МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И ИННОВАЦИЙ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

МОО ВО Кыргызско-Российский Славянский университет
имени первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина

УТВЕРЖДАЮ
Директор ПИТ (подпись)
Лоцев Е.В. (ФИО)
03.09 2026 г.

Построение цифрового телевидения

рабочая программа дисциплины (модуля)

Разработано **Высшая школа Цифровых технологий**

Учебный план b110302_26_1 итисс.plx
Направление 11.03.02 - РФ, 690300 - КР Инфокоммуникационные технологии и системы связи
Профиль "Сети связи и системы коммутации"

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**
Часов по учебному плану 180
в том числе:
аудиторные занятия 64
самостоятельная работа 84

Виды контроля в семестрах:

экзамен 7

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
Недель	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	16	16	16	16
Лабораторные	16	16	16	16
Практические	32	32	32	32
Контактная работа в период экзаменационной сессии	0,3	0,3	0,3	0,3
Итого ауд.	64	64	64	64
Контактная работа	64,3	64,3	64,3	64,3
Сам. работа	84	84	84	84
Часы на контроль	31,7	31,7	31,7	31,7
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):
Преподаватель, Кравченко Н.И.;Преподаватель, Мамадалиева Ж.Б.

Рецензент(ы):
Профессор, Сагымбаев А.А.

Согласовано РОП:
к.т.н., доцент Оконов М.О.

Рабочая программа дисциплины
Построение цифрового телевидения

разработана в соответствии с ФГОС 3++:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 930)

составлена на основании учебного плана:

Направление 11.03.02 - РФ, 690300 - КР Инфокоммуникационные технологии и системы связи
Профиль "Сети связи и системы коммутации"
утвержденного учёным советом вуза от 26.06.2026 протокол № 11.

Рабочая программа одобрена на заседании высшей школы “Цифровых технологий”

Протокол от 02.09. 2026 г. № 1
Срок действия программы: 2026-2030 уч.г. Руководитель подразделения: Хмелева Ирина Владимировна

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ
к рабочей программе дисциплины (модуля)

Построение цифрового телевидения

наименование дисциплины

№ п/п	Основание внесения изменения	Раздел/ пункт	Содержание изменения
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1	Формирование у студентов комплексной системы теоретических знаний и практических навыков в области принципов построения, проектирования, расчетов и технической эксплуатации современных систем цифрового телерадиовещания (DVB-T2/C/S2), интерактивного сетевого телевидения (IPTV, OTT) и систем цифровой обработки и сжатия видеоинформации.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ООП:	Б1.В.1
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Б1.О.4.03. Радиотехнические цепи и сигналы
2.1.2	Б1.О.4.02. Теория электрических цепей в инфокоммуникационных системах
2.1.3	Б1.В.1.04. Системы коммутации
2.2	**Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Б2.О.03(Пд). Преддипломная практика 2
2.2.2	Б2.О.02(Пд). Преддипломная практика 1
2.2.3	Б3.03(Д). Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
2.2.4	Б3.02(Г). Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ПК-4: Способен осуществлять развитие транспортных сетей и сетей передачи данных, включая сети радиодоступа, спутниковых систем, коммутационных подсистем и сетевых платформ	
Знать:	
Уровень 1	принципы работы протоколов сигнализации; стандарты качества услуг
Уровень 2	
Уровень 3	
Уметь:	
Уровень 1	планировать конфигурации сетей; разрабатывать тех требования к оборудованию
Уровень 2	
Уровень 3	
Владеть:	
Уровень 1	навыками оперативного переконфигурирования сетей
Уровень 2	
Уровень 3	

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	**Знать:**
3.1.1	Стандарты и математические алгоритмы сжатия цифровых видео- и аудиоданных (MPEG-2, H.264/AVC, H.265/HEVC, AAC).
3.1.2	Структуру элементов транспортного потока MPEG-TS (элементарные потоки ES, PES, пакеты TS, сервисные таблицы PSI/SI).
3.1.3	Принципы помехоустойчивого кодирования (коды Рида-Соломона, BCH, LDPC) и сверточного перемежения в ТВ-системах.
3.1.4	Физико-математические основы многочастотной модуляции с ортогональным частотным разделением (OFDM / COFDM).
3.1.5	Архитектуру и спецификации стандартов цифрового ТВ-вещания (DVB-T2, DVB-C/C2, DVB-S2/S2X).
3.1.6	Принципы построения и функционирования одночастотных (SFN) и многочастотных (MFN) сетей наземного вещания.
3.1.7	Структуру и протокольное обеспечение сетей IPTV и OTT-видеовещания (IGMP, RTSP, UDP/RTP, HLS, MPEG-DASH).
3.1.8	Назначение и функционал оборудования головных станций (кодеры, транскодеры, мультиплексоры, модуляторы, Edge-QAM).
3.1.9	Методики измерений качественных параметров цифровых ТВ-сигналов (BER, MER, C/N, задержки, джиттер).
3.1.10	Стандарты качества обслуживания (QoS) и восприятия (QoE) при передаче медиапотоков по IP-сетям.
3.2	**Уметь:**

3.2.1	Рассчитывать битрейт и необходимую полосу пропускания частотного канала для передачи мультиплексов цифрового ТВ.
3.2.2	Настраивать и администрировать параметры формирования транспортных потоков MPEG-TS и таблиц PSI/SI.
3.2.3	Проводить выбор параметров модуляции и кодирования (MODCOD) для различных условий распространения радиоволн.
3.2.4	Проектировать схемы головных станций цифрового телевидения для эфирных, кабельных и IP-сетей.
3.2.5	Проводить расчеты зоны покрытия и запаса мощности радиолиний цифрового ТВ-вещания.
3.2.6	Выполнять анализ транспортных потоков и обнаружение ошибок с помощью специализированного ПО и анализаторов (TS Reader, Wireshark).
3.2.7	Оценивать показатели качества приема цифрового ТВ-сигнала (MER, BER перед и после декодера) по измерительным приборам.
3.2.8	Настраивать оборудование доставки потокового видео (стриминг-серверы, CDN-узлы, IPTV-коммутаторы).
3.2.9	Выбирать оптимальные профили и уровни кодеков H.264/H.265 для различных типов контента (SD, HD, Ultra HD 4K/8K).
3.2.10	Рассчитывать параметры защитных интервалов и длительности символов OFDM для защиты от многолучевого приема.
3.3	**Владеть:**
3.3.1	Навыками анализа и декодирования структурализованных транспортных потоков MPEG-TS и IP-мультикаст пакетов.
3.3.2	Методикой проведения измерений физических и канальных параметров ТВ-сигналов на спектроанализаторах и измерителях DVB.
3.3.3	Инструментарием схемотехнического и системного симуляционного моделирования узлов связи в пакетах MATLAB/ Simulink и LTspice.
3.3.4	Навыками расчета пространственно-частотного планирования одночастотных сетей DVB-T2 (SFN).
3.3.5	Практическими навыками конфигурирования профессионального оборудования кодирования и мультиплексирования.
3.3.6	Навыками трассировки и устранения сбоев передачи видеопотоков в IP-сетях (анализ потерь пакетов, джиттера, ошибок IGMP).
3.3.7	Опытом работы с нормативно-технической документацией, рекомендациями МСЭ-R (ITU-R) и стандартами ETSI/ DVB.
3.3.8	Методиками комплексной оценки качества видеоизображения на основе объективных (PSNR, SSIM, VMAF) и субъективных критериев.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетен-ции	Литература	Инте ракт.	Пр. подг.	Примечание
	Раздел 1. Цифровизация и студийная обработка видео- и аудиосигналов							
1.1	Физические основы цифровизации видеосигнала / Лек/	7	1,5	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
1.2	Студийные видеоинтерфейсы и форматы несжатого видео /Лек/	7	1,5	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
1.3	Исследование эффективности алгоритмов субдискретизации цветности и квантования /Лаб/	7	3	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
1.4	Расчет битрейта несжатых цифровых видеопотоков различных стандартов /Пр/	7	3	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
1.5	Расчет параметров и полосы частот цифрового аудиосопровождения /Пр/	7	3	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			

1.6	Сравнительный анализ технологий передачи видео высокого динамического диапазона (HDR10, Dolby Vision, HLG) /Ср/	7	8	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
1.7	Изучение архитектуры синхронизации PTP (IEEE 1588) в IP-видеостудиях ST 2110 /Ср/	7	8	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
	Раздел 2. Сжатие и компрессия медиаинформации							
2.1	Алгоритмы компрессии видеоданных /Лек/	7	1,5	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
2.2	Современные стандарты видео- и аудиокодеков /Лек/	7	1,5	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
2.3	Исследование характеристик видеокодеков H.264/AVC и H.265/HEVC /Лаб/	7	3	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
2.4	Расчет параметров сжатия и структуры GOP для различных типов контента /Пр/	7	3	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
2.5	Оценка объективных показателей качества видеоизображения (PSNR, SSIM, VMAF) /Пр/	7	3	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
2.6	Сравнительный анализ вычислительной сложности видеокодеков VVC/H.266 и AV1 /Ср/	7	8	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
2.7	Изучение систем психологического кодирования аудиоинформации /Ср/	7	8	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
	Раздел 3. Формирование транспортных потоков и помехоустойчивое кодирование							
3.1	Мультиплексирование и структура транспортных потоков MPEG-TS /Лек/	7	1,5	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
3.2	Помехоустойчивое кодирование и цифровые модуляции /Лек/	7	1,5	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
3.3	Анализ структуры и сервисных таблиц транспортных потоков MPEG-TS /Лаб/	7	1,5	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
3.4	Моделирование тракта помехоустойчивого кодирования и модуляции COFDM /Лаб/	7	1,5	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
3.5	Расчет информационной емкости транспортного потока MPEG-TS /Пр/	7	2	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			

3.6	Расчет параметров каскадного помехоустойчивого кодирования (BCH + LDPC) / Пр/	7	2	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
3.7	асчет параметров сигнала COFDM (длительность символа, защитный интервал) / Пр/	7	2	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
3.8	Исследование методов адаптивного статистического мультиплексирования (StatMux) /Ср/	7	8	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
3.9	Изучение систем условного доступа (CAS) и цифровой защиты контента (DRM) /Ср/	7	8	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
	Раздел 4. Сети и стандарты цифрового ТВ-вещания (DVB, IPTV, OTT)							
4.1	Стандарты цифрового телевидения DVB (DVB-T2, DVB-C2, DVB-S2X) /Лек/	7	2	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
4.2	Сетевое интерактивное телевидение (IPTV, OTT, HbbTV) /Лек/	7	2	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
4.3	Прием и измерение параметров сигнала цифрового эфирного ТВ формата DVB-T2 /Лаб/	7	2	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
4.4	Развертывание и исследование работы сервера IPTV / OTT стриминга /Лаб/	7	2	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
4.5	Расчет параметров физических каналов PLP в стандарте DVB-T2 /Пр/	7	2	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
4.6	Пространственно-частотное планирование одночастотных сетей вещания (SFN) /Пр/	7	2	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
4.7	Расчет полосы пропускания и производительности оборудования сети IPTV /Пр/	7	2	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
4.8	Расчет профилей адаптивного битрейта (ABR) для OTT-вещания /Пр/	7	2	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
4.9	Проектирование архитектуры головной станции (Headend) кабельного/IP-телевидения /Ср/	7	9	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
4.10	Изучение технологии формирования и передачи протоколов T2-MI в сетях DVB-T2 /Ср/	7	9	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
	Раздел 5. Измерения, контролепригодность и системное проектирование ТВ-сетей							

5.1	Контроль качества и методы измерений в цифровом ТВ /Лек/	7	1,5	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
5.2	Системное проектирование линий связи и зон покрытия / Лек/	7	1,5	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
5.3	Диагностика ошибок в транспортном потоке по стандарту TR 101 290 /Лаб/	7	1,5	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
5.4	Оценка качества обслуживания (QoS) и восприятия (QoE) в IPTV/OTT-сетях /Лаб/	7	1,5	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
5.5	Анализ диаграмм созвездий (Constellation Diagram) при различных типах помех /Пр/	7	2	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
5.6	Расчет зоны покрытия РТПС цифрового наземного вещания DVB-T2 /Пр/	7	2	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
5.7	Расчет параметров спутникового ТВ-канала связи (DVB-S2) /Пр/	7	2	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
5.8	Оценка объективных метрик качества передачи видео потоков в реальном времени (VMAF/SSIM) /Ср/	7	18	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
5.9	/КрЭк/	7	0,3	ПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Контрольные вопросы и задания

Категория «ЗНАТЬ» (Теоретические вопросы) — 20 вопросов

1. Дискретизация и квантование ТВ-сигнала: Перечислите основные параметры цифровизации аналогового видеосигнала (частоты дискретизации, разрядность квантования). В чем заключаются особенности цветовых пространств RGB и YC_bC_r?
2. Форматы субдискретизации цветности: Раскройте физическую природу и принципы формирования форматов 4:4:4, 4:2:2 и 4:2:0. Какова экономия скорости передачи данных достигается при их использовании?
3. Студийные цифровые видеоинтерфейсы: Сравните стандарты интерфейсов серии SDI (SD-SDI, HD-SDI, 3G-SDI, 12G-SDI). В чем заключаются преимущества и особенности перехода к сетевой передачи некомпрессированного видео по стандарту SMPTE ST 2110?
4. Виды избыточности в ТВ-изображениях: Дайте классификацию типов избыточности (пространственная, временная, психовизуальная, статистическая) и укажите математические методы их устранения.
5. Методы сжатия видео (MPEG / H.26x): Раскройте смысл дискретного косинусного преобразования (ДКП) и вектора компенсации движения. Опишите структуру группы кадров (GOP) и роли I-, P- и B-кадров.
6. Эволюция видеокодеков: Сравните кодирующие стандарты MPEG-2, H.264/AVC, H.265/HEVC и VVC/H.266 по степени сжатия, вычислительной сложности и областям применения (SD, HD, Ultra HD 4K/8K).
7. Кодирование звукового сопровождения: Раскройте принципы работы психоакустических моделей слуха. Чем отличаются форматы сжатия аудио MPEG-1 Layer II, AAC и Dolby Digital (AC-3)?
8. Элементарные и транспортные потоки MPEG-TS: Сформулируйте понятия элементарного (ES), пакетированного элементарного (PES) и транспортного (TS) потоков. Какова длина пакета MPEG-TS и какова структура его заголовка?
9. Синхронизация в MPEG-TS: Опишите назначение и физический смысл временных меток PCR (Program Clock Reference), PTS (Presentation Time Stamp) и DTS (Decode Time Stamp).
10. Сервисная информация PSI/SI: Перечислите назначение основных таблиц сервисной информации: PAT, PMT, NIT, SDT, EIT, CAT. Как происходит процесс настройки приемника (STB) на конкретную программу?
11. Помехоустойчивое кодирование в DVB: В чем заключается суть каскадного кодирования? Сравните комбинации кодов Рида-Соломона + сверточный код (DVB-T/C/S) и BCH + LDPC (DVB-T2/C2/S2).

12. Многочастотная модуляция OFDM / COFDM: Раскройте принцип обеспечения ортогональности несущих. За счет чего защитный интервал T_g предотвращает межсимвольную интерференцию (МСИ) при многолучевом приеме?
13. Стандарт эфирного вещания DVB-T2: Перечислите ключевые технологические новшества DVB-T2 по сравнению с DVB-T (технологии T2-MI, режимы контента Multiple PLP, поворот созвездия, MISO).
14. Сети вещания SFN и MFN: В чем состоят принципиальные различия между одночастотными (SFN) и многочастотными (MFN) сетями наземного вещания? Каковы требования к синхронизации передатчиков в SFN?
15. Кабельные и спутниковые стандарты DVB: Опишите особенности физического уровня и формата модуляций в стандартах DVB-C/C2 (QAM) и DVB-S2/S2X (QPSK, 8PSK, 16/32APSK, адаптивная модуляция ACM/VCM).
16. Архитектура сетей IPTV: Раскройте назначение компонентов сети IPTV (Headend, Middleware, DRM, CDN, Edge-коммутаторы). Какие протоколы используются для управления (IGMP, RTSP) и доставки данных (UDP/RTP Multicast)?
17. Технологии OTT-вещания: В чем принципиальные отличия OTT от классического IPTV? Опишите принципы адаптивного потокового стриминга по протоколам HLS и MPEG-DASH.
18. Измерения качественных параметров ТВ-сигнала: Дайте определения показателям качества: уровень RF-сигнала, отношение сигнал/шум (C/N), коэффициент ошибок модулятора (MER) и вероятность ошибки (BER).
19. Диаграммы созвездий (Constellation Diagram): Как по виду созвездия определить характер помехи в тракте (амплитудная нелинейность, фазовый шум, квадратурный дисбаланс, аддитивный белый шум)?
20. Оценка качества видео (QoS / QoE): Чем отличаются критерии качества обслуживания (QoS) от качества восприятия (QoE)? Назовите объективные метрики качества видео (PSNR, SSIM, VMAF).

Категория «УМЕТЬ» (Практические задания и расчеты) — 20 заданий
1. Расчет несжатого видеопотока SDTV: Рассчитать скорость передачи данных для стандартного цифрового видеосигнала SDTV (576i, 50 Гц, формат цветности 4:2:2, 8 бит/сэмпл).
2. Расчет несжатых видеопотоков HDTV и Ultra HD: Сравнить битрейты несжатого видео HD 1080p60 (4:2:2, 10 бит) и Ultra HD 4K 2160p60 (4:2:0, 10 бит).
3. Определение объема хранилища для видеомассива: Вычислить необходимую емкость серверного дискового массива для хранения 24 часов видеоматериала в формате ProRes 422 HQ (1080p).
4. Расчет длины и структуры GOP: Рассчитать битрейт P- и B-кадров при заданном среднем битрейте потока H.264 R = 8 Мбит/с, если структура GOP зафиксирована как N=12, M=3.
5. Оценка метрик качества PSNR: По заданным значениям среднеквадратичной ошибки (MSE = 4,2) для 8-битного видеокадра вычислить объективный показатель качества PSNR в децибелах.
6. Анализ оверхеда служебных пакетов MPEG-TS: Рассчитать процентное соотношение полезных данных и служебных заголовков в пакете MPEG-TS длиной 188 байт при наличии поля адаптации (Adaptation Field) длиной 18 байт.
7. Расчет информационной емкости TS-мультиплекса: Вычислить суммарный битрейт мультиплекса DVB-T2, состоящего из 10 ТВ-программ HD-качества (3,5 Мбит/с каждая), 3 радиопрограмм (192 Кбит/с) и служебных таблиц PSI/SI (0,8 Мбит/с).
8. Расчет энергетического выигрыша от LDPC-кодирования: Вычислить пороговое отношение C/N, необходимое для обеспечения BER = 10^-11 в DVB-T2 при скорости кода (Code Rate) R = 3/5 и модуляции 64-QAM.
9. Выбор защитного интервала T_g в COFDM: Вычислить минимально необходимый защитный интервал для SFN-сети DVB-T2, если максимальное расстояние между соседними передатчиками составляет D = 35 км.
10. Расчет параметров символа OFDM в режиме DVB-T2 8K: Для режима DVB-T2 8K (полезная длительность символа T_u = 896 мкс) определить длительность защитного интервала T_g при соотношении $1/16$ и суммарную длительность символа T_s.
11. Расчет скорости передачи данных в канале DVB-C2: Рассчитать полезную скорость передачи данных кабельного мультиплекса DVB-C2 при использовании полосы 8 МГц, модуляции 256-QAM и скорости кода R = 5/6.
12. Расчет полосы пропускания транспондера DVB-S2: Определить необходимую полосу частот спутникового ствола для передачи потока со символьной скоростью R_s = 27,5 МСимв/с при коэффициенте скругления спектра (Roll-off).
13. Расчет нагрузки на IP-сеть при передаче IPTV Multicast: Вычислить пиковую полосу частот в магистральном канале связи при одновременной трансляции 50 каналов SD (2,5 Мбит/с), 30 каналов HD (8 Мбит/с) и 5 каналов 4K (25 Мбит/с).
14. Расчет профилей ABR для OTT-вещания (HLS): Сформировать оптимальную сетку (Ladder) профилей битрейтов и разрешений HLS для вещания на мобильные устройства и Smart TV (от 240p до 1080p).
15. Анализ ошибок TR 101 290: По лог-файлу анализатора определите приоритет и причину ошибки: пропадание таблиц PAT (период > 0,5 с), отсутствие метки Sync Byte, рассогласование временных меток PCR.
16. Идентификация помех по созвездию QAM: По графическому изображению диаграммы созвездия 64-QAM (размытие точек по окружности) определить вид помехи и предложить способ ее устранения.
17. Расчет радиолинии DVB-T2 (Power Budget): Вычислить мощность на входе приемника P_вх при мощности передатчика РТПС P_пер = 1 кВт, коэффициенте усиления передающей антенны G_t = 12 дБи, высоте подвеса 150 м и дальности приема R = 40 км.
18. Расчет диаметра антенны спутникового приема (DVB-S2): Вычислить необходимый диаметр приемной зеркальной антенны для обеспечения запаса по C/N 5 дБ при приеме сигнала с ЭИИМ спутника 48 ДбВт.
19. Расчет индекса MDI (Media Delivery Index) для IPTV: По заданным параметрам задержки DF = 25 мс и числу потерянных IP-пакетов MLR = 0 дать оценку качеству передачи потока в IP-сети.
20. Составление таблицы распределения элементов PLP: Рассчитать распределение полосы частот мультиплекса DVB-T2 для режимов PLP0 (общероссийские каналы), PLP1 (региональные вставки) и PLP2 (данные).

Категория «ВЛАДЕТЬ» (Комплексные задачи и кейсы) — 10 задач
Задачи используются на экзамене, при защите курсовой работы и для верификации инженерно-проектировочных компетенций.
• Задача 1. Проектирование системы кодирования и мультиплексирования цифрового ТВ-центра

Задание: Для телецентра, формирующего 12 программ HD 1080p и 2 программы Ultra HD 4K, выполнить расчет параметров кодеров H.265/HEVC, определить параметры адаптивного статистического мультиплексирования (StatMux) и составить спецификацию оборудования головной станции.

• Задача 2. Моделирование тракта передачи DVB-T2 в MATLAB/Simulink

Задание: В среде MATLAB/Simulink собрать модель цифрового тракта DVB-T2 (кодер LDPC, созвездие 256-QAM, модулятор COFDM, модель канала с релеевскими замираниями). Построить семейство кривых зависимости (C/N) для защитных интервалов 1/16 и 1/128.

• Задача 3. Расчет пространственно-частотного плана одночастотной сети вещания (SFN DVB-T2)

Задание: Для географического региона размером 120 км спроектировать одночастотную сеть DVB-T2 из 4 передающих станций. Рассчитать мощности передатчиков, высоты антенн, выбранный режим FFT (16K/32K), защитный интервал и задержки в линии доставки T2-MI.

• Задача 4. Проектирование головной станции (Headend) интерактивной сети IPTV/OTT

Задание: Разработать архитектурную схему и выполнить расчет оборудования головной станции IPTV/OTT на 150 ТВ-каналов: расчет числа DVB-S2 приемных спутниковых стримеров, транскодеров, серверов скремблирования (CAS/DRM) и мощности Origin-серверов HLS/DASH.

• Задача 5. Анализ и диагностика неисправностей транспортного потока MPEG-TS

Задание: С помощью специализированного ПО (TS Reader / Wireshark) провести декодирование реального дампа транспортного потока MPEG-TS. Выявить ошибки 1-го и 2-го приоритетов по стандарту TR 101 290, восстановить дерево сервисных таблиц (PAT, PMT, SDT) и дать заключение о работоспособности мультиплекса.

• Задача 6. Системный расчет спутникового тракта распределения телепрограмм (DVB-S2X)

Задание: Выполнить полный расчет линий вверх (Uplink) и вниз (Downlink) для спутникового тракта распределения федерального мультиплекса DVB-S2X через геостационарный ИСЗ. Определить параметры MODCOD, диаметры антенн Земных станций и запас на затухание в осадках для надежности 99,99%.

• Задача 7. Проектирование гибридной кабельной сети HFC / DVB-C2

Задание: Запроектировать головное оборудование и оптическую распределительную сеть HFC на 1000 абонентов. Выполнить расчет уровней RF-сигналов, выберете параметры модуляторов Edge-QAM (DVB-C2) и проверьте выполнение нормативов по MER и C/N.

• Задача 8. Оптимизация сети доставки видеоконтента (CDN) для OTT-сервиса

Задание: Для OTT-видеосервиса с 100 000 одновременных зрителей (Concurrent Users) спроектировать топологию сети CDN. Вычислить суммарный исходящий трафик, рассчитать необходимую количество Edge-кэширующих серверов и пропускную способность каналов связи.

• Задача 9. Комплексная оценка качества видеопередачи по объективным метрикам (VMAF/SSIM)

Задание: Провести автоматизированное тестирование видеокодеков H.264, H.265 и AV1 с использованием утилиты FFmpeg и библиотеки VMAF. Построить зависимости $VMAF(Bitrate)$ для разного типа контента, определить точки насыщения качества (Quality Saturation Point).

• Задача 10. Расчет тракта студийной медиасети на базе стандарта SMPTE ST 2110

Задание: Разработать структуру IP-медиасети телестудии формата 4K HDR. Рассчитать нагрузку на PTP-генератор Grandmaster (IEEE 1588), полосу пропускания Spine-Leaf IP-коммутаторов для некомпрессированных потоков ST 2110-20 (видео), ST 2110-30 (аудио) и ST 2110-40 (метаданные).

5.2. Темы курсовых работ (проектов)

Курсовые работы проекты учебным планом не предусмотренно

5.3. Фонд оценочных средств

Перечень тем рефератов (20 тем)

1. История и эволюция стандартов телевизионного вещания: от аналоговых систем к цифровым мультиплексам.
2. Сравнительный анализ международных стандартов цифрового ТВ: DVB (Европа), ATSC (США), ISDB (Япония), DTMB (Китай).
3. Перспективы и проблемы внедрения видеокодеков нового поколения (VVC/H.266 и AV1) в вещательные системы.
4. Технологии расширенного динамического диапазона (HDR10, HLG, Dolby Vision) в цифровом телевещании.
5. Организация многоканального звукового сопровождения в цифровом ТВ (Dolby Atmos, MPEG-H Audio).
6. Принципы построения и алгоритмы работы систем условного доступа (CAS) в платных ТВ-сетях.
7. Цифровая защита медиаконтента (DRM) в средах открытого интернет-вещания (OTT).
8. Сравнительный анализ систем спутникового ТВ-вещания прямого телевещания (СТВ) и распределительных спутниковых сетей.
9. Применение технологии MISO (Multiple Input Single Output) в стандарте DVB-T2 для повышения помехоустойчивости.
10. Особенности формирования и транспортировки T2-MI потоков в распределительных сетях DVB-T2.
11. Технология HbbTV: объединение вещательного ТВ-сигнала и веб-интерактивных сервисов.
12. Анализ причин возникновения и способов устранения задержек (Latency) в OTT-стриминге.
13. Роль сетей доставки контента (CDN) в обеспечении масштабируемости современных видеосервисов.
14. Облачные технологии в телевещании: виртуализация кодеров, мультиплексоров и систем автоматизации вещания (Playout).
15. Стандарты SMPTE ST 2110 и NDI: революция в технологиях построения телевизионных студий.
16. Методы оценки качества видеоизображения: от субъективных экспертных оценок (ITU-R BT.500) к нейросетевым метрикам VMAF.
17. Использование искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения в задачах оптимизации кодирования видео.
18. Перспективы развития цифрового вещания Ultra HD 8K: требования к инфраструктуре и сетям доставки.

19. Радиочастотный мониторинг и обнаружение несанкционированных помех в сетях цифрового ТВ.
20. Экологическая и энергетическая эффективность современных систем вещания и дата-центров видеостриминга.

Перечень тем презентаций (20 тем)
1. Сравнительный анализ видеокодеков H.264, H.265 (HEVC) и AV1.
2. Принцип работы группы кадров (GOP) при межкадровом сжатии видео.
3. Структура пакета MPEG-TS и таблицы сервисной информации PSI/SI.
4. Технология помехоустойчивого кодирования BCH + LDPC в стандарте DVB-T2.
5. Физический смысл многочастотной модуляции COFDM и функция защитного интервала.
6. Отличия и преимущества стандарта DVB-T2 по сравнению с DVB-T.
7. Одночастотные сети вещания (SFN): принцип построения и проблемы синхронизации.
8. Спутниковое вещание DVB-S2/S2X: особенности модуляций APSK и режимов ACM.
9. Построение кабельных сетей DVB-C2 на базе технологии поднесущих OFDM.
10. Принцип функционирования сети IPTV: от головной станции до абонентского STB.
11. Протоколы адаптивного видеостриминга HLS и MPEG-DASH.
12. Измерение качественных параметров цифрового ТВ-сигнала: MER, BER, C/N.
13. Анализ диаграмм созвездий (Constellation Diagram) при диагностике помех.
14. Нормативы диагностики ошибок транспортного потока по стандарту TR 101 290.
15. Оценка качества обслуживания (QoS) и качества восприятия (QoE) в IP-видеосетях.
16. Архитектура головной станции цифрового ТВ (Headend).
17. Технологии передачи студийного несжатого видео по IP (SMPTE ST 2110).
18. Использование метрики VMAF (Netflix) для тестирования качества видеокодеков.
19. Облачные решения для транскодирования и доставки потокового видео.
20. Будущее ТВ-вещания: переход к персонализированному и интерактивному медиаконтенту.

5.4. Перечень видов оценочных средств

Входной контроль (Экспресс-тестирование):
Оценочное средство для проверки начального уровня базовой подготовки студентов перед началом освоения дисциплины (теорема Котельникова, спектральный анализ, основа кодирования и базовые протоколы сетях передачи данных).
Устный опрос (Коллоквиум):
Оценочное средство текущего контроля для проверки усвоения теоретических понятий, математических моделей сжатия (MPEG, H.264, HEVC), принципов построения транспортных потоков MPEG-TS и стандартов вещания (DVB-T2/C2/S2X, IPTV, OTT).
Расчетно-графическая работа (РГР) / Домашнее задание:
Индивидуальное практическое задание, направленное на самостоятельный расчет скоростей передачи данных, параметров модуляции COFDM/QAM, структуры GOP и защитных интервалов в одночастотных сетях (SFN).
Отчет по лабораторной работе (с защитой):
Комплексное оценочное средство, включающее заготовку с предварительными расчетами, экспериментальные графики, таблицы измерений (RF level, MER, BER, MDI), а также устные ответы на контрольные вопросы по результатам работы с TS-анализаторами и измерительными приборами.
Компьютерное / Симуляционное тестирование (MATLAB / TS Reader / Wireshark):
Практическое оценочное средство для проверки навыков программного анализа реальных транспортных потоков MPEG-TS, проверки сервисных таблиц PSI/SI, дампа IP-мультикаст пакетов и моделирования помехоустойчивого кодирования.
Промежуточная аттестация (Экзамен):
Итоговая форма проверки усвоения знаний, умений и владений за весь курс (Разделы 1–5), состоящая из устных ответов на 2 теоретических вопроса билета и письменного решения сквозного практического кейса (категория «ВЛАДЕТЬ»).

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Г.П. Катунин, Г.В. Мамчев, В.Н. Попантонопуло, В.П. Шувалов	Радиосвязь, радиовещание, телевидение	
Л1.2	Гасанов М.И., Боскебеев К.Д.	Проектирование сельской сети связи на основе коммутационного оборудования MPLS: выпускная квалификационная работа	Бишкек 2020

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Фриман Р.	Волоконно-оптические системы связи: монография	М.: Техносфера 2006
Л2.2	Сомов А.М., Корнев С.Ф.	Спутниковые системы связи: учебное пособие для вузов	М.: Горячая линия- Телеком 2014
Л2.3	Ордобаев Б.С., Абдыкеева Ш.С.	Системы связи и оповещения: методические указания по выполнению самостоятельных работ для студентов	Бишкек: Изд-во КРСУ 2015

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.4	Калашников Н.И., Меркадер Л.П., Тимищенко М.Г., Юдин А.И.	Системы связи и радиорелейные линии: учебник для вузов	М.: Связь 1977

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Ордобаев Б.С., Намазов З.Н., Абдыкеева Ш.С., Ордобаев Ж.Б.	Системы связи и оповещения: методические указания к проведению практических занятий	Бишкек: Изд-во КРСУ 2014

6.3. Перечень информационных и образовательных технологий

6.3.1 Компетентностно-ориентированные образовательные технологии

6.3.1.1	• TS Reader (Lite / Professional)
6.3.1.2	Специализированный программный анализатор структуры транспортных потоков MPEG-TS. Применяется на лабораторных и практических занятиях для декодирования сервисных таблиц (PAT, PMT, SDT, NIT, EIT), контроля временных меток PCR/PTS/DTS, измерения индивидуального битрейта программ в мультиплексе и выявления ошибок 1-го, 2-го и 3-го приоритетов по стандарту ETSI TR 101 290.
6.3.1.3	(Тип лицензии: Свободно распространяемое ПО — Freeware / Учебная лицензия).
6.3.1.4	• Wireshark
6.3.1.5	Сетевой анализатор трафика. Используется при исследовании протоколов доставки интерактивного медиаконтента (IPTV, OTT) в локальных и глобальных IP-сетях: анализа процессов регистрации на IGMP-мультикаст группы, мониторинга задержек и потерь RTP-пакетов, захвата потоков HLS/MPEG-DASH и вычисления индекса качества передачи медиаданных MDI (Media Delivery Index).
6.3.1.6	(Тип лицензии: Открытое ПО — Open Source / GNU GPL).
6.3.1.7	• VLC Media Player / FFmpeg
6.3.1.8	Кроссплатформенный мультимедийный комплекс и утилита командной строки. Применяются для транскодирования видеоинформации во вложенные форматы (H.264/AVC, H.265/HEVC, AV1), захвата вещательных потоков, автоматизированного проведения расчетов объективных метрик качества изображения (PSNR, SSIM, VMAF) и развертывания виртуальных серверов IPTV/OTT-стриминга.
6.3.1.9	(Тип лицензии: Открытое ПО — Open Source / GNU GPL).
6.3.1.10	• MATLAB / Simulink (с пакетами Communications Toolbox и DSP System Toolbox) / GNU Octave
6.3.1.11	Используются для компьютерного симуляционного моделирования трактов канального кодирования (BCH, LDPC), исследования свойств модуляции COFDM на многолучевых трассах, анализа работы защитных интервалов и построения зависимостей вероятности ошибки BER от отношения сигнал/шум (C/N).
6.3.1.12	(Тип лицензии: Проприетарное ПО / Open Source — GNU GPL).
6.3.1.13	• LTspice / Micro-Cap
6.3.1.14	Применяются при симуляции схемотехнических узлов модуляторов, высокочастотных фильтров, усилителей мощности РТПС и анализаторов созвездий (Constellation Diagram) на физическом уровне приема ТВ-сигналов.
6.3.1.15	(Тип лицензии: Свободно распространяемое ПО — Freeware).
6.3.1.16	Офисный пакет (МойОфис / LibreOffice / Yandex 360)
6.3.1.17	Используется для оформления отчетов по лабораторным и практическим работам, проведения расчетных операций при выполнении расчетно-графических работ и оформления расчетно-пояснительных записок Курсовой работы в соответствии с требованиями ГОСТ.
6.3.1.18	(Тип лицензии: Свободно распространяемое ПО / Корпоративная лицензия).

6.3.2 Перечень информационных справочных систем и программного обеспечения

6.3.2.1	• Электронно-библиотечные системы (ЭБС):
6.3.2.2	• ЭБС IPR SMART (iprbookshop.ru).
6.3.2.3	• ЭБС «Лань» (e.lanbook.com).
6.3.2.4	• ЭБС «Университетская библиотека онлайн» (biblioclub.ru).
6.3.2.5	• Базы нормативно-технических стандартов и Рекомендаций:
6.3.2.6	• Портал стандартов ETSI (European Telecommunications Standards Institute) — стандарты серии DVB (ETSI EN 302 755 для DVB-T2, ETSI EN 300 468 для PSI/SI, ETSI TR 101 290 для измерений MPEG-TS).
6.3.2.7	• База Рекомендаций Международного союза электросвязи (ITU-R / ITU-T) — Рекомендации серии BT (BT.500, BT.709, BT.2020) по кодированию и оценке качества видео.
6.3.2.8	• Информационный фонд технических регламентов и стандартов (gost.ru) — стандарты ЕСКД и ЕСПД.
6.3.2.9	• Открытые профильные научно-образовательные ресурсы:

6.3.2.10	• Профессиональный консорциум DVB Project (dvb.org).
6.3.2.11	• Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1	Для проведения всех видов занятий по дисциплине «Построение цифрового телевидения» (лекций, лабораторных и практических занятий, выполнение курсовых работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в форме экзамена) используются учебные помещения, оснащенные специализированной мебелью, лабораторным и сетевым оборудованием, измерительными приборами и вычислительной техникой, соответствующими действующим санитарным и противопожарным нормам.
7.2	Специализированные аудитории и помещения
7.3	• Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:
7.4	Аудитория, оснащенная специализированной мебелью для обучающихся и преподавателя, меловой/маркерной доской, мультимедийным комплексом (персональный компьютер преподавателя с выходом в сеть Интернет и подключением к электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) университета, мультимедийный проектор, проекционный экран, акустическая система).
7.5	• Лаборатория цифрового телевизионного вещания и приемных систем (для проведения лабораторных работ и экзамена):
7.6	Специализированное помещение, оборудованное программно-аппаратными комплексами приема, кодирования, мультиплексирования и анализа цифровых ТВ-сигналов, телевизионными анализаторами спектра, измерителями DVB-T2/C/S2, эфирными и спутниковыми приемными системами.
7.7	• Компьютерный класс и лаборатория сетевого вещания (IPTV/OTT и симуляционного моделирования):
7.8	Лаборатория, оснащенная персональными компьютерами, объединенными в гигабитную локальную сеть с выходом в Интернет и подключением к ЭИОС. На ПК установлено специализированное ПО (TS Reader, Wireshark, VLC, FFmpeg, MATLAB / Simulink, LTspice) для моделирования помехоустойчивого кодирования, анализа транспортных потоков MPEG-TS и развертывания серверов IP-вещания.
7.9	• Помещение для самостоятельной работы обучающихся (и выполнения курсового проектирования):
7.10	Читальный зал библиотеки / зал самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с доступом к сети Интернет, электронно-библиотечным системам (ЭБС IPR SMART, «Лань», «Университетская библиотека онлайн») и нормативно-справочным базам данных.
7.11	Лабораторное оборудование, стенды и измерительные приборы
7.12	Для выполнения натурного и программного лабораторного практикума по Разделам 1–5 используется следующее оборудование и материально-технические средства:
7.13	• Программно-аппаратные комплексы головных станций и вещания:
7.14	o Профессиональные многоканальные кодеры/транскодеры видеосигнала (H.264/AVC, H.265/HEVC).
7.15	o Мультиплексоры транспортных потоков MPEG-TS с поддержкой формирования таблиц PSI/SI и адаптивного статистического мультиплексирования (StatMux).
7.16	o Измерительные модуляторы стандартов DVB-T2 (с поддержкой режима T2-MI и Multiple PLP), DVB-C/C2 и DVB-S2.
7.17	o Стриминг-серверы и управляемые Edge-коммутаторы для формирования IPTV (IGMP Multicast) и OTT (HLS/DASH) вещания.
7.18	• Приемное антенно-фидерное оборудование:
7.19	o Комплекты приемных эфирных ТВ-антенн дециметрового диапазона (ДМВ) с усилителями и устройствами сложения.
7.20	o Приемная спутниковая установка (зеркальные антенны, конвертеры Ku/C-диапазонов) для приема спутниковых мультиплексов DVB-S2/S2X.
7.21	• Измерительные приборы и анализаторы:
7.22	o Портативные и стационарные анализаторы телевещательных сигналов (измерение уровня RF, отношение C/N, MER, BER до и после LDPC, спектральный анализ).
7.23	o Цифровые двухканальные осциллографы (с полосой пропускания не менее 100 МГц).
7.24	o Программно-аппаратные анализаторы транспортных потоков MPEG-TS (оценка ошибок 1-го, 2-го и 3-го приоритетов по стандарту ETSI TR 101 290).
7.25	o Телевизионные приемники (Smart TV), абонентские цифровые приставки (STB DVB-T2/C/IPTV) для демонстрации качественных показателей картинки и проверки работы HbbTV.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина «Построение цифрового телевидения» является ключевой дисциплиной вариативной части профессионального цикла (5 ЗЕТ, 180 академических часов), изучаемой в течение одного семестра и завершающейся экзаменом и выполнением курсовой работы. Освоение курса требует усвоения как фундаментальных теоретических основ обработки медиаданных, так и

практических инженерных навыков работы с аппаратно-программными комплексами кодирования, анализаторами транспортных потоков MPEG-TS и средами симуляции (MATLAB, Wireshark).
Общие рекомендации по организации учебной деятельности
1. Системность освоения материала: Изучение дисциплины строится строго последовательно по 5 разделам: от физики цифровизации и алгоритмов компрессии (Разделы 1–2) к формированию транспортных потоков, помехоустойчивому кодированию и стандартизованным сетям DVB/IPTV/OTT (Разделы 3–4), завершаясь методами измерений и системным проектированием ТВ-сетей (Раздел 5).
2. Трехуровневый подход к изучению ТВ-систем: Каждая вещательная технология рассматривается на трех взаимосвязанных уровнях:
o Физический уровень (RF/Phy): виды модуляции (QAM, COFDM), спектральная эффективность, отношение C/N, замирания и расчёт радиолиний.
o Канальный / Транспортный уровень (MPEG-TS/IP): структура пакетов, табличная сервисная информация (PSI/SI), временные метки (PCR, PTS), каскадное кодирование (BCH+LDPC) и ошибки TR 101 290.
o Уровень приложений и контента (Application): алгоритмы видео- и аудиокодеков (H.264, HEVC, VVC, AAC), профили ABR, протоколы доставки (HLS, DASH) и метрики качества (QoS/QoE, VMAF).
3. Ритмичность самостоятельной работы: Своевременное выполнение практических расчетов, оформление лабораторных отчетов и планомерная подготовка разделов курсовой работы в течение семестра гарантируют успешную сдачу экзамена.
Методические указания по подготовке к лекционным занятиям
Лекции формируют теоретический фундамент дисциплины и раскрывают физические принципы функционирования сложных телевизионных систем.
• Подготовка к лекции: Ознакомьтесь с темой предстоящего занятия по рабочей программе. Повторите базовые понятия предшествующих дисциплин («Радиоцепи и сигналы», «Сети связи и системы коммутации»).
• Работа на лекции:
o Фиксируйте ключевые физико-математические модели (формулы сжатия, структуры кадра DVB-T2, расчет защитных интервалов T_g, схемы PSI/SI таблиц).
o Особое внимание уделяйте сравнительному анализу стандартов вещания и характеристик видеокодеков.
• Работа после лекции: В течение 24–48 часов после занятия перечитайте конспект, разберите вывод ключевых соотношений и изучите первоисточники (стандарты ETSI, рекомендации ITU-R) по рекомендуемым ЭБС.
Методические указания по подготовке к практическим занятиям и лабораторному практикуму
Практические занятия
Практические занятия (32 академических часа) направлены на приобретение навыков инженерных расчетов параметров вещательных ТВ-сетей.
• Алгоритм работы:
1. Изучите теоретический материал и расчетные формулы по теме занятия.
2. Выполните индивидуальное задание (расчет битрейтов несжатых и сжатых видеопотоков, параметров сигналов COFDM, скоростей PLP-каналов, зон покрытия SFN-сетей).
3. Проведите анализ физической правдоподобности полученных результатов (например, проверка соответствия рассчитанной полосы частот ограничению 8 МГц в DVB-T2).
Лабораторный практикум
Лабораторные работы (16 академических часов) проводятся на специализированном оборудовании и компьютерных тренажерах (TS Reader, Wireshark, MATLAB/Simulink).
• Допуск к лабораторной работе: Студент допускается к работе только при наличии подготовленного протокола-заготовки, содержащего:
o Цель и структурную схему исследования;
o Теоретический расчет изучаемых показателей;
o Подготовленные таблицы и координатные сетки для снятия характеристик (кривые BER(C/N), временные диаграммы, таблицы PSI/SI).
• Выполнение и защита работы:
o Соблюдайте правила техники безопасности при работе с персональными компьютерами и измерительным оборудованием.
o При работе с программными анализаторами (TS Reader/Wireshark) фиксируйте структуру потоков и выявленные ошибки TR 101 290.
o На защите сопоставьте экспериментальные данные с теоретическими расчетами и объясните причины наблюдаемых отклонений.
Методические указания по выполнению Курсовой работы
Курсовая работа является итоговым комплексным проектировочным заданием, выполняемым самостоятельно (12 академических часов из объема СРС) под руководством преподавателя.
1. Этапы выполнения курсовой работы:
o Этап 1: Получение индивидуального задания (выбор региона, формата вещания DVB-T2/C2/S2X или IPTV/OTT, числа программ и их разрешения).
o Этап 2: Расчет информационной емкости мультиплекса, параметров кодирования источника (H.264/HEVC) и структуры GOP.
o Этап 3: Выбор параметров помехоустойчивого кодирования, типа модуляции (QAM/COFDM), длительности защитного интервала T_g и расчет полезного битрейта.
o Этап 4: Расчет радиолинии связи (Power Budget), высот подвеса антенн, радиуса зоны покрытия РТПС или параметров головной станции IP-сети.
o Этап 5: Оформление расчетно-пояснительной записки по ГОСТ 2.106 и графической части (структурная схема

тракта, схема распределения PLP, частотный план).
2. Защита курсовой работы: Проводится до начала экзаменационной сессии в форме краткого доклада (5–7 минут) с демонстрацией мультимедийной презентации и ответами на вопросы комиссии.
Методические указания по организации самостоятельной работы (СРС)
Самостоятельная работа студентов (84 академических часа) распределяется следующим образом:
• Проработка теоретического материала и стандартов (20 часов): Самостоятельное изучение спецификаций ETSI (EN 302 755, TR 101 290) и рекомендаций ITU-R по ЭБС.
• Выполнение практических расчетов и подготовка отчетов (24 часа): Подготовка протоколов лабораторных работ, выполнение расчетно-графических заданий.
• Выполнение Курсовой работы (12 часов): Расчетно-проектировочная работа по индивидуальной теме.
• Подготовка реферата / презентации (12 часов): Оформление научно-аналитического доклада по современным тенденциям цифрового ТВ.
• Подготовка к промежуточной аттестации (16 часов): Систематизация знаний перед экзаменом.
Рекомендации по подготовке к промежуточной аттестации (Экзамен)
• Условия допуска к экзамену:
1. Выполнение и успешная защита всех 8 лабораторных работ.
2. Сдача всех практических заданий и реферата/презентации.
3. Успешная публичная защита Курсовой работы.
• Структурная схема экзаменационного билета:
o Вопрос 1 (Теоретический): Физические основы кодирования, сжатия, модуляции или формирования потоков MPEG-TS (Разделы 1–3).
o Вопрос 2 (Теоретический): Архитектура сетей DVB-T2/C/S, IPTV, OTT или методология измерений (Разделы 4–5).
o Практическая задача (Категория «ВЛАДЕТЬ»): Комплексный расчет параметров радиолинии, диагностика ошибок TR 101 290 или расчет SFN-сети.
• Советы по сдаче экзамена: Акцентируйте внимание на взаимосвязи системных параметров (как изменение скорости кода LDPC влияет на полезный битрейт и пороговое C/N). При ответе иллюстрируйте материал структурными схемами, диаграммами созвездий и эскизами спектров.