоятельного решения проблемы.</p> |
| Хорошо «4» | <p>Аспирант демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций на среднем уровне: основные знания, умения освоены, не допускает существенных неточностей в ответе на вопросы.</p> <p>Аспирант способен представить ответ на основной вопрос и дополнительные вопросы, имея не значительные пробелы в знаниях.</p> <p>Отвечает на вопросы самостоятельно, но с замечаниями. Испытывает затруднения при переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.</p> |
| Удовлетворительно «3» | <p>Аспирант испытывает затруднения при ответе на вопросы о сущности науки как социального института, ее структуре и функциях, применение перспективных методов исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития систем, сетей и устройств. Проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков по некоторым дисциплинарным компетенциям.</p> <p>Аспирант имеет знания только основного материала, допускает неточности в деталях, нарушает последовательность изложения материала, дает приблизительные формулировки. Отвечает на вопросы недостаточно самостоятельно.</p> <p>Аспирант испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.</p> |
| Неудовлетворительно «2» | <p>Аспирант демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций на уровне ниже порогового, проявляется недостаточность знаний, умений, навыков. Дисциплинарные компетенции не сформированы. Проявляется полное или практически полное отсутствие знаний, умений, навыков.</p> <p>Аспирант не усвоил значительную часть материала и допускает существенные ошибки.</p> |

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания по дисциплине

3.1. В ходе реализации дисциплины используются следующие формы и методы текущего контроля

| Тема и/или раздел | Формы/методы текущего контроля успеваемости |
|--|---|
| ОПК-5 – Способен применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития систем, сетей и устройств телекоммуникаций | |
| Раздел 1. Математические модели сообщений, сигналов и помех. | экзамен |
| Раздел 2 . Основы теории модуляции и демодуляции.. | экзамен |
| Раздел 3. Каналы связи | экзамен |
| Раздел 4. Основы теории передачи информации. | экзамен |
| Раздел 5. Основы теории кодирования. | экзамен |
| Раздел 6. Теория приема дискретных сообщений. | экзамен |
| Раздел 7. Прием непрерывных сообщений. | экзамен |
| Раздел 8. Цифровая обработка сигналов. | экзамен |
| Раздел 9. Радиотехнические системы. | экзамен |
| Раздел 10. Элементы теории массового обслуживания | экзамен |
| Раздел 11 . Основы построения телекоммуникационных систем. | экзамен |
| Раздел 12. Сети электросвязи | экзамен |

3.2. Типовые материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

ОПК-5 – Способен применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития систем, сетей и устройств телекоммуникаций

Раздел 1. Математические модели сообщений, сигналов и помех

- 1.1. Сообщения, сигналы, помехи, как случайные процессы. Математические модели для нестационарных сигналов. Преобразование случайных величин и случайных процессов.
- 1.2. R-функции, атомарные функции, вейвлеты в задачах обработки сигналов.
- 1.3. Корреляционные и энергетические характеристики детерминированных и случайных процессов. Вейвлет корреляция.
- 1.4. Математические модели источников сообщений. Модель речевого процесса.
- 1.5. Огибающая и фаза процесса, аналитический (комплексный) сигнал, квадратурные компоненты. Распределение огибающей и фазы гауссовского случайного процесса.
- 1.6. Линейные пространства представления сигналов, пространство Евклида, Гильберта и Хемминга. Дискретное преобразование Хартли.

Раздел 2 . Основы теории модуляции и демодуляции.

- 2.1 Виды модуляции при гармонической несущей: АМ, ФМ, ЧМ. Схемы формирования модулированных колебаний. Спектры модулированных сигналов. Корреляционные и энергетические характеристики модулированных сигналов при случайном модулирующем сигнале. Аналитическая запись сигнала на выходе передатчика при изохронной передаче дискретных сообщений при линейных и нелинейных видах модуляции.
- 2.2 Демодуляция (детектирование) при помощи параметрических и нелинейных схем. Отношение сигнал/шум на выходе "линейного" детектора АМ сигнала, отношение сигнал/шум на выходе фазового (частотного) детектора.
- 2.3 Цифровая модуляция и демодуляция.

2.4 Виды модуляции, используемые в современных системах сотовой связи (GSM, QAM, OFDM). Системы MIMO.

Раздел 3. Каналы связи

3.1 Математические модели каналов связи, классификация и область применения.

3.2.Прохождение детерминированных и случайных процессов через линейные стационарные каналы (цепи). Особенность прохождения сигналов через узкополосные каналы. Метод комплексной огибающей при расчете прохождения узкополосных воздействий.

3.3Модели каналов радиосвязи. Характеристики каналов мобильных систем связи. Модели радиоканалов для сценариев LOS и NLOS.

3.4.Математические модели помех в канале связи. Классификация и характеристики.

3.5.Физические процессы, обусловливающие возникновение искажений сигнала в радиоканале. Модели непрерывных каналов с учетом допплеровского смещения частоты.

3.6.Математическая модель распространения связанных оптических импульсов в нелинейной среде. Нелинейное уравнение Шрёдингера. Линейные и нелинейные эффекты.

3.7.Геометрическая модель канала Салеха-Валенсуэлы с рассеивающими объектами на пути распространения сигнала.

3.8.Метод переменных состояния для описания источников сообщений, каналов связи (сигналов). Марковские модели.

Раздел 4. Основы теории передачи информации

4.1 Информационные параметры сообщений и сигналов. Информация дискретного источника.

4.2 Взаимная информация. Дифференциальная энтропия для непрерывного источника (сигнала).

4.3 Эффективное кодирование дискретных сообщений.

4.4 Пропускная способность канала связи. Нелинейный предел Шеннона.

Раздел 5. Основы теории кодирования.

5.1 Назначение и классификация кодов.

5.2 Назначение и классификация двоичных кодов. Избыточные и неизбыточные, равномерные и неравномерные коды.

5.3 Принципы помехоустойчивого кодирования.

5.4 Линейные двоичные блочные коды.

5.5 Некоторые разновидности систематических кодов.

5.6Эквивалентная вероятность ошибки при сравнении различных систем, эквивалентное отношение сигнал/шум.

5.7 Корректирующие коды. Коды Рида-Соломона.

5.8 Разновидности систематических кодов. Код Боуза- Чоудхури-Хоквингема.

5.9 Неравномерные эффективные коды.

Раздел 6. Теория приема дискретных сообщений.

6.1.Прием сигналов как статистическая задача различения гипотез.

6.2.Критерии качества и правила приема дискретных сообщений минимума среднего риска, минимума средней вероятности ошибки, Неймана-Пирсона. Правило максимального правдоподобия. Правило обобщенного максимального правдоподобия

6.3.Оптимальный алгоритм поэлементного приема в однолучевом канале с аддитивным гауссовским белым шумом (когерентный прием).

6.4.Прием дискретных сообщений в каналах с замираниями, разнесенный прием. Понятие об оптимальном приеме дискретных сообщений в пространственно-временных каналах.

- 6.5. Прием дискретных сообщений в каналах со сосредоточенными и импульсными помехами.
- 6.6. Алгоритм оптимального приема «в целом» и поэлементного приема в детерминированном многолучевом канале (канале с памятью) и аддитивным гауссовским белым шумом. Использование обратной связи по решению.
- 6.7. Субоптимальный алгоритм «прием «в целом» с поэлементным принятием решения» и алгоритм Витерби в многолучевом детерминированном канале. Оценка их помехоустойчивости при использовании двоичных сигналов в детерминированном канале с аддитивным белым гауссовским шумом.
- 6.8. Анализ помехоустойчивости приема дискретных сообщений. Рабочая характеристика обнаружителя. Вероятность ошибки при когерентном и некогерентном различении.

Раздел 7. Прием непрерывных сообщений.

- 7.1. Критерий оптимальности оценивания отдельных непрерывных параметров сигнала и приема непрерывных сообщений.
- 7.2. Оптимальное когерентное и некогерентное оценивание отдельных параметров сигнала. Анализ качества оценок.
- 7.3. Оптимальная демодуляция непрерывных сигналов.
- 7.4. Помехоустойчивость систем передачи непрерывных сообщений при слабых помехах. Пороговый эффект при сильной помехе.
- 7.4. Оптимальная линейная фильтрация непрерывных сообщений. Фильтр Калмана.

Раздел 8. Цифровая обработка сигналов.

- 8.1 Модели дискретных сигналов. Модулированные импульсные последовательности, их спектральные плотности. Восстановление непрерывного сигнала по модулированной импульсной последовательности. Определение спектра аналогового сигнала по совокупности отсчетов.
- 8.2 Дискретизация периодических сигналов. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье. Алгоритм быстрого преобразования Фурье. Циклическая свертка.
- 8.3 Теория z-преобразования. Прямое и обратное z-преобразование. Связь с преобразованием Лапласа и Фурье. Свойства z-преобразования.
- 8.4 Цифровые фильтры (ЦФ). Квантование сигнала в ЦФ. Алгоритм линейной цифровой фильтрации. Частотный коэффициент передачи ЦФ. Системная функция ЦФ.
- 8.5 Реализация алгоритмов цифровой фильтрации. Трансверсальный ЦФ, си-стемная функция, импульсная и частотная характеристики. Рекурсивные ЦФ. Системная функция, ее реализация. Устойчивость рекурсивных ЦФ. Импульсная характеристика рекурсивного ЦФ.
- 8.6 Синтез линейных цифровых фильтров. Метод инвариантных импульсных характеристик. Синтез ЦФ на основе дискретизации дифференциального уравнения аналоговой цепи. Метод инвариантных частотных характеристик.
- 8.7 Влияние квантования сигнала на работу ЦФ.

Раздел 9. Радиотехнические системы.

- 9.1 Радиолокационные системы.
- 9.2 Радионавигационные системы.
- 9.3 Системы радиоуправления.
- 9.4 Оптические радиотехнические системы.

Раздел 10. Элементы теории массового обслуживания

- 10.1. Основные понятия массового обслуживания, классификация систем массового обслуживания (СМО), типовые распределения в теории массового обслуживания, показатели эффективности СМО, теорема Литтла, области применения, методы исследования СМО.

10.2.Модели входных потоков. Стационарные и нестационарные потоки, пуассоновские потоки, потоки Эрланга, потоки Пальма, теорема Хинчина о сходимости суммы потоков.

10.3.Марковские СМО. Методика расчёта показателей эффективности марковских СМО.

10.4.Полумарковские случайные процессы, метод Кендалла, анализ влияния закона распределения времени обслуживания на среднее время ожидания СМО, приоритетные СМО, виды приоритетов, методика анализа приоритетных СМО.

10.5.Методы имитационного моделирования СМО.

10.6.Качество обслуживания в сетях IP. Модели поддержки QoS в IP-сетях. Traffic Engineering. Планирование пропускной способности сети.

10.7.Основные модели оценки канального ресурса для сервисов реального времени. Математическое описание модели оценки канального ресурса в мультисервисных сетях.

Раздел 11 . Основы построения телекоммуникационных систем.

11.1 Классификация систем электросвязи. Первичные сигналы электросвязи и их физические характеристики. Телефонные (речевые) сигналы. Телевизионные сигналы. Сигналы передачи данных.

11.2 Каналы передачи, их классификация и основные характеристики. Канал передачи как четырехполюсник. Типовые каналы передачи. Двусторонние каналы. Устойчивость двусторонних каналов. Искажения от обратной связи. Явление электрического эха.

11.3 Принципы построения многоканальных систем передачи. Обобщенная структурная схема многоканальной системы передачи. Методы разделения канальных сигналов. Взаимные помехи между каналами.

11.4 Основы построения систем передачи с частотным разделением каналов (СП с ЧРК). Структурная схема СП с ЧРК. Формирование канальных сигналов. Методы формирования одной боковой полосы (ОБП). Искажения в каналах и трактах СП с ЧРК.

11.5 Принципы построения и особенности работы систем передачи с временным разделением каналов (СП с ВРК). Структурная схема СП с ВРК. Формирование канальных сигналов в СП с ВРК. Переходные влияния между каналами СП с ВРК. Построение цифровых систем передачи (ЦСП).

11.6 Общие принципы формирования и передачи сигналов в ЦСП. Квантование сигналов по уровню. Оценка шумов квантования. Кодирование квантованных сигналов. Обобщенная структурная схема ЦСП. Виды синхронизации в ЦСП. Принципы регенерации цифровых сигналов. Линейное кодирование в ЦСП.

11.7 Иерархия ЦСП на основе импульсно-кодовой модуляции. Объединение цифровых потоков в плезиохронной цифровой иерархии PDH. Объединение цифровых потоков в синхронной цифровой иерархии SDH.

11.8 Общие принципы построения волоконно-оптических систем передачи (ВОСП). Обобщенная структурная схема ВОСП. Классификация ВОСП. Способы организации двусторонней связи на основе ВОСП. Способы уплотнения оптических кабелей.

11.9 Основные узлы оптических систем передачи. Оптический линейный тракт. Оптические передатчики. Требования к источникам оптического излучения: их параметры и характеристики. Оптические приемники. Модуляторы оптической несущей. Обобщенная структурная схема оптического линейного тракта. Оптические усилители.

11.10 Общие принципы и особенности построения систем радиосвязи. Классификация диапазонов радиочастот и радиоволн. Структура радиосистем передачи. Общие принципы организации радиосвязи. Классификация радиосистем передачи. Особенности распространения радиоволн метрового и мил-лиметрового диапазонов. Антенно-фидерные устройства.

11.11 Построение радиорелейных и спутниковых линий передачи. Классификация радиорелейных линий передачи. Принципы многостровой передачи. Типы модуляции, применяемые в радиорелейных и спутниковых системах передачи.

11.12 Особенности построения оборудования радиорелейных и спутниковых систем связи. Принципы построения оборудования радиорелейных линий передачи прямой видимости. Особенности построения тропосферных радиорелейных линий. Передача сигналов

телевизионного вещания по радиоре-лейным линиям. Спутниковые системы передачи. Принципы построения систем спутникового телевещания.

Раздел 12. Сети электросвязи.

12.1 Общие принципы построения сетей электросвязи. Назначение и состав сетей электросвязи. Методы коммутации в сетях электросвязи. Структура сетей электросвязи. Особенности построения вторичных телекоммуникационных сетей. Состав и назначение сетей телефонной связи, сетей передачи данных, сетей телевизионного вещания. Информационно-вычислительные сети. Сети ЭВМ (локальные LAN, региональные MAN, глобальные WAN). Телематические службы.

12.2 Принципы построения сетей радиосвязи. Основы построения сетей сотовой связи. Основы построения сетей беспроводного абонентского радиодоступа. Основы построения спутниковых сетей связи.

12.3 Семиуровневая модель взаимодействия открытых систем OSI, функции различных уровней.

12.4 Единая сеть электросвязи РФ (ЕСЭ РФ). Классификация сетей ЕСЭ РФ, принципы построения, характеристики.

12.5 Сети фиксированной телефонной связи. Сеть ISDN. Интеллектуальная сеть IN.

12.6 Сети подвижной связи поколений 1G, 2G, 2.5G, 3G.

12.7 Сети передачи данных (IP-сети). Интернет. Виртуальные частные сети VPN.

12.8 Адресация в IP-сетях. Использование схемы адресации иерархической IP-сети. Протоколы IPv4 и IPv6. Структура IPv4 и IPv6 адресов. Маска под-сети. Одноадресная, широковещательная и многоадресная рассылка IPv4. Типы адресов IPv4 и IPv6.

12.9 Динамическая маршрутизация в IP-сетях. Алгоритмы, протоколы. Автономные системы. Таблица маршрутизации. Определение оптимального маршрута. Предотвращение петель коммутации.

12.10 Принципы построения узлов пакетных сетей. Коммутаторы Ethernet. Маршрутизаторы. Межсетевые экраны.

12.11 Основы концепции NGN. Архитектура. Услуги Triple Play. Реализация. Протоколы сетей NGN.

12.12 Гибкие коммутаторы (softswitch) и медиашлюзы. Классификация шлюзов. Пограничные контроллеры сессий SBC. Платформы IMS.

12.13 Новые информационные технологии в IP-сетях. IP-телефония (VoIP). IP-телевидение (IP-TV). Услуги OTT.

12.14 Проводные и беспроводные сети доступа (xDSL, FTTx, xPON, xEther-net, WiFi, WiMAX).

12.15 Сотовые сети связи стандартов 4G (LTE, LTE-A). Концепция сетей 5G.

12.16 Методы анализа, синтеза и оптимизации структуры мультисервисных сетей на базе концепций NGN/IMS.

12.17 Принципы мультипротокольной коммутации по меткам MPLS. Стек меток. Принципы маршрутизации в сети MPLS.

12.18 Основы Интернета вещей IoT. Технологии и протоколы межмашинных коммуникаций M2M. Сенсорные сети.

12.19 Будущие сети (Future Networks). Когнитивные системы и сети. Про-граммно-конфигурируемые сети SDN. Сетевая виртуализация NFV. Про-граммно-управляемое радио SDR

Банк контрольных вопросов, заданий и иных материалов, используемых в процессе процедур текущего контроля и промежуточной аттестации находится в учебно-методическом комплексе дисциплины и/или представлен в электронной информационно-образовательной среде по URI: <http://www.aup.uisi.ru/>.

3.3. Методические материалы проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Перечень методических материалов для подготовки к текущему контролю и промежуточной аттестации:

1. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Системы, сети и устройства телекоммуникаций». –URL: <http://www.aup.uisi.ru/>.