

МИНИСТЕРСТВО ПО РАЗВИТИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И
КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

К защите
Заведующий кафедрой

« ____ » _____ 2015г.

**Выпускная
квалификационная работа бакалавра**

на тему **Методы измерения параметров приёмников цифрового
телевидения DVB-T**

Выпускник _____ **Юсупов А. А.**
(подпись) (Фамилия)

Руководитель _____ **Якубов Б.Р.**
(подпись) (Фамилия)

Рецензент _____
(подпись) (Фамилия)

Консультант по БЖД _____ **Кодиров Ф.М**
(подпись) (Фамилия)

Ташкент-2015

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей тенденцией в развитии современного наземного телевизионного вещания является переход к цифровым методам обработки и модуляции ТВ программ позволяющий использования радиочастотного спектра, обеспечения помехозащищенности, высокого качества обслуживания и возможностей дальнейшей конвергенции с интерактивными услугами. Поэтому исследование технологий и перспективы развития цифрового наземного телевизионного вещания являются актуальными на сегодняшний день.

Внедрение в Республике Узбекистан цифрового телевидения является вопросом общегосударственного значения. Наряду со многими странами Европы и СНГ, в рамках проведения Региональной конференции радиосвязи по наземному цифровому вещанию в Женеве 2006 г., Узбекистан подписал договор о постепенном переходе к цифровому телерадиовещанию к 2017 году. Это соглашение предусматривает отказ на территории нашего государства от аналогового телевизионного сигнала и переход на более современный формат вещания – цифровой. Важно отметить, что вышеупомянутый план перехода на цифровое телевидение направлен не только на столицу, но и всю республику. Сегодня возможность просматривать телевидение высокого качества имеют жители столицы, Ташкентской области, Самаркандского, Бухарского, Хорезмского, Кашкадарьинского регионов, Республики Каракалпакстан ведутся работы по внедрению цифрового вещания и в Сурхандаринской области и Ферганской долине.

Еще одним из важных документов, регламентирующий переход на новый формат вещания, стало постановление главы государства «О Государственной программе по техническому и технологическому переходу на цифровое телевидение в Республике Узбекистан» от 17 апреля 2012 года. В со-

ответствии с этим документом переход на цифровое телевизионное вещание в нашей стране запланировано осуществить в два этапа. Первый, начавшийся в 2012-м, в этом году подходит к концу. Второй рассчитан на 2016-2017 годы. В этот период отечественное телевидение полностью должна перейти на цифровой формат.

Применение цифрового телевидения в наземном телевизионном вещании представляет новые технологические возможности, которые должны быть полностью поняты, чтобы лучше всего использовать этот мощный инновационный инструмент. Одночастотные сети (SingleFrequencyNetwork - SFN) существенное преимущество, предлагаемое цифровой модуляцией COFDM, используемой в стандарте DVB-T.

Можно иметь множество передатчиков, которые покрывают смежные области, и работают на одной частоте, передавая одинаковые программы. При этом использование всего одного канала излучения происходит без взаимного влияния, значительно экономя частотный ресурс. Одночастотные сети используются в Англии, Швеции, Испании и Франции. Они представляют собой отнюдь не лабораторный интерес: это - испытанный и эффективный способ эксплуатации сети вещания в реальных условиях. Одночастотную аналоговую сеть вещания сделать фактически невозможно. В аналоговых системах, используя технологию смещения несущей частоты, теоретически можно уменьшить интерференцию в пределах зоны действия каждого передатчика по отношению к передатчикам, покрывающим смежную область. Однако, на практике появляются области существенного влияния, в которых качество сигнала ухудшается значительно, даже в случае чрезвычайно хорошо запланированных зон покрытия и применения направленных антенных систем.

1. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СТАНДАРТОВ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

В ноябре 1998 года в Англии впервые в мире официально было открыто наземное цифровое ТВ (ЦТВ) вещание в европейском стандарте DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial). Несколькими днями позже США приступили к наземной трансляции цифровых программ в американском стандарте ATSC (Advanced Television Systems Committee). В стандарте DVB-T начали вещание страны Европы, а также Сингапур, Новая Зеландия и Индия. Канада, Южная Корея, Тайвань и Аргентина приняли стандарт ATSC. Япония разработала свой стандарт ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting), который, однако, является модификацией европейского стандарта. В настоящее время не существует единого мирового стандарта наземного ЦТВ, которое напоминает историю аналогового ТВ (АТВ), в результате чего в мире более 40 лет сосуществовали три системы цветного телевидения NTSC, PAL и SECAM.

К основным преимуществам наземного ЦТВ следует отнести следующее: трансляция нескольких программ стандартной чёткости (SDTV, Standard Definition Television) в полосе частот одного стандартного ТВ канала, телевидение высокой чёткости (HDTV, High Definition Television), интерактивность с обратным каналом, приём и передача данных, высокоскоростной выход в INTERNET через широкополосный ТВ-канал и т.д. Именно наземное ТВ, в отличие от спутникового, предоставляет возможность просмотра ТВ программ и приём данных на простые антенны стационарных и мобильных приёмников.

1.1. Европейский стандарт цифрового телевидения DVB-T

Система наземного цифрового телевидения DVB-T принята как Европейский стандарт и была разработана с заложенным свойством существенной гибкости, обеспечиваемой за счет опций выбора широкого набора параметров, с целью адаптации ко всем каналам в режимах работы, включая фиксированный, мобильный и переносной приемы, а также построение одночастотных сетей. Среди всех существующих систем цифрового наземного ТВ вещания, система DVB-T развивается наиболее динамично, поскольку обеспечивает высокое качество среди всех возможных применений.

Система основана на использовании COFDM (Кодированное Ортогональное Частотное разделение каналов). Она была определена для передачи программ в контейнере данных и таким образом предоставляет возможность выбора числа программ и уровней их качества от HDTV до LDTV.

Характеристики наземного канала.

Зарактеристики и свойства наземного канала значительно отличаются от спутниковых и кабельных каналов:

- наземный канал может повреждаться вследствие многолучевого приёма (отражения сигнала от почвы и зданий);
- количество индустриальных помех может быть высоким;
- немаловажный фактор в переполненном частотном спектре для телевидения - интерференция к и от аналогового и цифрового телевидения.

Характеристики наземного канала изменяются довольно значительно из-за влияния окружающей среды. Характеристики могут быть описаны математически номером, уровнем, и фазой отраженного сигнала.

Для оценки наземных телевизионных систем необходимо определить несколько моделей канала, которые могут использоваться при моделировании.

В случае с DVB-T использовались три модели:

- Гауссов канал, где прямой полученный сигнал только повреждается белым шумом;
- канал Райса, где прямой сигнал повреждался энным числом отраженных сигналов изменяющегося уровня и фазы;
- канал Рэлея без прямого пути, и где есть только отраженные сигналы - те же, что и в канале Райса.

Гауссов и более реалистичный канал Райса наиболее характерны для случая приема антенной на крыше, в то время как канал Рэлея характеризует комнатный приём.

Требования к цифровому наземному телевидению.

Основными требованиями для цифровой наземной системы телевидения являются следующие:

- 1) Качество телевизионного изображения: LDTV, SDTV и EDTV. Система должна иметь возможность наращивания до HDTV.
- 2) Качество звукового сопровождения: окружающий звук, стереозвук и дополнительные возможности (например, для слабослышащих людей).
- 3) Система должна быть максимально близка к спутниковым и кабельным системам.
- 4) Пропускная способность должна рассматриваться для неких контейнеров данных, которые могут содержать различные виды услуг, передаваемых одновременно.

5) Система должна быть предназначена для стационарного приема так же, как и для статичного комнатного приема.

6) Обслуживание должно быть оптимизировано под использование уже существующих передающих центров.

7) Система должна позволить максимальную гибкость в частотном планировании.

8) Система должна быть разработана таким образом, чтобы позволить существование одночастотных сетей (несколько передатчиков, работающих одновременно на одной частоте на одну и ту же зону охвата).

9) Система должна позволить использование одночастотных сетей (покрывающих и теневые зоны) даже на начальном этапе внедрения.

10) Система должна обеспечить локальную и национальную зону покрытия при приемлемых экономических и частотных условиях.

11) Система должна быть пригодна для борьбы с интерференцией, а также минимизировать свою собственную интерференцию в существующие наземные аналоговые службы.

12) Система должна обеспечить для вещания большую информационную емкость и широкий охват территорий.

13) Должна быть возможность организации двухуровневых систем.

При использовании наземного способа распределения используемая система определяется как функциональный блок оборудования, который адаптирует сигналы ТВ от выхода мультиплексора к характеристикам наземного канала передачи и должны работать в полосах частот УКВ и УВЧ, выделенные для аналогового вещания.

К потоку данных должны применяться следующие процессы:

– Адаптация и рандомизация транспортного мультиплексора для рассредоточения энергии;

- Внешнее кодирование (например, посредством кода Рида-Соломона);
- Внешнее сверточное чередование/перемежение (interleaving convolutional);
- Внутреннее кодирование (например, посредством точечного сверточного кода);
- Внутреннее сверточное чередование/перемежение;
- Отображение (маппинг) и модуляция;
- Передача OFDM (англ. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*).

Формат со стандартным разрешением и с высоким разрешением

Формат со стандартным разрешением (англ. *Standard Definition -SD*) определяется количеством горизонтальных строк развертки - 480 для системы NTSC и 576 для PAL/SECAM и обозначаются "480i" и "576i" соответственно. Для формата со стандартным разрешением изображения 4:3, растр определяется как 720x480i или 720x576i. Для формата изображения 16:9, растр определяется как 960x480i или 960x576i.

К формату с высоким разрешением (англ. *High Definition - HD*) относится изображение с разрешением не менее 1280×720 точек (пикселей), а звук- Dolby Digital 4.2.

Наиболее популярные форматы стандартов HD:

- 720p: 1280×720 точек, прогрессивная развёртка, отношение сторон 16:9, частота - 24, 25, 30, 50 или 60 кадров в секунду;
- 1080i: 1920×1080 точек, чересстрочная развёртка, отношение сторон 16:9, частота - 50 или 60 полей в секунду;
- 1080p: 1920×1080 точек, прогрессивная развёртка, отношение сторон 16:9, частота - 24, 25 или 30 кадров в секунду.

Буква «р» означает прогрессивную развёртку (англ. *progressive scan*), а буква «i» – чересстрочную развёртку (англ. *interlaced*).

Сжатие изображения и звука

Все форматы сжатия семейства MPEG (MPEG 1, MPEG 2, MPEG 4, MPEG 7) используют высокую избыточность информации в изображениях, разделенных малым интервалом времени.

Форматы сжатия семейства MPEG сокращают объем информации следующим образом: Устраняется временная избыточность видео (учитывается только разностная информация). Устраняется пространственная избыточность изображений путем подавления мелких деталей сцены. Устраняется часть информации о цветности. Повышается информационная плотность результирующего цифрового потока путем выбора оптимального математического кода для его описания.

Форматы сжатия MPEG сжимают только опорные кадры – I-кадры (Intra frame – внутренний кадр). В промежутки между ними включаются кадры, содержащие только изменения между двумя соседними I-кадрами – P-кадры (Predicted frame – прогнозируемый кадр). Для того чтобы сократить потери информации между I-кадром и P-кадром, вводятся так называемые B-кадры (Bidirectional frame – двунаправленный кадр). В них содержится информация, которая берется из предшествующего и последующего кадров. При кодировании в форматах сжатия MPEG формируется цепочка кадров разных типов. Типичная последовательность кадров выглядит следующим образом: IBVRVВIВVRVВIВВ... Соответственно, последовательность кадров в соответствии с их номерами будет воспроизводиться в следующем порядке: 1423765...

Номинальные полосы частот радиоканалов и их центральные частоты

Номинальные полосы частот радиоканалов [1] и их центральные частоты приведены в табл. 1.1.

Центральные частоты радиоканалов определяются следующими выражениями:

- для каналов с номерами N с 6 по 12 $f_0 = 178 + 8(N - 6)$ МГц;
- для каналов с номерами N с 21 по 69 $f_0 = 474 + 8(N - 21)$ МГц.

Таблица 1.1

Частотный диапазон	Номер радиоканала, N	Номинальная полоса частот радиоканала, МГц	Центральная частота радиоканала f_0 , МГц
III	6	174,0-182,0	178,0
	7	182,0-190,0	186,0
	8	190,0-198,0	194,0
	9	198,0-206,0	202,0
	10	206,0-214,0	210,0
	11	214,0-222,0	218,0
IV	12	222,0-230,0	226,0
	21	470,0-478,0	474,0
	22	478,0-486,0	482,0
	23	486,0-494,0	490,0
	24	494,0-502,0	498,0
	25	502,0-510,0	506,0
	26	510,0-518,0	514,0
	27	518,0-526,0	522,0
	28	526,0-534,0	530,0
	29	534,0-542,0	538,0
	30	542,0-550,0	546,0

Окончание таблицы 1.1

	31	550,0-558,0	554,0
	32	558,0-566,0	562,0
	33	566,0-574,0	570,0
	34	574,0-582,0	578,0
V	35	582,0-590,0	586,0
	36	590,0-598,0	594,0
	37	598,0-606,0	602,0
	38	606,0-614,0	610,0
	39	614,0-622,0	618,0

40	622,0-630,0	626,0
41	630,0-638,0	634,0
42	638,0-646,0	642,0
43	646,0-654,0	650,0
44	654,0-662,0	658,0
45	662,0-670,0	666,0
46	670,0-678,0	674,0
47	678,0-686,0	682,0
48	686,0-694,0	690,0
49	694,0-702,0	698,0
50	702,0-710,0	706,0
51	710,0-718,0	714,0
52	718,0-726,0	722,0
53	726,0-734,0	730,0
54	734,0-742,0	738,0
55	742,0-750,0	746,0
56	750,0-758,0	754,0
57	758,0-766,0	762,0
58	766,0-774,0	770,0
59	774,0-782,0	778,0
60	782,0-790,0	786,0
61	790,0-798,0	794,0
62	798,0-806,0	802,0
63	806,0-814,0	810,0
64	814,0-822,0	818,0
65	822,0-830,0	826,0
66	830,0-838,0	834,0
67	838,0-846,0	842,0
68	846,0-854,0	850,0
69	854,0-862,0	858,0

Основные параметры системы наземного цифрового телевизионного вещания - DVB-T

Система DVB-T определяется как функциональный блок оборудования, обеспечивающего адаптацию цифрового ТВ сигнала, представленного в основной полосе частот на выходе транспортного мультиплексера MPEG-2, с характеристиками стандартного наземного радиоканала вещания, имеющего ширину полосы частот 8 МГц. При этом используется передача сигналов по многочастотной схеме модуляции с частотным распределением ортогональ-

ных несущих (OFDM). В одном символе OFDM может содержаться от 853 до 27265 ортогональных несущих с условным наименованием режимов соответственно “1k” - ”32k” [2,3]. Каждая из несущих модулируется низкоскоростным цифровым потоком, являющимся частью общего транспортного потока системы, а в качестве первичных видов модуляции для различных условий применения используются форматы QPSK, 16-QAM, 64-QAM и 256-QAM.

В зависимости от выборной схемы передачи в системе DVB-T могут формироваться четыре группы сигнальных созвездий: равномерные для иерархической передачи (используются QPSK, 16 QAM, 64-QAM и 256-QAM) и неравномерные с двумя возможными коэффициентами неравномерности $\alpha=2$ и $\alpha=4$ (используются 16 QAM и 64 QAM). Модулированные узкополосные ортогональные несущие объединяются в пределах базовой полосы канала в группу COFDM. При модуляции несущих (при отображении битовых комбинаций в точке сигнального созвездия) для двух старших разрядов используется преобразование натурального кода в код Грея.

В ТВ радиоканале спектр системы DVB-T за счет использования схемы модуляции OFDM имеет очень хорошую прямоугольность. Полная спектральная плотность мощности модулируемых несущих OFDM является суммой спектральных плотностей мощности множества несущих. Теоретический спектр сигнала OFDM [3] для канала с полосой 8 MHz показан на рис. 1.1, а обобщенная структурная схема [4] системы DVB-T – на рис. 1.2.

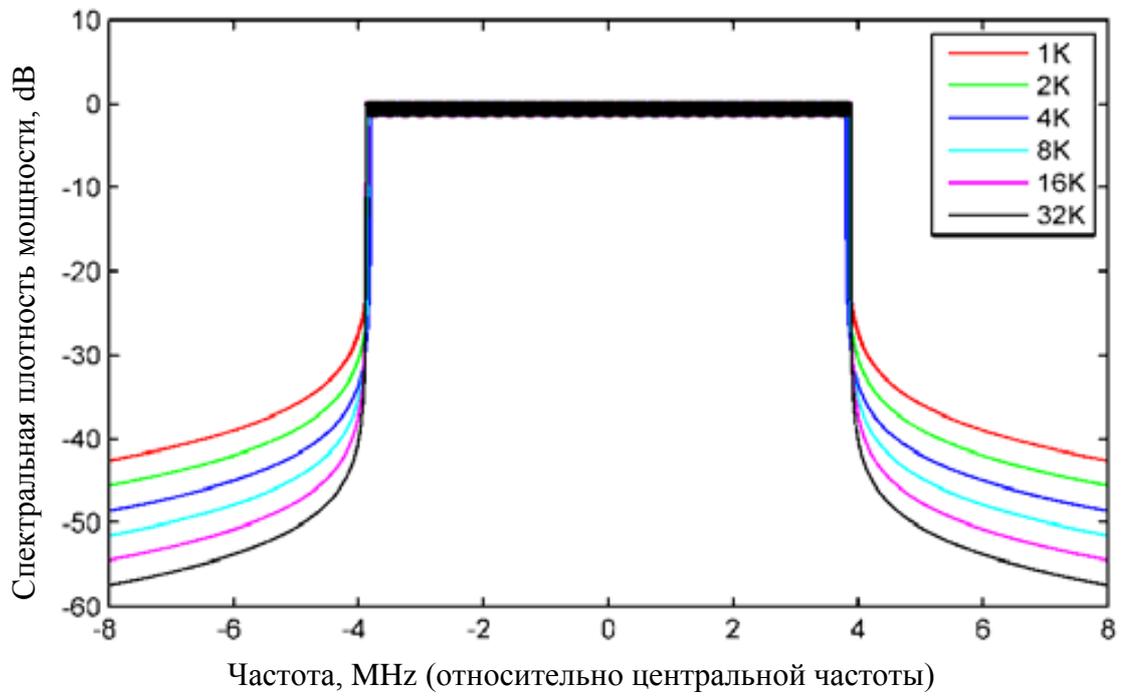


Рис. 1.1

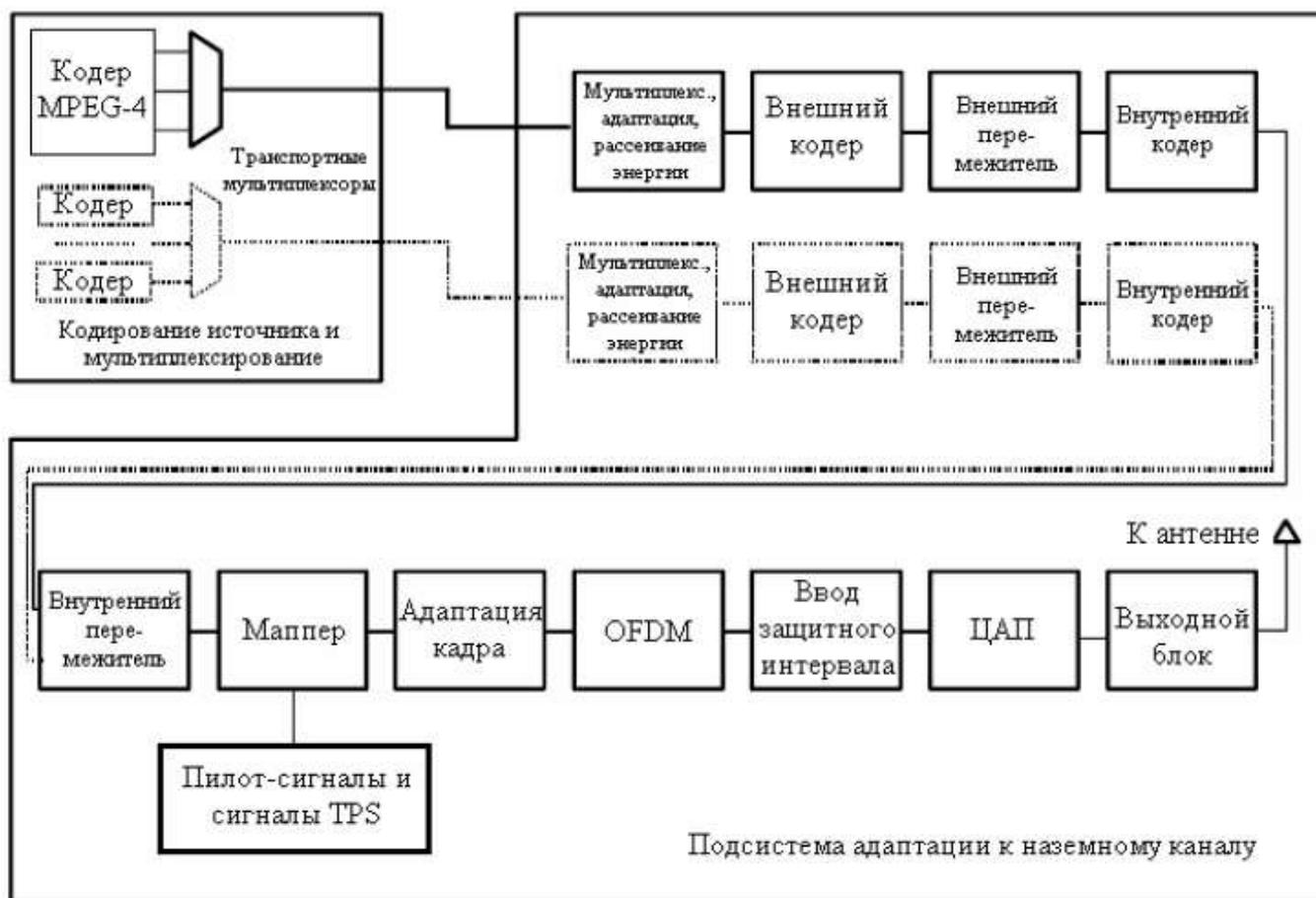


Рис. 1.2

В системе DVB-T на выходе тракта внешнего кодирования и перемежения образуется поток кодированных пакетов длиной по 204 байта: 1 байт синхронизации, 187 байтов перемеженных данных транспортных пакетов и 16 байтов внешней кодозащиты. После внутреннего кодирования длина пакета возрастает пропорционально выбранной кодовой скорости сверточного кода. Полученный результирующий поток битов в процессе модуляции преобразуется в символы сигнала OFDM, которые организуются в кадры (рис. 1.2).

Символ OFDM состоит из двух частей: полезной части и защитного интервала. Защитный интервал предшествует полезной части и является циклическим префиксом адекватной по длительности последней части символа.

Сведения по параметрам кадра и значениям защитных интервалов [2,3] в системе DVB-T приведены в табл. 1.2 и 1.3.

Таблица 1.2

Основные эксплуатационные параметры стандарта DVB-T.

Параметр	Значение параметра	
	$8k$	$2k$
Число несущих в символе OFDM	6817	1705
Число несущих полезных данных в символе OFDM	6048	1512
Число рассредоточенных пилот-сигналов в кадре OFDM	524	131
Число непрерывно повторяющихся пилот-сигналов в кадре OFDM	177	45
Число несущих сигнализации о параметрах передачи в кадре OFDM	68	17
Длительность полезной части символа OFDM, μs	896	224
Разнос соседних несущих, Hz	1116	4464
Разнос между крайними несущими в символе OFDM, MHz	7,608258	7,611607
Частота следования символов данных, MHz	6,75	6,75
Ширина полосы частот канала, MHz	6, 7 и 8	6, 7 и 8
Число битов на символ	2,4,6	2,4,6
Кодирование кода Рида-Соломона	T=8 (204, 188)	T=8 (204, 188)

Окончание таблицы 1.2

Длительность псевдослучайной последовательности, байт	1503				1503			
Скорость передачи полезных данных, Mbit/s	4,98...31,67				4,98...31,67			
Скорость внутреннего кода	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8				1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8			
Модуляция несущих	QPSK, 16-QAM, 64-QAM				QPSK, 16-QAM, 64-QAM			
Относительный защитный интервал T_G/T_U	1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32
Длительность полезной части	896				224			

символа $T_U, \mu s$								
Длительность защитного интервала $T_G, \mu s$	224	112	56	28	56	28	14	7
Длительность символа $T_S = T_G + T_U, \mu s$	1120	1008	952	924	280	252	238	231
Максимальный разнос между передатчиками в одночастотной сети (SFN), км	67,2	33,6	16,8	8,4	16,8	8,4	4,2	2,1

Таблица 1.3

Основные эксплуатационные параметры стандарта DVB-T2

Параметр		Значение параметра					
		<i>1k</i>	<i>2k</i>	<i>4k</i>	<i>8k</i>	<i>16k</i>	<i>32k</i>
Число несущих в символе OFDM	Нормальный режим	853	1705	3409	6817	13633	27265
	Расширенный режим	-	-	-	6913	13921	27841
Максимальное число несущих в символе OFDM	Нормальный режим	852	1704	3408	6816	13632	27264
	Расширенный режим	-	-	-	6912	13920	27840
Длительность полезной части символа $T_U, \mu s$		112	224	448	896	1792	3584
Разнос соседних несущих, Hz		8929	4464	2232	1116	558	279
Скорость передачи полезных данных, Mbit/s		4,98.....50.34524					
Скорость внутреннего кода		1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6					
Относительный защитный интервал T_G/T_U		1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4					
Модуляция несущих		QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM					
Ширина полосы частот канала, MHz		1,7, 5, 6, 7, 8, 10					
Разнос между несущими K_{min} и K_{max} $(K-1)/T_U$	Нормальный режим	7,61 MHz					
	Расширенный режим	-	-	-	7,71 MHz	7,77 MHz	7,77 MHz

В табл. 1.4 представлены требуемые минимальные значения C/N (отношение несущая/шум) неиерархической передачи для достижения BER = 2×10^{-4} на выходе декодера Viterbi (расчетные теоретические значения) для всех комбинаций скоростей кодирования и типов модуляции.

Таблица 1.4

Основные эксплуатационные параметры стандарта DVB-T.

Модуляция	Скорость кодирования	Требуемое C/N для BER = 2×10 ⁻⁴ после Viterbi QEF после Рид-Соломона			Битовая скорость (Mbit/s)			
		Канал Гаусса	Канал Райса	Канал Релея	$\Delta/T_U = 1/4$	$\Delta/T_U = 1/8$	$\Delta/T_U = 1/16$	$\Delta/T_U = 1/32$
QPSK	1/2	3,1	3,6	5,4	4,98	5,53	5,85	6,03
-	2/3	4,9	5,7	8,4	6,64	7,37	7,81	8,04
-	3/4	5,9	6,8	10,7	7,46	8,29	8,78	9,05
-	5/6	6,9	8	13,1	8,29	9,22	9,76	10,05
-	7/8	7,7	8,7	16,3	8,71	9,68	10,25	10,56
16QAM	1/2	8,8	9,6	11,2	9,95	11,06	11,71	12,06
-	2/3	11,1	11,6	14,2	13,27	14,75	15,61	16,09
-	3/4	12,5	13	16,7	14,93	16,59	17,56	18,1
-	5/6	13,5	14,4	19,3	16,59	18,43	19,52	20,11
-	7/8	13,9	15	22,8	17,42	19,35	20,49	21,11
64QAM	1/2	14,4	14,7	16	14,93	16,59	17,56	18,1
-	2/3	16,5	17,1	19,3	19,91	22,12	23,42	24,13
-	3/4	18	18,6	21,7	22,39	24,88	26,35	27,14
-	5/6	19,3	20	25,3	24,88	27,65	29,27	30,16
-	7/8	20,1	21	27,9	26,13	29,03	30,74	31,67

Сетевая скорость передачи данных

Эффективная скорость передачи данных должна зависеть от коэффициента кодирования внутренней коррекции ошибки, метода модуляции несущей и выбора длительности защитного интервала. Значения скорости передачи данных (в Mbit/s) для системы DVB-T приведены в табл. 1.4 и на рис. 1.3.

Значения скорости передачи данных вычисляются по следующей формуле:

$$R_U = R_S \times b \times CR_I \times CR_{RS} \times (T_U/T_S); \quad (1.1)$$

где:

R_U – используемая сетевая скорость передачи данных (Mbit/s);

R_S – скорость символа, 6.75 Мсимволы/с;

b – биты на несущую;

CR_I – внутренний коэффициент кодирования;

CR_{RS} – кодирование Рида-Соломона, 188/204;

T_U – длительность рабочего интервала;

T_S – длительность символа, включая защитный интервал;

T_U/T_S – 4/5, 8/9, 16/17 или 32/33 зависящий от защитного интервала.

Скорость передачи данных в системе DVB-T2 значительно превышает (более 50 Mbit/s) из-за применения более совершенных методов модуляции и преобразований.

Канальное кодирование используется для повышения помехоустойчивости системы цифрового эфирного вещания и согласования форматов передачи данных кадра OFDM и транспортных пакетов MPEG-2. Канальный кодек включает в себя систему внешнего и внутреннего кодирования модема. Такая структура кодека позволяет унифицировать ряд его функциональных узлов для эфирных, спутниковых и кабельных систем цифрового вещания за счет того, что общие для этих систем вещания операции по обработке данных выполняются во внешней системе кодирования, а дополнительная обработка данных, зависящая от вида модуляции и среды передачи, выполняется в составе внутренней системы кодирования модема.

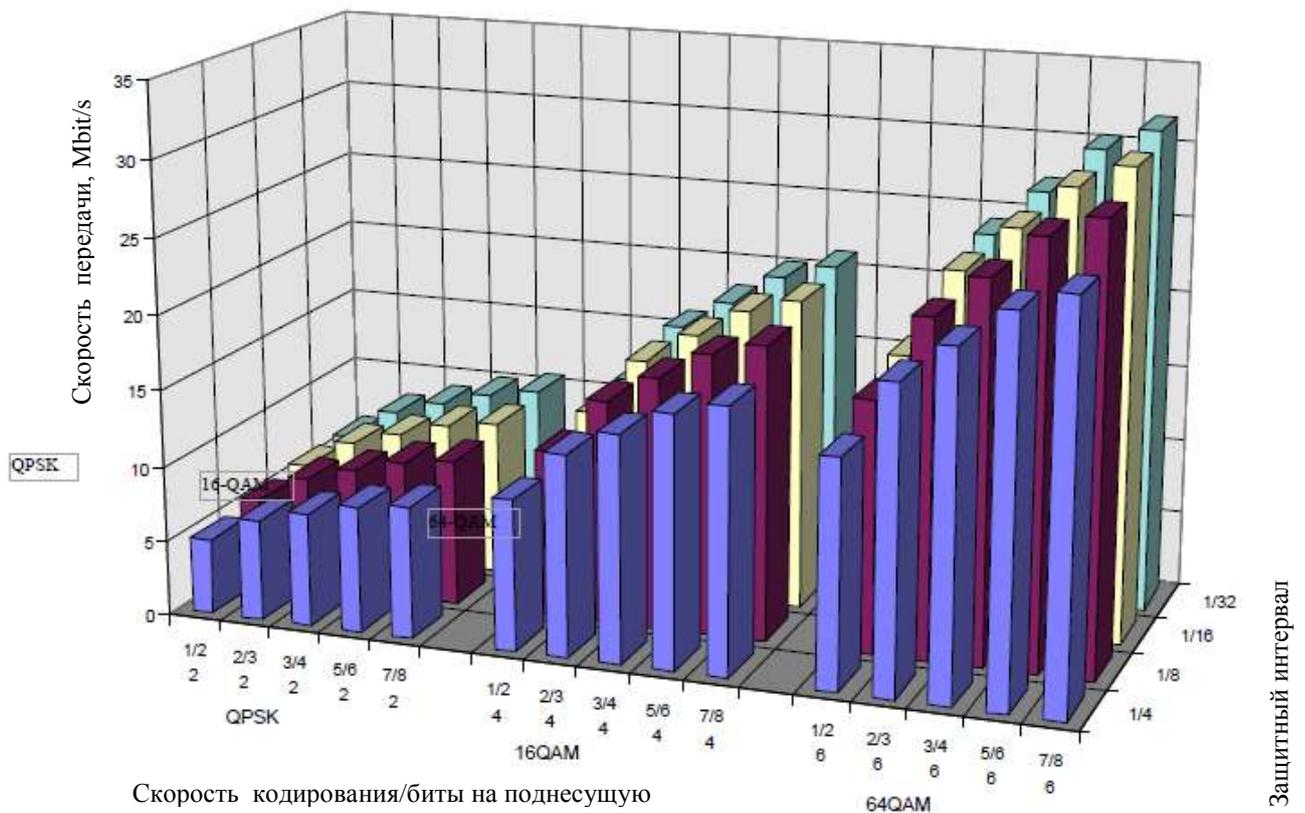


Рис. 1.3 Скорость передачи данных в системе DVB-T

Внешнее канальное кодирование Цикл обработки данных в системе внешнего канального кодирования модема OFDM синхронен с частотой передачи транспортных пакетов MPEG-2 и включает в себя группу из 8 транспортных пакетов по 188 байтов каждый. Для введения сигнала цикловой синхронизации в первом транспортном пакете цикла производится инверсия символов стартовой синхрогруппы пакета. В остальных семи транспортных пакетах цикла стартовые синхрогруппы не инвертируются.

Скремблирование вводится для устранения длинных серий "0" или "1" в транспортных пакетах MPEG-2, за счет чего обеспечивается устойчивая работа системы тактовой синхронизации приемного устройства. При этом, чтобы не нарушить в демодуляторе цикловую синхронизацию, стартовые синхрогруппы транспортных пакетов скремблированию не подвергаются.

Помехоустойчивое кодирование транспортных пакетов MPEG-2 выполняется совместно со стартовыми синхрогруппами пакетов и производится кодом Рида-Соломона (204, 188, 8), что позволяет скорректировать 8 пакетов цифровых ошибок размером по 1 байту. После такого кодирования длительность транспортного пакета возрастает с 188 до 204 байтов.

Перемежение данных вводится для защиты от пакетов цифровых ошибок размером больше 1 байта. С этой целью производится перестановка двух соседних байтов транспортного пакета на глубину перемежения 12 байтов. При этом, чтобы не нарушить в демодуляторе цикловую синхронизацию, стартовые синхрогруппы в транспортных пакетах перемежению не подвергаются и остаются на своих временных позициях.

Внутреннее канальное кодирование модема OFDM вводится с целью защиты передаваемой информации, во-первых, от селективных замираний несущих в групповом сигнале OFDM при работе в синхронной одностотной сети ТВ-вещания. Во-вторых, для защиты от помех при многолучевом приеме в переносных ТВ-приемниках, работающих с простыми домашними дипольными антеннами.

Кроме того, эта система помехоустойчивого кодирования должна снизить коэффициент цифровых ошибок на выходе демодулятора с $10^{-1} \dots 10^{-2}$ до уровня 2×10^{-4} , что необходимо для нормальной работы указанной выше унифицированной внешней системы кодозащиты модема OFDM. Для повышения помехоустойчивости цифровой поток с выхода внешней системы кодозащиты модулятора проходит сверточное кодирование.

1.2. Американский стандарт цифрового телевидения ATSC

Стандарт ATSC разрабатывался американскими компаниями. Он охватывает области эфирного и кабельного телевидения, хотя, на практике, реализованы только эфирные системы ATSC. Так как в США нет единого стандарта спутникового цифрового телевидения, то при разработке ATSC не ставилось требование его совместимости с каким-либо спутниковым стандартом.

Для совместимости с американским стандартом аналогового телевидения NTSC определена фиксированная ширина полосы канала 6 MHz и частота передачи кадров 60 Hz. В качестве аудиостандарта принят уже действующий в Америке для передачи цифрового радио Dolby AC-3. Для эфирных передач определена 8-уровневая амплитудная модуляция с частично подавленной боковой полосой (8-VSB).

Техническими задачами, решаемыми в процессе проектирования системы ATSC, были минимизация объема данных, несущих информацию об изображении и звуке, и достижение предельно высокой пропускной способности канала связи при сохранении заданного качества.

Достаточно сложная ситуация с форматами цифровых программ дополнительно усложняется тем, что вещательные компании также имеют возможность передавать цифровые программы в различных форматах. С учётом прогрессивной (P, Progressive) и чересстрочной (I, Interlaced) развёртки, общее число форматов, предусмотренных стандартом ATSC для “американских” частот развёрток, достигает 18 (табл. 1.5). Отметим, что стандартом также предусмотрены форматы изображений для “европейских” частот развёртки (табл. 1.6). При таком обилии форматов важным моментом является принцип, согласно которому любой ATSC приёмник должен декодировать любой переданный формат и правильно его выводить в соответствии с возможностями экрана [5].

Таблица 1.5

Форматы изображения стандарта ATSC для частот развертки 60, 30 и 24 Hz

Число строк	Число пикселей в строке	Ширина к высоте экрана	Частота развертки
1080	1920	16:9	60i, 30p, 24p
720	1280	16:9	60i, 30p, 24p
480	704	16:9 и 4:3	60p, 60i, 30p, 24p
480	640	4:3	60p, 60i, 30p, 24p

Табл. 1.6

Форматы изображения стандарта ATSC для частот развертки 50и 25 Hz

Число строк	Число пикселей в строке	Ширина к высоте экрана	Частота развертки
1080	1920	16:9	50i, 25p
720	1280	16:9	50p, 25p
576	720	-	50p, 50i, 25p
-	480	16:9 и 4:3	50i, 25p
-	352	-	50i, 25p
288	352	16:9 и 4:3	25p

По сравнению с европейским стандартом DVB T, американский стандарт обладает большей энергетической эффективностью и обеспечивает выигрыш в мощности ТВ сигнала не менее чем на 3-3.5 dB. Этот показатель может быть использован для снижения мощности передатчика в 2- 3 раза при той же зоне приёма, либо для увеличения этой зоны при фиксированной мощности передатчика.

Схема формирования сигнала стандарта ATSC

На рис. 1.4 приведена функциональная схема ATSC передатчика. На вход поступает стандартный транспортный поток MPEG 2, упакованный в

сегменты по 188 байтов, со скоростью битового потока R_6 (bit/s). На выходе схемы формируется и излучается антенной аналоговый сигнал в полосе 6 МГц, обеспечивая доставку HDTV программы ТВ приёмнику.

Схема включает в себя алгоритмы канального кодирования, модуляции на промежуточной частоте (ПЧ), формирования сигналов синхронизации для приёмника и преобразования ПЧ на несущую частоту радиоканала. К алгоритмам канального кодирования (обработки данных) относятся алгоритмы рандомизации (скремблирования), кодирования кодом Рида Соломона (РС), перемежения и треллисного (решётчатого) кодирования. Первые три алгоритма в основном преследуют те же цели, что и в стандарте DVB T. В то же время они совместно с треллисным кодированием в полной мере учитывают особенность принципа передачи и модуляции в ATSC.

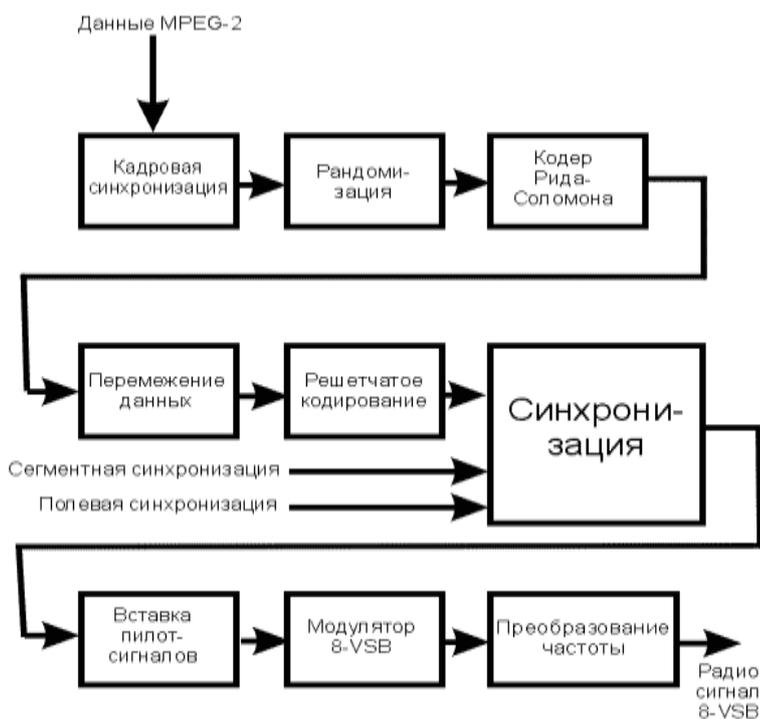


Рис. 1.4 Схема ATSC передатчика

Модуляция

В стандарте ATSC применён запатентованный фирмой Zenith метод многоуровневой модуляции с частично подавленной боковой полосой частот (VSB, Vestigial Side Band), которая используется во всех системах аналогового телевидения (NTSC, PAL, SECAM). Для цифрового наземного ТВ используется 8 уровневая модуляция с треллисным кодированием, и в связи с этим режим называется 8-VSB, для кабельного цифрового ТВ - режим 16 VSB без треллисного кодирования.

АЧХ радиоканала [5,6] канала передачи стандарта ATSC приведена на рис. 1.5.

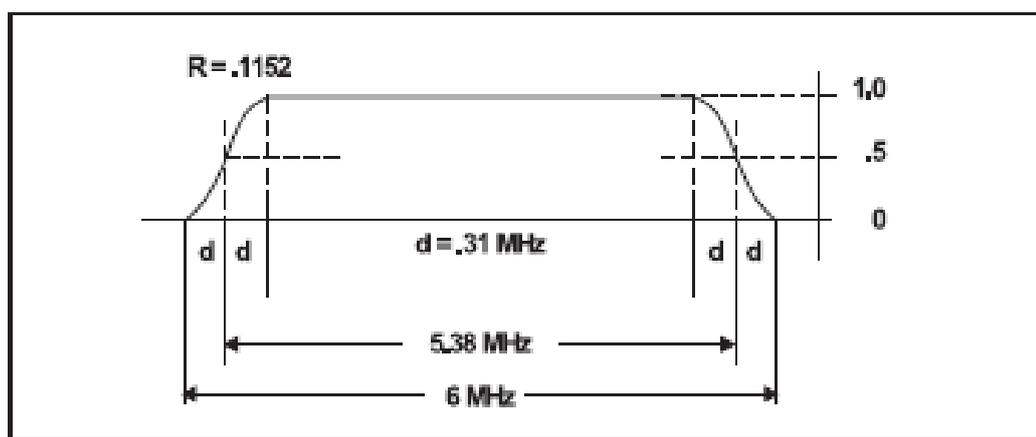


Рис. 1.5 АЧХ канала передачи стандарта ATSC

Основные технические принципы стандарта ATSC на основе одночастотной модуляции 8-VSB существенно отличаются от европейского стандарта DVB-T с многочастотной модуляцией. В целом по энергетической эффективности (с учётом пик-фактора) для гауссовского канала стандарт ATSC на 6 dB (в 4 раза) превосходит DVB-T. Этот показатель очень существенный и обеспечивает запас для надёжного приёма как цифровых, так и аналоговых ТВ программ.

Несмотря на то что стандарт ATSC разработан под полосу частот 6 МГц, он легко модифицируется для полосы 7 и 8 МГц без изменения алгоритмов канального кодирования. Такая модификация позволяет увеличить скорость передачи информации до 22-26 Mbit/s (3-4 SDTV программы) без увеличения мощности передатчика.

1.3. Японский стандарт цифрового телевидения ISDB

В 90-х годах японская ассоциация компаний индустрии радиовещания (ARIB) разработала стандарт цифрового наземного вещания. Это единственный в мире стандарт, который охватывал сразу телевидение, радиовещание и передачу данных. Именно поэтому он был утвержден, как стандарт ISDB-T (Стандарт многоцелевого наземного цифрового вещания), где все эти виды вещания могут осуществляться во множестве комбинаций.

Характеристики ISDB-T

В качестве алгоритма кодирования телевизионного сигнала для ISDB-T, как и для других цифровых стандартов (например, DVB-T), был выбран MPEG2. Для формирования радиочастотного канала используется частотное распределение ортогональных несущих (OFDM), которое является наиболее совершенным видом модуляции в наземном цифровом телевидении на сегодня. Ширина спектра сигнала составляет 5,6 МГц, что делает его пригодным для передачи в канале шириной 6 МГц. Спектр сигнала ISDB-T приведен на рис. 1.6 [7].

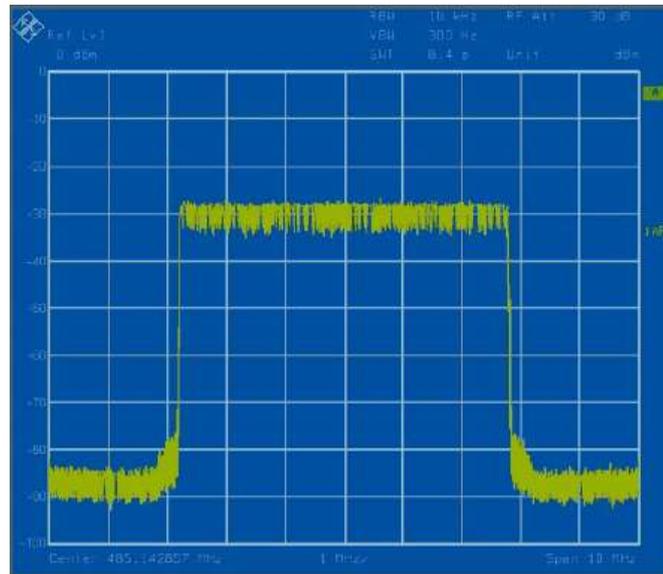


Рис. 1.6 Спектр сигнала ISDB-T

Основные эксплуатационные параметры стандарта ISDB-T приведены на рис. 1.7

	Режим 1	Режим 2	Режим 3
Число сегментов	13		
Ширина спектра сигнала	5.575 МГц	5.573 МГц	5.572 МГц
Смещение несущей	3.968 кГц	1.984 кГц	0.992 кГц
Число несущих	1405	2809	5617
Вид модуляции	QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK		
Число символов в кадре	204		
Длительность символа (фактич.)	252 мкс	504 мкс	1008 мкс
Защитный интервал	1/4, 1/8, 1/16, 1/32		
Длина IFFT	2К	4К	8К
Внутренний код	Сверточный код (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)		
Внешний код	Код Рида-Соломона (204,188)		

Рис. 1.7 Параметры передачи в стандарте ISDB-T

Иерархическая передача

В одном канале одновременно может передаваться до трех различных типов сигнала с различными параметрами передачи. Этот метод называется иерархической передачей и, как правило, рассчитан на различные типы приемников (рис. 1.8). Таким образом, канал шириной в 6 МГц может обеспечить различные типы вещания при одной и той же инфраструктуре. Например, стационарный приемник принимает программу HDTV, тогда как мобильный ТВ приемник, установленный в туристическом автобусе, принимает ее же с уменьшенным разрешением, а приемник в мобильном телефоне показывает тот же канал, соответственно, с еще более низким разрешением. Вспомогательная информация о канале может передаваться и вызываться пользователем при необходимости.

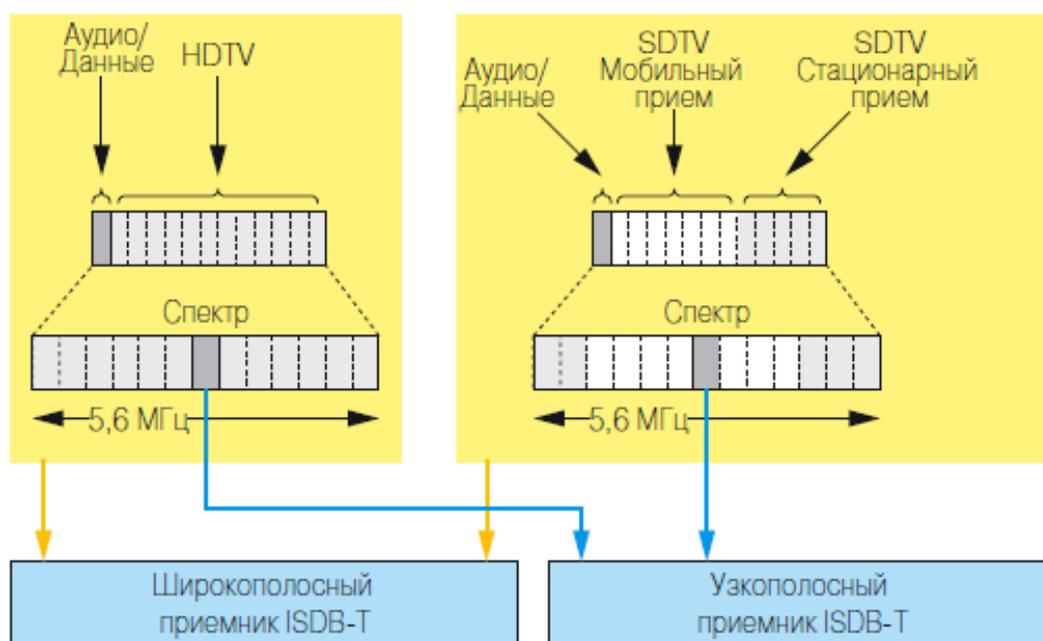


Рис. 1.8 Схема иерархической передачи и частичного приема

Частичный прием

Частичный прием спектра передаваемого сигнала – это частный случай иерархической передачи. Спектр OFDM-сигнала состоит из 13 сегментов (рис. 1.8). Если диапазон влияния параметров передачи охватывает только один сегмент, то он может быть принят независимо от остальных 12 сегментов. Узкополосный приемник обрабатывает только этот сегмент, получая полный сигнал. При выборе соответствующих параметров передачи необходимо, чтобы формируемый сегмент был максимально защищен от воздействия помех. Возможность частичного приема направлена, прежде всего, на портативные приемники, такие как мобильные телефоны и карманные ПК.

Кодирование каналов

На рис. 1.9 изображена функциональная схема кодирования каналов в стандарте ISDB-T. Обеспечиваются три идентичных пути кодирования (иерархическое кодирование). Вначале поток данных проходит через внешний кодер Рида-Соломона, который обрабатывает каждый пакет. Это позволяет приемнику исправить до восьми ошибочных байт в пакете. Далее защищенный поток подается на делитель, который разветвляет сигнал, создавая до трех иерархических слоев. Затем энергетический дисперсионный модуль добавляет в сигнал псевдослучайную двоичную последовательность (PRBS), для обеспечения достаточного количества двоичных замен. В зависимости от таких параметров передачи, как “модуляция” и “коэффициент кодирования”, в трех иерархических слоях возникает различная временная задержка, обусловленная побитовым чередованием в передатчике и обратным чередованием в приемнике. Для уменьшения задержки в тракте приемника, коррекция временных задержек происходит в кодере. Модуль коррекции задержки вводит такое временное смещение в потоки данных, чтобы компенсировать разницу в задержке между слоями заранее. Следующий модуль побайтового чередования разделяет смежные данные путем реорганизации последователь-

ностей. Часто в канале передачи возникают ошибочные пакеты, они смешиваются со следующими за ними данными. Независимо от этого, приемник может восстановить исходную последовательность данных путем обратного побайтового чередования. При этом ошибочные пакеты преобразуются в единичные ошибки, которые затем могут быть исправлены декодером Рида-Соломона. Сверточный кодер со встроенным пунктуратором вносит дополнительную избыточность в поток данных, что обеспечивает коррекцию ошибок в приемнике (декодер Витерби). Коэффициент кодирования выбирается в соответствии с требуемыми характеристиками передачи системы.

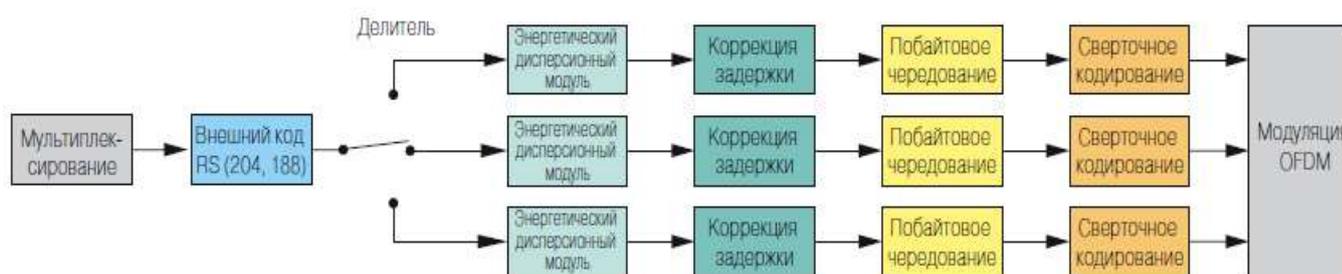


Рис. 1.9 Кодирование канала в стандарте ISDB-T

Модуляция

На рис. 1.20 изображена функциональная схема OFDM-модулятора в стандарте ISDB-T. Первый блок производит модуляцию, которая включает в себя побитовое чередование с коррекцией задержек и формирование констелляционной схемы модуляции. В ISDB-T доступны: DQPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM. Констелляция выбирается согласно требуемым характеристикам передачи. Соответствующие параметры побитового чередования и компенсации задержек устанавливаются автоматически.

На данном этапе иерархический поток данных оказывается синтезированным. Далее производится объединение комплексных отображений каждого из слоев друг за другом для получения последовательного потока данных.

Последующее посимвольное временное уплотнение производится внутрисегментным временным уплотнителем, чья глубина может устанавливаться независимо для каждого слоя. В выходном сигнале временного уплотнителя также осуществляется компенсация разницы в задержках.

Частотное уплотнение обеспечивает шифрование данных внутри символа OFDM, то есть в частотном слое. Сначала межсегментный уплотнитель применяют к сегментам OFDM, которые имеют один и тот же тип модуляции, это отслеживает внутрисегментный уплотнитель, который перемещает данные внутри сегмента. Затем данные проходят через внутрисегментный генератор случайных чисел, который размещает их в квазислучайном порядке внутри сегмента.

Кадры формируются из 204 OFDM сегментов путем добавления контрольных несущих. В зависимости от режима и вида модуляции, модуль добавляет в различные позиции потока данных контрольные несущие, а также несущую управления конфигурацией передачи и мультиплексирования и несущую вспомогательного канала.

Для перевода данных из частотной области во временную требуется провести обратное преобразование Фурье (IFFT). Длина IFFT преобразования зависит от режима ISDB-T и может составлять 2К, 4К или 8К.

Из-за введения защитного интервала, OFDM-символы расширяются на определенный коэффициент ($1/4$, $1/8$, $1/16$ или $1/32$). Это положительно сказывается на характеристиках приема при многолучевом распространении сигнала.

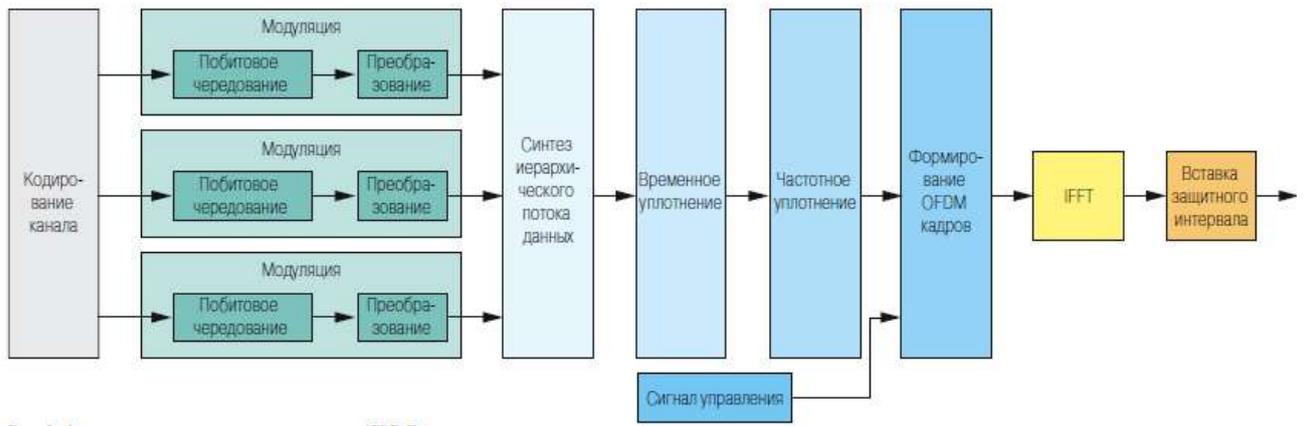


Рис. 1.20 Функциональная схема блока модуляции ISDB-T

2. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПАРАМЕТРАМ И ХАРАКТЕРИСТИКАМ ПРИЕМНИКОВ ЦИФРОВОГО НАЗЕМНОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ DVB-T/T2

Стационарные приемники наземного цифрового телевизионного вещания DVB- T/T2 реализовываются в виде одного из следующих устройств:

- телевизионный приемник с встроенным цифровым тюнером DVB- T/T2;
- цифровая телевизионная приставка (Set-Top-Box);
- цифровой видеорекордер;
- компьютерная плата с прикладным программным обеспечением для приема сигналов DVB- T/T2;
- USB Flash с прикладным программным обеспечением для приема сигналов DVB- T/T2.

2.1 Параметры и характеристики приёмников цифрового телевидения

2.1.1. Высокочастотные параметры

Высокочастотные параметры [8] приёмников цифрового телевидения и их значения приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Наименование параметра	Значение параметра
Диапазон входных частот, МГц:	III, IV, V по ГОСТ 7845
Номинальное входное сопротивление, Ω	75
Номинальная полоса частот канала, МГц	8
Номинальные полосы частот и центральные частоты радиоканалов	по табл. 1.1
Допустимое отклонение центральной	

частоты радиоканала от номинальной, kHz, не более	±50
---	-----

Окончание таблицы 2.1

Устойчивость к сигналу соседнего канала при разности в уровнях каналов, dB, не менее ¹⁾ : - к цифровому сигналу - к аналоговому сигналу	3 13
Технология передачи	OFDM
Тип модуляции	QPSK, 16-QAM, 64-QAM
Минимальный уровень входного сигнала, dB (μV), не более	Расчётное значение ²⁾
¹⁾ Относительно цифрового канала. Примечание - Уровень мощности аналогового сигнала определяется как уровень мощности на пике огибающей (при передаче синхросигнала). Уровень мощности цифрового сигнала определяется как средний уровень его мощности. ²⁾ Расчётное значение минимального уровня входного сигнала P_{min} в dB (mW) для обеспечения квазибезошибочного приёма QEF при коэффициенте шума приёмника 8 dB определяется по формуле: $P_{min} = -97,2 \text{ dB (mW)} + C/N$ где: C/N – отношение сигнал/шум, dB.	

Значения отношения сигнал/шум (C/N) для различных режимов передачи сигнала DVB-T и DVB-T2 приведены соответственно в табл. 2.2 и 2.3.

Таблица 2.2

Значения отношения сигнал/шум DVB-T

Тип модуляции	Относительная скорость кодирования	Отношение сигнал/шум, dB		
		канал Гаусса	канал Райса	канал Релея
QPSK	1/2	3,1	3,6	5,4
	2/3	4,9	5,7	8,4
	3/4	5,9	6,8	10,7
	5/6	6,9	8,0	13,1

	7/8	7,7	8,7	16,3
16-QAM	1/2	8,8	9,6	11,2
	2/3	11,1	11,6	14,2
	3/4	12,5	13,0	16,7
	5/6	13,5	14,4	19,3
	7/8	13,9	15,0	22,8

Окончание таблицы 2.2

64-QAM	1/2	14,4	14,7	16,0
	2/3	16,5	17,1	19,3
	3/4	18,0	18,6	21,7
	5/6	19,3	20,0	25,3
	7/8	20,1	21,0	27,9

Примечания

1 Теоретическое значение C/N из таблицы 2.2 практически следует увеличивать на 2,5 dB с учётом потерь сигнала при технической реализации.

2 Канал Гаусса характеризует идеальный случай приёма.

3 Канал Райса характеризует приём при наличии импульсных помех с использованием стационарной направленной антенны.

4 Канал Релея характеризует приём внутри помещения на комнатную антенну.

Таблица 2.3

Значения отношения сигнал/шум DVB-T2

Тип модуляции	Относительная скорость кодирования	Отношение сигнал/шум, dB		
		Канал Гаусса	Канал Райса	Канал Релея
QPSK	1/2	3,5	3,7	4,5
	3/5	4,7	4,9	6,0
	2/3	5,6	5,9	7,4
	3/4	6,6	6,9	8,7
	4/5	7,2	7,5	9,6
	5/6	7,7	8,1	10,4
16-QAM	1/2	8,7	8,9	10,2
	3/5	10,1	10,3	11,8
	2/3	11,4	11,6	13,3
	3/4	12,5	12,9	15,0
	4/5	13,3	13,8	16,2
	5/6	13,9	14,4	17,0

64-QAM	1/2	13,0	13,3	15,1
	3/5	14,9	15,2	16,9
	2/3	16,2	16,5	18,3
	3/4	17,7	18,0	20,4
	4/5	18,8	19,3	22,0
	5/6	19,4	19,8	23,0
256-QAM	1/2	17,0	17,4	19,5
	3/5	19,4	19,6	21,7
	2/3	20,9	21,2	23,3
	3/4	22,9	23,2	25,8
	4/5	24,48	24,8	27,8
	5/6	25,2	25,6	29,3

В табл. 2.4 приведены технические параметры цифровых телевизионных приемников DVB-T2

Таблица 2.4

Наименование параметра	Значение параметра
Приемник	
Уровень входного сигнала	от -82 dBm до -25 dBm
Демодулятор DVB -T2	
Тип демодулятора	Эфирный DVB -T2
Тип модуляции	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM
Защитные интервалы: DVB -T2	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4
FFT режимы	1К, 2К, 4К; 8К, 16К, 32К нормальные и расширенные
Коэффициенты коррекции ошибок	DVB-T2 = 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6
Видеодекoder	
Видеоформаты	MPEG-2 MP@ML, MP@HL, MPEG-4 H.264/AVC
Скорость потока	до 50,3 Mbit/s
Разрешение видео стандартной четкости (SD)	720x576, 704x576, 544x576, 352x576, 352x288
Разрешение видео высокой четкости (HD)	1920x1080, 1440x1080, 1280x1080, 1280x720
Формат кадра	4:3, 16:9
Аудиокодеки	MPEG-1 Layer II MPEG-4 AAC LC MPEG-4 HE-AACv1
Частота дискретизации звука	32 kHz, 44.1 kHz и 48 kHz
Скорость потока звука	от 32 до 384 kbit/s
Аудио режимы	моно, стерео, объединенное стерео, AC3 «Dolby Digital 5.1»

2.1.2. Демультимплексирование

Приемник должен обеспечивать демультимплексирование потоков битов с выделением элементарных потоков видео, аудио и данных принимаемой программы (службы), а также служебной информации, телетекста, субтитров и информации дополнительных служб. Эта функция должна выполняться и в случае передачи в транспортном потоке смешанной информации включающей телевизионные программы стандартной и высокой четкости, программы радиовещания.

Приемник должен обеспечивать дескремблирование цифрового сигнала (для приемников, обеспечивающих прием сигналов платных телевизионных каналов) в соответствии с применяемой системой ограничения доступа с использованием модуля условного доступа, либо соответствующей смарт-карты.

2.1.3. Декодирование видеосигнала

Приемник должен обеспечивать декодирование потока битов H.264/AVC видеосигнала стандартной и высокой четкости (для приемников с поддержкой стандартов высокой четкости) в соответствии с табл. 2.5.

Таблица 2.5

Разрешение по яркости (горизонтальное и вертикальное)	Частота кадров, Гц	Вид развертки: I – чересстрочная, P – прогрессивная	Формат кадра	Примечание
720×576	25	I	4:3, 16:9	Обязательно
1280×720	50	P	16:9	Обязательно
1280×720	25	P	16:9	Не обязательно
1920×1080	25	I	16:9	Обязательно
1920×1080	25	P	16:9	Не обязательно

Приемник должен обеспечивать декодирование видеосигнала стандартной четкости (720x576) при минимальной скорости потока до 1 Mbit/s.

Приемник должен обеспечивать декодирование и отображение неподвижного изображения (кадра).

2.1.4. Преобразование формата изображения

Приемник должен обеспечивать воспроизведение изображения формата 4:3 на экранах формата 16:9 и изображения формата 16:9 на экранах формата 4:3, как минимум в двух режимах: с полной шириной и с полной высотой.

Приемник должен обеспечивать понижающее преобразование изображения высокой четкости в изображение стандартной четкости для вывода сигналов через аналоговые интерфейсы.

2.1.5. Декодирование звукового сигнала

Приемник должен обеспечивать декодирование следующих потоков битов аудио для одноканального и стереозвука:

- MPEG-1, уровень II;
- MPEG-4 HE AAC, уровень 2.

Приемник с поддержкой многоканального звука должен обеспечивать декодирование потоков битов аудио E-AAC-3.

2.2. Требования к интерфейсам

2.2.1. Высокочастотный интерфейс

При наличии в приемнике ВЧ-выхода аналогового сигнала с модуляцией несущей сигналом PAL допускается объединение этого выхода с выходом антенного шлейфа.

Номинальные значения частот на ВЧ выходе по табл. 1.1.

2.2.2. Интерфейсы RCA и SCART

интерфейсы поддерживают:

- компонентные видеосигналы RGB или Y/P_BP_R;
- композитный (полный цветовой) видеосигнал CVBS (ГОСТ 7845),

Audio L/R.

Поддерживают разрешение видео стандартной четкости - 720x576.

Стандартные выходные параметры композитных видеосигналов приемника должны соответствовать табл. 2.6.

Таблица 2.6

Наименование	Значение для ТВ стандарта	
	NTSC	PAL
Номинальное сопротивление ¹⁾ , Ω	75	
Полный видеосигнал в размахе ²⁾ , V	1 ^{+0,4} -0,3	
«Y» - сигнал в размахе ²⁾ , V	1 ^{+0,4} -0,3	
«C» - сигнал в размахе ³⁾ , V	0,26 ^{+0,117} -0,08	0,3 ^{+0,123} -0,09

Окончание таблицы 2.6

Сигнал основных цветов (разность между пиковым значением и уровнем сигнала гашения) ⁴⁾ , V	0,7 ± 0,1
Наложенное постоянное напряжение, V	от 0 до 2,0
¹⁾ Измерение напряжений сигналов, приведенных в таблице, проводят при согласованной нагрузке. ²⁾ Напряжение соответствует разности между пиковым значением уровня сигнала «белого» и уровнем сигнала синхронизации. ³⁾ Значение напряжения соответствует стандартной амплитуде (в размахе) цветной синхронизации (для ТВ стандартов NTSC и PAL). Стандартная амплитуда цветных полос для ТВ стандарта PAL 100/0/100/0 - 885 mV, для ТВ стандарта NTSC 100/7,5/100/7,5 - 835 mV. ⁴⁾ Для аналоговых монохромных видеосигналов разность между любыми двумя сигналами основных цветов и другими сигналами, такими как «Y» - сигнал и цветовой	

видеосигнал, не должна превышать 0,5 V. Пиковые значения сигналов основных цветов увеличивают пиковые значения сигнала яркости «белого».

Выходные параметры звуковых сигналов должны соответствовать табл. 2.7.

Таблица 2.7

Наименование	Значение
Выходное сопротивление источника, kΩ	2,2
Номинальное сопротивление нагрузки, kΩ	22
Номинальное выходное напряжение ¹⁾ , V	0,5
Минимальное выходное напряжение ¹⁾ , V	0,5
Максимальное выходное напряжение ^{1), 2)} , V	2,0
¹⁾ Напряжение измеряют при номинальном сопротивлении нагрузки. ²⁾ Напряжение соответствует указанному значению при полномасштабном (fullscale) уровне, представляющим собой синусоидальный сигнал, положительные и отрицательные пиковые значения которого представлены в цифровом формате 7FFFH и 8001H 16-разрядного кода. Эти значения соответствуют максимальному (среднему квадратическому) значению аналогового выходного напряжения $2_{-0,6}^{+0,8}$ V.	

Аналоговые сигналы стереозвука выводятся на отдельные разъёмы RCA или на разъём SCART (21 - контактный разъем для видеосистем).

Параметры аналоговых звуковых сигналов на разъёмах SCART должны соответствовать табл. 2.8.

Таблица 2.8

Номер контакта	Назначение	Входные и выходные параметры	Значение
1	Выход звукового сигнала В для ¹⁾ : а) моноканала; б) правого стереоканала; с) независимого канала А; д) независимого канала В; е) независимого канала В	Выходное сопротивление ²⁾ , kΩ, не более	1
		Номинальное сопротивление нагрузки, kΩ	10
		Номинальное выходное напряжение, V	0,5
		Максимальное выходное напряжение ³⁾ , V, не более	2
2	Вход звукового сигнала В для ¹⁾ : а) моноканала;	Входное сопротивление ²⁾ , kΩ, не более	10
		Номинальное сопротивление ис-	

	b) правого стереоканала; c) независимого канала А; d) независимого канала В; e) независимого канала В	точника, кΩ Номинальная ЭДС источника, V Минимальная ЭДС источника, V ЭДС источника при перезагрузке, V, не менее	1 0,5 0,2 2
3	Выход звукового сигнала А для ¹⁾ : a) моноканала; b) левого стереоканала; c) независимого канала А; d) независимого канала В; e) независимого канала А	Аналогично приведенным для контакта 1	
4	Общий обратный провод звукового сигнала	-	-
5	Обратный провод сигнала основного синего цвета	-	-
6	Вход звукового сигнала А для ¹⁾ : a) моноканала; b) правого стереоканала; c) независимого канала А; d) независимого канала В; e) независимого канала А	Аналогично приведенным для контакта 2	
7	Вход или выход сигнала основного синего цвета (положительно нарастающего сигнала)	Разность между пиковым значением и уровнем сигнала гашения ⁴⁾ , V Сопротивление ⁵⁾ , Ω Наложенное постоянное напряжение, V	0,7 ^{+0,3} _{-0,2} 75 от 0 до 2

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3	4
---	---	---	---

8	Сигнал переключения (вход или выход) ⁶⁾	<p>Логический «0», V</p> <p>Логическая «1», V (для телевизоров логический «0» соответствует воспроизведению сигнала с выхода детектора, а логическая «1» соответствует воспроизведению сигнала внешнего источника)</p> <p>Входное сопротивление, кΩ, не менее 10</p> <p>Входная емкость, pF, не более 2</p> <p>Сопротивление нагрузки для проведения сравнительных испытаний, кΩ 10</p> <p>При использовании контакта 8 как выхода, выходное сопротивление, кΩ, не более 1</p>	<p>Возрастание от 0 до 2</p> <p>Возрастание от 9,5 до 12,5</p>
9	Обратный провод сигнала основного зеленого цвета	-	-
10	Распайке не подлежит	-	-
11	Вход или выход сигнала основного зеленого цвета (положительно нарастающего сигнала)	Аналогично приведенным для контакта 7	
12	Распайке не подлежит	-	-
13	Обратный провод сигнала основного красного цвета	-	-
14	Обратный провод сигнала гашения	-	-
15	Вход или выход сигнала основного красного цвета (положительно нарастающего сигнала)	Аналогично приведенным для контакта 7	
16	Вход или выход сигнала гашения (отклонение внешнего источника в пределах полосы видеочастот)	<p>Логический «0», V</p> <p>Логическая «1»⁷⁾, V</p> <p>Сопротивление^{5), 8)}, Ω 75</p>	<p>Возрастание от 0 до 0,4</p> <p>Возрастание от 1 до 3</p>
17	Обратный провод выхода полного телевизионного сигнала	-	-
18	Обратный провод входа полного телевизионного сигнала	-	-

Окончание таблицы 2.8

1	2	3	4
19	Выход полного телевизионного сигнала (положительно нарастающего сигнала)	Полный видеосигнал: разность между пиковым уровнем сигнала «белого» и уровнем сигнала синхронизации ⁹⁾ , V Сопротивление ⁵⁾ , Ω Наложённое постоянное напряжение, V Размах сигнала (если он используется только для синхронизации) ⁵⁾ , V	+0,4 (1 - 0,3) 75 От 0 до 2 (0,3 ^{+0,60} -0,10)
20	Вход полного телевизионного сигнала (положительно нарастающего сигнала)	Аналогично приведенным для контакта 19	
21	Общий обратный провод контактов 8, 10, 12 и в том числе для общего заземления экранов соединителей	-	-

¹⁾ Пояснения к перечислениям:

- a) - для источников монофонических звуковых сигналов;
- b) - d) - для двухканальных звуковых источников.

Переключения каналов (моно, стерео, независимые каналы) обеспечивается соответствующим переключением в сигнале источника звука.

²⁾ Рабочая полоса частот от 20 до 20000 Hz. Должны быть исключены перекрестные искажения в частотах, лежащих вне этой полосы.

³⁾ Для телевизоров номинальным выходным напряжением считают значение выходного напряжения звуковой частоты, установленное изготовителем, которое измеряют при подаче на антенный вход сигнала несущей изображения уровнем 70 dB (μV), коэффициентом модуляции 54 %. Максимальное значение выходного напряжения не должно быть превышено при подаче на антенный вход максимального допустимого сигнала несущей изображения и девиации несущей звука 50 kHz (коэффициент модуляции 100%).

⁴⁾ Для аналоговых монохромных видеосигналов разность между любыми двумя сигналами основных цветов не должна превышать 0,5 dB. Пиковые значения сигналов основных цветов увеличивают пиковое значение сигнала яркости «белого».

⁵⁾ Проверку напряжений проводят для согласований нагрузки.

⁶⁾ Дополнительное применение данного контакта находится в стадии рассмотрения. Значения напряжения огибающей добавочных сигналов переменного тока, наложенных на напряжение коммутации, в размахе не должно превышать 2 V.

⁷⁾ Логическая «1» соответствует гашению, в это время на экране телевизора воспроизводятся внешние сигналы основных цветов.

⁸⁾ Полоса частот и время задержки должны соответствовать полосе частот и времени задержки сигналов основных цветов.

⁹⁾ Для телевизионных систем с положительной видеомодуляцией допуск на параметр может быть установлен в пределах от минус 3 до плюс 6 dB.

Допускается вывод звуковых сигналов в цифровой форме. Компонентные и композитный видеосигналы рекомендуется выводить на разъём SCART. В цифровых телевизионных приёмниках рекомендуется предусматривать дополнительный шлейфный (проходной) разъём SCART для возможности подключения к внешнему устройству, например, видеомагнитофону.

2.2.3. Интерфейс HDMI

Универсальный цифровой мультимедийный интерфейс обеспечивает передачу видео высокого разрешения и множество цифровых аудиоканалов.

Максимальная пропускная способность интерфейса до 10 Gbit/s.

Разъем HDMI применяемая приемником – типа A.

Поддерживаемый выходной видео и аудио формат:

- 1920x1080i@25Hz / 1920x1080p@25Hz,
- 1920x1080p@50Hz.

2.2.4. Интерфейс SPDIF (Sony/Philips Digital Interface Format)

Формат интерфейса передачи аудио должен поддерживать передачу, записи цифровых аудио сигналов без процедуры преобразования в аналоговый сигнал.

Приемник должен поддерживать следующие интерфейсы передачи данных для обновления программного обеспечения, выхода в сеть передачи данных (просмотр медиа контента, транслируемого с интернета):

- универсальный последовательный интерфейс USB 2.0;
- RJ 45 (10/100 Base Tx Ethernet порт).

2.2.5. Параметры универсального последовательного интерфейса USB 2.0

Должен обеспечить выполнение следующих видов операций по управлению данными (мультимедийных данных, программного обеспечения и.т.д.):

- перенос и обмен данными;
- оперативного обновления программного обеспечения;
- резервное копирование;
- чтение и запись данных и.т.д.

Должен поддерживать следующие режимы скорости передачи данных:

- низкоскоростной режим передачи данных (Low Speed) – 1,5 Mbit/s;
- полноскоростной режим передачи данных (Full Speed) - 12 Mbit/s;
- высокоскоростной режим передачи данных (High Speed) - 480 Mbit/s.

Должен поддерживать спецификацию версии 2.0 и быть совместимым с версиями 1.0 и 1.1.

Выходное напряжение – 5V.

2.2.6. Интерфейс пользователя

Приемник должен обеспечивать формирование и отображение на экране многоуровневого управляющего меню на русском языке. Дополнительно могут отображаться меню на других языках.

Пульт дистанционного управления (при его наличии) должен обеспечивать возможность выполнения приемником следующих функций:

- включение и выключение приемника;
- вход в экранное меню и выход из него;
- переход к следующей или предыдущей программе (службе);
- повышение или снижение громкости;
- перемещение по позициям меню;
- подтверждение текущего выбора;
- отмена текущего выбора (возврат на предыдущий уровень меню);
- цифровой ввод с помощью клавиш от 0 до 9;
- выбор и регулировка параметров режима воспроизведения изображения;
- выбор и регулировка параметров режима воспроизведения звука;
- отображение субтитров (если передаются);
- отображение телетекста (если передается);
- отображение электронной программы передач;
- сохранение пользовательских настроек;
- возврат к заводским установкам;
- обновление программного обеспечения «по эфиру» или с помощью интерфейса USB.

Приемник должен обеспечивать отображение на экране следующих параметров принимаемого канала (при выборе соответствующей позиции в меню):

- номер канала;

- центральная частота канала;
- относительный уровень входного сигнала (в процентах) с обновлением не реже одного раза в секунду;
- качество приема (в процентах), определяемое демодулятором приемника на основе отношения сигнал-шум и частоты битовых ошибок, с обновлением не реже одного раза в секунду.

Приемник должен обеспечивать автоматический поиск каналов в диапазонах рабочих частот. При этом все списки программ (служб) автоматически удаляются (если имелись). Каждая программа должна отображаться в списке однократно, даже если она принимается от нескольких передатчиков. При настройке должен выбираться канал с лучшими параметрами.

Приемник должен обеспечивать ручной поиск каналов с вводом номера или центральной частоты канала. После настройки на канал приемник должен определить все доступные программы (службы) и добавить в список все новые программы без учета критериев качества.

2.3. Требования к помехоустойчивости приемника

2.3.1. Квазибезошибочный прием

Квазибезошибочный прием – это прием со специфицированной низкой частотой появления ошибок, при которой обеспечивается качество приема, близкое к идеальному. В DVB-T в соответствии с ETSI [10] принято определение квазибезошибочного приема (QEF), согласно которому с учетом действия системы предкоррекции ошибок и при условии, что отношение сигнала к шуму и помехе $C/(N+I)$ выше установленного порога, допускается появление не более одной нескорректированной ошибки за час передачи для декодера телевизионной программы, передаваемой с потоком 5 Mbit/s, что

приблизительно соответствует частоте пакетных ошибок PER менее 10^{-7} на входе демультиплексора.

На рис. 2.1 представлена схема, иллюстрирующая значения частоты битовых (BER) и пакетных (PER) ошибок после каскадов декодирования помехоустойчивых кодов LDPC и BCH в условиях квазибезошибочного приема.



Рис. 2.1 Соотношение битовых и пакетных ошибок в условиях QEF

Минимальные значения отношения несущая-шум в соответствии с ETSI [2] для гауссова канала, обеспечивающие $BER = 10^{-7}$ после декодирования LDPC, приведены в табл. 2.9. Эти значения получены путем моделирования в предположении идеального канала, идеальной синхронизации и отсутствия фазового шума. Данные получены для режима вещания 32К с защитным интервалом 1/8, схемой пилот-сигналов PP2.

Таблица 2.9

Тип модуляции	Относительная скорость кодирования	Отношение сигнал/шум (C/N), dB
		Канал Гаусса
QPSK	1/2	1,0
	3/5	2,3
	2/3	3,1
	3/4	4,1
	4/5	4,7
	5/6	5,2

Окончание таблицы 2.9

Тип модуляции	Относительная скорость кодирования	Отношение сигнал/шум (C/N), dB
		Канал Гаусса
16-QAM	1/2	6,0
	3/5	7,6
	2/3	8,9
	3/4	10,0
	4/5	10,8
	5/6	11,4
64-QAM	1/2	9,9
	3/5	12,0
	2/3	13,5
	3/4	15,1
	4/5	16,1
	5/6	16,8
256-QAM	1/2	13,2
	3/5	16,1
	2/3	17,8
	3/4	20,0
	4/5	21,3
	5/6	22,0

Любая практическая система потребует более высокого отношения C/N, чем указанные в табл. 2.9. При этом необходимо увеличить значения C/N, чтобы учесть технический запас на реализацию демодулятора и дополнительный шум, возникающий вследствие фазового шума гетеродина, теплового шума усилителей, шума квантования АЦП демодулятора и интермодуляции в передатчике.

В табл. 2.3 приведены значения отношения несущая-шум с учетом дополнительного шума, которые обеспечивают квазибезошибочный прием для гауссова канала. Данные получены для режима вещания 32К с защитным интервалом 1/8, схемой пилот-сигналов PP2.

Чувствительность приемника определяется минимальным уровнем радиосигнала на его входе для квазибезошибочного приема. При этом учитывается только влияние собственных шумов приемника. Минимальный

уровень мощности радиосигнала на входе приемника при полосе радиоканала 8 МГц и абсолютной температуре 290К определяется выражением:

$$P_{\text{мин}} [\text{dBm}] = -105,2 [\text{dBm}] + K_{\text{ш}} [\text{dB}] + C/N [\text{dB}],$$

где:

$K_{\text{ш}}$ – коэффициент шума приемника. В диапазоне рабочих частот принимается максимальное значение $K_{\text{ш}} = 6 \text{ dB}$;

Таблица 2.10

Модуляция	Скорость кода	$P_{\text{min}}, \text{dBm}$	$U_{\text{min}}, \text{dB}\mu\text{V}$
QPSK	1/2	-95,7	13,1
	3/5	-94,5	14,3
	2/3	-93,6	15,2
	3/4	-92,6	16,2
	4/5	-92,0	16,8
	5/6	-91,5	17,3
16-QAM	1/2	-90,5	18,3
	3/5	-89,1	19,7
	2/3	-87,8	21,0
	3/4	-86,7	22,1
	4/5	-85,9	22,9
	5/6	-85,4	23,4
64-QAM	1/2	-86,2	22,6
	3/5	-84,4	24,4
	2/3	-83,0	25,8
	3/4	-81,5	27,3
	4/5	-80,5	28,3
	5/6	-79,8	29,0
256-QAM	1/2	-82,2	26,6
	3/5	-79,8	29,0
	2/3	-78,4	30,4
	3/4	-76,3	32,5
	4/5	-74,9	33,9
	5/6	-74,1	34,7

C/N – отношение несущая-шум, обеспечивающее квазибезошибочный прием для гауссова канала по табл. 2.3.

Чувствительность приемника $U_{\text{мин}}$, т.е. минимальный входной уровень радиосигнала по напряжению, измеряется в $\text{dV}\mu\text{V}$. Поскольку при нагрузке 75Ω значение 0 dBm эквивалентно $108,8 \text{ dB}\mu\text{V}$, арифметически значение $U_{\text{мин}}$ может быть получено увеличением значения $P_{\text{мин}}$ на $108,8$.

В табл. 2.10 приведены расчетные значения чувствительности приемника. Данные получены для режима вещания 32К с защитным интервалом $1/8$ и схемой пилот-сигналов PP2.

2.3.2. Помехоустойчивость приемника

Устойчивость к помехам от других каналов

На качество приема могут влиять сигналы передатчиков цифрового телевидения, работающих в других каналах. Это обусловлено недостаточной фильтрацией мешающих сигналов во входных цепях приемников или их недостаточным динамическим диапазоном, что приводит к появлению интермодуляционных и других помех.

В табл. 2.11 приведены максимально допустимые уровни помех от сигналов цифрового телевидения других каналов, при которых выполняется требование квазибезошибочного приема.

Таблица 2.11

Частотный диапазон	Уровень помехи относительно сигнала, dB		
	Смежные каналы	Другие каналы	Зеркальные каналы
III	28	38	-
IV, V	28	38	28

2.3.3. Устойчивость к статическим эхо-сигналам

Вследствие отражения радиоволн от различных неподвижных и подвижных объектов на антенный вход приемника могут поступать эхо-сигналы, т.е. задержанные и ослабленные копии основного входного сигнала.

В табл. 2.12 приведены расчетные значения отношения несущая-шум, обеспечивающие квазибезошибочный прием при наличии одиночного статического эхо-сигнала. Данные приведены для режима вещания 32К с защитным интервалом 1/8 и схемой пилот-сигналов PP2.

Характеристики эхо-сигнала:

- уровень 0 dB относительно основного сигнала;
- задержка от 1,95 μ s до 0,95 длительности защитного интервала;
- совпадающие фазы основного и эхо-сигнала на центральной частоте канала.

Таблица 2.12

Тип модуляции	Относительная скорость кодирования	(C/N), dB
QPSK	1/2	5,2
	3/5	6,8
	2/3	8,4
	3/4	9,8
	4/5	10,9
	5/6	12,0
16-QAM	1/2	10,9
	3/5	12,7
	2/3	14,3
	3/4	16,3
	4/5	17,8
	5/6	18,9
64-QAM	1/2	16,0
	3/5	18,0
	2/3	19,7
	3/4	22,0
	4/5	24,0
	5/6	25,5
256-QAM	1/2	20,6
	3/5	23,1
	2/3	25,1
	3/4	28,0
	4/5	30,8

	5/6	33,6
--	-----	------

В табл. 2.13 приведены расчетные минимальные значения входного сигнала приемника при наличии одиночного статического эхо-сигнала с учетом данных табл. 2.12.

Таблица 2.13

Модуляция	Скорость кода	P_{\min} , dBm	U_{\min} , dB μ V
QPSK	1/2	-94,0	14,8
	3/5	-92,4	16,4
	2/3	-90,8	18,0
	3/4	-89,4	19,4
	4/5	-88,3	20,5
	5/6	-87,2	21,6
16-QAM	1/2	-88,3	20,5
	3/5	-86,5	22,3
	2/3	-84,9	23,9
	3/4	-82,9	25,9
	4/5	-81,4	27,4
	5/6	-80,3	28,5
64-QAM	1/2	-83,2	25,6
	3/5	-81,2	27,6
	2/3	-79,5	29,3
	3/4	-77,2	31,6
	4/5	-75,2	33,6
	5/6	-73,7	35,1
256-QAM	1/2	-78,6	30,2
	3/5	-76,1	32,7
	2/3	-74,1	34,7
	3/4	-71,2	37,6
	4/5	-68,4	40,4
	5/6	-65,6	43,2

2.3.4. Устойчивость к эхо-сигналу с доплеровским сдвигом

Возможны изменения сигнала во времени как при приеме на стационарную наружную антенну (например, из-за качания мачты), так и на портативную комнатную антенну (например, из-за перемещения людей около антенны).

Из-за перемещения отражающего объекта может возникать доплеровский сдвиг частоты F_d относительно частоты прямого сигнала:

$$F_d = \pm V \times F/c$$

где:

F_d – доплеровский сдвиг частоты, Hz;

V – скорость отражающего объекта, m/s;

F – частота несущей, Hz;

c – скорость света 3×10^8 , m/s.

Таблица 2.14

Модуляция	Скорость кода	C/N, дБ
QPSK	1/2	8,2
	3/5	9,8
	2/3	11,4
	3/4	12,8
	4/5	13,9
	5/6	15,0
16-QAM	1/2	13,9
	3/5	15,7
	2/3	17,3
	3/4	19,3
	4/5	20,8
	5/6	21,9
64-QAM	1/2	19,0
	3/5	21,0
	2/3	22,7
	3/4	25,0
	4/5	27,0
	5/6	28,5
256-QAM	1/2	23,6
	3/5	26,1
	2/3	28,1
	3/4	31,0
	4/5	33,8
	5/6	36,6

Воздействие доплеровского сдвига воспринимается приемником как дополнительная помеха. Для обеспечения квазибезошибочного приема при

разнице частот основного сигнала и эхо-сигнала в пределах от 1 до 10 Hz требуется увеличение значений отношения несущая-шум, приведенных в табл. 2.12, не более чем на 3 dB. Указанные изменения частоты соответствуют «чисто доплеровскому сдвигу» от $\pm 0,5$ до ± 5 Hz (с учетом действия ФАПЧ). Под «чисто доплеровским сдвигом» понимается сдвиг по частоте при сохранении полосы частот и уровня эхо-сигнала.

В табл. 2.14 приведены требуемые отношения несущая-шум для квазибезошибочного приема при наличии эхо-сигнала с одним из следующих параметров:

- сдвиг частоты 1 Hz, относительный уровень 0 dB, задержка 20 μ s;
- сдвиг частоты 10 Hz, относительный уровень 0 dB, задержка 20 μ s.

3. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИЕМНИКОВ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

3.1 Подготовка к измерениям

Испытания, если не оговорено особо, проводят при нормальных климатических условиях с параметрами:

- температура воздуха от плюс 15 °С до плюс 35 °С;
- относительная влажность воздуха от 45 % до 80 %;
- атмосферное давление от 86 до 106 кПа (от 645 до 795 mm Hg.).

К проведению работ допускают лиц, ознакомленных с технической и нормативной документацией на продукцию, средствами измерений и испытательным оборудованием.

Испытания (если это не оговорено особо) проводятся при уровне сигнала на входе приемника (минус 50 ± 3) dBm.

При испытаниях (если это не оговорено особо) может использоваться режим DVB-T/T2 с любыми допустимыми параметрами по табл.2.4.

При проверке цифровых телевизионных приставок в качестве средства отображения должен использоваться телевизор или видеомонитор.

3.2 Применяемые средства измерения и испытательное оборудование

Применяемые при проведении испытаний средства измерения (СИ) должны быть поверены, а испытательное оборудование (ИО) должно быть аттестовано согласно [11].

Применяемые при испытаниях СИ и ИО должны быть подготовлены к работе согласно действующим эксплуатационным и другим документам.

При проведении измерений и испытаний должны использоваться перечисленные ниже средства измерений с соответствующими параметрами, либо другие, равноценные или лучшие по техническим характеристикам.

Генератор транспортного потока

Генератор транспортного потока со следующими параметрами:

- скорость передачи данных транспортного потока от 100 kbit/s до 214 Mbit/s;
- формирование транспортного потока MPEG-2;
- генерирование циклически повторяемых безразрывных потоков динамического видео, аудио и информационных данных.

Модулятор DVB-T/T2

Модулятор DVB-T/T2 со следующими параметрами:

- вид модуляции – COFDM;
- полоса частот – 8 MHz;
- неравномерность частотной характеристики – не более $\pm 0,2$ dB;
- скорость кода – 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6;
- первичная модуляция несущих – QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM с возможностью поворота созвездий;
- количество несущих OFDM:
 - при нормальной полосе частот – 1К, 2К, 4К; 8К, 16К, 32К;
 - при расширенной полосе частот – 8К, 16К, 32К;
- варианты размещения распределенных пилот-сигналов – PP1, PP2, PP3, PP4, PP5, PP6, PP7, PP8;
- защитный интервал – 1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4;

- количество передаваемых потоков физического уровня (PLP) – от 1 до 8;
- уровень выходного сигнала – от минус 100 до 20 dBm;
- шаг регулировки уровня выходного сигнала – 0,1 dB;
- MER – не менее 40 dB;
- допустимое отклонение центральной частоты модулятора от номинального значения – не более 10^{-6} .

Источник шума

Источник шума со следующими параметрами:

- вид шума – аддитивный белый гауссов шум в виде синфазной и квадратурной составляющих;
- пик-фактор – не более 18 dB;
- ширина спектра – не менее 20 MHz;
- уровень сигнала – от минус 90 до минус 50 dBm;
- шаг установки уровня – 0,1 dB.

Имитатор многолучевого приема

Имитатор многолучевого приема со следующими параметрами:

- число каналов задержки – до 12;
- ослабление сигнала в каждом канале – от 0 до 50 dB;
- шаг установки ослабления сигнала – 0,1 dB;
- задержка сигнала – от 0 до 5 ms;
- шаг установки задержки – 10 ns;
- доплеровский сдвиг частоты – от 0 до ± 20 Hz;
- шаг установки доплеровского сдвига – 0,1 Hz.

Измеритель мощности

Термоэлектрический измеритель мощности со следующими параметрами:

- диапазон частот входного сигнала – от 10 до 1000 МГц;
- коэффициент стоячей волны – не более 1,1;
- диапазон измерения мощности – от 1 μ W до 100 mW (от минус 30 до 20 dBm);

– погрешность измерения мощности – 0,07 dB.

Осциллограф с блоком выделения строки

Осциллограф с блоком выделения строки со следующими характеристиками:

- полоса пропускания 200 МГц;
- частота дискретизации 2,0 Гвыб/с;
- Вертикальная чувствительность 2 мВ до 5 В/дел с калиброванной тонкой настройкой;

- ограничение полосы - 20 МГц
- горизонтальная развертка - 2,5 ns - 50 s/дел
- точность горизонтальной развертки - 50×10^{-6}
- вх. импеданс - 1 М Ω /20 pF

Аттенюатор

Аттенюатор со следующими параметрами:

- диапазон частот сигнала – от 10 до 1000 МГц;
- ослабление сигнала – от 0 до 110 dB;
- шаг установки ослабления – 0,1 dB;
- погрешность установки ослабления – 0,05 dB.

3.3 Методы измерения основных параметров

3.3.1 Проверка диапазонов рабочих частот и центральных частот радиоканалов

Проверку производят [9] по схеме, показанной на рис. 3.1.



Рис. 3.1

Проверку производят в следующем порядке:

а) Установить следующие параметры DVB-T2: 32К, 256-QAM, скорость кода $2/3$, защитный интервал $1/16$, PP4.

б) Подать на вход приемника сигнал частотой 178 МГц и настроить приемник на эту частоту. Убедиться в появлении на экране принимаемого изображения.

в) Используя метод QMP1, убедиться в отсутствии ошибок декодирования.

г) Повторить б), в) для частот 202, 226, 474, 538, 602, 666, 730, 794 и 858 МГц.

3.3.2 Проверка допустимого отклонения центральной частоты радиоканала от номинальной

Проверку производят по схеме, показанной на рис. 3.1, в следующем порядке:

а) Установить следующие параметры DVB-T2: 32К, 256-QAM, скорость кода $2/3$, защитный интервал $1/16$, PP4.

б) Подать на вход приемника сигнал с частотой радиоканала № 6 и настроить приемник на эту частоту. Убедиться в появлении на экране принимаемого изображения.

в) Снять сигнал со входа приемника и установить частоту сигнала на 0,05 МГц выше центральной частоты канала. Подать сигнал на вход приемника.

г) Используя метод QMP1, убедиться в отсутствии ошибок декодирования.

д) Снять сигнал со входа приемника и установить частоту сигнала на 0,05 МГц ниже центральной частоты канала. Подать сигнал на вход приемника.

е) Используя метод QMP1, убедиться в отсутствии ошибок декодирования.

ж) Повторить б) – е) для радиоканалов с номерами 12, 21, 35 и 69.

3.3.3 Измерение чувствительности

Измерение производят по схеме, показанной на рис. 3.2.

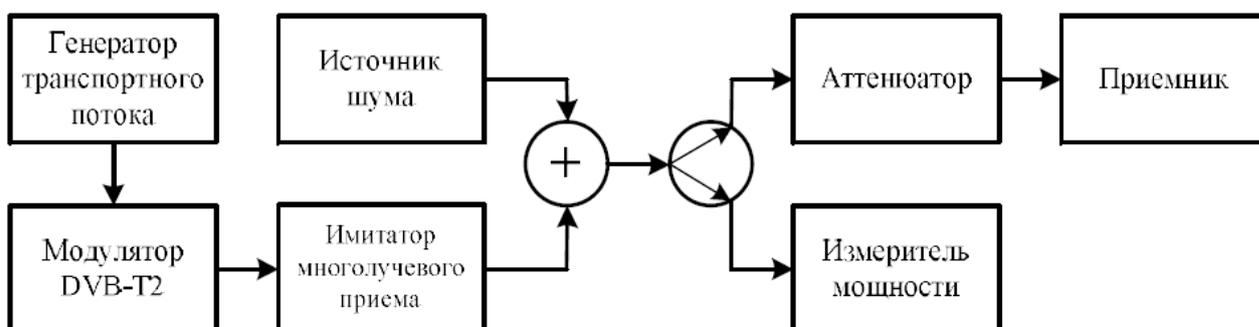


Рис. 3.2

Поскольку приемник имеет более высокую чувствительность, чем измеритель мощности, то дополнительно используется аттенюатор, обеспечивающий получение на входах измерителя мощности и приемника требуемых уровней сигналов.

Измерение производят в следующем порядке:

а) Установить следующие параметры DVB-T2: 32К, защитный интервал 1/8, PP2. Выключить источник шума и имитатор многолучевого приема.

б) Подать на вход приемника сигнал частотой 202 МГц.

в) Установить модуляцию QPSK, скорость кода 1/2.

г) Установить по измерителю мощности уровень сигнала на входе аттенюатора $P_s = -50 \text{ dBm} + A$, где A – суммарное затухание аттенюатора и кабелей до входа приемника, dB.

д) Выполнить ручной поиск канала на приемнике и убедиться в появлении на экране принимаемого изображения.

е) Уменьшать уровень сигнала до достижения минимального значения, при котором еще выполняется условие безошибочного приема по методу QMP2.

ж) Зафиксировав показание измерителя мощности P_w , рассчитать минимальный уровень сигнала на входе приемника $P_{\text{мин}}$, dBm, по формуле:

$$P_{\text{мин}} = P_w - A \quad (3.1)$$

з) Повторить в) – ж) для остальных режимов DVB-T2 из табл. 2.10.

и) Повторить б) – з) для сигнала частотой 666 МГц.

3.3.4 Измерение отношения несущая-шум в гауссовом канале

Измерение производят по схеме, показанной на рис. 3.2. На входе измерителя мощности рекомендуется использовать полосовой фильтр с номинальной полосой пропускания 4 МГц. Измерение производят в следующем порядке:

а) Установить следующие параметры DVB-T2: 32К, защитный интервал 1/8, PP2. Выключить источник шума и имитатор многолучевого приема.

б) Подать на вход приемника сигнал частотой 202 МГц.

в) Установить модуляцию QPSK, скорость кода 1/2.

г) Установить по измерителю мощности уровень сигнала на входе аттенюатора $P_s = -50 \text{ dBm} + A$, где A – суммарное затухание аттенюатора и кабелей до входа приемника, dB.

д) Выключить сигнал, включить источник шума.

е) Установить по измерителю мощности уровень шума на входе аттенюатора $P_n = -50 \text{ dBm} + A$.

ж) Включить сигнал и выполнить ручной поиск канала на приемнике.

з) Увеличивать уровень шума от низкого значения до более высокого, пока не будет достигнуто минимальное отношение несущая-шум, при котором выполняется условие безошибочного приема по методу QMP2.

и) Выключить сигнал и по измерителю мощности определить уровень шума P_w . Рассчитать отношение несущая-шум C/N , dB, по формуле:

$$C/N = P_s - P_w \quad (3.2)$$

к) Повторить в) – и) для остальных режимов DVB-T2 из табл. 2.3

л) Повторить б) – к) для сигнала частотой 666 MHz.

3.3.5 Измерение максимального уровня входного сигнала

Измерение производят по схеме, показанной на рис. 3.2, в следующем порядке:

а) Установить следующие параметры DVB-T2: 32К, 256-QAM, скорость кода 2/3, защитный интервал 1/16, PP4. Выключить источник шума и имитатор многолучевого приема.

б) Подать на вход приемника сигнал частотой 666 MHz.

в) Установить по измерителю мощности уровень сигнала на входе аттенюатора $P_s = -50 \text{ dBm} + A$, где A – суммарное затухание аттенюатора и кабелей до входа приемника, dB.

г) Выполнить ручной поиск канала на приемнике и убедиться в появлении на экране принимаемого изображения.

д) Увеличивать уровень сигнала до достижения максимального значения, при котором еще выполняется условие безошибочного приема по методу QMP2.

е) Зафиксировав показание измерителя мощности P_w , рассчитать максимальный уровень сигнала на входе приемника P_{\max} , dBm, по формуле:

$$P_{\max} = P_w - A \quad (3.3)$$

3.3.6 Проверка устойчивости к помехам от сигналов цифрового телевидения других каналов

Проверку производят по схеме, показанной на рис. 3.3.

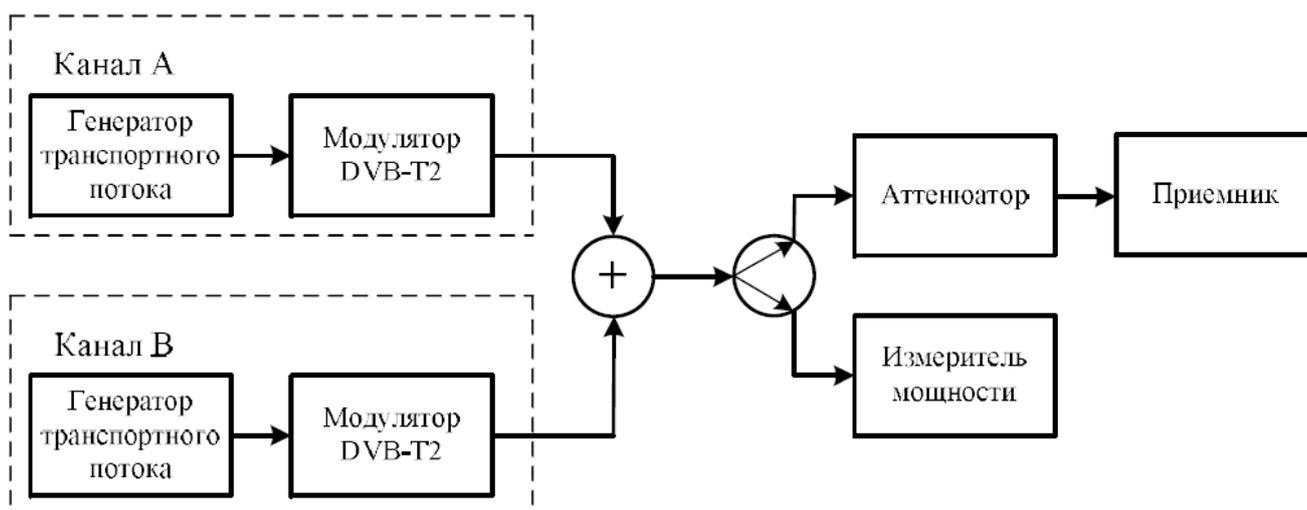


Рис. 3.3

Поскольку приемник имеет более высокую чувствительность, чем измеритель мощности, то используется дополнительный аттенюатор, обеспечивающий получение на входах измерителя мощности и приемника требуемых уровней сигналов.

Проверку производят в следующем порядке:

а) Установить в каналах А и В следующие параметры DVB-T2: 32К, 256-QAM, скорость кода 2/3, защитный интервал 1/16, PP4. Отключить сигнал канала В.

б) Установить в канале А частоту сигнала 666 МГц.

в) Установить по измерителю мощности уровень сигнала в канале А на входе аттенюатора $P_a = -50 \text{ dBm} + A$, где А – суммарное затухание аттенюатора и кабелей до входа приемника, dB.

г) Выполнить ручной поиск канала на приемнике и убедиться в появлении на экране принимаемого изображения.

д) Установить в канале В частоту сигнала 674 МГц.

е) Отключить сигнал канала А. Включить сигнал канала В. Установить по измерителю мощности уровень сигнала в канале В на входе аттенюатора $P_b = -20 \text{ dBm} + A$.

ж) Включить сигнал канала А.

з) Изменять уровень сигнала в канале А, пока не будет достигнут минимальный уровень сигнала, при котором выполняется условие безошибочного приема по методу QMP2.

и) Зафиксировав показание измерителя мощности P_w , определить допустимый уровень помехи P_i , dB, по формуле:

$$P_i = P_w - P_b \quad (4.4)$$

к) Повторить в) – и) для частот 658, 650 и 682 МГц в канале В.

л) Повторить в) – и) при установке частоты 738 МГц в канале В, которая для частоты 666 МГц в канале А и промежуточной частоты 36,15 МГц приблизительно соответствует частоте зеркального канала $F_3 = 666 \text{ МГц} + (2 \times 36,15) \text{ МГц} = 738,3 \text{ МГц}$.

м) Повторить б) – л) при частоте 786 МГц в канале А, устанавливая в канале В последовательно следующие частоты: 674, 770, 778, 802 и 858 МГц (частота зеркального канала).

3.3.7 Измерение минимального уровня входного сигнала при наличии статического эхо-сигнала

Измерение производят по схеме, показанной на рис. 3.2, в следующем порядке:

а) Установить следующие параметры DVB-T2: 32К, защитный интервал 1/8, PP2. Выключить источник шума и имитатор многолучевого приема.

б) Подать на вход приемника сигнал частотой 666 МГц, установив модуляцию 256-QAM и скорость кода 1/2.

в) Установить по измерителю мощности уровень сигнала на входе аттенюатора $P_s = -50 \text{ dBm} + A$, где A – суммарное затухание аттенюатора и кабелей до входа приемника, dB.

г) Выполнить ручной поиск канала на приемнике и убедиться в появлении на экране принимаемого изображения.

д) Включить имитатор многолучевого приема. Установить на нем эхо-сигнал с уровнем 0 dB относительно основного сигнала с параметрами: задержка 1,95 μs , совпадающие фазы основного и эхо-сигнала на центральной частоте канала.

е) Уменьшать уровень сигнала, пока не будет достигнуто минимальное значение, при котором еще выполняется условие безошибочного приема по методу QMP2. Убедиться, что при этом уровне сигнала на приемнике осуществляется ручной поиск канала.

ж) Зафиксировав показание измерителя мощности P_w , рассчитать минимальный уровень сигнала на входе приемника $P_{\text{мин}}$, dB, по формуле:

$$P_{\text{мин}} = P_w - A \quad (3.5)$$

з) Повторить в) – ж) для задержек эхо-сигнала 10 μs и 224 μs .

и) Повторить б) – з) для остальных скоростей кода при модуляции 256-QAM из табл. 2.13.

3.3.8 Измерение отношения несущая-шум в гауссовом канале при наличии эхо-сигнала с доплеровским сдвигом

Измерение производят по схеме, показанной на рис. 3.2. На входе измерителя мощности рекомендуется использовать полосовой фильтр с номинальной полосой пропускания 4 МГц. Измерение производят в следующем порядке:

а) Установить следующие параметры DVB-T2: 32К, защитный интервал 1/8, PP2. Выключить источник шума и имитатор многолучевого приема.

б) Подать на вход приемника сигнал частотой 666 МГц, установив модуляцию 256-QAM и скорость кода 1/2.

в) Установить по измерителю мощности уровень сигнала на входе аттенюатора $P_s = -50 \text{ dBm} + A$, где A – суммарное затухание аттенюатора и кабелей до входа приемника, dB.

г) Выполнить ручной поиск канала на приемнике и убедиться в появлении на экране принимаемого изображения.

д) Выключить сигнал, включить источник шума.

е) Установить по измерителю мощности уровень шума на входе аттенюатора $P_n = -50 \text{ dBm} + A$.

ж) Включить сигнал. Уменьшать уровень шума от установленного значения до более низкого, пока не будет выполнено условие безошибочного приема по методу QMP2.

з) Отключить сигнал и по измерителю мощности измерить уровень шума на входе аттенюатора P_{n1} .

и) Рассчитать отношение несущая-шум (без эхо-сигнала) C/N , dB, по формуле:

$$C/N = P_s - P_{n1} \quad (3.6)$$

к) Включить сигнал. Включить имитатор многолучевого приема и установить эхо-сигнал со следующими параметрами: уровень 0 dB и задержка 20 μ s относительно основного сигнала, совпадающие фазы основного и эхо-сигнала на центральной частоте канала, смещение частоты 0 Hz в режиме «чисто доплеровского сдвига».

л) Уменьшать уровень шума от высокого значения до более низкого, пока не будет выполнено условие безошибочного приема по методу QMP2.

м) Отключить сигнал, эхо-сигнал и по измерителю мощности измерить уровень шума на входе аттенюатора P_{n2} .

н) Рассчитать изменение уровня шума Δ , dB, обусловленное влиянием эхо-сигнала, по формуле:

$$\Delta = P_{n1} - P_{n2} \quad (3.7)$$

Увеличение затухания аттенюатора Δ выражается положительными значениями в dB, а уменьшение – отрицательными.

о) Рассчитать отношение несущая-шум C/N, dB, по формуле:

$$C/N = C/N + \Delta \quad (3.8)$$

п) Повторить в) – о) для смещений частоты 1, 5 и 10 Hz.

р) Повторить б) – п) для остальных скоростей кода при модуляции 256-QAM из табл. 2.14.

3.3.9 Методы определения качества приема

3.3.9.1 Методы измерений

Одним из условий соответствия приемников требованиям является обеспечение квазибезошибочного приема испытательных сигналов. Согласно определению квазибезошибочного приема, приведенному в 2.3.1, после декодирования помехоустойчивых кодов LDPC и BCH значение BER на входе демультимплексора транспортного потока должно быть 10^{-11} .

Предпочтительным методом определения качества приема было бы прямое измерение BER на пакетах данных транспортного потока перед демультимплексированием. Но поскольку измерение столь низкой частоты битовых ошибок практически требует длительного времени, для оценки качества приема используются следующие косвенные методы:

- объективное измерение BER после декодирования LDPC;
- субъективная оценка декодированного видео, основанная на требовании отсутствия ошибок в течение заданного интервала времени.

При измерении объективным методом в качестве критерия используется более высокое значение BER, получаемое после декодера LDPC.

При субъективной оценке задается определенный временной интервал, в течение которого должно обеспечиваться безошибочное декодирование видео, под которым понимается отсутствие срывов изображения, а также отсутствие таких артефактов, как «рассыпание» и «замораживание» изображения.

В качестве испытательного изображения может использоваться любой сюжет, в котором имеются различные подвижные объекты.

3.3.9.2 Прямое объективное определение качества приема

Измерение выполняется с помощью соответствующего транспортного потока. Параметры испытательного сигнала выбираются так, чтобы получить не более одной нескорректированной ошибки за час передачи, что соответствует $BER = 10^{-11}$ на входе демультимплексора транспортного потока. В дополнение к измерению BER качество приема должно подтверждаться субъективным методом, т.е. в декодируемом видео не должно быть ошибок.

3.3.9.3 Косвенное объективное определение качества приема

Выполняется измерение BER после декодирования LDPC (если в приемнике предусмотрена такая возможность). При этом в качестве критерия

используется $BER=10^{-7}$, что приблизительно соответствует квазибезошибочному приему для гауссова канала.

Если значение BER оказывается выше, чем 10^{-7} , необходимо изменить параметры испытательного сигнала. Изменение параметров должно привести к значению BER после декодера LDPC не более 10^{-7} . В противном случае, изменение параметров испытательного сигнала продолжают до тех пор, пока значение BER будет не более 10^{-7} . Необходимо также проверить, что декодируемое видео свободно от ошибок.

3.3.9.4 Субъективный метод № 1 определения качества приема (QMP1)

При этом методе субъективная оценка изображения выполняется за 15 секунд. В течение этого времени декодированное видео не должно содержать ошибок. При наличии ошибок в декодированном видео необходимо изменить параметры испытательного сигнала. Результатом изменения параметров сигнала должно стать безошибочное декодирование видео, при котором время между последовательными ошибками будет не менее 15 секунд. В противном случае изменение параметров испытательного сигнала продолжают до достижения 15-секундного интервала безошибочного декодирования.

3.3.9.5 Субъективный метод № 2 определения качества приема (QMP2)

При этом методе субъективная оценка изображения (в отличие от QMP1) выполняется за 30 секунд. При наличии ошибок в декодированном видео необходимо изменить параметры испытательного сигнала. Результатом изменения параметров сигнала должно стать безошибочное декодирование видео, при котором время между последовательными ошибками будет не менее 30 секунд. В противном случае изменение параметров испытательного

сигнала продолжают до достижения 30-секундного интервала безошибочного декодирования.

3.3.10 Проверка выполнения технических требований

3.3.10.1 Проверка приема сигналов DVB-T2 с различными параметрами

Проверку производят по схеме, показанной на рис. 3.1.

Устанавливают частоту сигнала 666 МГц. Поочередно задавая параметры DVB-T2 в соответствии с табл. 3.1 – 3.3, проверяют отсутствие ошибок декодирования потока битов H.264/AVC видеосигнала стандартной четкости по методу QMP1.

Таблица 3.1

Параметры DVB-T2	Количество несущих
64-QAM (повернутое созвездие), скорость кода 2/3, защитный интервал 1/8, PP2	1К
64-QAM (повернутое созвездие), скорость кода 2/3, защитный интервал 1/8, PP2	2К
64-QAM (повернутое созвездие), скорость кода 2/3, защитный интервал 1/8, PP2	4К
64-QAM (повернутое созвездие), скорость кода 2/3, защитный интервал 1/8, PP2	8К
64-QAM (повернутое созвездие), скорость кода 2/3, защитный интервал 1/8, PP2	8К (расширенная полоса частот)
256-QAM (повернутое созвездие), скорость кода 2/3, защитный интервал 1/8, PP2	16К
256-QAM (повернутое созвездие), скорость кода 2/3, защитный интервал 1/8, PP2	16К (расширенная полоса частот)
256-QAM (повернутое созвездие), скорость кода 3/4, защитный интервал 1/8, PP2	32К
256-QAM (повернутое созвездие), скорость кода 3/4, защитный интервал 1/8, PP2	32К (расширенная полоса частот)

Таблица 3.2

Параметры DVB-T2	Созвездие
32К, 256-QAM, скорость кода 2/3, защитный интервал 1/16, PP4	Повернутое
32К, 256-QAM, скорость кода 2/3, защитный интервал 1/16, PP4	Неповернутое

Таблица 3.3

Параметры DVB-T2	Размещение распределенных пилот-сигналов
16К, 256-QAM (повернутое созвездие), скорость кода 2/3, защитный интервал 1/4	PP1
32К, 256-QAM (повернутое созвездие), скорость кода 3/4, защитный интервал 1/8	PP2
16К, 256-QAM (повернутое созвездие), скорость кода 2/3, защитный интервал 1/8	PP3
32К, 256-QAM (повернутое созвездие), скорость кода 2/3, защитный интервал 1/16	PP4
16К, 256-QAM (повернутое созвездие), скорость кода 2/3, защитный интервал 1/16	PP5
32К, 256-QAM (повернутое созвездие), скорость кода 3/5, защитный интервал 1/32	PP6
32К, 256-QAM (повернутое созвездие), скорость кода 2/3, защитный интервал 1/128	PP7
32К, 256-QAM (повернутое созвездие), скорость кода 3/4, защитный интервал 1/16	PP8

Для проверки приема сигналов в режиме мульти-PLP (многопоточковой передачи) используют сигнал с четырьмя цифровыми потоками, содержащими по две программы (службы).

Выполняют автоматический поиск каналов. Проверяют, что правильно декодируются все передаваемые программы (службы).

3.3.10.2 Проверка демультиплексирования

3.3.10.2.1 Проверку производят по схеме, показанной на рис. 3.1.

Используют транспортный поток, содержащий телевизионные программы стандартной и высокой четкости, программы радиовещания, теле-текст и субтитры. Устанавливают следующие параметры DVB-T2: 32К, 256-QAM, скорость кода 2/3, защитный интервал 1/16, PP4. На вход приемника подают сигнал частотой 666 МГц и настраивают приемник на эту частоту. Проверяют отсутствие ошибок декодирования телевизионных программ

стандартной и высокой четкости, используя метод QMP1. Проверяют отсутствие ошибок декодирования программ радиовещания при их прослушивании.

3.3.10.2.2 Проверяют, что приемник стандартной четкости не обнаруживает и не заносит в список принимаемые программы высокой четкости.

3.3.10.2.3 Проверяют, что приемник высокой четкости обнаруживает и декодирует программы стандартной и высокой четкости.

3.3.10.2.4 Проверяют, что приемник декодирует и отображает теле-текст и субтитры.

3.3.10.2.5 Для приемников, обеспечивающих прием платных телевизионных каналов, проверяют дескремблирование (дешифрование) цифрового сигнала, используя модуль условного доступа либо смарт-карту и соответствующим образом скремблированный программный поток.

3.3.10.3 Проверка декодирования видеосигнала

3.3.10.3.1 Проверку производят по схеме, показанной на рис. 3.1. На вход приемника подают сигнал частотой 666 МГц и настраивают приемник на эту частоту. Для проверки декодирования потока битов H.264/AVC поочередно используют программные потоки с видеосигналами стандартной и высокой четкости в соответствии с табл. 2.5, содержащие динамические сюжеты. Проверяют отсутствие ошибок декодирования, используя метод QMP1.

3.3.10.3.2 Для проверки декодирования видео стандартной четкости при минимальной скорости потока используют программный поток видео со скоростью 1 Mbit/s. Проверяют отсутствие ошибок декодирования, используя метод QMP1.

3.3.10.3.3 Для проверки декодирования неподвижного изображения используют программный поток, содержащий фотографию. Проверяют отсутствие ошибок декодирования, используя метод QMP1.

3.3.10.4 Проверка преобразования формата изображения

3.3.10.4.1 Проверку производят для всех видов приемников, за исключением телевизоров, по схеме, показанной на рис. 3.1. На вход приемника подают сигнал частотой 666 МГц и настраивают приемник на эту частоту. Для проверки воспроизведения изображения формата 4:3 на экранах формата 16:9 используют программный поток, содержащий видео в формате 4:3. Проверяют, что изображение на видеомониторе воспроизводится в формате 16:9.

3.3.10.4.2 Для проверки понижающего преобразования изображения высокой четкости поочередно используют программные потоки, содержащие следующие видеосигналы:

- разрешение 1280x720, частота кадров 50 Hz, прогрессивная развертка;
- разрешение 1920x1080, частота кадров 25 Hz, чересстрочная развертка.

Проверяют, что на экране воспроизводится изображение стандартной четкости.

3.3.10.5 Проверка декодирования звукового сигнала

3.3.10.5.1 Проверку производят по схеме, показанной на рис. 3.1. На вход приемника подают сигнал частотой 666 МГц и настраивают приемник на эту частоту. Для проверки декодирования потоков битов аудио для одноканального и стереозвука используют транспортный поток, содержащий следующие звуковые потоки:

- стереозвук MPEG-1 уровня II со скоростью передачи 192 kbit/s и частотой дискретизации 48 kHz;
- одноканальный звук MPEG-1 уровня II со скоростью передачи 96 kbit/s и частотой дискретизации 48 kHz;

– стереозвук MPEG-4 HE AAC уровня 2 с частотой дискретизации 48 kHz;

– одноканальный звук MPEG-4 HE AAC, уровня 2 с частотой дискретизации 48 kHz.

Проверяют путем прослушивания, что приемник обнаруживает, правильно декодирует и воспроизводит все звуковые потоки.

3.3.10.5.2 Для проверки декодирования потоков битов аудио для многоканального звука используют транспортный поток, содержащий многоканальный звук E-AC-3 с частотой дискретизации 48 kHz. К выходам HDMI и S/PDIF приемника поочередно подключают AV-ресивер для домашнего кинотеатра и проверяют путем прослушивания, что приемник обнаруживает, правильно декодирует и воспроизводит все звуковые потоки.

3.3.10.6 Проверка интерфейсов

3.3.10.6.1 Проверку вывода цифрового видеосигнала по интерфейсу HDMI производят по методике 3.3.10.3.1.

Проверку ввода цифрового видеосигнала для телевизора по интерфейсу HDMI производят, используя в качестве источника сигнала HDMI цифровую телевизионную приставку. На вход приставки подают сигнал частотой 666 MHz, содержащий программные потоки в соответствии с табл. 2.5. С выхода HDMI приставки цифровой видеосигнал подают на соответствующий вход телевизора и проверяют наличие изображения на его экране.

3.3.10.6.2 Проверку вывода аналогового видеосигнала производят по схеме, показанной на рис. 3.1. На вход приемника подают сигнал частотой 666 MHz, содержащий программный поток видео с разрешением 720x576.

Проверяют, что параметры аналоговых видеосигналов на выходных разъемах приемника соответствуют табл. 2.6.

Проверку ввода аналогового видеосигнала для телевизора производят, используя в качестве источника аналогового сигнала цифровую телевизионную приставку с соответствующими аналоговыми выходами. На вход приставки подают сигнал частотой 666 МГц, содержащий программный поток видео с разрешением 720x576. С аналогового выхода приставки видеосигнал подают на соответствующий вход телевизора и проверяют наличие изображения на его экране.

3.3.10.6.3 Проверку вывода цифровых сигналов звука по интерфейсам HDMI и S/PDIF производят по схеме, показанной на рис. 3.1. На вход приемника подают сигнал частотой 666 МГц, содержащий транспортный поток со следующими звуковыми потоками:

- стереозвук MPEG-1 уровня II со скоростью передачи 192 kbit/s и частотой дискретизации 48 kHz;
- стереозвук MPEG-4 HE AAC уровня 2 с частотой дискретизации 48 kHz;
- многоканальный звук E-AC-3 с частотой дискретизации 48 kHz.

К выходам HDMI и S/PDIF приемника поочередно подключают AV-ресивер для домашнего кинотеатра и проверяют, что звуковые потоки воспроизводятся правильно.

Проверку ввода цифровых сигналов звука для телевизора по интерфейсу HDMI производят, используя в качестве источника сигнала HDMI цифровую телевизионную приставку. На вход приставки подают сигнал частотой 666 МГц, содержащий те же звуковые потоки, что и при проверке вывода цифровых сигналов звука по интерфейсам HDMI и S/PDIF в данном пункте. С выхода HDMI приставки цифровой сигнал звука подают на соответствующий вход телевизора и проверяют, что звуковые потоки воспроизводятся правильно.

3.3.10.6.4 Проверку вывода аналоговых сигналов стереозвука производят по схеме, показанной на рис. 3.1. На вход приемника подают сигнал частотой 666 МГц, содержащий транспортный поток со следующими звуковыми потоками:

- стереозвук MPEG-1 уровня II со скоростью передачи 192 kbit/s и частотой дискретизации 48 кГц;
- стереозвук MPEG-4 HE AAC уровня 2 с частотой дискретизации 48 кГц.

Убеждаются, что параметры аналоговых сигналов звука на выходных разъемах соответствуют табл. 2.7.

Проверку ввода аналоговых сигналов звука для телевизора производят, используя в качестве источника этих сигналов цифровую телевизионную приставку с соответствующими аналоговыми выходами. На вход приставки подают сигнал частотой 666 МГц, содержащий транспортный поток со следующими звуковыми потоками:

- стереозвук MPEG-1 уровня II со скоростью передачи 192 kbit/s и частотой дискретизации 48 кГц;
- стереозвук MPEG-4 HE AAC уровня 2 с частотой дискретизации 48 кГц.

С аналогового выхода приставки сигналы звука подают на соответствующий вход телевизора и проверяют, что звук воспроизводится правильно.

3.3.10.6.5 Проверку интерфейса пользователя производят по схеме, показанной на рис.3.1. Используют транспортный поток, содержащий не менее трех телевизионных программ, телетекст и субтитры. Для проверки на вход приемника подают сигнал частотой 666 МГц и настраивают приемник на эту частоту.

В соответствии с руководством по эксплуатации приемника подают команды с пульта дистанционного управления и проверяют выполнение следующих функций:

- включение и выключение приемника;
- вход в экранное меню и выход из него;
- переход к следующей или предыдущей программе (службе);
- повышение или снижение громкости;
- перемещение по позициям меню;
- подтверждение текущего выбора;
- отмена текущего выбора (возврат на предыдущий уровень меню);
- цифровой ввод с помощью клавиш от 0 до 9;
- выбор и регулировка параметров режима воспроизведения изображения;
- выбор и регулировка параметров режима воспроизведения звука;
- отображение субтитров (если передаются);
- отображение телетекста (если передается);
- отображение электронной программы передач;
- сохранение пользовательских настроек;
- возврат к заводским установкам;
- обновление программного обеспечения «по эфиру» или с помощью интерфейса USB.

Проверку отображения относительного уровня входного сигнала и качества приема проводят, изменяя уровень сигнала и отношение несущая-шум на входе приемника соответственно.

3.3.10.6.6 Проверку автоматического поиска каналов производят по схеме, показанной на рис. 3.4. В каналах А и В используют один и тот же

транспортный поток, содержащий не менее четырех телевизионных программ (служб).

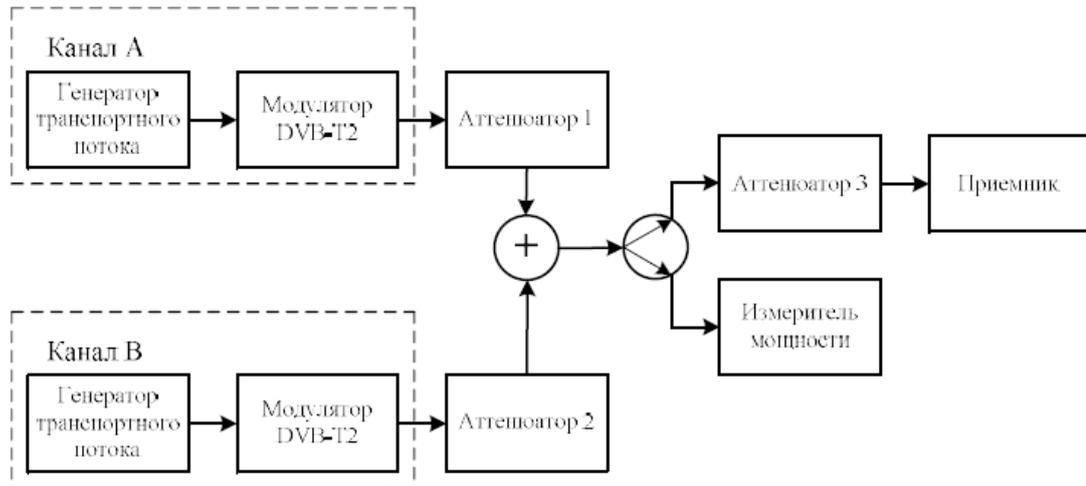


Рис. 3.4

Поскольку приемник имеет более высокую чувствительность, чем измеритель мощности, то используется дополнительный аттенюатор 3, обеспечивающий получение на входах измерителя мощности и приемника требуемых уровней сигналов.

Проверку производят в следующем порядке:

а) Установить следующие параметры DVB-T2: 32К, 256-QAM, скорость кода 2/3, защитный интервал 1/16, PP4. Подать на вход приемника в канале А сигнал частотой 666 МГц, в канале В – 626 МГц.

б) С помощью аттенюаторов 1 и 2 установить по измерителю мощности на входе аттенюатора 3 уровень сигнала в каналах А и В $P_s = -50 \text{ dBm} + A$, где A – суммарное затухание аттенюатора 3 и кабелей до входа приемника, дВ.

в) Убедиться, что список принимаемых телевизионных программ (служб) в меню приемника пуст. В противном случае удалить все записи.

г) Выполнить автоматический поиск каналов на приемнике.

д) Убедиться, что в списке появились записи о телевизионных программах (службах), имеющихся в транспортном потоке, и что они не дублируются.

е) Определить, какой именно канал принимается, для чего уменьшать уровень сигнала в одном из каналов. При этом в канале с пониженным уровнем сигнала должно произойти «замораживание» изображения. После этого восстановить исходный уровень сигнала. Зафиксировать, какой именно канал принимался (А или В).

ж) Понижать уровень сигнала принимаемого канала до тех пор, пока еще будет выполняться условие безошибочного приема по методу QMP1.

з) Выполнить автоматический поиск каналов на приемнике.

и) Убедиться, что в списке появились записи о телевизионных программах (службах), передаваемых в другом канале. Для проверки изменить уровень сигнала этого канала. При понижении уровня сигнала должно произойти «замораживание» изображения.

3.3.10.6.7 Проверку ручного поиска каналов производят по схеме, показанной на рис. 3.1. Используют транспортный поток, содержащий не менее четырех телевизионных программ (служб). Проверку производят в следующем порядке:

а) Установить следующие параметры DVB-T2: 32К, 256-QAM, скорость кода $2/3$, защитный интервал $1/16$, PP4. Подать на вход приемника сигнал частотой 666 МГц.

б) Убедиться, что список принимаемых телевизионных программ (служб) в меню приемника пуст. В противном случае удалить все записи.

в) Выполнить на приемнике ручной поиск канала с частотой 666 МГц. Убедиться, что все передаваемые службы появились в списке.

г) Использовать другой транспортный поток, содержащий не менее четырех новых телевизионных программ (служб).

д) Выполнить ручной поиск канала с частотой 666 МГц. Убедиться, что все новые телевизионные программы (службы) добавлены в список.