ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54998— 2012

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ТЕЛЕВИДЕНИЯ ВЫСОКОЙ ЧЕТКОСТИ. КОДИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ СЖАТИЯ ЦИФРОВОГО ПОТОКА

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2013

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Научно-исследовательский институт телевидения» (ФГУП «НИИТ»)

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 сентября 2012 г. № 362-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений стандартов Международной организации по стандартизации и Рекомендаций Международного союза электросвязи (МСЭ-Р): ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0, ИСО/МЭК 13818-2/МСЭ-Т Н.262, ИСО/МЭК 14496-2, ИСО/МЭК 14496-10/МСЭ-Т Н.264, МСЭ-Р ВТ.709-5, МСЭ-Р ВТ.1120-7, Общества инженеров кино и телевидения: SMPTE 274M, SMPTE 295M, SMPTE 421M, а также Европейского координационного комитета по связи: ETSI EH 300468

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2013

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины и определения и сокращения . . . 2
4 Цифровая система телевидения высокой четкости . . . 3
4.1 Тракты и звенья цифровой системы телевидения высокой четкости со сжатием цифрового потока 3
4.2 Основные параметры цифровых систем телевидения высокой четкости . . . 4
5 Кодирование цифровых телевизионных сигналов для сжатия цифрового потока . . . 5
5.1 Рекомендуемые профили и уровни стандартов (методов) сжатия цифрового потока ТВЧ . . . 5
5.2 Пакетированный элементарный поток . . . 12
5.3 Транспортный поток . . . 19
6 Методы измерений параметров цифрового транспортного потока телевидения высокой четкости . . 38
6.1 Передача цифрового транспортного потока телевидения высокой четкости . . . 38
6.2 Методы измерений параметров структуры и синтаксиса цифрового транспортного потока . . . 38
6.3 Основные требования к аппаратуре для измерения параметров структуры и синтаксиса цифрового транспортного потока . . . 41
Приложение А (справочное) Принципы кодирования сигналов ЦТВЧ-2,3 по стандарту MPEG-2 . . . 42
А.1 Общая схема кодирования/декодирования видеосигналов . . . 42
А.2 Форматы субдискретизации цвета . . . 43
А.3 Иерархия структурных элементов кодирования MPEG-2 . . . 44
А.4 Внутрикадровое кодирование . . . 44
А.5 Кодирование с предсказанием вперед . . . 49
А.6 Кодирование с двунаправленным предсказанием . . . 56
А.7 Перестановка кадров (полей) . . . 58
Приложение Б (справочное) Основные особенности кодирования сигналов ЦТВЧ по ИСО/МЭК 14496-10 59
Приложение В (справочное) Особенности кодирования сигналов ЦТВЧ по стандарту VC-1 . . . 62
Приложение Г (справочное) Общие принципы кодирования сигналов ЦТВЧ по технологии EVC . . . 64
Приложение Д (рекомендуемое) Перечень средств измерений и технологического оборудования . . 66
Библиография . . . 67

Введение

Настоящий стандарт устанавливает общие правила объединения одного или более элементарных потоков видеоданных, звука и дополнительных данных в единый цифровой поток телевидения высокой четкости, предназначенный для архивирования или передачи.

В настоящем стандарте учтены основные нормативные положения международных стандартов и документов [1] — [15], а также национальных стандартов Российской Федерации по цифровому телевидению высокой четкости.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ТЕЛЕВИДЕНИЯ ВЫСОКОЙ ЧЕТКОСТИ. КОДИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ СЖАТИЯ ЦИФРОВОГО ПОТОКА

Digital high-definition television. Coding of digital television signals for compressing of digital transport stream

Дата введения — 2013—04—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на системы цифрового телевидения высокой четкости и определяет:

- основные особенности структуры пакетированного элементарного потока в цифровых системах телевидения высокой четкости;
- синтаксис цифрового транспортного потока;
- методы измерения параметров цифрового транспортного потока;
- общие требования к средствам измерения параметров цифрового транспортного потока.

Настоящий стандарт охватывает семейство различных методов сжатия, совместимых по структуре транспортного потока и получивших наиболее широкое распространение.

Примечание — Настоящий стандарт не рассматривает элементы цифрового программного потока ИСО/МЭК 13818-1/ МСЭ-Т Н.222.0 [1].

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 52210—2004 Телевидение вещательное цифровое. Термины и определения

ГОСТ Р 52592—2006 Тракт передачи сигналов цифрового вещательного телевидения. Звенья тракта и измерительные сигналы. Общие требования

ГОСТ Р 53527—2009 Телевидение вещательное цифровое. Требования к реализации системы ограничения доступа DVB SIMULCRYPT на головных станциях. Основные параметры. Технические требования

ГОСТ Р 53528—2009 Телевидение вещательное цифровое. Требования к реализации протокола высокоскоростной передачи информации DSM-CC. Основные параметры

ГОСТ Р 53531—2009 Телевидение вещательное цифровое. Требования к защите информации от несанкционированного доступа в сетях кабельного и наземного телевизионного вещания. Основные параметры. Технические требования

ГОСТ Р 53533—2009 Цифровое телевидение высокой четкости. Основные параметры цифровых систем телевидения высокой четкости. Общие требования

ГОСТ Р 53534—2009 Цифровое телевидение высокой четкости. Измерительные сигналы. Методы измерений. Общие требования

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 52210, за исключением следующих уточненных и/или сокращенных формулировок:

- программа по расписанию вместо «фрагмент телевизионной программы (event)». Термин «event» по ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0 означает программу с конкретным временем начала и окончания;
- кадр и поле вместо «псевдокадр (picture)», «псевдокадр-поле (field-picture)» и «псевдокадр-кадр (frame-picture)». Структурной единицей кодирования может быть как поле, так и кадр;
- группа кадров вместо «группа псевдокадров (group of picture)». В соответствии с ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0 при кодировании полей в группу включаются пары полей, образующих кадры;
- прогноз вместо «предсказанные значения» или оценки предсказания.

3.2 В настоящем стандарте приняты следующие сокращения:

ВОП (PCR) — временные отметки программы;
ВОПР — расширение временных отметок программы;
ДЭП — дескриптор элементарного потока;
ЕККС (ETSI) — Европейский институт стандартизации в области электросвязи;
ЗТ (ST) — заполняющая таблица;
ИВОП (OPCR) — исходные временные отметки программы;
ИВОПР — расширение исходных временных отметок программы;
ИС (table ID) — идентификатор секции;
ИТП (PID) — идентификатор транспортного пакета;
МВДК (DTS) — метка времени декодирования;
МВДКП — метка времени декодирования для подключаемого потока;
МВП (PTS) — метка времени представления;
МВЭП — метка времени элементарного потока;
МВЭПР — расширение метки времени элементарного потока;
ОДКП — обратное (двумерное) дискретное косинусное преобразование;
ПД — программный дескриптор;
ПДКП — прямое (двумерное) дискретное косинусное преобразование;
ПЗИ (PSI) — программно-зависимая информация;
ПНМ (MIP) — пакет начала мегафрейма;
ПОР — преобразование с ограниченной разрядностью;
ПУСД (MAC) — пакет управления средствами доступа;
ПЭП (PES) — пакетированный элементарный поток;
РС — радиосигнал;
СИ (SI) — служебная информация;
СЭП — скорость элементарного потока;
ТВД (TDT) — таблица времени и даты;
ТВП (PAT) — таблица взаимосвязи программ;
ТВЧ — телевидение высокой четкости;
ТИВ (SIT) — таблица информации о выборе;
ТИК (CIT) — таблица идентификаторов контента;
ТИПР (EIT) — таблица информации о программах по расписанию;
ТИР (DIT) — таблица информации о разрывах;
ТОПП (BAT) — таблица объединения пакета программ;
ТОД (CAT) — таблица ограничения доступа;
ТОП (SDT) — таблица описания программ;
ТОТП (TSDT) — таблица описания транспортного потока;
ТРА (RNT) — таблица уведомлений разрешения архивации;
ТСВ (TOT) — таблица смещения времени;
ТСИ (NIT) — таблица сетевой информации;
ТСП (PMT) — таблица состава программы;
ТСПР (RST) — таблица состояния программ по расписанию;
ТСС (NST) — таблица состояния сети;
ТУЗИС (IPMP CIT) — таблица управления и защиты интеллектуальной собственности;

УНС (Pointer field) — указатель начала секции;
ЦП — цифровой поток;
ЦТВ (DVB) — цифровое телевизионное вещание;
ЦТВЧ — цифровое телевидение высокой четкости;
ЦТП — цифровой транспортный поток;
ЦТС — цифровые телевизионные сигналы;
ЭП (ES) — элементарный поток;
ATSC — комитет по системам перспективного телевидения;
AVC — улучшенное видеокодирование;
CABAC — контекстно адаптивное арифметическое кодирование;
CAVLC — контекстно адаптивное кодирование переменной длины;
EVC — эффективное видеокодирование;
IPMP — управление и защита интеллектуальной собственности;
MPEG — Международная экспертная группа по движущимся изображениям;
SEI — дополнительная информация по улучшению качества;
SMPTE — общество инженеров кино и телевидения;
VC — видеокодирование.

3.3 Системой телевидения высокой четкости (ТВЧ) называется телевизионная система, параметры которой выбраны исходя из расстояния наблюдения, равного трем высотам наблюдаемого изображения.

3.4 Цифровой системой телевидения высокой четкости (ЦТВЧ) называется телевизионная система высокой четкости, которая для передачи изображений использует цифровое представление телевизионного сигнала.

4 Цифровая система телевидения высокой четкости

4.1 Тракты и звенья цифровой системы телевидения высокой четкости со сжатием цифрового потока

Цифровая система телевидения высокой четкости (ЦТВЧ) со сжатием сигналов содержит следующие основные тракты и звенья (рисунок 1):

- источник цифровых сигналов изображения, в котором происходит преобразование оптического сигнала изображения высокой четкости в цифровые электрические сигналы изображения, их обработка и сжатие цифрового потока;
- мультиплексор программы, объединяющий различные виды данных (сжатых изображения и звука, дополнительных данных) с формированием цифрового транспортного потока, содержащего одну телевизионную программу;
- мультиплексор транспортных потоков, объединяющий несколько телевизионных программ и добавляющий служебную информацию в многопрограммный цифровой транспортный поток;
- тракт передачи цифрового транспортного потока;
- демультиплексор, в котором производится анализ служебной информации транспортного потока и демультиплексирование данных;
- тракт декодирования и воспроизведения изображения.

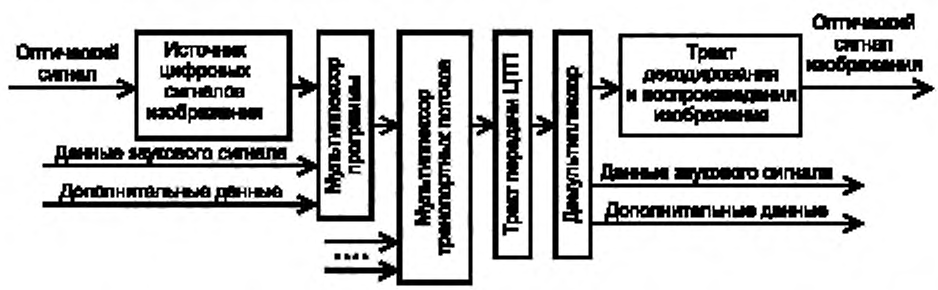


Рисунок 1 — Цифровая система телевидения высокой четкости со сжатием цифрового потока

Источник цифровых сигналов изображения состоит из двух звеньев (рисунок 2):

- звено тракта источника сигналов цифрового телевидения высокой четкости без сжатия цифрового потока;
- звено тракта источника сигналов цифрового телевидения высокой четкости со сжатием цифрового потока.



Рисунок 2 — Звенья тракта источника цифровых сигналов изображения

В составе элементарного потока (ЭП) должна передаваться информация о параметрах разложения в источнике цифровых телевизионных сигналов высокой четкости и о формате кадра. Дополнительно может передаваться информация об основных цветах приемника, матричных коэффициентах преобразования цветов и некоторых других параметрах.

4.2 Основные параметры цифровых систем телевидения высокой четкости

В настоящем стандарте рассматриваются системы телевидения высокой четкости с параметрами, приведенными в таблицах 1, 2.

Таблица 1 — Системы телевидения высокой четкости

Система	Частота кадров, Гц	Частота полей, Гц	Вид разложения	Полное число строк	Частота дискретизации сигналов яркости, МГц	Формат субдискретизации цвета
ЦТВЧ-2	25	50	Чересстрочный	1250	74,25	4:2:2
ЦТВЧ-3	25	—	Построчный	1250	74,25	4:2:2

Таблица 2 — Номинальные параметры телевизионного изображения

Параметр	Значения параметров для систем	
	ЦТВЧ-2 1250/50/2:1	ЦТВЧ-3 1250/25/1.1
Порядок сканирования	слева направо, сверху вниз	
	первая строка первого поля выше первой строки второго поля	—
Разложение	Чересстрочное 2:1	Построчное 1:1
Частота полей, Гц	50	—
Частота кадров, Гц	25	
Полное число строк	1250	
Активное число строк в кадре	1152 (для формата кадра 15:9) или 1080 (для 16:9)	
Число активных элементов изображения в строке	1920	
Формат кадра	15:9 или 16:9	
Строчная частота, Гц	31250	

Окончание таблицы 2

Параметр	Значения параметров для систем	
	ЦТВЧ-2 1250/50/2.1	ЦТВЧ-3 1250/25/1·1
Частота дискретизации сигналов яркости, МГц	74,25	
Частота дискретизации цветоразностных сигналов, МГц	37,125	
Число отсчетов в полной строке - *R, G, B, Y* - C_B, C_R	 2376 1188	

5 Кодирование цифровых телевизионных сигналов для сжатия цифрового потока

5.1 Рекомендуемые профили и уровни стандартов (методов) сжатия цифрового потока ТВЧ

Кодирование цифровых сигналов телевидения высокой четкости выполняют с использованием стандартов (методов) сжатия MPEG-2 (ИСО/МЭК 13818-2/МСЭ-Т Н.262), AVC (ИСО/МЭК 14496-10/МСЭ-Т Н.264), MPEG-4 (ИСО/МЭК 14496-2), VC-1 (SMPTE 421M), EVC. Применение иных (альтернативных) методов сжатия допускается при условии соблюдения требований 5.2, 5.3 настоящего стандарта.

5.1.1 Профили и уровни MPEG-2 (ИСО/МЭК 13818-2/ МСЭ-Т Н.262)

При сжатии сигналов ЦТВЧ-2 и ЦТВЧ-3 по стандарту MPEG-2 рекомендуется использовать профили и уровни, параметры которых приведены в таблице 3.

Для целей вещания предпочтительно использование профилей «Основной», «Пространственно масштабируемый», «Высокий» и «Многоракурсный» с уровнями «Высокий» и «Высокий 1440».

Синтаксис элементарного потока MPEG-2 должен соответствовать требованиям стандарта ИСО/МЭК 13818-2/ МСЭ-Т Н.262 [2].

Таблица 3 — Основные параметры профилей и уровней MPEG-2 для систем ЦТВЧ-2, 3

Параметр	Уровень	Профиль				
		Основной	Пространственно масштабируемый	Высокий	4:2:2	Многоракурсный
Число активных отсчетов в строке	"В"	1920	—	1920	1920	1920
	"В1440"	1440	1440	1440	—	1440
Число активных строк	"В"	1152 или 1080	—	1152 или 1080	1152 или 1080	1152 или 1080
	"В1440"	1152 или 1080	1152 или 1080	1152 или 1080	—	1152 или 1080
Формат субдискретизации цвета	"В" и "В1440"	4:2:0	4:2:0	4:2:0 и 4:2:2	4:2:0 и 4:2:2	4:2:0
Идентификатор формата кадра	"В"	'0001'	'0001'	'0001'	'0001'	'0001'
Максимальная скорость сжатого потока, Мбит/с	"В1440"	'0001', '0010' и '0101'	'0001', '0010' и '0101'	'0001', '0010' и '0101'	'0001', '0010' и '0101'	'0001', '0010' и '0101'
	"В"	80	—	100	300	130 (стерео)
Максимальный объем сжатых данных макроблока, бит	"В"	60	60	80	—	100 (стерео)
	"В" и "В1440"	4608	4608	4608 (4:2:0) 6144 (4:2:2)	4608 (4:2:0) не ограничен (4:2:2)	4608

Окончание таблицы 3

Параметр	Уровень	Профиль				
		Основной	Пространственно масштабируемый	Высокий	4.2:2	Многоракурсный
Диапазон значений векторов движения	"В" и "В1440"	от –128 до 127,5	от –128 до 127,5	от –128 до 127,5	от –128 до 127,5	от –128 до 127,5
Разрядность постоянной составляющей, бит	"В" и "В1440"	от 8 до 10	от 8 до 10	от 8 до 11	от 8 до 11	от 8 до 10

Примечания

1 Обозначение уровней: "В" — «Высокий», "В1440" — «Высокий 1440».

2 Значение числа строк (1152) увеличено по сравнению с рекомендованным значением 1088 стандарта ИСО/МЭК 13818-2/МСЭ-Т Н.262.

3 Идентификатор формата кадра "0001" соответствует передаче любого формата кадра при условии сохранения формата элемента изображения 1:1 (квадратного пикселя). Идентификатор "0010" используется при формате изображения 4:3. Идентификатор формата кадра "0101", используемый в настоящем стандарте для уровня "Высокий 1440" и означающий соотношение сторон изображения 15:9, в ИСО/МЭК 13818-2/МСЭ-Т Н.262 не рассматривается.

4 Максимальный объем данных макроблока, приведенный в таблице, может быть превышен, но не более чем для двух макроблоков в слайсе.

5 Для многоракурсного профиля базовый поток данных (от левой камеры) использует параметры основного профиля. Дополнительный поток (от правой камеры) кодируется с применением масштабирования во времени и гибридного предсказания движения.

Обзор принципов кодирования цифровых телевизионных сигналов ЦТВЧ-2, 3 по стандарту MPEG-2 приведен в приложении А.

5.1.2 Профили и уровни MPEG-4

Для кодирования естественных сцен могут использоваться 2 профиля: основной (Main) и повышенной степени сжатия (Advanced Coding Efficiency) уровня 4. Максимальная скорость сжатого элементарного потока — 38,4 Мбит/с.

Для кодирования синтетических и смешанных сцен могут применяться несколько профилей и уровней, параметры которых приведены в таблице 4.

Таблица 4 — Основные параметры профилей и уровней MPEG-4 при кодировании синтетических и смешанных сцен для систем ЦТВЧ-2, 3

Параметр	Профиль	Уровень	Значение
Максимальное число декомпозиций вейвлет-анализа	Масштабируемый текстурный и расширенный масштабируемый текстурный	L2	10
		L3	8
Максимальное число битовых плоскостей для постоянной составляющей	Масштабируемый текстурный и расширенный масштабируемый текстурный	L2	18
		L3	16
Максимальная скорость сжатого потока, кбит/с	Простая анимация лиц	L2	32
	Простая анимация лиц и фигур	L2	64
	Основная анимация текстур	L2	128

Синтаксис элементарного потока MPEG-4 должен соответствовать требованиям стандарта ИСО/МЭК 14496-2 [3].

5.1.3 Профили и уровни AVC

При сжатии сигналов ЦТВЧ-2 и ЦТВЧ-3 рекомендуется использовать уровни стандарта AVC (ИСО/МЭК 14496-10/ МСЭ-Т Н.264 [4]), параметры которых с уточнениями, принятыми в ETSI TS 101154 [11] и в настоящем стандарте, приведены в таблице 5.

Таблица 5 — Основные параметры уровней AVC для систем ЦТВЧ-2, 3

Параметр	Уровень				
	4	4.1	4.2	5	5.1
Число активных отсчетов в кадре	2211840 (для формата кадра 15:9) или 2073600 (для 16:9)				
Максимальное число активных отсчетов в кадре по ИСО/МЭК 14496-10/МСЭ-Т Н.264	2097152	2097152	2228224	5652480	9437184
Скорость входного потока, элементов изображения в секунду	55296000 (для формата кадра 15:9) или 51840000 (для 16:9)				
Максимальная скорость входного потока элементов изображения в секунду по ИСО/МЭК 14496-10/МСЭ-Т Н.264	62914560	62914560	133693440	150994944	251658240
Число активных отсчетов в строке	1920	1920	1920	1920	1920
Максимальное число активных отсчетов в строке по ИСО/МЭК 14496-10/МСЭ-Т Н.264	4096	4096	4222	6724	8688
Число активных строк	1152 (для формата кадра 15:9) или 1080 (для 16:9)				
Максимальное число активных строк по ИСО/МЭК 14496-10/МСЭ-Т Н.264	4096	4096	4222	6724	8688
Диапазон значений векторов движения в вертикальном направлении	от –512 до 511,75				

Примечания

1 В соответствии с ИСО/МЭК 14496-10/МСЭ-Т Н.264 [4] произведение максимального числа активных отсчетов в строке на число активных строк должно быть меньше или равно максимальному числу активных отсчетов в кадре. Значение числа активных отсчетов в кадре для уровней 4 и 4.1 увеличено по сравнению с максимально допустимым, рекомендованным стандартом ИСО/МЭК 14496-10/ МСЭ-Т Н.264, поскольку соответствующая скорость входного потока меньше максимально возможной для этих уровней.

2 Значения векторов движения в горизонтальном направлении для всех профилей и уровней не должны быть меньше – 2048 и больше 2047,75. Вектор, указывающий на опорный фрагмент, находящийся за пределами изображения, продлевается с противоположной стороны кадра.

Параметры рекомендуемых к применению профилей AVC приведены в таблице 6.

Таблица 6 — Основные параметры профилей AVC для систем ЦТВЧ-2, 3

Профиль	Параметр						
	Тип слайсов	Энтропийное кодирование	Раздельное кодирование полей	Формат субдискретизации цвета	Число слайсов в кадре	Размеры преобразуемых блоков данных	Разрядность входных отсчетов, бит
Базовый	I и P	CAVLC	нет	4:2:0	от 1 до 8	4×4	8
Базовый ограниченный	I, P	CAVLC	нет	4:2:0	1	4×4	8
Масштабируемый базовый	I, P, EI, EP, EB	CAVLC	нет	4:2:0	от 1 до 8	4×4	8
Основной	I, B, P	CAVLC, CABAC	есть	4:2:0	1	4×4	8
Расширенный	I, B, P, SI, SP	CAVLC	есть	4:2:0	от 1 до 8	4×4	8
Высокий	I, B, P	CAVLC, CABAC	есть	4:2:0 и 4:0:0	1	4×4, 8×8	8
Масштабируемый высокий	I, B, P, EI, EP, EB	CAVLC, CABAC	для уровней 4 и 4.1	4:2:0	1	4×4, 8×8	8
Масштабируемый высокий внутрикадровый	I, EI	CAVLC, CABAC	для уровней 4 и 4.1	4:2:0	1	4×4, 8×8	8
Высокий 10	I, B, P	CAVLC, CABAC	для уровней 4 и 4.1	4:2:0 и 4:0:0	1	4×4, 8×8	от 8 до 10
Высокий 4:2:2	I, B, P	CAVLC, CABAC	для уровней 4 и 4.1	4:2:0, 4:2:2 и 4:0:0	1	4×4, 8×8	от 8 до 10
Высокий 4:4:4 с предсказанием	I, B, P	CAVLC, CABAC	для уровней 4 и 4.1	4:2:0, 4:2:2, 4:4:4 и 4:0:0	1	4×4, 8×8	от 8 до 14
Высокий 10 внутрикадровый	I	CAVLC, CABAC	для уровней 4 и 4.1	4:2:0 и 4:0:0	1	4×4, 8×8	от 8 до 10
Высокий 4:2:2 внутрикадровый	I	CAVLC, CABAC	для уровней 4 и 4.1	4:2:0, 4:2:2 и 4:0:0	1	4×4, 8×8	от 8 до 10
Высокий 4:4:4 внутрикадровый	I	CAVLC, CABAC	для уровней 4 и 4.1	4:2:0, 4:2:2, 4:4:4 и 4:0:0	1	4×4, 8×8	от 8 до 14
CAVLC 4:4:4 внутрикадровый	I	CAVLC	для уровней 4 и 4.1	4:2:0, 4:2:2, 4:4:4 и 4:0:0	1	4×4, 8×8	от 8 до 14
Многоракурсный высокий	I, B, P	CAVLC, CABAC	нет	4:2:0 и 4:0:0	1	4×4, 8×8	8
Базовый	I и P	CAVLC	нет	4:2:0	от 1 до 8	4×4	8
Базовый ограниченный	I, P	CAVLC	нет	4:2:0	1	4×4	8

Окончание таблицы 6

Профиль	Параметр						
	Тип слайсов	Энтропийное кодирование	Раздельное кодирование полей	Формат субдискретизации цвета	Число слайсов в кадре	Размеры преобразуемых блоков данных	Разрядность входных отсчетов, бит
Базовый ограниченный	I, P	CAVLC	нет	4:2:0	1	4×4	8
Масштабируемый базовый	I, P, EI, EP, EB	CAVLC	нет	4:2:0	от 1 до 8	4×4	8
Основной	I, B, P	CAVLC, CABAC	есть	4:2:0	1	4×4	8
Расширенный	I, B, P, SI, SP	CAVLC	есть	4:2:0	от 1 до 8	4×4	8
Высокий	I, B, P	CAVLC, CABAC	есть	4:2:0 и 4:0:0	1	4×4, 8×8	8
Масштабируемый высокий	I, B, P, EI, EP, EB	CAVLC, CABAC	для уровней 4 и 4.1	4:2:0	1	4×4, 8×8	8
Масштабируемый высокий внутрикадровый	I, EI	CAVLC, CABAC	для уровней 4 и 4.1	4:2:0	1	4×4, 8×8	8
Высокий 10	I, B, P	CAVLC, CABAC	для уровней 4 и 4.1	4:2:0 и 4:0:0	1	4×4, 8×8	от 8 до 10
Высокий 4:2:2	I, B, P	CAVLC, CABAC	для уровней 4 и 4.1	4:2:0, 4:2:2 и 4:0:0	1	4×4, 8×8	от 8 до 10
Высокий 4:4:4 с предсказанием	I, B, P	CAVLC, CABAC	для уровней 4 и 4.1	4:2:0, 4:2:2, 4:4:4 и 4:0:0	1	4×4, 8×8	от 8 до 14
Высокий 10 внутрикадровый	I	CAVLC, CABAC	для уровней 4 и 4.1	4:2:0 и 4:0:0	1	4×4, 8×8	от 8 до 10
Высокий 4:2:2 внутрикадровый	I	CAVLC, CABAC	для уровней 4 и 4.1	4:2:0, 4:2:2 и 4:0:0	1	4×4, 8×8	от 8 до 10
Высокий 4:4:4 внутрикадровый	I	CAVLC, CABAC	для уровней 4 и 4.1	4:2:0, 4:2:2, 4:4:4 и 4:0:0	1	4×4, 8×8	от 8 до 14
CAVLC 4:4:4 внутрикадровый	I	CAVLC	для уровней 4 и 4.1	4:2:0, 4:2:2, 4:4:4 и 4:0:0	1	4×4, 8×8	от 8 до 14
Многоракурсный высокий	I, B, P	CAVLC, CABAC	нет	4:2:0 и 4:0:0	1	4×4, 8×8	8
Стерео высокий	I, B, P	CAVLC, CABAC	для уровней 4 и 4.1	4:2:0 и 4:0:0	1	4×4, 8×8	8

Примечания

1 Для базового, базового ограниченного и масштабируемого базового слоев взвешенное предсказание не используется.

2 При чересстрочном разложении для некоторых профилей может применяться раздельное кодирование полей. Основным вариантом кодирования является покадровое.

Максимальные скорости потока для разных профилей и уровней приведены в таблице 7.

Таблица 7 — Максимальные скорости потока AVC для различных профилей и уровней, применяемых при кодировании сигналов систем ЦТВЧ-2, 3

Профиль	Скорость (Мбит/с) для уровней				
	4	4.1	4.2	5	5 1
Базовый, базовый ограниченный, основной, расширенный	20	50	50	135	240
Высокий, масштабируемый базовый, масштабируемый высокий, масштабируемый высокий внутрикадровый, стерео высокий, многоракурсный высокий	25	62,5	62,5	168,75	300
Высокий 10, высокий 10 внутрикадровый	60	150	150	405	720
Высокий 4:2:2, высокий 4:4:4 с предсказанием, высокий 10 внутрикадровый, высокий 4:2:2 внутрикадровый, высокий 4:4:4 внутрикадровый, CAVLC 4:4:4 внутрикадровый	80	200	200	540	960

Для целей вещания рекомендуется использовать профили и уровни, приведенные в таблице 8.

Таблица 8 — Профили и уровни AVC, рекомендуемые для кодирования сигналов систем ЦТВЧ-2, 3 в целях вещания

Профиль	Уровень		
	4	4.1	4.2
Высокий	ЦТВЧ-2, ЦТВЧ-3	ЦТВЧ-2, ЦТВЧ-3	ЦТВЧ-2, ЦТВЧ-3
Высокий 10	ЦТВЧ-2, ЦТВЧ-3	ЦТВЧ-2, ЦТВЧ-3	ЦТВЧ-3
Масштабируемый высокий	ЦТВЧ-2, ЦТВЧ-3	ЦТВЧ-2, ЦТВЧ-3	ЦТВЧ-3
Стерео высокий	ЦТВЧ-2, ЦТВЧ-3	ЦТВЧ-2, ЦТВЧ-3	ЦТВЧ-3

Синтаксис элементарного потока AVC должен соответствовать требованиям стандарта ИСО/МЭК 14496-10/МСЭ-Т Н.264 [4].

Краткие сведения об особенностях кодирования сигналов ЦТВЧ-2, ЦТВЧ-3 по стандарту AVC приведены в приложении Б.

5.1.4 Профили и уровни VC-1

Параметры профилей и уровней VC-1, применяемых при кодировании сигналов ЦТВЧ-2 и ЦТВЧ-3, приведены в таблице 9.

Для целей вещания рекомендуется использовать "Основной профиль, высокий уровень" и "Улучшенный профиль, уровень 3".

Синтаксис элементарного потока VC-1 должен соответствовать требованиям стандарта SMPTE 421M [9].

Таблица 9 — Параметры профилей и уровней VC-1 для систем ЦТВЧ-2, 3

Параметр	Профиль и уровень		
	Основной профиль, высокий уровень (код 0x53)	Улучшенный профиль, уровень 3 (код 0x94)	Улучшенный профиль, уровень 4 (код 0x95)
Число активных отсчетов в кадре	2211840 (для формата кадра 15:9) или 2073600 (для 16:9)		
Максимальное число активных отсчетов в кадре по SMPTE 421M	2097152	2097152	4194304
Скорость входного потока, элементов изображения в секунду	55296000 (для формата кадра 15:9) или 51840000 (для 16:9)		

Окончание таблицы 9

Параметр	Профиль и уровень		
	Основной профиль, высокий уровень (код 0x53)	Улучшенный профиль, уровень 3 (код 0x94)	Улучшенный профиль, уровень 4 (код 0x95)
Максимальная скорость входного потока по SMPTE 421M, элементов изображения в секунду	62914560	62914560	125829120
Число активных отсчетов в строке	1920		
Число активных строк	1152 (для формата кадра 15:9) или 1080 (для 16:9)		
Применение для систем	ЦТВЧ-3	ЦТВЧ-2,3	ЦТВЧ-2,3
Максимальная скорость сжатого потока, Мбит/с	20	45	135
Диапазон значений векторов движения в горизонтальном направлении	от –1024 до 1023,75		
Диапазон значений векторов движения в вертикальном направлении	от –256 до 255,75		
Примечание — В соответствии с SMPTE 421M произведение максимального числа активных отсчетов в строке на число активных строк должно быть меньше или равно максимальному числу активных отсчетов в кадре. Значение числа активных отсчетов в кадре увеличено по сравнению с максимально допустимым рекомендованным стандартом SMPTE 421M, поскольку соответствующая скорость входного потока оказывается меньше максимально возможной.			

Краткие сведения об особенностях кодирования сигналов ЦТВЧ-2, 3 по стандарту VC-1 приведены в приложении В.

5.1.5 Профили и уровни EVC

Параметры профилей и уровней EVC, рекомендуемых для кодирования сигналов ЦТВЧ-2 и ЦТВЧ-3, приведены в таблице 10.

Таблица 10 — Параметры профилей и уровней EVC для систем ЦТВЧ-2, 3

Параметр	Уровень	Профиль		
		Архивный	Основной	Малой задержки
Группа кадров	Основной	от 1 до 8	от 1 до 8	от 1 до 4
	Простой	от 1 до 4	от 1 до 4	от 1 до 2
Разложение	Основной и простой	Прогрессивное, чересстрочное	Прогрессивное, чересстрочное	Чересстрочное
Адаптивное расщепление	Основной	есть	есть	нет
	Простой	есть	нет	нет
Скорость	Основной и простой	Переменная	Переменная, постоянная	Переменная, постоянная

Информация о применяемых профилях и уровнях EVC передается в пакетированном элементарном потоке.

Краткие сведения об общих принципах кодирования сигналов ЦТВЧ по технологии EVC приведены в приложении Г.

5.2 Пакетированный элементарный поток

Сжатые элементарные цифровые потоки сигналов изображения и звука с целью их единой привязки по времени к началу декодирования и воспроизведения преобразуются в пакетированные элементарные потоки (ПЭП). Пакетирование может осуществляться также для дополнительных данных, в частности для данных, требующих единой шкалы времени с видео и/или звуком. Длина пакетов в потоке может быть переменной, но всегда равна целому числу байтов. В последовательности байтов старшим считается первый во времени или в файле. При необходимости побитовой передачи ПЭП первым передается старший бит.

В общем случае пакет ПЭП состоит из двух заголовков и данных (рисунок 3).

Основной заголовок			Дополнительный заголовок и данные
Стартовый префикс 0x000001	Идентификатор потока (0xBC...0xFF)	Длина пакета	
3 байта	1 байт	2 байта	Число байтов равно значению поля «Длина пакета»

Рисунок 3 — Обобщенная структура пакета ПЭП

Идентификатор потока (четвертый байт основного заголовка) определяет тип ПЭП и уточняет структуру пакета. Шестнадцатеричные значения идентификаторов и их соответствие типам ПЭП (типам данных) приведены в таблице 11. Значения идентификаторов от 0x00 до 0xBB не используются, поскольку битовые последовательности от 0x00000100 до 0x000001BB являются стартовыми кодами, которые служат для разделения сжатых видеоданных в элементарных потоках MPEG-2, MPEG-4, AVC и VC-1 на отдельные смысловые группы (элементы доступа).

Пакетированным элементарным цифровым потокам, содержащим видеоданные, сжатые в соответствии со стандартами MPEG-2, MPEG-4 и AVC, присваиваются идентификаторы из диапазона от 0xE0 до 0xEF. Пакетированный элементарный цифровой поток VC-1 или EVC должен иметь идентификатор 0xFD.

Значение поля «Длина пакета», равное нулю, означает, что пакет имеет произвольную длину, а его окончание фиксируется при обнаружении основного заголовка нового пакета ПЭП. В связи с этим поле «Длина пакета» с нулевым значением не должно использоваться при наличии в пакете собственных данных, фрагмент которых может быть интерпретирован декодером как заголовок нового пакета ПЭП.

Таблица 11 — Идентификация пакетированных элементарных потоков

Значение идентификатора потока	Тип данных, содержащихся в пакете ПЭП
0xBC	Таблица состава программного потока (Program Stream)
0xBD	Частные данные 1-го типа (синхронные)
0xBE	Неинформативные (заполняющие) данные
0xBF	Частные данные 2-го типа (асинхронные)
0xC0...0xDF	Сжатые звуковые данные
0xE0...0xEF	Видеоданные, сжатые в соответствии с ИСО/МЭК 13818-2/МСЭ-Т Н.262, ИСО/МЭК 14496-2, ИСО/МЭК 14496-10/МСЭ-Т Н.264
0xF0	Информация об управляющих словах (при ограничении доступа) — ECM
0xF1	Информация о санкционированном приеме (при ограничении доступа) — EMM
0xF2	Контрольная сумма или информация конфигурации и управления для высокоскоростной передачи информации
0xF3	Мультимедийные и гипермедийные данные по ИСО/МЭК 13818-1 Annex B
0xF4	Видеоданные MPEG-1, передаваемые через сети ATM

Окончание таблицы 11

Значение идентификатора потока	Тип данных, содержащихся в пакете ПЭП
0xF5	Звуковые данные, передаваемые через сети ATM
0xF6	Данные субканалов и синхронизации, передаваемые через сети ATM
0xF7	Данные, передаваемые через сети ATM
0xF8	Зарезервировано под данные, передаваемые через сети ATM
0xF9	Данные программного потока ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0
0xFA	Пакеты синхронизационного слоя MPEG-4
0xFB	Мультиплексированные пакеты (FlexMux) MPEG-4
0xFC	Метаданные
0xFD	Признак расширения (для идентификаторов потока, не вошедших в данный перечень)
0xFE	Зарезервирован
0xFF	Директорий программного потока

Детализированная структура пакета ПЭП представлена на рисунке 4.

Порядок следования и назначение флагов дополнительного заголовка приведены в таблице 12.

Все заполняющие байты дополнительного заголовка должны иметь одинаковое значение 0xFF, а их общее количество не должно превышать 32.

Поля, наличие которых определяется битами 9—16 флагов, размещаются в дополнительном заголовке ПЭП в той же последовательности, что и флаги.

Структура дополнительных полей данных МВП, МВДК и МВЭП показана на рисунке 4. Метки времени МВП[32:0], МВДК[32:0] и МВЭП[32:0] задают количество тактов единой опорной частоты 90 кГц, а расширение МВЭПР[8:0] — число тактов системной частоты 27 МГц по модулю 300. Частота 90 кГц формируется делением частоты 27 МГц на 300. Метки воспроизведения и декодирования включаются в состав дополнительного заголовка пакета, если в полезных данных этого пакета содержится начало соответствующего элемента доступа: кадра для MPEG-2, MPEG-4, VC-1; слайса-кадра для AVC; группы кадров для EVC. В целом совокупность меток времени являет собой механизм синхронизации потоков данных при их обработке в декодере.

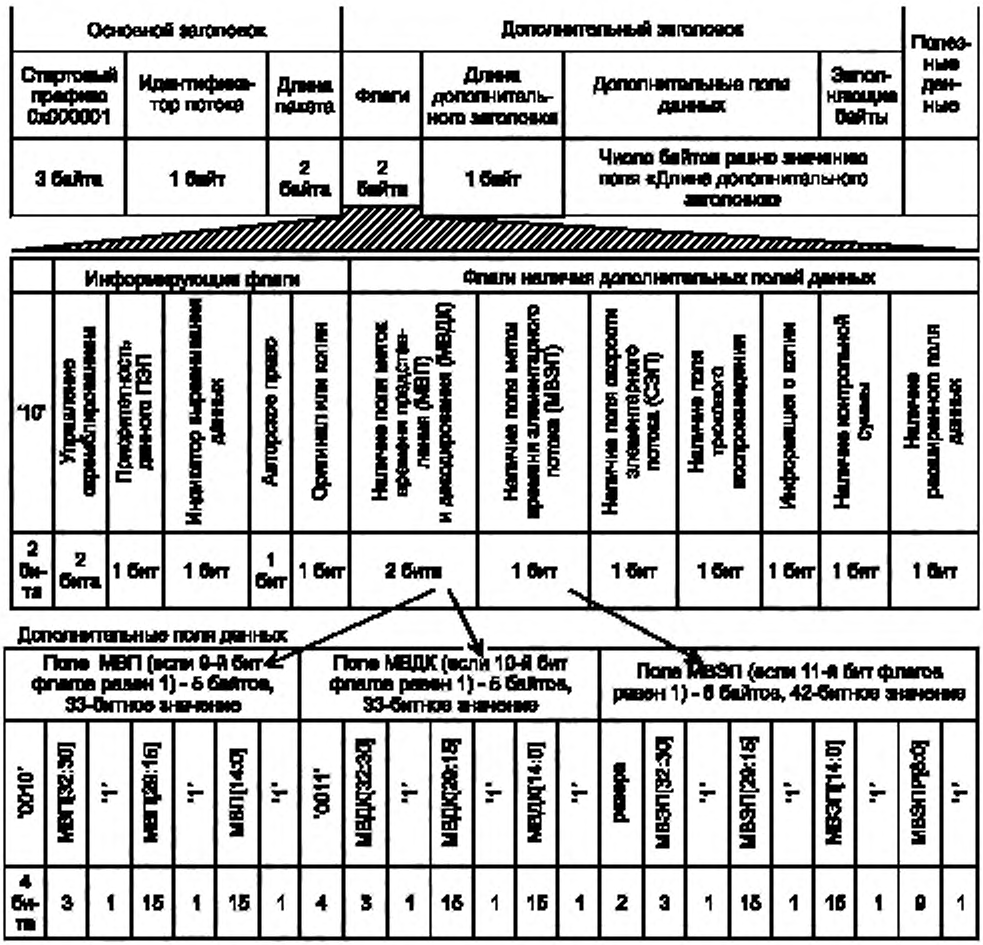


Рисунок 4 — Детализированная структура пакета ПЭП

Таблица 12 — Флаги дополнительного заголовка

Номер бита	Семантика флага	Примечание
1, 2	—	Фиксированный код '10'
3, 4	Управление скремблированием	'00' — полезные данные в ПЭП не скремблированы, '10' — скремблирование с четным ключом,'11' — скремблирование с нечетным ключом, '01' — резерв
5	Приоритетность ПЭП	ПЭП с флагом '1' более приоритетны
6	Индикатор выравнивания данных	Если флаг установлен, то полезные данные пакета начинаются с префикса элемента доступа
7	Авторское право	Если флаг установлен, то контент защищен авторскими правами
8	Оригинал или копия	Если флаг установлен, то полезные данные — оригинал
9, 10	Наличие меток времени представления (МВП) и декодирования (МВДК)	'00' — дополнительных полей МВП и МВДК нет, '10' — есть дополнительное поле МВП, '11' — имеются МВП и МВДК

Окончание таблицы 12

Номер бита	Семантика флага	Примечание
11	Наличие метки времени элементарного потока (МВЭП)	Если флаг установлен, то имеется дополнительное поле МВЭП
12	Наличие поля скорости элементарного потока (СЭП)	Если флаг установлен, то имеется дополнительное поле СЭП
13	Воспроизведение со спецэффектами	Если флаг установлен, то имеется 8-битовое поле трюкового воспроизведения
14	Информация о копии	Если флаг установлен, то имеется информация о копии
15	Наличие контрольной суммы	Если флаг установлен, то имеется контрольная сумма предыдущего пакета ПЭП
16	Наличие расширенного поля данных	Если флаг установлен, то после дополнительных полей данных, определенных предшествующими флагами (биты 1—15), следует расширенное поле данных

Примечания

1 Если поток формируется для вещательных целей, то поле МВЭП не обязательно, а трюковое воспроизведение не используется.

2 Скорость элементарного потока — 22-битовое число, обрамленное двумя маркерными (единичными) битами, выражает скорость ПЭП в единицах «50 байтов в секунду». Значение 0 не должно применяться. Если поток формируется для вещательных целей, поле СЭП не обязательно.

3 Дополнительная информация о копии начинается с единичного бита и заключена в следующих за ним 7 битах.

4 Контрольная сумма ранее переданного пакета ПЭП (с тем же идентификатором потока), занимающая 16 битов, вычисляется только для полезных данных при помощи полинома: $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$.

Структура дополнительного поля данных воспроизведения со спецэффектами для архивного применения показана на рисунке 5.

Расширенное поле данных позволяет в общем случае формировать и передавать пакетированные элементарные потоки, отличающиеся синтаксисом и семантикой от элементарных потоков, сформированных по стандартам MPEG-2, MPEG-4, AVC.

Поле воспроизведения со спецэффектами (если 13-й бит флагов установлен в '1')

Режим трюка	Биты управления		
3 бита	2 бита	1 бит	2 бита
'000' — быстрая перемотка вперед, '011' — быстрая перемотка назад	'00' — верхнее поле, '01' — нижнее поле, '10' — весь кадр	'1' — восстановить *I*-слайс	Число ненулевых трансформант: '00' — только постоянная составляющая, '01' — первые три, '10' — первые шесть, '11' — все
Замедленное воспроизведение: '001' — вперед, '100' — назад	Кратность повтора		
'010' — стоп-кадр	'00' — верхнее поле, '01' — нижнее поле, '10' — весь кадр	Резерв	
'101', '110', '111' — резерв	'11111' — резерв		

Рисунок 5 — Структура данных воспроизведения со спецэффектами (1 байт)

В системах ЦТВЧ-2 и ЦТВЧ-3 расширенное поле данных применяется в целях кодирования сигналов методами VC-1 и EVC. Указанное поле включается в состав пакетов ПЭП, основные заголовки которых содержат идентификатор потока 0xFD.

Структура расширенного поля данных показана на рисунке 6.

Флаги				Служебные данные (если 1-й бит флагов установлен в '1')	Второе расширенное поле данных (если 8-й бит флагов установлен в '1')			
Наличие служебных данных	Наличие полей программного или MPEG-1 потока	'111' (резерв)	Наличие 2-го расширенного поля данных		'1'	Длина 2-го расширенного поля	Расширенный идентификатор потока	Данные второго расширенного поля
Бит 1	Биты 2—4	Биты 5—7	Бит 8	128 битов	'1'	7 битов	8 битов	
1 байт				16 байтов	1 байт		Число байтов равно значению «Длина 2-го расширенного поля»	

Рисунок 6 — Структура расширенного поля данных

При кодировании сигналов ЦТВЧ-2 и ЦТВЧ-3 биты 2—4 флагов расширенного поля данных должны быть сброшены в '0'. Шестнадцатеричные значения расширенных идентификаторов должны находиться в диапазоне от 0x00 до 0x7F и использоваться в соответствии с рекомендациями ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0 [1]:

- 0x00 и 0x01 — для потоков управления и защиты интеллектуальной собственности (IPMP — Intellectual Property Management and Protection);
- 0x02...0x0F — для текстовых потоков,
- 0x10...0x1F — для дополнительных видеопотоков;
- 0x22...0x3F — для потоков данных;
- 0x40...0x7F — для элементарных потоков видеоданных, сжатых методами VC-1, EVC или иными альтернативными методами, а также для данных пользователя.

5.2.1 Пакетированные элементарные потоки MPEG-2, MPEG-4 и AVC

Наиболее распространенные (типовые) варианты пакетов ПЭП для стандартов сжатия MPEG-2, MPEG-4 и AVC показаны на рисунке 7.

А) Пакет ПЭП с метками МВП, МВДК и одним заполняющим байтом

Основной заголовок		Дополнительный заголовок					
Стартовый префикс и идентификатор потока	Длина пакета	Флаги	Длина дополнительного заголовка	МВП	МВДК	Заполняющий байт	Сжатые видеоданные
0x000001E0...0x000001EF	0x0000	0x81C0	0x0B			0xFF	
4 байта	2 байта	2 байта	1 байт	5 байтов	5 байтов	1 байт	Длина не определена

Б) Пакет ПЭП с меткой МВП

Основной заголовок		Дополнительный заголовок			
Стартовый префикс и идентификатор потока	Длина пакета	Флаги	Длина дополнительного заголовка	МВП	Сжатые видеоданные
0x000001E0...0x000001EF	0x0000	0x8180	0x05		
4 байта	2 байта	2 байта	1 байт	5 байтов	Длина не определена

В) Пакет ПЭП фиксированной длины только с полезными данными

Основной заголовок		Дополнительный заголовок		
Стартовый префикс и идентификатор потока	Длина пакета	Флаги	Длина дополнительного заголовка	Сжатые видеоданные
0x000001E0...0x000001EF	0x0803	0x8100	0x00	
4 байта	2 байта	2 байта	1 байт	2048 байтов

Рисунок 7 — Варианты пакетов ПЭП для стандартов сжатия MPEG-2, MPEG-4 и AVC

5.2.2 Пакетированный элементарный поток VC-1

Вариант пакета ПЭП с метками МВП и МВДК для улучшенного профиля стандарта кодирования VC-1 показан на рисунке 8.

Пакет ПЭП с метками МВП, МВДК для улучшенного профиля VC-1

Основной заголовок		Дополнительный заголовок								
Стартовый префикс и идентификатор потока	Длина пакета	Флаги	Длина дополнительного заголовка	МВП	МВДК	Расширенное поле данных				Сжатые видеоданные
						Флаги	Второе расширенное поле данных			
							1	Длина 2-го расширенного поля	Расширенный идентификатор потока	
0x000001FD	0x0000	0x81C1	0x0D			0x0F	0x81		0x55...0x5F	
4 байта	2 байта	2 байта	1 байт	5 байтов	5 байтов	1 байт	1 байт		1 байт	Длина не определена

Рисунок 8 — Вариант пакета ПЭП для стандарта кодирования VC-1

Для основного профиля VC-1 при наличии в полезных данных пакета ПЭП элемента доступа типа «Начало видеопоследовательности» первые 16 байтов поля «Полезные данные» должны содержать форматный заголовок (рисунок 9). Значения и семантика параметров кодирования, включаемых в состав форматного заголовка, приведены в таблице 13.

Если полезные данные пакета ПЭП начинаются новым кадром, который не является первым кадром видеопоследовательности, то форматный заголовок имеет длину 4 байта и состоит только из стартового кода кадра.

Полезные данные с элементом доступа типа «Начало видеопоследовательности»

Форматный заголовок					Сжатые видеоданные
Стартовый код видеопоследовательности	Число пар пикселов в строке кадра	Число пар строк в кадре	Параметры кодирования	Стартовый код кадра	
0x0000010F	0x0002...0x2000	0x0002... 0x2000		0x0000010D	
4 байта	2 байта	2 байта	4 байта	4 байта	

Рисунок 9 — Структура форматного заголовка

Таблица 13 — Параметры кодирования, передаваемые в составе форматного заголовка

Номера битов	Допустимые значения параметра	Значения параметра для систем ЦТВЧ-2,3	Семантика значений
1...4	'0000' или '0100'	'0100'	Основной профиль
5...7	'000'...'111'	'110'	Необходимая скорость последующей обработки, определяемая приближенной частотой кадров f = 2 + 4 · (*значение*) Гц. Если *значение* равно 7, то приближенная частота f = 30 Гц и более
8...12	'00000'...'11111'	'11111'	Необходимая скорость постобработки, определяемая приближенной скоростью потока v = 32 + 64 · (*значение*) кбит/с. Если (*значение*) равно 31, то приближенная скорость v = 2016 кбит/с и более

Окончание таблицы 13

Номера битов	Допустимые значения параметра	Значения параметра для систем ЦТВЧ-2,3	Семантика значений
13	'0' или '1'	'0' или '1'	'1' — используется фильтр обратной связи
14	'0'	'0'	
15	'0' или '1'	'0' или '1'	'1' — кодирование с переменной четкостью разрешено (*I*-кадров)
16	'1'	'1'	
17	'0' или '1'	'0' или '1'	'1' — векторы движения цветоразностных сигналов должны округляться до 1/2 или до целых
18	'0' или '1'	'0' или '1'	'1' — разрешены расширенные векторы движения для *P*- и *B*-кадров
19, 20	"00"..."10"	"00"..."10"	Размер шага квантования: '00' — единый для всего кадра, '10' — альтернативный для приграничных макроблоков, '01' — остальные случаи
21	'0' или '1'	'0' или '1'	'1' — для последовательности разрешен переменный размер блока (4×4,4×8,8×4,8×8)
22	'0'	'0'	
23	'0' или '1'	'0' или '1'	'1' — перед процедурой деблокинг-фильтрации должно осуществляться сглаживание на границах блоков
24	'0' или '1'	'0' или '1'	'1' — в элементарном потоке имеются синхронизационные коды
25	'0' или '1'	'0' или '1'	'1' — присутствие синтаксических элементов сужения динамического диапазона
26...28	'000'...'111'	'000'...'111'	Максимальное число *B*-кадров между *I*- или *P*-кадрами
29, 30	'00'...'11'	'00'...'11'	'00' — квантователь задан неявно на уровне кадров, '01' — квантователь задан явно, '10' — неравномерный квантователь для всех кадров, '11' — равномерный квантователь для всех кадров
31	'0' или '1'	'0' или '1'	'1' — элемент разрешения интерполяции по времени (с увеличением частоты кадров) присутствует в потоке
32	'1'	'1'	

5.2.3 Пакетированный элементарный поток EVC

Пример пакета ПЭП, содержащего видеоданные, сжатые методом EVC, показан на рисунке 10.

Заголовок		Дополнительный заголовок									Полезные данные
						Расширенное поле данных					
						Второе расширенное поле данных					
Стартовый префикс, идентификатор потока	Длина пакета	Флаги	Длина дополнительного заголовка	МВП	Флаги	1	Длина 2-го расширенного поля	Расширенный идентификатор потока	Профиль и уровень	Резерв	Сжатые видеоданные
0x000001FD	0x0000	0x8181	0x09		0x0F	0x82		0x60			
4 байта	2 байта	2 байта	1 байт	5 байтов	1 байт	1 байт		1 байт	3 бита	5 битов	Длина не определена

Рисунок 10 — Пример пакета ПЭП при кодировании сигналов ЦТВЧ-2,3 методом EVC

Профили и уровни EVC кодируются в соответствии с таблицей 14.

Таблица 14 — Кодирование профилей и уровней EVC

Уровень	Профиль		
	Архивный	Основной	Малой задержки
Основной	'000'	'010'	'100'
Простой	'001'	'011'	'101'

5.3 Транспортный поток

Каждый из пакетированных элементарных потоков разбивается на транспортные пакеты размером по 188 байтов. Последовательность транспортных пакетов образует транспортный поток. Объединение нескольких транспортных потоков с добавлением обобщающей служебной информации (СИ) осуществляется перемежением пакетов во времени (мультиплексированием).

Транспортный поток может объединять пакетированные элементарные потоки с единой временной базой, переносящие данные одной телепрограммы, или ПЭП нескольких программ с независимыми временными базами. В любом случае пакетированные элементарные потоки видео, звука и дополнительных данных (например, телетекст) разбиваются на фрагменты, равные по длине полезной нагрузке транспортного пакета (184 байта), с соблюдением следующих ограничений:

- первый байт каждого пакета ПЭП должен быть первым байтом полезной нагрузки транспортного пакета;
- каждый транспортный пакет может содержать данные не более чем одного пакета ПЭП;
- если длина пакета ПЭП, исчисляемая в байтах, не кратна 184, то полезная нагрузка одного из транспортных пакетов дополняется до 184 байтов данными поля адаптации;
- транспортные пакеты, переносящие данные разных элементарных потоков, могут следовать в произвольном порядке, но пакеты, относящиеся к одному и тому же элементарному потоку, должны появляться в транспортном потоке в хронологической очередности, т. е. в порядке их формирования из пакетов соответствующего ПЭП.

Структура транспортного пакета показана на рисунке 11.

Заголовок 4 байта								Поле адаптации (в соответствии с заголовком)	Данные
Синхробайт 0x47	Флаг ошибки пакета	Флаг начала пакета ПЭП или СИ	Флаг приоритета	Идентификатор транспортного пакета (ИТП)	Скремблирование	Флаги наличия поля адаптации	Номер транспортного пакета		
8 битов	1 бит	1 бит	1 бит	13 битов	2 бита	2 бита	4 бита	184 байта	

Рисунок 11 — Структура транспортного пакета

Синхронизирующий байт имеет фиксированное значение 0x47, которое может появляться и в других полях транспортного пакета. Наличие синхробайта, а также тот факт, что в нормальных условиях заголовки должны следовать с интервалом в 188 байтов, упрощают выявление ошибок и определение начала каждого очередного пакета в транспортном потоке.

Флаг ошибки пакета устанавливается в '1' приемником (перед декодером) в случае неполного исправления ошибок, возникших при передаче данного пакета по каналу связи.

Флаг начала пакета ПЭП или СИ устанавливается в '1' для транспортного пакета, в поле данных которого присутствует заголовок пакета ПЭП или содержится начало массива служебной информации. Заголовок ПЭП (указатель начала СИ) следует непосредственно за заголовком транспортного пакета либо правее поля адаптации при его наличии.

Флаг приоритета применяется к транспортным пакетам с одинаковым идентификатором. Пакет с флагом приоритета, установленным в '1', имеет более высокий приоритет.

Каждый транспортный пакет снабжается 13-битным идентификатором (ИТП). Идентификаторы транспортных пакетов служат для разделения объединенного транспортного потока на составляющие его компонентные потоки (в частности, на отдельные телепрограммы и образующие их элементарные потоки данных). Кроме того, ИТП позволяют классифицировать данные, содержащиеся в транспортных пакетах (таблица 15). Из 8192 возможных значений ИТП тридцать три зарезервированы для специальных целей, а остальные 8159 могут использоваться в качестве номеров для элементарных потоков.

Таблица 15 — Идентификация транспортных пакетов

Значения ИТП	Содержимое транспортных пакетов
0x0000	Таблица взаимосвязи программ (ТВП, PAT)
0x0001	Таблица ограничения доступа (ТОД, CAT)
0x0002	Таблица описания транспортного потока (ТОТП, TSDT)
0x0003	Таблица управления и защиты интеллектуальной собственности (ТУЗИС, IPMP CIT)
0x0004...0x000F	Зарезервировано
0x0010...0x001F	Зарезервировано DVB для служебной информации
0x0020...0x1FFE	Служебная или любая другая информация (в том числе, видео- и аудиоданные)
0x1FFF	Выравнивающий (нулевой) пакет

Конкретная привязка значений ИТП из диапазона 0x0020...0x1FFE к тем или иным типам данных задается вещателем с помощью иерархической системы таблиц и/или иных синтаксических единиц служебной информации.

Поле скремблирования (2 бита) со значением, отличным от '00', означает, что полезные данные передаются в зашифрованном виде. Поле должно иметь значение '00' для служебной информации и нулевых пакетов. В целях вещания могут быть использованы значения '10' (скремблирование с четным ключом) и '11' (скремблирование с нечетным ключом).

Флаги наличия поля адаптации определяют присутствие этого поля в теле пакета и уточняют структуру пакета (таблица 16).

Таблица 16 — Семантика флагов наличия поля адаптации

Значения флагов	Семантика
'00'	Зарезервировано
'01'	Поле адаптации отсутствует
'10'	В пакете имеется только поле адаптации
'11'	За полем адаптации следуют полезные данные

Номер пакета (счетчик непрерывности, continuity counter) — значение от 0 до 15, увеличивающееся на единицу для каждого следующего пакета с тем же ИТП, кроме случаев:

- когда флаги наличия поля адаптации имеют значения '00' или '10'. В этом случае номер пакета по отношению к предыдущему не изменяется;
- когда передается копия пакета с тем же ИТП, а флаги наличия поля адаптации имеют значения '01' или '11'. Копия пакета содержит полезные данные пакета-оригинала, однако при наличии в оригинале и в копии полей адаптации содержащиеся в этих полях временные отметки программы (ВОП) различны (в поле адаптации копии пакета содержится обновленное значение ВОП);
- когда передается нулевой пакет (номер такого пакета может быть произвольным).

Использование счетчика непрерывности позволяет декодеру обнаруживать потерю транспортных пакетов и принимать меры к маскированию ошибок, которые могут из-за этого возникнуть.

5.3.1 Поле адаптации

Поле адаптации включается в состав транспортного потока для дополнения в необходимых случаях полезной нагрузки транспортного пакета до 184 байтов, а также в целях синхронизации процессов обработки элементарных потоков в декодере.

Для визуализации любой телепрограммы с помощью того или иного средства отображения используется конкретная совокупность частот дискретизации видео, звука и телетекста, привязанных к системной опорной частоте 27 МГц. Вместе с тем образующие программу сжатые элементарные потоки асинхронны по своей природе. В связи с этим при обработке таких потоков на приемной стороне требуется восстановление (автоподстройка) опорной частоты 27 МГц. Для осуществления автоподстройки используются метки ВОП, включаемые в поля адаптации транспортных пакетов (рисунок 12).

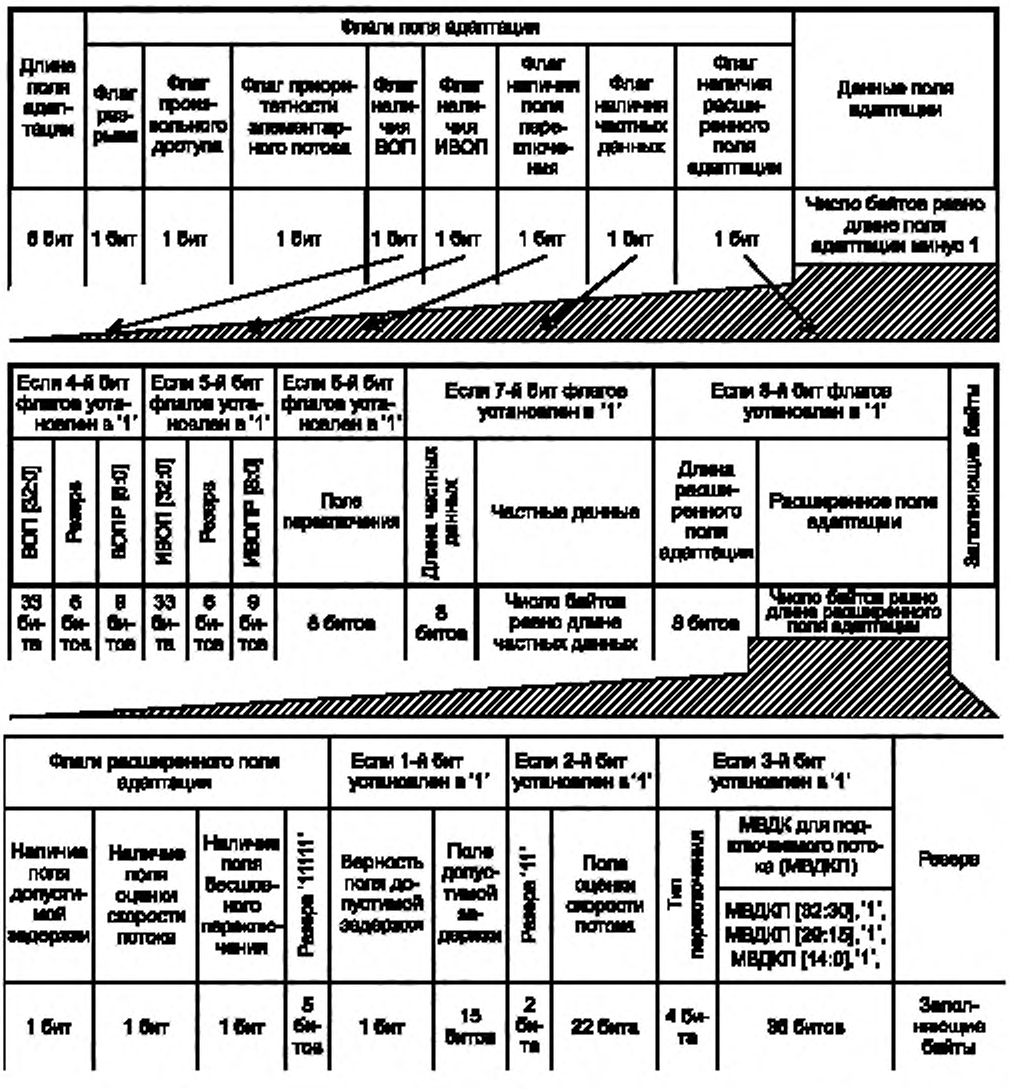


Рисунок 12 — Структура поля адаптации транспортного пакета

Значения ВОП должны быть синхронными, но не обязательно сфазированными со значениями меток МВП и МВДК, которые передаются в составе ПЭП.

Для передачи значений ВОП предпочтительно использование транспортных пакетов с идентификаторами, отведенными для видеоданных.

При доставке пакетов ПЭП одной телепрограммы двумя и более транспортными потоками по нескольким резервным каналам применяются исходные временные отметки программы (ИВОП, OPCR — Original PCR), которые не подвергаются изменениям в процессе мультиплексирования и передачи.

Временной интервал между соседними отметками ВОП в транспортном потоке, формируемом в целях вещания, должен составлять не более 40 мс, а для других применений — не более 100 мс.

Временные отметки, включаемые в состав поля адаптации транспортного пакета, так же, как и в пакетах ПЭП, передаются основным 33-битным значением счетчика системного времени частоты 90 кГц (ВОП) и 9-битным расширением (ВОПР). Аналогичным образом формируются значения ИВОП и ИВОПР.

Каждое значение ВОП, ВОПР, ИВОП, ИВОПР привязано по времени к моменту передачи его последнего бита в транспортном потоке.

В многопрограммном транспортном потоке серии временных отметок, относящиеся к разным программам, независимы, то есть каждая программа имеет собственную временную базу.

Флаг разрыва (discontinuity indicator) применяется в двух целях: для сообщения о возможном нарушении нумерации транспортных пакетов с одинаковым ИТП и для предупреждения о смене временных отметок программы. В последнем случае этот флаг сигнализирует о том, что значения очередных отметок могут сильно отклониться от ожидаемых и потребуется быстрая подстройка частоты или фазы в приемнике. Ситуации, фиксируемые с помощью флага разрыва, отражены в таблице 17.

Таблица 17 — Классификация событий при единичном значении флага разрыва

Тип и содержимое транспортного пакета	Ситуация
Пакет не предназначен для передачи ВОП	Возможно нарушение нумерации пакетов
Пакет может использоваться для передачи ВОП; ВОП отсутствует	Ожидается смена ВОП (переход к новой временной базе)
Пакет может использоваться для передачи ВОП; ВОП присутствует	В пакете содержится ВОП, относящаяся к новой временной базе. Возможно нарушение нумерации пакетов

Флаг произвольного доступа (random access indicator) устанавливается в '1', если в полезной нагрузке текущего или следующего транспортного пакета содержится заголовок элемента доступа элементарного потока: видеопоследовательности или *I*-кадра для MPEG-2; произвольного элемента доступа для AVC или VC-1.

Флаг приоритетности элементарного потока устанавливается в '1', если в транспортном пакете присутствует начало слайса (*I*-кадра или *IDR*-кадра) для AVC, либо начало *I*-кадра для VC-1.

Флаг наличия поля переключения устанавливается в '1', если соответствующее поле содержит заданное в дополнительном коде знакопеременное значение счетчика переключения (splice countdown). Положительное значение счетчика указывает число транспортных пакетов с одинаковым ИТП, которые должны быть переданы до момента переключения элементарного потока, переносимого такими пакетами. Копии пакетов и пакеты, содержащие только поле адаптации, не учитываются. Момент переключения считается наступившим с приходом последнего байта транспортного пакета, в котором значение счетчика переключения равно нулю или отсутствует, но может быть рассчитано по ранее переданному полю. При этом в пакете, соответствующем моменту переключения, должен присутствовать последний байт сжатого кадра и не должно содержаться данных нового (подключаемого) кадра. Следующий транспортный пакет с тем же ИТП (за исключением копии пакета или пакетов, содержащих только поле адаптации) должен содержать новые данные, то есть начало первого пакета нового ПЭП. Отрицательное значение счетчика переключения соответствует количеству транспортных пакетов, сформированных после переключения элементарных потоков.

Переключение ПЭП является обычно результатом врезки рекламы или региональных новостей в транспортный поток, поступающий от централизованного источника. Как правило, для организации корректного

переключения элементарных потоков используется расширенное поле адаптации, содержащее ряд собственных полей и флагов (см. рисунок 12).

Поле допустимой задержки — целое число, которое определяет измеряемую в секундах допустимую задержку транспортного пакета в буфере ремультиплексора. Заданное значение используется, если флаг верности поля допустимой задержки установлен в '1'.

Поле оценки скорости потока, выраженное в битах в секунду, используется только при установленных в '1' флагах наличия и верности поля допустимой задержки, а также флага наличия поля оценки скорости потока. Данное поле служит для приближенного расчета задержки последующих транспортных пакетов, в которых отсутствует поле допустимой задержки. Применяется для потоков со скоростью до 4 Мбит/с.

Тип переключения (ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0 [1]) определяет допустимую задержку транспортных пакетов в буфере ремультиплексора и скорость потока для разных профилей и уровней стандарта сжатия MPEG-2.

Метка времени декодирования для подключаемого потока (МВДКП) задается в единицах текущего времени счетчика 90 кГц и позволяет определить момент начала декодирования первого кадра подключаемого элементарного потока, сжатого по стандарту MPEG-2. Значение МВДКП считается действующим, если поле переключения в пакете содержит дополнительный код нуля.

5.3.2 Общие требования к пакетам служебной информации

Для правильной идентификации транспортных пакетов и корректной интерпретации данных, передаваемых в составе транспортного потока, в последний вводится служебная информация (СИ) нескольких видов.

Первый вид СИ — программно-зависимая информация (ПЗИ, PSI — Program Specific Information), устанавливающая соответствие между транспортными пакетами и телевизионными программами (рисунок 13).

Основными элементами (объектами) ПЗИ являются:

- таблица взаимосвязи программ (ТВП);
- таблицы состава программ (ТСП);
- таблица ограничения доступа (ТОД);
- таблица сетевой информации (ТСИ).

Согласно ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0 [1] к служебной информации относятся также:

- таблица описания транспортного потока (ТОТП);
- таблица управления и защиты интеллектуальной собственности (ТУЗИС).

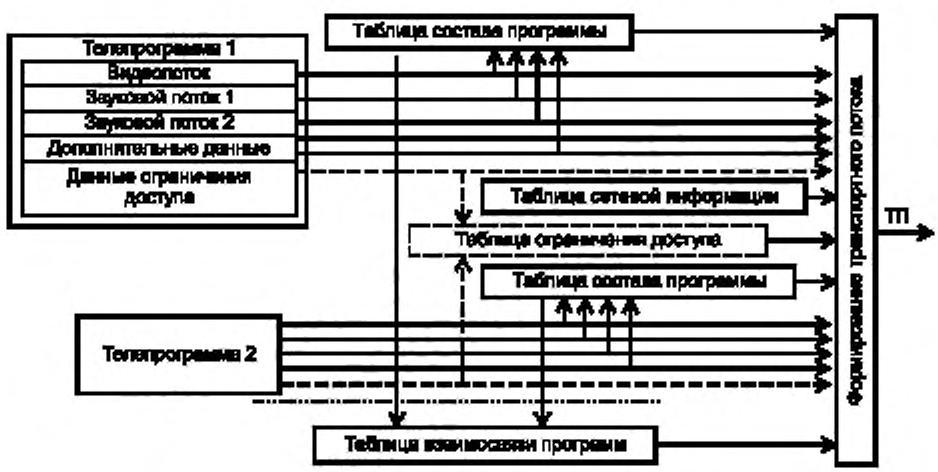


Рисунок 13 — Взаимосвязь элементов ПЗИ и телепрограмм

В соответствии с ЕТСИ ЕН 300468 [10] для вещательных целей используется дополнительная служебная информация.

Рекомендуемые варианты идентификации транспортных пакетов, применяемых для переноса различных видов СИ в целях вещания, приведены в таблице 18.

Таблица 18 — Идентификация транспортных пакетов со служебной информацией

Элемент (объект) служебной информации	Обозначение	ИТП по		Примечание
		ЕТСИ ЕН 300468	ИСО/МЭК 13818-1	
Таблица взаимосвязи программ (Program Association Table)	ТВП (PAT)	0x0000	0x0000	ИСО/МЭК 13818-1, ГОСТ Р 53527, ГОСТ Р 53531
Таблица ограничения доступа (Conditional Access Table)	ТОД (CAT)	0x0001	0x0001	
Таблица описания транспортного потока (Transport Stream Description Table)	ТОТП (TSDT)	0x0002	0x0002	ИСО/МЭК 13818-1
Таблица управления и защиты интеллектуальной собственности (Intellectual Property Management and Protection Control Information Table)	ТУЗИС (IPMPCIT)	не предусмотрен	0x0003	
Таблица сетевой информации (Network Information Table)	ТСИ (NIT)	0x0010	0x0010...0x1FFE	ЕТСИ ЕН 300468 [10]
Таблица описания программ (Service Description Table)	ТОП (SDT)	0x0011	0x0010...0x1FFE	ЕТСИ ЕН 300468 [10]
Таблица объединения пакета программ (Bouquet Association Table)	ТОПП (BAT)	0x0011	0x0010...0x1FFE	ЕТСИ ЕН 300468 [10]
Таблица информации о программах по расписанию (Event Information Table)	ТИПР (EIT)	0x0012	0x0010...0x1FFE	ЕТСИ ЕН 300468 [10]
Таблица идентификаторов контента (Content Identifier Table)	ТИК (CIT)	0x0012	0x0010...0x1FFE	
Таблица состояния программ по расписанию (Running Status Table)	ТСПР (RST)	0x0013	0x0010...0x1FFE	ЕТСИ ЕН 300468 [10]
Таблица времени и даты (Time and Date Table)	ТВД (TDT)	0x0014	0x0010...0x1FFE	ЕТСИ ЕН 300468 [10]
Таблица смещения времени (Time Offset Table)	ТСВ (TOT)	0x0014	0x0010...0x1FFE	ЕТСИ ЕН 300468 [10]
Пакет начала мегафрейма (Mega-frame initialization Packet)	ПНМ (MIP)	0x0015	0x0010...0x1FFE	
Таблица уведомлений разрешения архивации (Resolving Authority Record Notification Table)	ТРА (RNT)	0x0016	0x0010...0x1FFE	
Пакет управления средствами доступа (Medium Access Control)	ПУСД (MAC)	0x001C	0x0010...0x1FFE	
Таблица состояния сети (Network Status Table)	ТСС (NST)	0x001D	0x0010...0x1FFE	

Окончание таблицы 18

Элемент (объект) служебной информации	Обозначение	ИТП по		Примечание
		ЕТСИ ЕН 300468	ИСО/МЭК 13818-1	
Таблица информации о разрывах (Discontinuity Information Table)	ТИР (DIT)	0x001E	0x0010...0x1FFE	ЕТСИ ЕН 300468 [10]
Таблица информации о выборе (Selection Information Table)	ТИВ (SIT)	0x001F	0x0010...0x1FFE	ЕТСИ ЕН 300468 [10]
Таблица состава программ (Program Map Table)	ТСП (PMT)	0x0010... 0x1FFE	0x0010...0x1FFE	ИСО/МЭК 13818-1, ГОСТ Р 53527, ГОСТ Р 53531
Заполняющая таблица (Stuffing Table)	ЗТ (ST)	0x0010... 0x0014	0x0010...0x1FFE	ЕТСИ ЕН 300468 [10]

Примечания

1 ИТП 0x0004...0x000F зарезервированы ИСО/МЭК 13818-1/ МСЭ-Т Н.222.0.

2 ИТП 0x0003...0x000F и 0x0017...0x001B зарезервированы ЕТСИ ЕН 300468 [10].

3 ИТП 0x1FF6...0x1FFFE зарезервированы ATSC.

4 Программа по расписанию (неточный перевод — "событие" от англ. event) — передача, имеющая точное время начала и окончания (например, первый тайм футбольного матча).

При большом объеме передаваемой СИ она должна разделяться на секции размером не более 1024 байтов. Исключение составляют частные данные и таблица информации о программах по расписанию (ТИПР), для которых допускаются секции длиной до 4096 байтов. Длина секции указывается в ее заголовке. Структура заголовка секции унифицирована для большинства видов СИ.

Секциям, содержащим части единого объекта СИ (например, фрагменты одной таблицы), присваиваются порядковые номера. При этом, как правило, каждая из них содержит в себе информацию об общем количестве секций (собственный номер и номер последней секции). Рекомендуется последовательная передача секций в порядке возрастания их номеров.

В отдельных случаях допускается передача СИ разного вида в транспортных пакетах с одинаковым ИТП. Так, например, пакеты с идентификатором 0x0012 могут использоваться для передачи секций ТИПР и ТИК (см. таблицу 18). В таких случаях, а также в ряде других (например, при передаче ТВП) для точного распознавания служебной информации, переносимой транспортным пакетом, применяется пара идентификаторов: ИТП и идентификатор секции (ИС).

Допустимые комбинации ИС и ИТП, используемые в вещательных целях, приведены в таблице 19.

Таблица 19 — Идентификация секций служебной информации

ИС	Вид секции	Передается в транспортных пакетах с ИТП
0x00	Секция ТВП (PAT)	0x0000
0x01	Секция ТОД (CAT)	0x0001
0x02	Секция ТСП (PMT)	0x0010...0x1FFE
0x03	Секция ТОТП (TSDT)	0x0002
0x04	Секция описания сцены ИСО/МЭК 14496-2	0x0010...0x1FFE
0x05	Идентификатор объекта ИСО/МЭК 14496-2	0x0010...0x1FFE
0x06	Секция метаданных	0x0010...0x1FFE
0x07	Секция ТУЗИС (IPMPCIT)	0x0003
0x40	Секция ТСИ (NIT) текущая сеть	0x0010
0x41	Секция ТСИ (NIT) другие сети	0x0010

Окончание таблицы 19

ИС	Вид секции	Передается в транспортных пакетах с ИТП
0x42	Секция ТОП (SDT) текущий транспортный поток	0x0011
0x46	Секция ТОП (SDT) другие транспортные потоки	0x0011
0x4A	ТОБП (BAT)	0x0011
0x4E	Секция ТИПР (EIT): текущий транспортный поток, текущее и следующее состояние программы	0x0012
0x4F	Секция ТИПР (EIT): другие транспортные потоки, текущее и следующее состояние программы	0x0012
0x50..0x5F	Секция ТИПР (EIT): текущий транспортный поток, расписание	0x0012
0x60..0x6F	Секция ТИПР (EIT): другие транспортные потоки, расписание	0x0012
0x70	Секция ТВД (TDT)	0x0014
0x71	Секция ТСПР (RST)	0x0013
0x72	Секция ЗТ (ST)	0x0010... 0x0014
0x73	Секция ТСВ (TOT)	0x0014
0x74	Секция информации о применении DVB-J, DVB-HTML	0x0010...0x1FFE
0x78	Секция корректирующих данных потоков EMM (ограниченного доступа)	0x0010...0x1FFE
0x7A	Секция межпакетных корректирующих данных	0x0010...0x1FFE
0x7E	Секция ТИР (DIT)	0x001E
0x7F	Секция ТИВ (SIT)	0x001

Примечания

1 Идентификаторы секций со значениями 0x08...0x3F зарезервированы ИСО/МЭК 13818-1, в том числе 0x3A...0x3F используются для передачи данных в секциях DSM-CC.

2 Идентификаторы секций со значениями 0x43...0x45, 0x47..0x49, 0x4B.. 0x4D, 0x7B.. 0x7D зарезервированы ЕТСИ ЕН 300468 [10] для будущих целей.

3 Идентификаторы 0x75...0x77 и 0x79 зарезервированы для передачи данных TV-AnyTime. Данные передаются в пакетах с ИТП 0x0010...0x1FFE.

4 Идентификаторы 0x80...0xFE могут использоваться по усмотрению вещателя.

5 Идентификатор 0xFF недопустим.

Для некоторых видов служебной информации применение идентификаторов секций не предусмотрено.

Секции СИ образуют полезную нагрузку транспортных пакетов. Один транспортный пакет может использоваться для переноса секций только одного объекта СИ, но, возможно, с разными ИС (например, двух секций ТИПР (EIT) с идентификаторами 0x4E и 0x6F).

Примеры компоновки транспортных пакетов со служебной информацией представлены на рисунке 14.

А) Пакет, содержащий две секции СИ с идентификаторами

Начало транспортного пакета		Указатель начала секции (УНС)	Произвольные данные	Секция N		Секция N+1		Заполняющие байты
Заголовок транспортного пакета	Поле адаптации (допускается)			ИС	Данные секции N	ИС	Данные секции N+1	
4 байта		1 байт	Число байтов равно значению УНС	1 байт		1 байт		

Б) Пакет, содержащий одну секцию СИ без идентификатора

Начало транспортного пакета		УНС	Произвольные данные	Секция	Заполняющие байты
Заголовок транспортного пакета	Поле адаптации (допускается)				
4 байта		1 байт	Число байтов равно значению УНС		

Рисунок 14 — Транспортные пакеты со служебной информацией

В общем случае одна секция СИ может размещаться в нескольких пакетах. Транспортный пакет, содержащий начало секции, должен иметь флаг начала СИ, установленный в '1', а полезные данные такого пакета должны начинаться однобайтовым указателем начала секции (УНС). Если длина секции превышает длину поля полезных данных транспортного пакета, то следующий пакет с тем же ИТП должен содержать сброшенный в "0" флаг начала СИ и продолжение текущей секции без УНС.

Если число свободных байтов транспортного пакета не позволяет разместить и идентифицировать очередную секцию СИ, то свободные байты текущего пакета заполняются значением 0xFF, а непоместившаяся секция загружается в следующий пакет с тем же ИТП, но с нулевым значением УНС (секция размещается сразу за указателем УНС).

Настоящим стандартом рекомендуется:

1 Использовать для передачи СИ транспортные пакеты без поля адаптации и с нулевым значением поля УНС.

2 Выбирать длину секций СИ таким образом, чтобы количество транспортных пакетов, необходимых для передачи каждого объекта служебной информации (ТВП, ТОП, ТСП и т. п.), было минимальным.

Пример рациональной компоновки транспортного пакета со служебной информацией приведен на рисунке 15.

Заголовок транспортного пакета	УНС (0x00)	Секция N		Секция N+1		Заполняющие байты
		ИС	Данные секции N	ИС	Данные секции N+1	
4 байта	1 байт	1 байт		1 байт		

Рисунок 15 — Рекомендуемая структура транспортного пакета со служебной информацией

5.3.3 Таблица взаимосвязи программ — ТВП (Program Association Table — PAT)

Таблица взаимосвязи программ содержит сведения обо всех телевизионных программах, передаваемых в составе транспортного потока. Каждой из этих программ присваивается индивидуальный номер (от 0x0001 до 0xFFFF) и ставится в соответствие своя таблица состава программы (ТСП). Данные, образующие ТВП (PAT), группируются в секции, которые передаются в транспортных пакетах с ИТП, равным 0x0000. Максимальное количество секций ТВП — 255. Для описания каждой программы отводится четырехбайтовая строка ТВП (PAT), устанавливающая взаимно однозначное соответствие между номером программы и идентификатором транспортных пакетов, которые применяются для передачи ТСП, сопоставленной программе с этим номером.

Номер программы 0x0000 зарезервирован для указания на идентификатор 0x0010 транспортных пакетов, предназначенных для доставки таблицы сетевой информации (ТСИ), в которую включаются сведения о сетях передачи транспортного потока, частотах каналов, характеристиках модуляции сигналов и т. п.

Структура транспортного пакета, содержащего секцию ТВП (PAT), показана на рисунке 16.

Длина секции указывает число последующих информативных байтов секции, включая контрольную сумму. Максимальное количество программ, сведения о которых могут быть скомпонованы в одну секцию ТВП (PAT) и помещены в один транспортный пакет, равно 42.

Идентификатор транспортного потока используется в случае слияния нескольких многопрограммных транспортных потоков в единый мультиплексированный поток. Наличие такого идентификатора в заголовке секции ТВП (PAT) позволяет определить, к какому из многопрограммных транспортных потоков относится та или иная таблица взаимосвязи программ.

Номер версии ТВП (PAT) увеличивается на единицу, если вещатель вводит изменения в состав программ, а индикатор достоверности сброшен (передаваемая информация еще недостоверна).

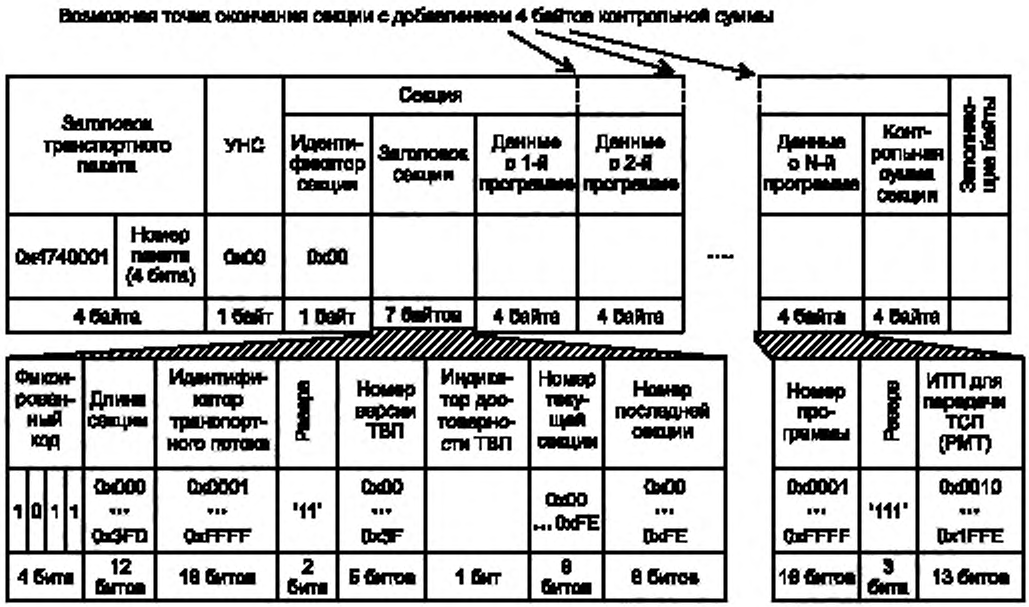


Рисунок 16 — Транспортный пакет с секцией ТВП (PAT)

Контрольная сумма секции вычисляется в соответствии с полиномом

$$x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$

на основе данных всей секции, начиная с идентификатора секции до поля контрольной суммы, в которое при формировании ТВП (PAT) вставляются рассчитанные значения (рисунок 17).

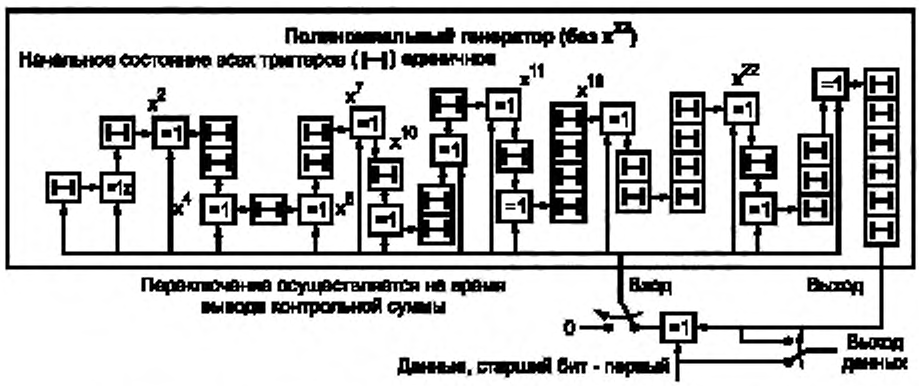
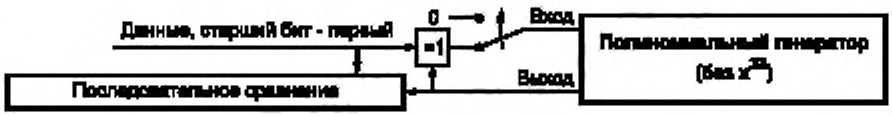


Рисунок 17 — Вычисление контрольной суммы в формирователе ТВП (PAT)

В приемнике при анализе ТВП (РАТ) расчет выполняется аналогично с проверкой получившейся контрольной суммы, либо производится проверка на нуль при подаче на вход декодера всех данных секции вместе с контрольной суммой (рисунок 18).



А) Вариант со сравнением контрольных сумм. Смена положения переключателя и сравнение осуществляется во время вывода контрольной суммы



Б) Вариант со сравнением на нуль. В такте, следующем за приходом последнего бита контрольной суммы, все триггеры полиномиального генератора при правильной контрольной сумме должны находиться в состоянии '0'

Рисунок 18 — Вычисление контрольной суммы в анализаторе ТВП (РАТ)

5.3.4 Таблица состава программы — ТСП (Program Map Table — PMT)

Как правило, ТСП (PMT) содержит сведения двух категорий: о программе в целом и о составляющих ее элементарных потоках.

К общим сведениям о программе относятся:

- данные о стандартах, профилях, уровнях и параметрах кодирования видео, звука и телетекста;
- информация об объемах и особенностях использования буферов при ремультиплексировании и декодировании элементарных потоков программы;
- данные о способах и точности установки системной частоты и др.

Вышеуказанные служебные данные ТСП (PMT) оформляются и передаются в виде набора программных дескрипторов. Сведения о конкретных элементарных потоках программы передаются обычно в форме конструкций, называемых описаниями потоков.

Служебная информация, образующая ТСП (PMT), может разделяться на несколько секций. Структура транспортного пакета, содержащего секцию ТСП (PMT), представлена на рисунке 19.

Контрольная сумма секции ТСП (PMT) вычисляется так же, как и для секций ТВП (РАТ).

Заголовок секции ТСП (PMT) имеет ряд особенностей:

1) В поле "ИТП" заголовка заносится номер программы, которой сопоставлена ТСП (PMT);

2) Номера текущей и последней секций ТСП (PMT), указываемые в заголовке, имеют одинаковое значение 0x00.

В следующем за заголовком поле "ИТП ВОП" указывается идентификатор транспортных пакетов, с помощью которых передаются временные отметки программы. Для систем ЦТВЧ-2 и ЦТВЧ-3 в качестве ИТП ВОП рекомендуется использовать идентификаторы пакетов со сжатыми видеоданными.

В зависимости от специфики телепрограммы секция ТСП (PMT) может содержать только программные дескрипторы или только описания потоков, либо совокупность программных дескрипторов и описаний потоков.

Программный дескриптор (ПД) содержит метку, поле длины и поле данных. Аналогичную структуру имеют дескрипторы элементарных потоков (ДЭП), включаемые в состав описаний потоков программы (см. рисунок 19). Метка (тег) дескриптора определяет его тип и содержимое. Варианты интерпретации меток дескрипторов, предусмотренные ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0 [1] и ЕТСИ ЕН 300468 [10], приведены в таблицах 20 и 21 соответственно.

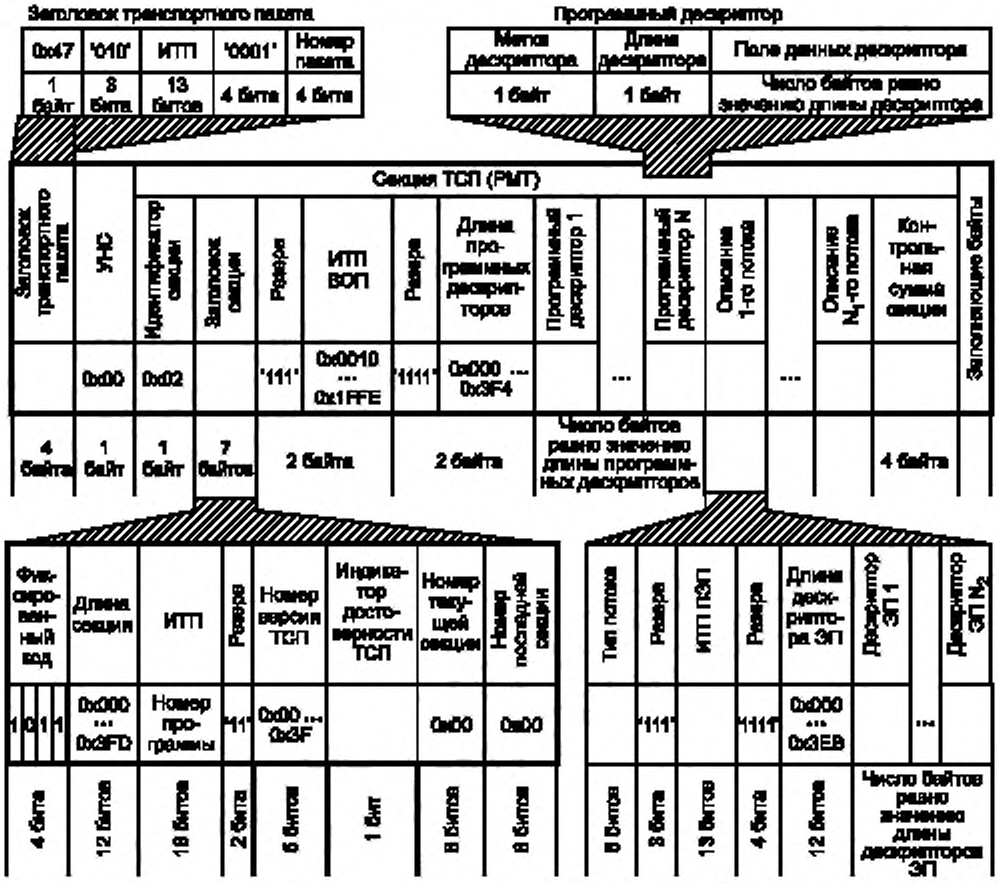


Рисунок 19 — Транспортный пакет с секцией ТСП (РМТ)

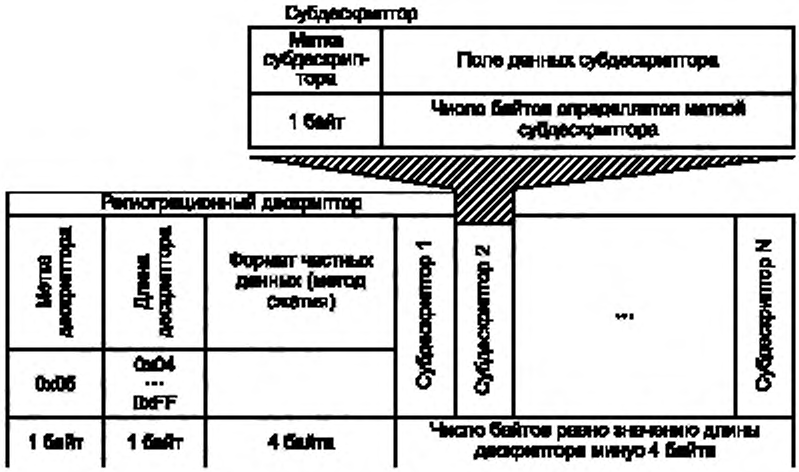


Рисунок 20 — Регистрационный дескриптор, содержащий N субдескрипторов

Таблица 20 — Дескрипторы по ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0

Метка дескриптора	Тип дескриптора	Длина данных, байт	Вид данных
0x02	ДЭП	1 или 3	Видео
0x03	ДЭП	1	Звук
0x04	ДЭП	4	Кодированные видео, звук и данные для иерархической модуляции
0x05	ПД, ДЭП	до 255	Формат данных (метод сжатия); частные данные, включая субдескрипторы
0x06	ДЭП	1	Тип элемента доступа ЭП (слайс, кадр, группа изображений и т. п.)
0x07	ДЭП	4	Параметры фона (заднего плана)
0x08	ДЭП	4	Параметры переднего плана
0x09	ПД, ДЭП		Информация о данных с ограничением доступа
0x0A	ДЭП	до 255	Язык звукового сопровождения
0x0B	ПД	2	Информация о точности системной частоты, используемой для МВП и МВДК
0x0C	ПД	4	Данные по использованию буферов при ремультиплексировании
0x0D	ПД, ДЭП	до 255	Разрешение идентификации звука и видео (copyright descriptor)
0x0E	ПД	3	Максимальная скорость потока
0x0F	ДЭП	4	Индикатор частных данных
0x10	ПД, ДЭП	6	Информация для сглаживающих буферов
0x11	ДЭП	1	Информация для системного декодера приемника
0x12	ДЭП	2	Информация о группе кадров (MPEG-1,-2,-4)
0x1B	ДЭП	1	Профиль и уровень видео MPEG-4 (ИСО/МЭК 14496-2)
0x1C	ДЭП	1	Профиль и уровень звука MPEG-4
0x24	ПД, ДЭП	до 255	Метки контента метаданных
0x28	ДЭП	4	Параметры кодирования AVC
0x29	ПД, ДЭП	до 255	Информация ТУЗИС (IPMPCIT)
0x2A	ДЭП	15	Параметры времени и гипотетического опорного декодера AVC
0x2B	ДЭП	3	Параметры кодирования звука
0x2D	ДЭП	4 или 12	Параметры текстовых данных
0x2E	ДЭП	до 255	Расширенное описание звука MPEG-4
0x2F	ДЭП	до 255	Тип и информация о дополнительном видеопотоке
0x30	ДЭП	13	Параметры расширения масштабируемого видеокодирования SVC (ИСО/МЭК 14496-10/МСЭ-Т Н.264, приложение G)
0x31	ДЭП	8	Информация о субпотоках многоракурсного видеокодирования MVC (ИСО/МЭК 14496-10/МСЭ-Т Н.264, приложение Н)
0x32	ДЭП	до 255	Параметры видеопотока JPEG2000
0x33	ПД	до 255	Параметры субпотоков многоракурсного видеокодирования MVC (ИСО/МЭК 14496-10/МСЭ-Т Н.264, приложение Н)
0x34	ДЭП	1	Тип кадрового упорядочивания стереоскопического видео (ИСО/МЭК 13818-2/МСЭ-Т Н.262)
0x40...0xFE			Зарезервированы под частные данные и данные по ЕТСИ ЕН 300468

Окончание таблицы 20

Примечания

1 Дескрипторы с метками 0x01 и 0xFF не должны использоваться. Метки 0x00 и 0x35...0x3F зарезервированы ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0.

2 Дескриптор с меткой 0x09 может также содержаться в таблице ТУД (CAT).

3 Дескрипторы с метками 0x13...0x1A используются для описания данных высокоскоростной передачи информации.

4 Дескрипторы с метками 0x1D...0x23 и 0x2C служат для описания данных системного уровня MPEG-4.

5 Дескрипторы с метками 0x24... 0x27 используются для описания метаданных.

Таблица 21 — Дескрипторы по ЕТСИ ЕН 300468

Метка дескриптора	Тип дескриптора	Длина данных, байт	Вид данных
0x45	ДЭП	до 255	Тип данных, передаваемых на обратном ходу по вертикали
0x46	ДЭП	до 255	Параметры данных телетекста, передаваемых на обратном ходу по вертикали
0x51	ДЭП	до 255	Описание микроизображений (мозаики)
0x52	ДЭП	1	Идентификатор потока
0x56	ДЭП	до 255	Параметры данных телетекста
0x59	ДЭП	до 255	Параметры субтитров (тип потока в ТСП (PMT) — 0x06)
0x5F	ДЭП	4	Описание частных данных
0x60	ПД	6	Ссылка на другую программу при перемещении данных
0x65	ПД	1	Тип (режим) ограничения доступа
0x66	ДЭП	до 255	Тип данных вещания
0x6A	ДЭП	до 255	Описание параметров кодирования звука AC-3
0x6B	ДЭП	1	Наличие и тип вспомогательных данных сжатого звука MPEG-1, MPEG-2
0x6F	ДЭП	до 255	Тип и версия таблицы информации о приложениях при передаче данных, тип элементарного потока — 0x05
0x70	ДЭП	1	Поддерживаемый тип частных данных в поле адаптации
0x74	ДЭП	до 255	Описание связанного контента
0x78	ПД, ДЭП	до 255	Задержка между данными ECM
0x7A	ДЭП	до 255	Расширенное описание параметров кодирования звука AC-3
0x7B	ДЭП	до 255	Описание звуковых данных, сжатых по когерентной акустической технологии цифрового театра
0x7C	ДЭП	до 255	Параметры кодирования звука по MPEG-4 AAC, MPEG-4 HE AAC
0x7D	ПД	5	Описание положения таблицы информации о приложениях при передаче данных
0x7F	ПД, ДЭП	до 255	Расширенный дескриптор

Примечания

1 Дескриптор с меткой 0x51 может передаваться также в секциях ТОП (SDT) и ТИВ (SIT).

2 Дескриптор с меткой 0x5F может передаваться также в секциях ТСИ (NIT), ТОБП (BAT), ТОП (SDT), ТИПР (EIT) и ТИВ (SIT).

3 Дескрипторы с метками 0x7D и 0x7F могут передаваться также в секциях ТСИ (NIT), ТОБП (BAT), ТОП (SDT), ТИПР (EIT), ТСВ (TOT) и ТИВ (SIT).

В необходимых случаях номенклатура основных дескрипторов, приведенных в таблицах 20, 21, наращивается за счет применения субдескрипторов (ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0) и дескрипторов с расширенными метками (ЕТСИ ЕН 300468). Фактически субдескрипторы и дескрипторы с расширенными метками — это особая разновидность частных данных, которые могут включаться в состав некоторых основных дескрипторов. В отличие от обычных дескрипторов, субдескрипторы и дескрипторы с расширенными метками не содержат поля «Длина дескриптора».

Субдескрипторы могут размещаться в дескрипторах с метками 0x05 и 0x80...0xFF. Дескриптор с меткой 0x05 (см. таблицу 20) называется регистрационным. Структура регистрационного дескриптора, содержащего в своем составе несколько субдескрипторов, представлена на рисунке 20. В дескрипторах с метками 0x80...0xFF поле «Формат частных данных» отсутствует и субдескрипторы следуют сразу за полем «Длина дескриптора».

Дескрипторы с расширенными метками имеют такую же структуру, что и субдескрипторы (см. рисунок 20). Для передачи каждого такого дескриптора используется расширенный дескриптор, имеющий метку 0x7F (см. таблицу 21). Дескрипторы с расширенными метками используются в секциях ТСП (PMT) для определения:

- типа системы ограничения доступа и ИТП данных (расширенная метка 0x02, длина поля данных — до 254 байтов). Дескрипторы с расширенной меткой 0x02 могут использоваться также в секциях ТОБП (BAT), ТОП (SDT) и ТИПР (EIT);
- типа системы защиты контента и типа данных (расширенная метка 0x03, длина данных — до 127 двухбайтовых слов);
- дополнительной информации о звуке (расширенная метка 0x06, длина поля данных — до 254 байтов).

Расширенные метки 0x0C...0x7F зарезервированы для будущих целей, а метки 0x80...0xFF могут использоваться по усмотрению вещателя.

Описание элементарного потока программы (см. рисунок 19) содержит в общем случае следующие составные части:

- тип потока;
- идентификатор транспортных пакетов (ИТП ПЭП), используемых для передачи потока;
- дескрипторы элементарного потока;
- значение общей длины дескрипторов, включенных в описание потока.

Тип потока, указываемый в описании потока, определяет вид данных, которые будут передаваться в транспортных пакетах с идентификатором из поля «ИТП ПЭП» того же описания.

Основные типы потоков, описания которых могут содержаться в секциях ТСП (PMT), приведены в таблице 22.

Таблица 22 — Типы потоков, описываемых в секциях ТСП (PMT)

Тип потока	Вид данных
0x00	Зарезервирован ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0
0x01	Видео MPEG-1
0x02	Видео MPEG-2 (ИСО/МЭК 13818-2/МСЭ-Т Н.262) или параметры MPEG-1
0x03	Звук MPEG-1
0x04	Звук MPEG-2
0x05	Частные данные в составе секций СИ (ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0)
0x06	Частные данные в составе пакетов ПЭП (ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0)
0x07	Данные MHEG
0x08	Данные высокоскоростной передачи информации (ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0, приложение В (DSM-CC)
0x09	Данные, передаваемые через сети ATM
0x0E	Дополнительные данные (ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0)
0x0F	Звук по MPEG-2 AAC с транспортным синтаксисом ADTS
0x10	Видео MPEG-4 (ИСО/МЭК 14496-2)

Окончание таблицы 22

Тип потока	Вид данных
0x11	Звук MPEG-4 с транспортным синтаксисом LATM
0x12	Данные в пакетах SL или данные потока FlexMux MPEG-4
0x13	Секции СИ в пакетах SL или в потоке FlexMux MPEG-4
0x15	Метаданные в составе пакетов ПЭП
0x16	Метаданные в составе секций СИ
0x1A	Поток IPMP по ИСО/МЭК 13818-11
0x1B	Видео или субпотоки видео AVC (ИСО/МЭК 14496-10/МСЭ-Т Н.264)
0x1C	Звук MPEG-4 без дополнительного транспортного синтаксиса
0x1D	Текстовые данные
0x1E	Дополнительный видеопоток
0x1F	Субпоток SVC (в AVC) по ИСО/МЭК 14496-10/МСЭ-Т Н.264, приложение G
0x20	Субпоток MVC (в AVC) по ИСО/МЭК 14496-10/МСЭ-Т Н.264, приложение H
0x21	Видеопоток JPEG2000
0x22	Стереоскопическое видео с кадровым упорядочиванием по ИСО/МЭК 13818-2/МСЭ-Т Н.262
0x23-0x7E	Зарезервированы ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0
0x7F	Поток IPMP
0x80-0xFF	Частные данные

Примечания
1 Значения типа потока 0x0A...0x0D и 0x14 используются для высокоскоростной передачи данных DSM-CC.
2 Значения типа потока 0x17...0x19 используются для передачи данных с циклическим повтором.
3 Значение 0xEA используется для описания потока VC-1.

Иерархическая связь между элементами служебной информации таблиц ТВП (PAT) и ТСП (PMT) отражена на рисунке 21.

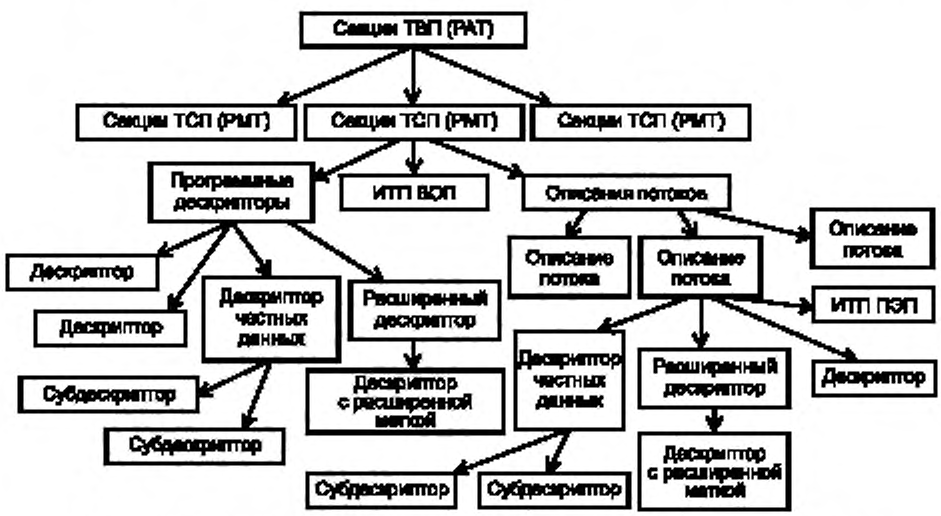


Рисунок 21 — Иерархия элементов служебной информации ТВП (PAT) и ТСП (PMT)

Примеры заполнения транспортных пакетов, содержащих секции ТСП (PMT) для различных методов кодирования сигналов ЦТВЧ-2 и ЦТВЧ-3, приведены в таблицах 23, 24 и на рисунках 22, 23.

Таблица 23 — Пример транспортного пакета, содержащего секцию ТСП (PMT) с описаниями потоков видеоданных и звука, сжатых по стандартам AVC и MPEG-2 соответственно

Номера байтов	Шестнадцатеричные значения	Содержание			
1...4	0x47402112	Заголовок транспортного пакета: флаг начала секции СИ установлен в '1'; ИТП = 0x0021; скремблирования нет; поле адаптации отсутствует; номер пакета '0010'			
5	0x0	УНС = 0x0 (секция СИ начинается сразу за указателем)			
6	0x02	ИС = 0x02 (идентификатор секции ТСП (PMT)		Заголовок секции	Секция ТСП (PMT)
7, 8	0xB017	Фиксированные биты '1011'; длина секции — 23 байта			
9, 10	0x0001	Номер программы — 1			
11	0xC3	Резервные биты '11'; номер версии ТСП — 1; флаг достоверности ТСП (PMT) установлен в '1'			
12, 13	0x0000	Номера текущей и последней секций СИ (нули)			
14, 15	0xE101	Резервные биты '111'; ИТП ВОП = 0x0101			
15, 16	0xF000	Резервные биты '1111'; длина программных дескрипторов — 0 (ПД отсутствуют)			
17	0x1B	Тип потока — видео AVC	Описание потока 1	Описание потоков	
18, 19	0xE101	Резервные биты '111'; ИТП ПЭП = 0x0101			
20, 21	0xF000	Резервные биты '1111'; длина дескрипторов ЭП — 0 (ДЭП отсутствуют)			
22	0x04	Тип потока — звук MPEG-2	Описание потока 2		
23, 24	0xE102	Резервные биты '111'; ИТП ПЭП = 0x0102			
25, 26	0xF000	Резервные биты '1111'; длина дескрипторов ЭП — 0 (ДЭП отсутствуют)			
27...30	0x2B700BF6	Контрольная сумма			
31...188	все 0xFF	Заполняющие байты			

Таблица 24 — Пример транспортного пакета, содержащего секцию ТСП (PMT) с описаниями элементарных потоков, сжатых по стандарту MPEG-2

Номера байтов	Шестнадцатеричные значения	Содержание		
1...4	0x47402110	Заголовок транспортного пакета: флаг начала секции СИ установлен в '1'; ИТП = 0x0021; скремблирования нет; поле адаптации отсутствует; номер пакета '0010'		
5	0x0	УНС = 0x0 (секция СИ начинается сразу за указателем)		
6...8	0x02B031	ИС = 0x02 (идентификатор секции ТСП (PMT); фиксированные биты '1011'; длина секции — 49 байтов	Заголовок секции	Секция ТСП (PMT)
9, 10	0x29D0	Номер программы — 10704		
11	0xC7	Резервные биты '11'; номер версии ТСП — 3; флаг достоверности ТСП (PMT) установлен в '1'		
12, 13	0x0000	Номера текущей и последней секций СИ (нули)		

Окончание таблицы 24

Номера байтов	Шестнадцатеричные значения	Содержание				
14, 15	0xE0E0	Резервные биты '111'; ИТП ВОП = 0x00E0				Секция ТСП (РМТ)
16, 17	0xF011	Резервные биты '1111'; длина программных дескрипторов — 17 байтов			Программные дескрипторы	
18, 19	0x0E03	Метка дескриптора — 0x0E («Максимальная скорость потока»); длина дескриптора — 3 байта	Программный дескриптор 1			
20...22	0xC030D4	Резервные биты '11'; максимальная скорость потока в единицах «50 байтов в секунду» (здесь: 12500 · 50 · 8 = 5 млн бит/с)				
23, 24	0x1006	Метка дескриптора — 0x10 («Информация для сглаживающих буферов»); длина дескриптора — 6 байтов	Программный дескриптор 2			
25...27	0xC00271	Резервные биты '11'; скорость опустошения приемного системного буфера в единицах "400 бит/с" (здесь: 625 · 400 = 250 тыс. бит/с)				
28...30	0xC00400	Резервные биты '11'; размер сглаживающего буфера мультиплексора в байтах (здесь 1024 байта)			Описание потоков	
31, 32	0x0B02	Метка дескриптора — 0x0B («Информация о точности системной частоты», используемой для МВП и МВДК, в миллионных долях значения частоты); длина дескриптора — 2 байта	Программный дескриптор 3			
33, 34	0x423F	Старший бит '0' — внешняя опорная частота не используется; резервный бит '1'; шесть бит — целая часть точности частоты (здесь 2); три бита — множитель m при показателе степени –6m (здесь m = 1); резервные биты '11111'. Здесь точность установки частоты $2 \cdot 10^{-6}$				
35	0x02	Тип потока — видео MPEG-2		Описание потока 1		
36, 37	0xE0E0	Резервные биты '111'; ИТП ПЭП = 0x00E0				
38, 39	0xF003	Резервные биты '1111'; длина дескрипторов ЭП — 3 байта				
40, 41	0x0601	Метка ДЭП — 0x06 («Тип элемента доступа ЭП»); длина ДЭП — 1 байт	Дескриптор ЭП			
42	0x02	Тип элемента доступа — начало видеопоследовательности				
43	0x04	Тип потока — звук MPEG-2		Описание потока 2		
44, 45	0xE0F4	Резервные биты '111'; ИТП ПЭП = 0x00F4				
46, 47	0xF006	Резервные биты '1111'; длина дескрипторов ЭП — 6 байтов				
48, 49	0x0A04	Метка ДЭП — 0x0A («Язык звукового сопровождения и тип звука»); длина ДЭП — 4 байта	Дескриптор ЭП			
50...52	0x697461	ita (язык звукового сопровождения — итальянский)				
53	0x0	Тип звука — не определен				
54...57	0x02CB6C60	Контрольная сумма				
58...188	все 0xFF	Заполняющие байты				

В примере на рисунке 22 описание сжатого видеопотока (в соответствии с SMPTE RP227 [15]) содержит:

1 Тип потока — 0xEA (видеопоток VC-1);

2 Идентификтор 0x045 транспортных пакетов, назначенных для передачи сжатого видеопотока VC-1;

3 Значение суммарной длины дескрипторов сжатого видеопотока VC-1 (14 байтов);

4 Метку 0x05 регистрационного дескриптора, имеющего поле данных длиной 12 байтов, в которое включены:

- четырехбайтовый идентификатор формата данных 0x56432D31 — буквенно-цифровое обозначение применяемого метода сжатия (VC-1);
- субдескриптор с меткой 0x01, в однобайтовом поле данных которого содержится код 0x94 улучшенного профиля уровня 3 VC-1 (см. таблицу 9);
- субдескриптор с меткой 0x02, в однобайтовом поле данных которого содержится код 0x05, означающий, что элементом доступа описываемого элементарного потока является кадр (другие возможные значения для систем ЦТВЧ-2, 3: 0x01);
- слайс или элемент доступа видео, 0x02 — элемент доступа видео, 0x03 — точка входа или последовательность, 0x04 — последовательность;
- субдескриптор с меткой 0x03, в трехбайтовом поле данных которого содержится код 0xF1F423, позволяющий вычислить значение минимального размера видеобуфера в соответствии с формулой

$$Vmin = (d+1)\ \ 2^{b+4}\ \ [байт],$$

где целое b задается четырьмя младшими битами первого байта, а целое d — двумя следующими байтами поля данных субдескриптора (в примере: b = 1, d = 62499 и Vmin = 2000000 байтов).

Заголовок транспортного пакета		Секция																													
	УНС	Идентификатор секции	Заголовок секции				ИТП ВОП (3 старших бита — резерв)	Длина программных дескрипторов (4 старших бита — резерв)	Программные дескрипторы	Описание сжатого видеопотока VC-1																Описание других потоков	Контрольная сумма секции	Заполняющие байты	
			Длина секции (4 старших бита "1011")	Номер программы	Версия и достоверность ТСП	Номер текущей и последней секций				Тип потока	ИТП ПЭП (3 бита — резерв)	Длина дескрипторов ЭП (4 старших бита — резерв)	Регистрационный дескриптор																	
													Метка и длина ДЭП	Идентификатор формата	Субдескриптор 1		Субдескриптор 2		Субдескриптор 3											
															Метка	Профиль и уровень	Метка	Тип элемента доступа ЭП	Метка	Минимальный размер видеобуфера										
4 байта	0x4740E210	0x02	0xB021...0xFFFF	0x0001	0xC1	0x0000	0xE045	0xF000...0xF3F4	Не менее 2 байтов	0xEA	0xE045	0xF00E	0x050C	0x56432D31	0x01	0x94	0x02	0x05	0x03	0x0xF1F423										
1 байт	0x00	1 байт	2 байта	2 байта	1 байт	2 байта	2 байта	2 байта	1 байт	2 байта	2 байта	2 байта	2 байта	4 байта	1 байт	1 байт	1 байт	1 байт	1 байт	3 байта										
																										4 байта		0xFF...0xFF		

Рисунок 22 — Пример транспортного пакета, содержащего секцию ТСП (PMT) с описанием элементарного видеопотока, сжатого по стандарту VC-1

Заголовок транспортного пакета	УНС	Секция ТСП (PMT)																		Заполняющие байты
		Идентификатор секции	Заголовок секции				ИТП ВОП (3 старших бита — резерв)	Длина программных дескрипторов (4 старших бита — резерв)	Описание видеопотока EVC								Описания других потоков	Контрольная сумма		
			Длина секции (4 старших бита "1011")	Номер программы	Версия и достоверность ТСП	Номер текущей и последней секций			Тип потока	ИТП ПЭП (3 старших бита — резерв)	Длина дескрипторов ЭП (4 старших бита — резерв)	Регистрационный дескриптор		Субдескриптор версии					
												Метка и длина	Идентификатор формата	Метка	Версия				
0x4740E210	0x00	0x02		0x0001	0xC1	0x0000	0xE045	0xF000	0xDD	0xE046	0xF008	0x0506	0x45564331	0x01	0x01				
4 байта	1 байт	1 байт	2 байта	2 байта	1 байт	2 байта	2 байта	2 байта	1 байт	2 байта	2 байта	2 байта	4 байта	1 байт	1 байт		4 байта		

Рисунок 23 — Пример транспортного пакета, содержащего секцию ТСП (PMT) с описанием элементарного видеопотока, сжатого по стандарту EVC

В примере на рисунке 23 описание сжатого видеопотока содержит:

- тип потока — 0xDD (видеопоток EVC);
- идентификтор 0x046 транспортных пакетов, назначенных для передачи сжатого видеопотока EVC;
- значение суммарной длины дескрипторов видеопотока EVC (8 байтов);
- метку 0x05 регистрационного дескриптора, имеющего поле данных длиной 6 байтов, в которое включены:
- четырехбайтовый идентификатор формата данных — буквенно-цифровое обозначение применяемого метода сжатия;
- субдескриптор с меткой 0x01, в однобайтовом поле данных которого содержится код 0x01 версии кодека EVC.

6 Методы измерений параметров цифрового транспортного потока телевидения высокой четкости

6.1 Передача цифрового транспортного потока телевидения высокой четкости

Тракт передачи цифровых телевизионных сигналов высокой четкости, определенный как тракт передачи цифрового транспортного потока, состоит из следующих звеньев: цифровое телевизионное радиопередающее устройство, радиочастотный тракт передачи и профессиональное цифровое интегрированное приемное устройство. Входным и выходным сигналами тракта являются сигналы цифрового транспортного потока.

Перечень средств измерений и технологического оборудования для измерений параметров структуры и синтаксиса цифрового транспортного потока приведен в приложении Д.

6.2 Методы измерений параметров структуры и синтаксиса цифрового транспортного потока

Схема проведения измерений параметров тракта передачи цифрового транспортного потока приведена на рисунке 24.

Метод измерения параметров тракта передачи цифрового транспортного потока заключается в следующем.

На вход тракта передачи ЦТП подается цифровой транспортный поток от источника цифровых телевизионных сигналов со сжатием.

Выходной цифровой транспортный поток через декодер цифрового транспортного потока подается на устройство отображения телевизионных изображений. Входной и выходной ЦТП тракта контролируются анализатором ЦТП. Параметры тракта передачи ЦТП устанавливаются соответствующими номинальному режиму работы. Затем ЦТП источника отключается от входа тракта передачи и на вход тракта подается ЦТП от генератора испытательных цифровых сигналов транспортного потока. Анализатором цифрового транспортного потока, подключенным к выходу тракта передачи ЦТП, производят измерение скорости передачи цифрового транспортного потока, параметров структуры и синтаксиса цифрового транспортного потока, джиттера.

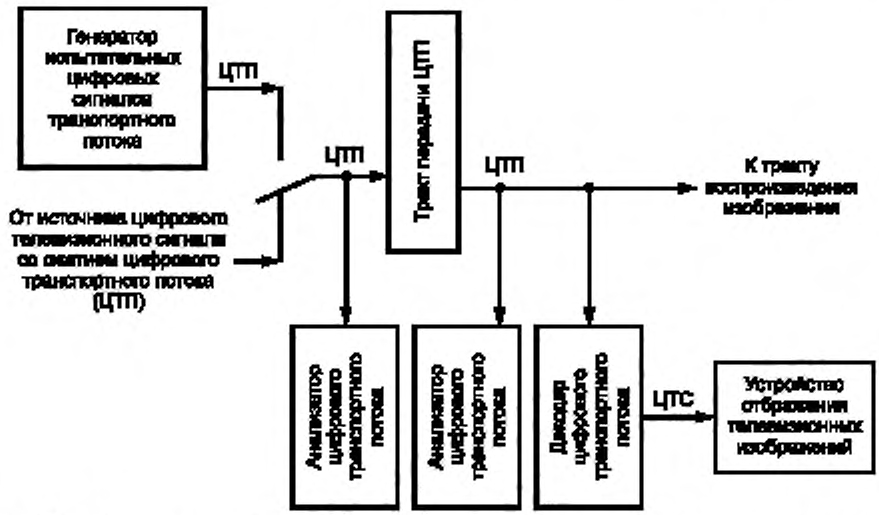


Рисунок 24 — Схема измерений параметров тракта передачи цифрового транспортного потока (ЦТП)

6.2.1 Методы измерений параметров радиопередающих устройств в системах ТВЧ со сжатием цифрового потока

Основными измеряемыми параметрами цифровых радиопередающих устройств являются:

- спектр излучения, проверяемый на соответствие спектральной маске допусков;
- коэффициент ошибок модуляции;
- сигнальное созвездие.

Схема измерений параметров цифровых радиопередающих устройств ЦТВЧ приведена на рисунке 25.

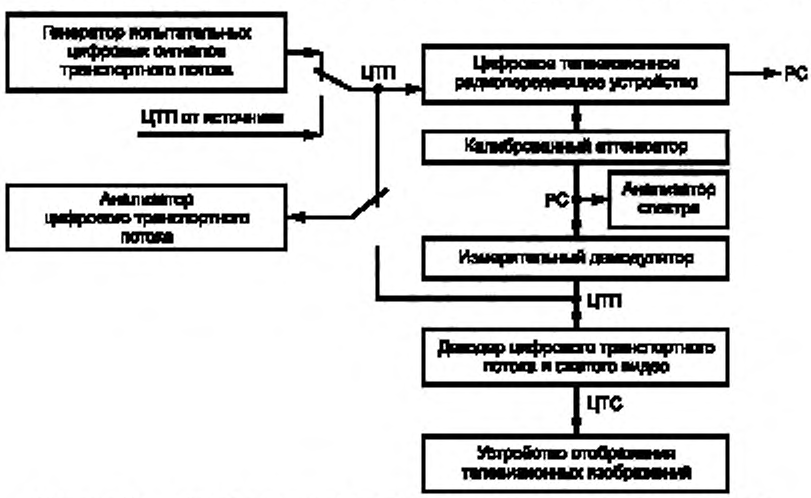


Рисунок 25 — Схема измерений параметров радиопередающего устройства цифрового телевидения высокой четкости

Метод измерения параметров цифрового радиопередающего устройства заключается в следующем.

На вход цифрового радиопередающего устройства подают цифровой транспортный поток (ЦТП) от генератора испытательных цифровых сигналов транспортного потока. С калиброванного аттенюатора через измерительный демодулятор и декодер цифровой телевизионный сигнал (ЦТС) подается на устройство отображения телевизионных изображений.

Анализатором цифрового транспортного потока контролируют параметры цифрового транспортного потока на входе цифрового телевизионного радиопередающего устройства и на выходе измерительного демодулятора.

Цифровое телевизионное радиопередающее устройство устанавливают в рабочий режим. Измерительным демодулятором измеряют соответствие спектра излучения спектральной маске допусков, коэффициент ошибок модуляции, сигнальное созвездие.

Анализатором спектра осуществляют контроль частотного спектра излучения цифрового телевизионного радиопередающего устройства и соответствие спектра принятой маске допусков.

6.2.2 Методы измерений параметров профессионального интегрированного приемного устройства

Профессиональное цифровое интегрированное приемное устройство включает в себя демодулятор радиосигналов и декодер цифрового транспортного потока.

К основным параметрам профессионального цифрового телевизионного интегрированного приемника относятся:

- избирательность в рабочем диапазоне частот;
- избирательность по соседнему и зеркальному каналам;
- коэффициент битовых ошибок перед внешним декодером,
- опознавание и отображение режимов телевизионного радиопередатчика;
- уровни входных сигналов;
- уровни выходных сигналов;
- чувствительность.

Схема измерений параметров профессионального интегрированного приемного устройства приведена на рисунке 26. Она включает в себя цифровой телевизионный радиопередатчик, генератор испытательных цифровых сигналов транспортного потока, анализатор цифрового транспортного потока и устройство отображения телевизионных изображений.

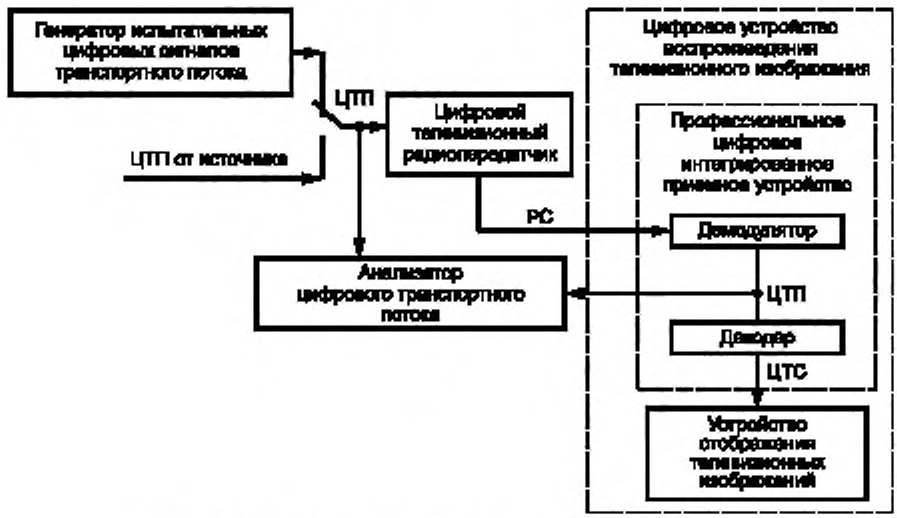


Рисунок 26 — Схема измерений параметров профессионального цифрового интегрированного приемного устройства

Метод измерений параметров профессионального цифрового интегрированного приемного устройства состоит в следующем.

Испытательные сигналы от генератора испытательных цифровых сигналов транспортного потока подаются на цифровой телевизионный радиопередатчик, выход которого через калиброванный аттенюатор подсоединяется ко входу демодулятора.

Цифровой транспортный поток испытательных сигналов с выхода демодулятора декодируется и по полученным телевизионным изображениям испытательных таблиц устройством отображения телевизионных изображений производится контроль преобразований сигналов интегрированного приемного устройства.

Параметры цифрового транспортного потока оцениваются анализатором цифрового транспортного потока.

6.3 Основные требования к аппаратуре для измерения параметров структуры и синтаксиса цифрового транспортного потока

Генератор испытательных цифровых сигналов транспортного потока должен обеспечивать:

- формирование цифрового транспортного потока, соответствующего ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0 [1] и содержащего испытательные сигналы;
- возможность изменения скорости транспортного потока;
- возможность ввода преднамеренных ошибок.

Выходные интерфейсы генератора должны соответствовать ГОСТ Р 52592—2006 для сжатого цифрового потока.

Анализатор цифрового транспортного потока (ЦТП) должен обеспечивать:

- анализ параметров ЦТП в реальном масштабе времени;
- анализ пакетов ЦТП длиной 188 байтов и 204 байта;
- измерение фактической скорости мультиплексированного ЦТП;
- определение эффективной скорости ЦТП для каждой программы и каждого типа транспортных пакетов в отдельности;
- определение ошибок ЦТП в соответствии с группами приоритета по рекомендации ЕТСИ ТО 101 290 [12], настройку параметров анализа;
- анализ таблиц системной информации ЦТП;
- просмотр состава программ внутри транспортного потока;
- измерение фазового дрожания (джиттера) программы, выбранной из ЦТП;
- вывод на дисплей персонального компьютера текущей информации о параметрах ЦТП и об ошибках с возможностью более детальной обработки;
- максимальную скорость входного ЦТП — 108 Мбит/с;
- пределы допускаемой погрешности измерения скорости ЦТП — ± 100 бит/с;
- диапазон измерения фазового дрожания программных тактов (джиттера) — ± 1000 нс;
- разрешающую способность измерения фазового дрожания программных тактов — один период тактовой частоты ВОП (PCR).

Декодер цифрового транспортного потока должен обеспечивать:

- декодирование цифровых транспортных потоков, соответствующих методам сжатия MPEG-2, AVC/H.264, VC-1, EVC и требованиям ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0 [1];
- формирование декодированных цифровых телевизионных сигналов с параметрами разложения 1250/25/1:1 и 1250/50/2:1 при частотах дискретизации сигналов яркости f_{dY} = 74,25 МГц и цветоразностных сигналов f_{dC} = 37,125 МГц;
- прием цифровых транспортных потоков по входным интерфейсам в соответствии с ГОСТ Р 52592—2006 и SMPTE 305.2M [13];
- выдачу цифровых телевизионных сигналов по выходным интерфейсам в соответствии с Рекомендацией МСЭ-Р ВТ.1120-7 [6].

Измерительные демодуляторы должны обеспечивать:

- измерение коэффициента битовых ошибок;
- измерение параметров модуляции: коэффициента ошибок модуляции, величины вектора ошибки, среднего значения системной ошибки, девиации системной ошибки, дисбаланса амплитуд, квадратурной ошибки, фазового джиттера;
- отображение сигнального созвездия на плоскости;
- формирование демодулированного цифрового транспортного потока;
- выдачу демодулированных цифровых транспортных потоков по выходным интерфейсам в соответствии с ГОСТ Р 52592—2006 и SMPTE 305.2M [13];
- настройку на любой из каналов входного диапазона частот;
- возможность подключения к персональному компьютеру для вторичной обработки информации.

Приложение А
(справочное)

Принципы кодирования сигналов ЦТВЧ-2,3 по стандарту MPEG-2

А.1 Общая схема кодирования/декодирования видеосигналов

Обобщенная схема процессов кодирования и декодирования видеосигналов по стандарту MPEG-2 представлена на рисунке А.1.

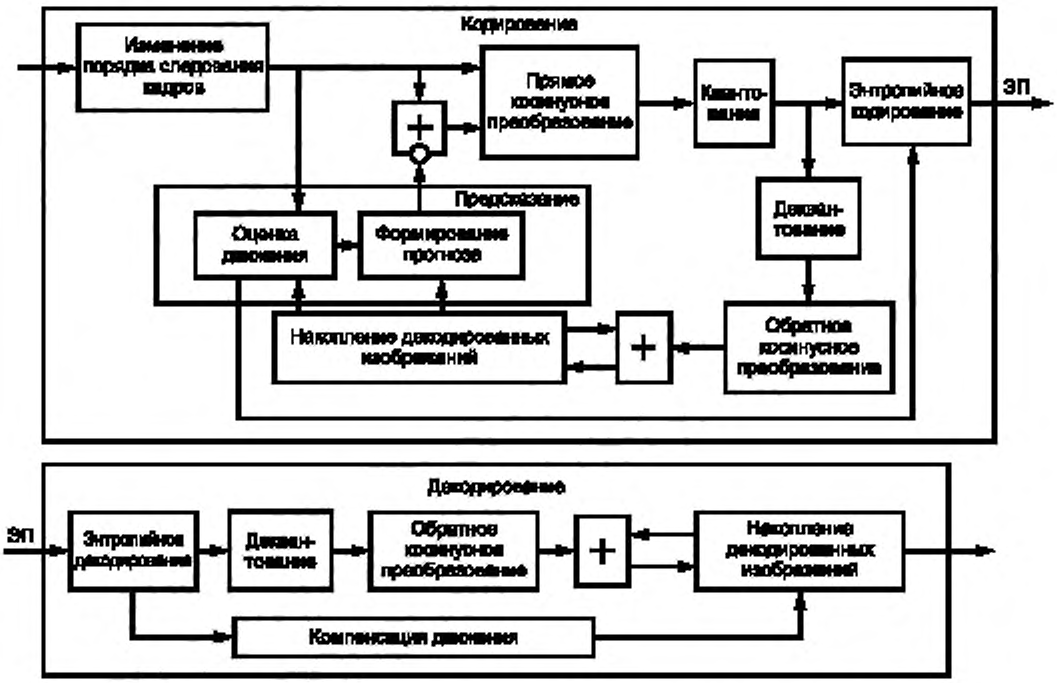


Рисунок А.1 — Процессы кодирования и декодирования видеосигналов по стандарту MPEG-2

Оценка движения (предсказание) — поиск в ранее закодированных и восстановленных (опорных) кадрах фрагмента изображения (прогноза), максимально похожего на текущий кодируемый фрагмент.

Каждый опорный фрагмент, кодируемый без предсказания, и каждый массив поэлементных разностей между кодируемым фрагментом и его прогнозом (массив ошибок предсказания) подвергаются прямому двумерному дискретному косинусному преобразованию.

Для уменьшения объема передаваемой информации полученные в результате косинусного преобразования трансформанты квантуются путем деления на элементы матрицы квантования.

Квантованные трансформанты и указатели прогнозов (векторы движения) кодируются кодами переменной длины с учетом среднестатистических свойств фрагментов (так называемое статистически согласованное или энтропийное кодирование).

С целью предотвращения накопления ошибок, как это принято в системах с дифференциальной импульсно-кодовой модуляцией, кодер содержит в своем составе узел декодирования. Процесс декодирования ошибок предсказания и опорных фрагментов включает деквантование трасформант и обратное косинусное преобразование массивов. Для восстановления фрагментов изображения, закодированных с предсказанием, декодированные ошибки предсказания суммируются с элементами соответствующего прогноза. Реконструированные изображения, практически совпадающие с поступающими на вход кодера, сохраняются в буфере для последующего предсказания.

Полный процесс декодирования изображений на приемной стороне (в декодере) включает два дополнительных этапа: 1) энтропийное декодирование квантованных трансформант и векторов движения и 2) компенсацию движения, т. е. восстановление прогнозов с использованием векторов движения.

А.2 Форматы субдискретизации цвета

Для кодирования сигналов ЦТВЧ-2 и ЦТВЧ-3 по стандарту MPEG-2 может быть использован формат субдискретизации цвета 4:2:2 или 4:2:0 (предпочтителен для вещания). Формат 4:4:4, применяемый для студийного производства, далее не рассматривается.

Расположение отсчетов в кадре для форматов 4:2:2 и 4:2:0 показано на рисунке А.2.

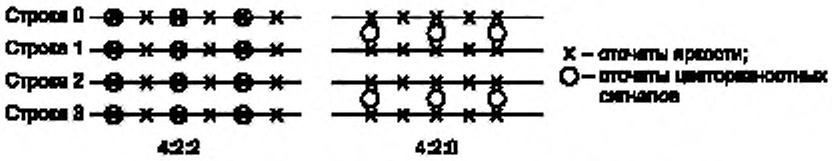


Рисунок А.2 — Форматы субдискретизации цвета 4:2:2 и 4:2:0

Для перевода формата субдискретизации 4:2:2 в формат 4:2:0 в простейшем случае, при построчном разложении (ЦТВЧ-3), может быть использована полусумма значений вышележащего и нижележащего отсчетов

$$C'_R(y) = 0{,}5\,C_R(2y) + 0{,}5\,C_R(2y+1),\ C'_B(y) = 0{,}5\,C_B(2y) + 0{,}5\,C_B(2y+1),$$

где y = 0...575 — вертикальный индекс выходных массивов цветоразностных компонент активной части кадра.

Восстановление может быть реализовано копированием отсчетов цветоразностных сигналов в строки, из которых они были получены:

$$C_R(2y) = C_R(2y+1) = C'_R(y),\ C_B(2y) = C_B(2y+1) = C'_B(y).$$

Аналогично при чересстрочном разложении (ЦТВЧ-2) может быть использована взвешенная сумма отсчетов одного поля:

$C'_R(2y) = {}^3/_4\,C_R(4y) + {}^1/_4\,C_R(4y+2),\ C'_B(2y) = {}^3/_4\,C_B(4y) + {}^1/_4\,C_B(4y+2)$ для вышележащего поля;

$C'_R(2y+1) = {}^1/_4\,C_R(4y+1) + {}^3/_4\,C_R(4y+3),\ C'_B(2y) = {}^1/_4\,C_B(4y+1) + {}^3/_4\,C_B(4y+3)$ для нижележащего поля.

При обратном восстановлении:

$$C_R(4y) = C_R(4y+2) = C'_R(2y),\ C_B(4y) = C_B(4y+2) = C'_B(2y);$$

$$C_R(4y+1) = C_R(4y+3) = C'_R(2y+1),\ C_B(4y+1) = C_B(4y+3) = C'_B(2y+1).$$

В соответствии с тестовой моделью MPEG-2 [14] значения отсчетов цветоразностных сигналов формата 4:2:0, используемые для последующего кодирования, рассчитываются для чересстрочного разложения из отсчетов цветоразностных сигналов формата 4:2:2 при помощи вертикальных сглаживающих фильтров:

$$C'_R(2y) = a_1\,C_R(4y-6) + a_2\,C_R(4y-2) + a_3\,C_R(4y) + a_2\,C_R(4y+2) + a_1\,C_R(4y+6),$$

$$C'_B(2y) = a_1\,C_B(4y-6) + a_2\,C_B(4y-2) + a_3\,C_B(4y) + a_2\,C_B(4y+2) + a_1\,C_B(4y+6),$$

$$C'_R(2y+1) = b_1 C_R(4y-1) + b_2\,C_R(4y+1) + b_2\,C_R(4y+3) + b_1 C_R(4y+5),$$

$$C'_B(2y+1) = b_1 C_B(4y-1) + b_2\,C_B(4y+1) + b_2\,C_B(4y+3) + b_1 C_B(4y+5),$$

где $a_1 = -29/256$, $a_2 = 11/32$, $a_3 = 69/128$, $b_1 = 1/16$, $b_2 = 7/8$.

Обратное восстановление:

$$C_R(4y) = C'_R(2y),\ C_R(4y+2) = 0{,}5\,C'_R(2y) + 0{,}5\,C'_R(2y+2),$$

$$C_R(4y+1) = {}^1/_4\,C'_R(2y-1) + {}^3/_4\,C'_R(2y+1),\ C_R(4y+3) = {}^3/_4\,C'_R(2y+1) + {}^1/_4\,C'_R(2y+3),$$

$$C_B(4y) = C'_B(2y),\ C_B(4y+2) = 0{,}5\,C'_B(2y) + 0{,}5\,C'_B(2y+2),$$

$$C_B(4y+1) = {}^1/_4\,C'_B(2y-1) + {}^3/_4\,C'_B(2y+1),\ C_B(4y+3) = {}^3/_4\,C'_B(2y+1) + {}^1/_4\,C'_B(2y+3).$$

А.3 Иерархия структурных элементов кодирования MPEG-2

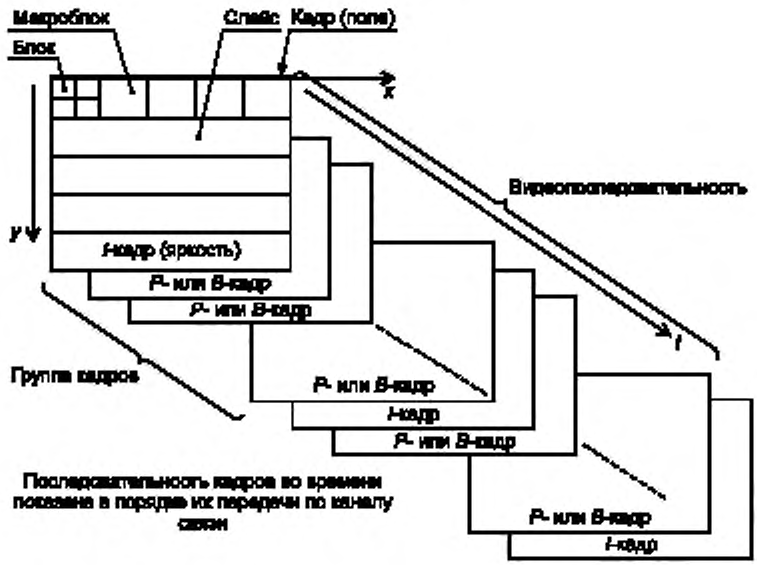


Рисунок А.3 — Структурные элементы кодирования видеосигналов

В качестве основных структурных элементов кодирования предусмотрены (рисунок А.3):

- видеопоследовательность — серия кадров или полей. Построчная видеопоследовательность может содержать только кадры, чересстрочная — кадры и поля. Разрешение, формат и частота кадров, а также формат субдискретизации цвета одинаковы для всех кадров/полей видеопоследовательности;

- группа кадров — серия кадров или полей, использующих предсказание по времени, начинающаяся с кадра, допускающего только внутрикадровое кодирование, и содержащая ровно один такой кадр (либо одно или два поля). В элементарном потоке группа кадров может иметь переменную длину;

- кадр/поле. Предусмотрены 3 вида кодирования кадров/полей и их составных частей: внутрикадровое (Intra, *I*-кадр или *I*-поле), с предсказанием вперед (Predicate, *P*-кадр или *P*-поле) и с двунаправленным предсказанием (Bidirectional, *B*-кадр или *B*-поле). Для чересстрочной последовательности два поля одного кадра должны иметь одинаковый вид кодирования, кроме случая *I*-кадра, для которого первое поле должно иметь внутрикадровое кодирование, а второе — либо внутрикадровое, либо с предсказанием вперед. Чересстрочный кадр может кодироваться как единый кадр либо как два последовательных поля;

- слайс — группа из 16 последовательных строк в кадре/поле яркостной компоненты и 8 (для формата 4:2:0) или 16 (для 4:2:2) строк каждого из цветоразностных сигналов;

- макроблок — группа 16x16 элементов изображения сигнала яркости и 8x16 (для 4:2:2) или 8x8 (для 4:2:0) каждого из цветоразностных сигналов. Последовательность макроблоков образует слайс. При кодировании *I*-кадра для всех макроблоков осуществляется внутрикадровое кодирование (*I*-макроблоки), для *P*-кадра может быть использовано внутрикадровое кодирование или кодирование с предсказанием вперед (*I*- и *P*-макроблоки), в *B*-кадре могут использоваться все варианты кодирования макроблоков. В пределах каждого кадра/поля осуществляется независимая адресация (последовательная нумерация) макроблоков;

- блок — группа 8x8 элементов изображения (отсчетов). Один макроблок содержит 4 блока яркостной компоненты и два (для 4:2:0) или четыре (для 4:2:2) блока цветоразностных сигналов. Каждый из отсчетов представляет собой положительное число без знака, целая часть которого кодируется восемью битами. Минимальное значение отсчета равно 1, максимальное значение равно 254.

Перед кодированием в каждом отсчете инвертируется старший бит двоичного кода. Тем самым формируются дополнительные коды смещенных отсчетов $F(x, y)$, значения которых принадлежат диапазону [–127, +126].

А.4 Внутрикадровое кодирование

При кодировании *I*-макроблока все входящие в него блоки отсчетов $F(x, y)$ подвергаются прямому двумерному дискретному косинусному преобразованию (ПДКП) с получением трансформант $S(m, n)$, $m = 0...7$, $n = 0...7$

$$S(m, n) = {}^1/_4 \sum_{x=0}^{x=7} \sum_{y=0}^{y=7} C(m)\ C(n)\ F(x, y) \cos\frac{\pi(2x+1)m}{16} \cos\frac{\pi(2y+1)n}{16},$$

где $C(m) = 1$, если $m > 0$, $C(m) = \cos \pi/4$, если $m = 0$, и $C(n) = 1$, если $n > 0$, $C(n) = \cos \pi/4$, если $n = 0$.

Трансформанты могут принимать как положительные, так и отрицательные значения и имеют 11-разрядную целую часть (включая знаковый разряд). Трансформанта $S(0, 0)$ равна увеличенному в 8 раз среднему значению смещенных отсчетов блока (постоянная составляющая). Максимально возможные абсолютные значения трансформант приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 — Максимальные абсолютные значения трансформант ПДКП при диапазоне входных значений $F(x, y) = -127...+126$

	Максимальные абсолютные значения $S(m, n)$							
	$m = 0$	$m = 1$	$m = 2$	$m = 3$	$m = 4$	$m = 5$	$m = 6$	$m = 7$
$n = 0$	1016,00	917,00	934,97	917,00	1012,00	917,00	934,97	917,00
$n = 1$	917,00	830,92	847,20	830,92	917,00	830,92	847,20	830,92
$n = 2$	934,97	847,20	863,80	847,20	934,97	847,20	863,80	847,20
$n = 3$	917,00	830,92	847,20	830,92	917,00	830,92	847,20	830,92
$n = 4$	1012,00	917,00	934,97	917,00	1012,00	917,00	934,97	917,00
$n = 5$	917,00	830,92	847,20	830,92	917,00	830,92	847,20	830,92
$n = 6$	934,97	847,20	863,80	847,20	934,97	847,20	863,80	847,20
$n = 7$	917,00	830,92	847,20	830,92	917,00	830,92	847,20	830,92

При кодировании чересстрочной видеопоследовательности с объединением обоих полей в кадре блоки $F(x, y)$ яркостной и цветоразностных компонент формируются одним из двух возможных способов (рисунок А.4). Соответственно ПДКП над такими блоками отсчетов называется кадровым или полевым.

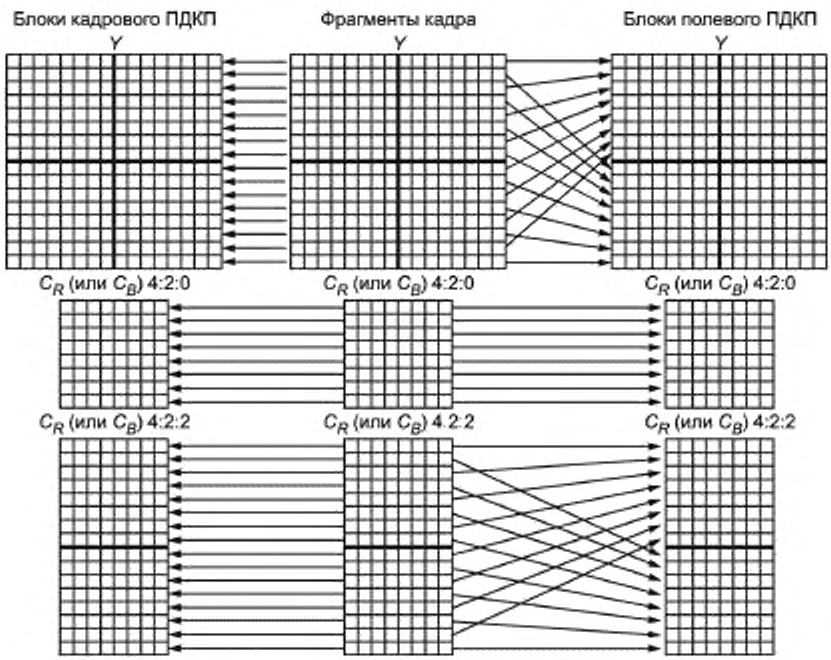


Рисунок А.4 — Формирование блоков отсчетов для последующего кадрового или полевого ПДКП

При кодировании последовательности полей формирование блоков осуществляется только из строк кодируемого поля, как для кадрового ПДКП. Для построчной видеопоследовательности используется только кадровое ПДКП.

Трансформанты, кроме $S(0, 0)$, квантуются и округляются согласно формуле

$$Sк(m, n) = ОКР\ [16S(m, n)Q^{-1}/\ M(m, n)],$$

где ОКР — операция округления до ближайшего целого;

$M(m, n)$ — коэффициенты (матрица) квантования;

Q — фактор квантования, определяемый по одной из двух шкал.

Шкала типа 0 — линейная. Для линейной шкалы значение фактора равно удвоенному значению его кода. Шкала типа 1 — нелинейная.

Для нелинейной шкалы значение фактора определяется его кодом в соответствии с таблицей А.2.

Таблица А.2 — Коды и значения факторов квантования для шкалы типа 1

Код фактора K	$K = 1...7$	$K = 8...15$	$K = 16...23$	$K = 25...31$
Значение фактора Q	$Q = K$	$Q = 2(K - 4)$	$Q = 4(K - 10)$	$Q = 8(K - 17)$

Фактор квантования может изменяться для каждого макроблока. Коэффициенты квантования $M(m, n)$ не изменяются в пределах видеопоследовательности и могут передаваться 8-битными значениями в поле соответствующего заголовка. Для формата субдискретизации 4:2:0 используются одинаковые для всех компонент значения коэффициентов $M(m, n)$. Для формата 4:2:2 возможна передача двух разных наборов коэффициентов $M(m, n)$: одного — для яркостной, другого — для цветоразностных компонент. Если коэффициенты $M(m, n)$ не указываются в заголовке видеопоследовательности, то используются единые для всех компонент значения по умолчанию (рисунок А.5).

	$m = 0$	$m = 1$	$m = 2$	$m = 3$	$m = 4$	$m = 5$	$m = 6$	$m = 7$
$n = 0$		16	19	22	26	27	29	34
$n = 1$	16	16	22	24	27	29	34	37
$n = 2$	19	22	26	27	29	34	34	38
$n = 3$	22	22	26	27	29	34	37	40
$n = 4$	22	26	27	29	32	35	40	48
$n = 5$	26	27	29	32	35	40	48	58
$n = 6$	26	27	29	34	38	46	56	69
$n = 7$	27	29	35	38	46	56	69	83

Рисунок А.5 — Коэффициенты квантования $M(m, n)$ для внутрикадрового кодирования, используемые по умолчанию

Постоянная составляющая квантуется и округляется в соответствии с формулой

$$Sк(0, 0) = ОКР\ [S(0, 0)/D],$$

где ОКР — операция округления до ближайшего целого;

квантователь D равен 1, 2, 4 или 8.

Смена значения квантователя D может производиться в начале каждого кадра/поля.

Постоянные составляющие кодируются в пределах каждого слайса с применением метода дифференциальной импульсно-кодовой модуляции (ДИКМ), согласно которому для всех трех компонент вычисляются ошибки предсказания *DCdiff* как разности между текущим и предшествующим значениями $Sк(0, 0)$. Прогноз (предсказанное значение) очередного $Sк(0, 0)$ считается нулевым в следующих случаях:

- для первого блока любой компоненты в слайсе;
- если предшествующий макроблок не кодируется (пропущен) или использует кодирование с предсказанием (в *P*- и *B*-кадрах или полях).

Каждая отличная от нуля ошибка предсказания *DCdiff* кодируется парой кодов переменной длины <*VLC_Size, Diff*>, где *VLC_Size* — код переменной длины, задающий количество *Size* значащих разрядов в двоичном представлении ошибки *DCdiff* (таблица В.12 для компонентов яркостного сигнала и таблица В.13 для цветоразностных сигналов в ИСО/МЭК 13818-2/МСЭ-Т Н.262), а *Diff* — двоичное целое длиной *Size* бит, равное *DCdiff*, если *DCdiff* положительно, либо формируемое инвертированием значащих разрядов *DCdiff*, если *DCdiff* отрицательно. Нулевая ошибка предсказания *DCdiff* = 0, для которой *Size* = 0, задается только кодом *VLC_Size* без указания кода Diff.

Порядок обхода (сканирования) блоков при вычислении и кодировании ошибок предсказания постоянных составляющих показан на рисунке А.6.

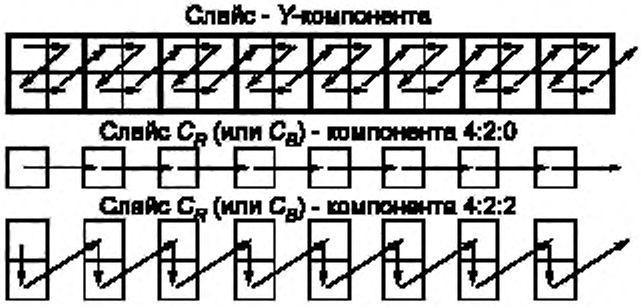


Рисунок А.6 — Порядок сканирования блоков в слайсе при кодировании транформант — постоянных составляющих

Все остальные трансформанты сканируются в пределах каждого блока в отдельности. Предусмотрено два вида сканирования трансформант в блоке — зигзагообразное и альтернативное (рисунок А.7). Вид сканирования может изменяться в начале видеопоследовательности.

Получаемая в результате сканирования одномерная последовательность, состоящая из 63 квантованных трансформант каждого блока, подвергается энтропийному RLE-кодированию (RunLevelEncoding) с использованием стандартизованных таблиц кодов переменной длины (таблицы В.14, В.15 и В.16 ИСО/МЭК 13818-2/МСЭ-Т Н.262 [2]).

Зигзагообразная последовательность

	m = 0	*m* = 1	*m* = 2	*m* = 3	*m* = 4	*m* = 5	*m* = 6	*m* = 7
n = 0		1	5	6	14	15	27	28
n = 1	2	4	7	13	16	26	29	42
n = 2	3	8	12	17	25	30	41	43
n = 3	9	11	18	24	31	40	44	53
n = 4	10	19	23	32	39	45	52	54
n = 5	20	22	33	38	46	51	55	60
n = 6	21	34	37	47	50	56	59	61
n = 7	35	36	48	49	57	58	62	63

Альтернативная последовательность

m = 0	*m* = 1	*m* = 2	*m* = 3	*m* = 4	*m* = 5	*m* = 6	*m* = 7
	4	6	20	22	36	38	52
1	5	7	21	23	37	39	53
2	8	19	24	34	40	50	54
3	9	18	25	35	41	51	55
10	17	26	30	42	46	56	60
11	16	27	31	43	47	57	61
12	15	28	32	44	48	58	62
13	14	29	33	45	49	59	63

Рисунок А.7 — Варианты сканирования трансформант в блоке

Порядок формирования фрагмента элементарного видеопотока из RLE-кодов для макроблока с внутрикадровым кодированием отражен на рисунке А.8.

Код увеличения номера на рисунке А.8 — это разность между адресами текущего и следующего *I*-макроблоков. Для *I*-кадров код увеличения номера в каждом *I*-макроблоке равен 1. Для *P*- и *B*-кадров код увеличения номера имеет переменную длину от 1 до 11 битов и задает увеличенное на 1 количество пропущенных макроблоков *P*- или *B*-типа (таблица В.1 ИСО/МЭК 13818-2/МСЭ-Т Н.262 [2]).

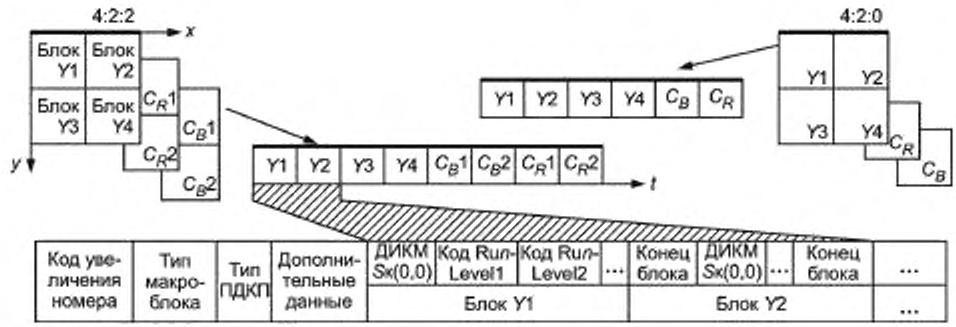


Рисунок А.8 — Результат кодирования *I*-макроблока

Значение «Тип *I*-макроблока» зависит от типа кадра (поля) и определяет наличие кода фактора квантования среди дополнительных данных. В соответствии с таблицами В.2, В.3, В.4 ИСО/МЭК 13818-2/МСЭ-Т Н.262 [2], тип *I*-макроблока с кодом фактора квантования задается: в *I*-кадре (поле) двухбитовой комбинацией '01'; в *P*- и *B*-кадре (поле) — шестибитовой комбинацией '000001'. Тип *I*-макроблока без кода фактора квантования (используется предыдущее значение фактора) задается: в *I*-кадре (поле) — одним битом '1'; в *P*- и *B*-кадре (поле) — комбинацией '00011'.

Тип ПДКП кодируется одним битом: '0' — кадровое, '1' — полевое ПДКП. Присутствует только в чересстрочной видеопоследовательности при кодировании кадра и сброшенном в '0' флаге кадровых типов предсказания и ПДКП "frame_pred_frame_dct".

В составе дополнительных данных передается 5-битный код фактора квантования (для типов *I*-макроблока '01' или '000001'). При наличии в расширенном заголовке кадра соответствующего флага разрешения в состав дополнительных данных включаются также скрытые векторы движения. Основная цель передачи скрытых (виртуальных) векторов — восстановление информации, поврежденной в канале связи. Поскольку алгоритм исправления ошибок не специфицирован, во избежание несовместимости оборудования различных производителей использование виртуальных векторов настоящим стандартом не рекомендуется (флаг "concealment_motion_vectors" в расширенном заголовке кадра должен быть сброшен в '0').

Восстановление закодированных отсчетов яркости и цветоразностных сигналов в кодере, а также на приемной стороне производится в порядке, обратном порядку кодирования.

Деквантование трансформант осуществляется в соответствии с формулами:

$$S^*(0, 0) = Sk(0, 0)\, D;$$

$$S^*(m, n) = \text{ОБР}\,[QM(m, n) Sk(m, n)/16] \text{ для } m > 0,\ n > 0.$$

Здесь ОБР — операция округления до целого отбрасыванием («обрубанием») дробной части числа (ОБР(7/4) = 1, ОБР(–7/4) = –1).

В результате квантования/деквантования трансформант возможно получение значений $S^*(m, n)$, выходящих за пределы диапазона [–1024, +1023]. В связи с этим разрядность деквантованных трансформант $S^*(m, n)$ со знаком должна составлять не менее 12 бит.

Младшие биты всех трансформант каждого блока суммируются по модулю 2. При получении значения '0' младший бит трансформанты $S^*(7, 7)$ инвертируется.

Из трансформант $S^*(m, n)$ каждого блока путем обратного двумерного дискретного преобразования (ОДКП) формируются отсчеты $F^*(x, y)$

$$F^*(x, y) = {}^1/_4 \sum_{m=0}^{m=7} \sum_{n=0}^{n=7} C(m)\ C(n)\ S^*(m, n) \cos\frac{\pi(2x+1)m}{16} \cos\frac{\pi(2y+1)n}{16}.$$

Значения $F^*(x, y)$ округляются до ближайших целых и вводятся в диапазон [–256, +255]. В случаях полевого ПДКП и кодирования чересстрочного кадра производится преобразование блоков в построчный формат.

Кроме того, на приемной стороне для получения из реконструированных отсчетов $F^*(x, y)$ несжатых цифровых сигналов ЦТВЧ-2, ЦТВЧ-3 выполняется ряд дополнительных действий:

- все декодированные блоки отсчетов представляются в пригодной для вывода форме (полевой для ЦТВЧ-2 и кадровой для ЦТВЧ-3);

- значения $F'(x, y)$ вводятся в диапазон [–127, 126];

- значения яркостных и цветоразностных сигналов преобразуются к виду целых без знака путем инвертирования старшего бита;

- формат субдискретизации цвета 4:2:0 преобразуется в формат 4:2:2.

Примечание — Прямое и обратное косинусные преобразования с округлением трансформант до целых значений не являются взаимообратимыми — результат ОДКП отличается от исходного массива отсчетов. Для обеспечения взаимообратимости требуется обработка трансформант минимум с двумя дополнительными разрядами дробной части (с точностью 0,25), что не предусмотрено ИСО/МЭК 13818-2/МСЭ-Т Н.262.

А.5 Кодирование с предсказанием вперед

Для макроблока *P*-кадра (*P*-поля), кодируемого с предсказанием вперед, производится поиск наиболее похожего на этот макроблок фрагмента изображения (прогноза) в опорном кадре (поле). В качестве опорного используется ближайший ранее закодированный и реконструированный кодером кадр (поле) *I*- или *P*-типа. Порядок поиска оптимального прогноза ИСО/МЭК 13818-2/МСЭ-Т Н.262 [2] не регламентирован. Из-за сложности полного перебора всех возможных вариантов предсказания на практике применяют алгоритмы неполного поиска, как правило, в пределах некоторой ограниченной зоны опорного кадра (поля). Из всех анализируемых прогнозов обычно выбирается наилучший по критерию максимального сходства (в идеальном случае полностью совпадающий с кодируемым макроблоком).

Формирование прогноза $pY(x, y)$, $pCR(x', y')$, $pC_B(x', y')$ для *P*-макроблока $Y1(x, y)$, $C1_R(x', y')$, $C1_B(x', y')$ может быть осуществлено кадровым, полевым или специальными методами. Здесь и далее координата x' цветоразностной компоненты равна целой части $x/2$. Для формата 4:2:2 координата y' равна y, а для формата 4:2:0 — целой части $y/2$.

Примечание — ИСО/МЭК 13818-2/МСЭ-Т Н.262 рассматривает четыре класса макроблоков: *I*-макроблоки, макроблоки с предсказанием вперед, назад или с двунаправленным предсказанием. Здесь и далее для упрощения описания основных процедур кодирования сигналов ЦТВЧ применяется следующая классификация макроблоков: *I*-макроблоки, *P*-макроблоки (используемые только в *P*-кадрах или *P*-полях) и *B*-макроблоки (используемые только в *B*-кадрах или *B*-полях).

В зависимости от типа видеопоследовательности допускается применение нескольких вариантов кодирования с предсказанием вперед, отличающихся видами прогнозов и ПДКП (рисунок А.9).

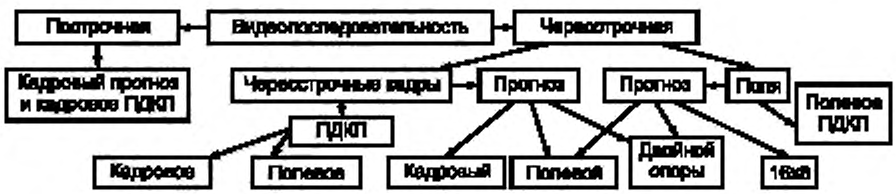


Рисунок А.9 — Виды предсказания и ПДКП для *P*-макроблоков

Найденный наилучший прогноз используется для формирования одного или двух векторов движения и ошибок предсказания *P*-макроблока. Векторы движения кодируются методом ИДКМ. Ошибки предсказания, т. е. массивы попиксельных разностей между *P*-макроблоком и его прогнозом, подвергаются ПДКП с последующим статистическим кодированием трансформант.

А.5.1 Формирование прогнозов для предсказания вперед при кодировании кадров

А.5.1.1 Кадровый прогноз

Порядок формирования элементов кадрового прогноза для *P*-макроблока по отсчетам выбираемых фрагментов опорного *I*- или *P*- кадра отражен на рисунке А.10.

Для каждой пары целочисленных значений координат $x0$ и $y0$, относящихся к зоне поиска в опорном кадре, строится 4 прогноза, 3 из которых необходимы для получения полупиксельной точности предсказания. При вычислении прогнозов $pY0(x, y)$, $pC0_R(x', y')$, $pC0_B(x', y')$ используются отсчеты соответствующих компонент опорного кадра $Y0(x, y)$, $C0_R(x', y')$, $C0_B(x', y')$.

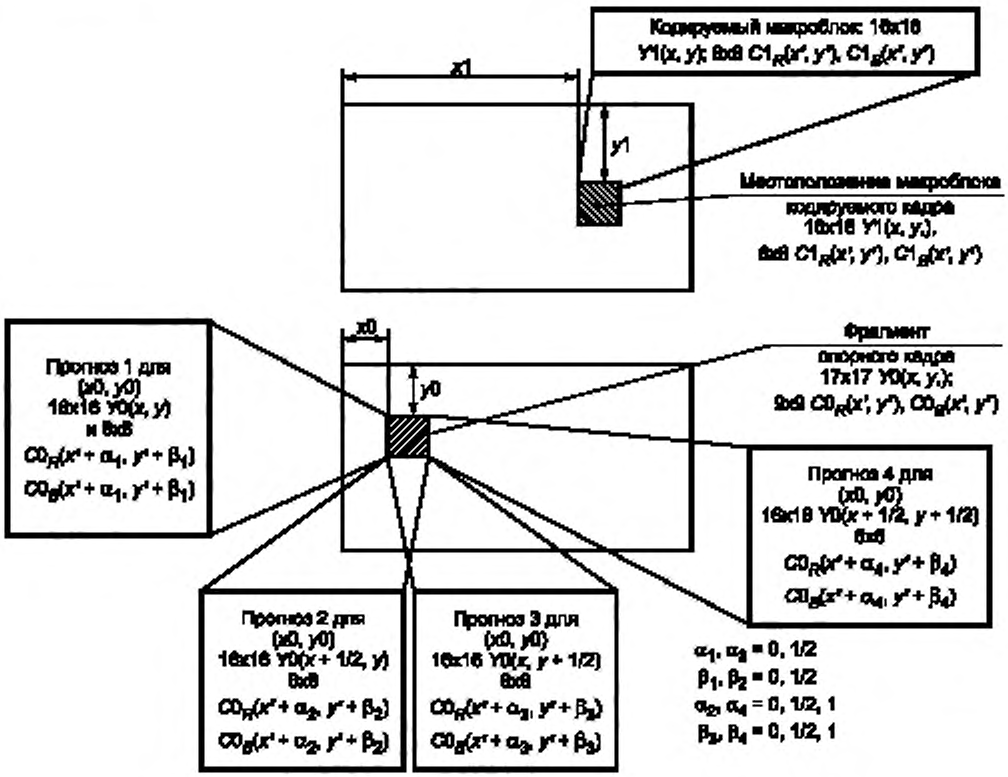


Рисунок А.10 — Формирование кадрового прогноза для *P*-макроблока

В таблице А.3 приведены формулы расчета прогнозов для яркостной компоненты. Прогнозы 2 и 3 формируются из опорных отсчетов путем линейной интерполяции вдоль одной из координат (*x* или *y* соответственно), для прогноза 4 — по обеим координатам.

Таблица А.3 — Вычисление кадровых прогнозов $pY0(x, y)$ для яркостной компоненты *P*-макроблока

Вариант прогноза	Прогноз $pY0(x, y)$	Вектор движения (dx, dy)
1	$Y0(x, y)$	$dx = x0 - x1$, $dy = y0 - y1$
2	$^1/_2\,Y0(x, y) + {}^1/_2\,Y0(x + 1, y)$	$dx = x0 + 0{,}5 - x1$, $dy = y0 - y1$
3	$^1/_2\,Y0(x, y) + {}^1/_2\,Y0(x, y + 1)$	$dx = x0 - x1$, $dy = y0 + 0{,}5 - y1$
4	$^1/_4\,Y0(x, y) + {}^1/_4\,Y0(x, y + 1) + {}^1/_4\,Y0(x + 1, y) + {}^1/_4\,Y0(x + 1, y + 1)$	$dx = x0 + 0{,}5 - x1$, $dy = y0 + 0{,}5 - y1$

Получаемые значения элементов прогнозов 2—4 округляются в сторону ближайших целых. Порядок формирования сопутствующих прогнозов $pC0_R(x', y')$, $pC0_B(x', y')$ для цветоразностных компонент зависит от формата субдискретизации цвета и разностей координат $x0 - x1$, $y0 - y1$. В таблице А.4 приведены формулы расчета кадровых прогнозов $pC0_R(x', y')$. Для компоненты $pC0_B(x', y')$ выкладки аналогичны.

Таблица А.4 — Вычисление кадровых прогнозов $pC0_R(x', y')$

Вариант прогноза	Значение $x0$	Значение $y0$	Прогноз $pC0_R(x', y')$ для форматов субдискретизации цвета	
			4:2:2	4:2:0
1	Четное	Четное	$C0_R(x', y')$	
		Нечетное	$C0_R(x', y')$	$C0_R(x', y' + 1/2)$
	Нечетное	Четное	$C0_R(x' + 1/2, y')$	
		Нечетное	$C0_R(x' + 1/2, y')$	$C0_R(x' + 1/2, y' + 1/2)$
2	Четное $x0 < x1$ или нечетное $x0 > x1$	Четное	$C0_R(x' + 1/2, y')$	
		Нечетное	$C0_R(x' + 1/2, y')$	$C0_R(x' + 1/2, y' + 1/2)$
	Четное $x0 > x1$	Четное	$C0_R(x', y')$	
		Нечетное	$C0_R(x', y')$	$C0_R(x', y' + 1/2)$
	Нечетное $x0 < x1$	Четное	$C0_R(x' + 1, y')$	
		Нечетное	$C0_R(x' + 1, y')$	$C0_R(x' + 1, y' + 1/2)$
3	Четное	Четное $y0 < y1$ или нечетное $y0 > y1$	$C0_R(x', y' + 1/2)$	
		Четное $y0 > y1$	$C0_R(x', y' + 1/2)$	$C0_R(x', y')$
		Нечетное $y0 < y1$		$C0_R(x', y' + 1)$
	Нечетное	Четное $y0 < y1$ или нечетное $y0 > y1$	$C0_R(x' + 1/2, y' + 1/2)$	
		Четное $y0 > y1$	$C0_R(x' + 1/2, y' + 1/2)$	$C0_R(x' + 1/2, y')$
		Нечетное $y0 < y1$		$C0_R(x' + 1/2, y' + 1)$
4	Четное $x0 < x1$ или нечетное $x0 > x1$	Четное $y0 < y1$ или нечетное $y0 > y1$	$C0_R(x' + 1/2, y' + 1/2)$	
		Четное $y0 > y1$	$C0_R(x' + 1/2), y' + 1/2)$	$C0_R(x' + 1/2, y')$
		Нечетное $y0 < y1$		$C0_R(x' + 1/2, y' + 1)$
	Четное $x0 > x1$	Четное $y0 < y1$ или нечетное $y0 > y1$	$C0_R(x', y' + 1/2)$	
		Четное $y0 > y1$	$C0_R(x', y' + 1/2)$	$C0_R(x', y')$
		Нечетное $y0 < y1$		$C0_R(x', y' + 1)$
	Нечетное $x0 < x1$	Четное $y0 < y1$ или нечетное $y0 > y1$	$1/2\ C0_R(x' + 1, y' + 1/2)$	
		Четное $y0 > y1$	$C0_R(x' + 1, y' + 1/2)$	$C0_R(x' + 1, y')$
		Нечетное $y0 < y1$		$C0_R(x' + 1, y' + 1)$

Окончание таблицы А.4

Примечания

1 Значения координаты x' принадлежат диапазону [0, 959], а координаты y' — диапазону [0, 1151] для формата 4:2:2 и диапазону [0, 575] для формата 4:2:0.

2 Расчет значений координат с точностью до половины пиксела осуществляется линейной интерполяцией:

$C0_R(x' + {}^1/_2, y') = {}^1/_2 C0_R(x', y') + {}^1/_2 C0_R(x' + 1, y')$

$C0_R(x', y' + {}^1/_2) = {}^1/_2 C0_R(x', y') + {}^1/_2 C0_R(x', y' + 1)$

$C0_R(x' + {}^1/_2, y' + {}^1/_2) = {}^1/_4 C0_R(x', y') + {}^1/_4 C0_R(x' + 1, y') + {}^1/_4 C0_R(x', y' + 1) + {}^1/_4 C0_R(x' + 1, y' + 1)$.

А.5.1.2 Полевой прогноз

Полевой прогноз *P*-макроблока рассчитывается по элементам двух полевых фрагментов опорного чересстрочного кадра (рисунок А.11). Один фрагмент содержит блок 16x8 элементов яркости и два блока 8x8 (4:2:2) или 8x4 (4:2:0) элементов цветоразностных компонент. Каждый из них может принадлежать любому из полей опорного кадра, поэтому при полевом предсказании формируются два вектора движения. Один из векторов определяет фрагмент, по которому предсказаны четные строки, другой — фрагмент, по которому предсказаны нечетные строки кодируемого *P*-макроблока. По аналогии с кадровым предсказанием каждый из фрагментов используется для получения четырех вариантов прогноза (см. таблицы А.3, А.4). При этом применяется сквозная нумерация строк по полю. После нахождения наилучших частных прогнозов для четных и нечетных строк *P*-макроблока окончательный прогноз формируется их чересстрочным объединением.

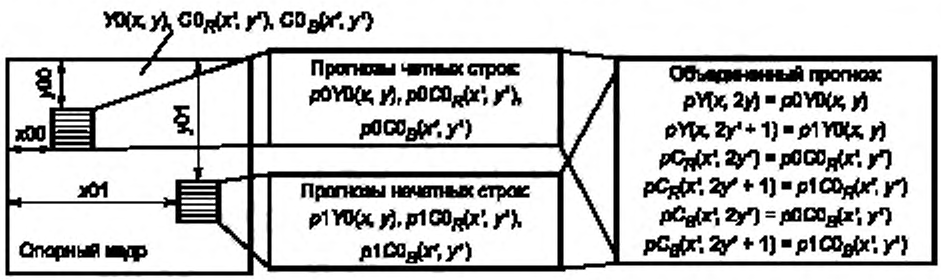


Рисунок А.11 — Формирование полевого прогноза *P*-макроблока

В элементарном потоке для каждого из двух передаваемых векторов движения, относящихся к одному и тому же *P*-макроблоку, указывается поле кадра, из фрагмента которого сформирован прогноз его четных (нечетных) строк. Первым всегда передается вектор для четных строк закодированного *P*-макроблока. Значения вертикальных составляющих обоих векторов задаются с точностью до половины межстрочного интервала.

А.5.1.3 Прогноз двойной опоры

В чересстрочных видеопоследовательностях, не имеющих *B*-кадров и *B*-полей, может применяться специальный прогноз *P*-макроблока, называемый прогнозом двойной опоры (Dual prime). В прогнозе двойной опоры частные прогнозы четных и нечетных строк *P*-макроблока усредняются с полевыми прогнозами альтернативных опорных полей. Формирование прогноза двойной опоры может производиться в следующем порядке:

1 Кодируемый и опорный кадры разделяются на поля, в каждом из которых используется сквозная нумерация строк. Кодируемый макроблок в этом случае состоит их двух субмакроблоков 16x8 — один в четном, другой в нечетном поле. Оба кодируемых субмакроблока имеют одинаковые начальные координаты ($x2$, $y2$), но в своем поле. Предварительный опорный фрагмент также состоит из двух субфрагментов 16x8, имеющих одинаковые начальные координаты ($x0$, $y0$), каждый в своем поле.

2 Для кодируемого субмакроблока четного поля из опорного субфрагмента четного поля формируются 4 прогноза с соответствующими начальными координатами ($x0k$, $y0k$), где k = 1...4 — номер прогноза. Координаты прогнозов вычисляются:

$x01 = x0$, $y01 = y0$,

$x02 = x0 + {}^1/_2$, $y02 = y0$,

$x03 = x0$, $y03 = y0 + {}^1/_2$;

$x04 = x0 + {}^1/_2$, $y04 = y0 + {}^1/_2$,

где добавление дробной части означает, что значения массива прогноза получены межпиксельной интерполяцией. Соответствующие значения векторов движения: $dx0k = x0k - x2$, $dy0k = y0k - y2$.

Значения векторов движения для нечетного опорного поля, находящегося во времени между четным опорным и четным кодируемым полями, интерполируются в предположении поступательности движения: $dx1k = dx0k/2$, $dy1k = (dy0k + 1)/2$. Результаты округляются до половины целого, причем значения с четвертью округляются до половины, наиболее удаленной от нуля. На основе интерполированных векторов вычисляются начальные координаты кандидатов на прогноз в нечетном опорном поле: $x1k = x2 + dx1k$, $y1k = y2 + dy1k$. Поскольку движение может быть не совсем поступательным, то для каждого из кандидатов дополнительно формируются 8 уточняющих (дифференциальных) прогнозов с начальными координатами ($x1k \pm {}^1/_2$, $y1k \pm {}^1/_2$):

$x1k + {}^1/_2$, $y1k$,

$x1k - {}^1/_2$, $y1k$,

$x1k + {}^1/_2$, $y1k + {}^1/_2$,

$x1k - {}^1/_2$, $y1k + {}^1/_2$,

$x1k + {}^1/_2$, $y1k - {}^1/_2$,

$x1k - {}^1/_2$, $y1k - {}^1/_2$,

$x1k$, $y1k + {}^1/_2$,

$x1k$, $y1k - {}^1/_2$.

Таким образом, для каждого из 4 прогнозов опорного субфрагмента четного поля формируются 9 прогнозов в нечетном поле.

Окончательные 36 прогнозов для субмакроблока четного поля получаются усреднением значений прогнозов четного и нечетного опорных полей. Для небольших значений векторов некоторые из 36 прогнозов могут оказаться совпадающими друг с другом.

3 Аналогичные процедуры проводятся для кодируемого субмакроблока нечетного поля. Из опорного субфрагмента нечетного (т. е. совпадающего по четности с кодируемым) поля формируются 4 прогноза с соответствующими начальными координатами ($x2k$, $y2k$), где k = 1...4 — номер прогноза. Координаты прогнозов вычисляются: $x21 = x0$, $y21 = y0$, $x22 = x0 + {}^1/_2$, $y22 = y0$, $x23 = x0$, $y23 = y0 + {}^1/_2$, $x24 = x0 + {}^1/_2$, $y24 = y0 + {}^1/_2$.

Соответствующие значения векторов движения равны $dx2k = x2k - x2$ и $dy2k = y2k - y2$.

Значения векторов движения экстраполируются для четного опорного поля с аналогичным округлением и получением начальных координат прогнозов четного опорного поля для субмакроблока нечетного поля: $x4k = x2 + dx3k$, $y4k = y2 + dy3k$, где $dx3k = dx2k/2$, $dy3k = (dy2k - 1)/2$. Для субмакроблока нечетного поля также усреднением значений полученных прогнозов четного и нечетного опорных полей формируется 36 прогнозов.

4 Единый прогноз всего макроблока образуется объединением наилучших прогнозов субмакроблоков.

5 В элементарный поток заносятся значения вектора для совпадающей четности кодируемого и опорного полей (т. е. $dx0k$, $dy0k$ и $dx2k$, $dy2k$ при выбранном k) и уточняющие (дифференциальные) значения векторов (т. е. 0 или ± 1/2 по каждой из координат и для каждого субмакроблока) для альтернативной четности строк.

Данный способ имеет повышенную сложность и применяется только в целях обеспечения малой задержки кодирования-декодирования сигналов. Кроме того, многие приемники-декодеры не поддерживают этот способ кодирования как устаревший, поэтому прогноз двойной опоры не рекомендуется использовать при кодировании сигналов ЦТВЧ-2, ЦТВЧ-3 в вещательных целях.

А.5.2 Формирование прогнозов для предсказания вперед при кодировании полей

При кодировании полей каждые два соседних поля (изображения) считаются относящимися к одному кадру. Опорными для кодирования *P*-полей могут быть поля, в совокупности образующие кадры вида: «*I*-поле+*I*-поле»; «*I*-поле+*P*-поле»; «*P*-поле+*P*-поле».

Для первого *P*-поля (из двух в кодируемом кадре) производится формирование четырех прогнозов по одному из ранее переданных *I*- или *P*-полей. Прогнозы формируются так же, как при кодировании *P*-кадра (см. таблицы А.3 и А.4). При передаче вектора движения в элементарном потоке указывается поле, из которого сформирован прогноз. Первое кодируемое поле может быть как верхним (четным), так и нижним (нечетным).

Для второго *P*-поля прогнозы могут быть сформированы аналогичным образом. Кроме того, допускается формирование прогнозов из реконструированного (кодированного, а затем декодированного) *P*- или *I*-поля самого кодируемого кадра. Специальный прогноз двойной опоры вычисляется так же, как и при кодировании кадров, но только в том случае, если первое поле в каждой паре полей одного кадра четно (является верхним). Если это не так, то расчет прогнозов должен быть соответствующим образом скорректирован. Для кадров вида «*I*-поле+*P*-поле» данная разновидность прогнозов не используется.

При кодировании полей допускается также формирование прогнозов типа «Компенсация движения 16x8». В этом случае кодируемый макроблок поля разбивается на две части — верхнюю и нижнюю половины. Для каждой из частей производится формирование прогнозов из ранее переданных полей. На рисунке А.12 приведен пример, в котором прогноз верхней части получен из нечетного поля, а прогноз нижней части — из четного.

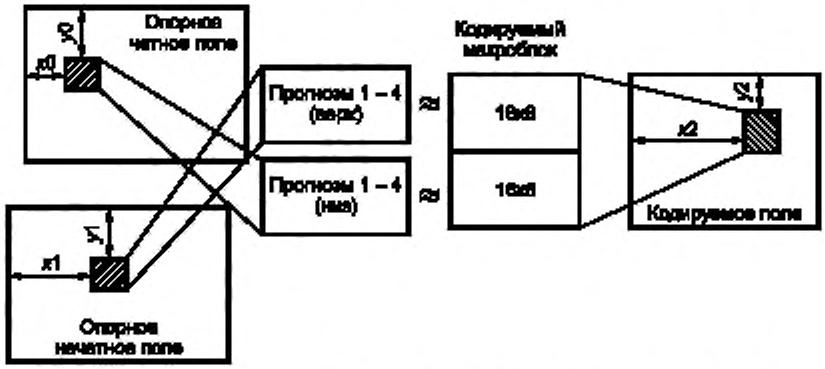


Рисунок А.12 — Формирование прогноза типа «компенсация движения 16x8» для *P*-поля

А.5.3 Кодирование макроблоков с предсказанием вперед

Кодируемый *P*-макроблок и его наилучший прогноз используются для вычисления ошибок предсказания:

$DPY(x, y) = Y1(x, y) - pY(x, y)$,

$DPC_R(x', y') = C1_R(x', y') - pC_R(x', y')$,

$DPC_B(x', y') = C1_B(x', y') - pC_B(x', y')$.

Вычисленные ошибки предсказания округляются до целых и вводятся в диапазон [–256, +255].

Последующие процедуры кодирования во многом схожи с процедурами, применяемыми при внутрикадровом кодировании макроблоков. Основные особенности и отличия состоят в следующем:

1 Прямому (полевому или кадровому) дискретному косинусному преобразованию подвергаются массивы (блоки) ошибок предсказания $DPY(x, y)$, $DPC_R(x', y')$ и $DPC_B(x', y')$. Максимальные абсолютные значения вычисляемых трансформант $S(m, n)$ могут быть получены из таблицы А.1 умножением приведенных в ней значений на дробь $^{256}/_{127}$.

2 Для блоков ошибок предсказания не делается различий между постоянной составляющей $S(0,0)$ и остальными трансформантами. Квантование всех трансформант осуществляется единообразно в соответствии с формулой

$Sk(m, n) = 16\ S(m, n)\ Q^{-1} / M(m, n)$.

Если коэффициенты $M(m, n)$ в потоке не передаются, то они одинаковы и по умолчанию равны 16.

3 В результате сканирования блока формируется линейная последовательность, состоящая из 64 квантованных трансформант.

4 Групповое RLE-кодирование трансформант выполняется с использованием стандартизованных таблиц В.14 и В.16 ИСО/МЭК 13818-2 / МСЭ-Т Н.262 [2].

Успешный прогноз обеспечивает высокую вероятность того, что в одном или более блоках *P*-макроблока все квантованные трансформанты $Sk(m, n)$ равны нулю. В этом случае в заголовке *P*-макроблока кодом переменной длины передается таблица маскирования блоков (coded block pattern). Если нулевых блоков нет, то таблица маскирования отсутствует.

P-макроблок, у которого все блоки и значения векторов движения равны нулю, считается пропущенным (кроме первого и последнего макроблока в слайсе). Пропущенные макроблоки в элементарный поток не включаются.

Структура фрагмента элементарного видеопотока, формируемого в результате кодирования *P*-макроблока, приведена на рисунке А.13.

<table>
<tr><td rowspan="2">Код увеличения номера</td><td rowspan="2">Тип макроблока</td><td rowspan="2">Тип предсказания</td><td rowspan="2">Тип ПДКП</td><td rowspan="2">Код фактора квантования</td><td rowspan="2">Разностные вектора движения</td><td rowspan="2">Таблица маскирования блоков (при наличии нулевых блоков)</td><td>Код Run-Level0</td><td>...</td><td>Конец блока</td><td>Код Run-Level0</td><td>...</td><td>Конец блока</td><td>...</td></tr>
<tr><td colspan="3">Блок Y1 (если не нулевой)</td><td colspan="3">Блок Y2 (если не нулевой)</td><td>...</td></tr>
</table>

Рисунок А.13 — Результат кодирования *P*-макроблока

Тип макроблока — один из кодов переменной длины, уточняющих структуру *P*-макроблока в элементарном потоке:

'1' — передаются векторы движения и закодированные трансформанты; код фактора квантования отсутствует;

'01' — передаются только закодированные трансформанты; код фактора квантования отсутствует; векторы движения равны нулю;

'001' — передаются только векторы движения; код фактора квантования отсутствует; трансформанты всех блоков равны нулю;

'00010' — передаются векторы движения, код фактора квантования и закодированные трансформанты;

'00001' — передаются закодированные трансформанты и код фактора квантования; векторы движения равны нулю.

Тип предсказания задается двухбитовым кодом фиксированной длины. Для пропущенных макроблоков подразумевается кадровый или полевой прогноз при кодировании соответственно кадра или поля.

Тип ПДКП кодируется одним битом: '0' — кадровое, '1' — полевое. Присутствует только в чересстрочной видеопоследовательности при кодировании кадра и сброшенном флаге «кадровые типы предсказания и ПДКП» ("frame_pred_frame_dct").

Векторы движения передаются в элементарном потоке в виде закодированных разностей между текущими значениями векторов и их предикторами — предсказанными значениями. Правила формирования предикторов представлены в таблице А.5.

Таблица А.5 — Формирование предикторов для векторов движения *P*-макроблоков

Кодирование	Прогноз текущего макроблока	Векторы, разностные коды которых передаются в элементарном потоке	Предикторы, используемые для следующего макроблока
P-кадра	Кадровый	A	A, B = A
	Полевой	A, B	не изменяются
	Двойной опоры	A, B	A, B = A
P-поля	Полевой	A	A, B = A
	Двойной опоры	A, B	A, B = A
	«Компенсация движения 16x8»	A, B	не изменяются
Примечание — Предиктор вектора, полученного прогнозом двойной опоры при кадровом кодировании, сохраняется с удвоенным значением вертикальной координаты.			

При кодировании текущего макроблока *P*-кадра (поля) неизвестно, к какому типу (*I*- или *P*-) будет отнесен следующий макроблок, а если это будет *P*-макроблок, то какой из вариантов прогноза окажется для него наилучшим и соответственно сколько векторов (один или два) потребуется для компенсации движения такого *P*-макроблока. В связи с этим при обработке каждого макроблока формируется и запоминается пара предикторов: A и B. Предиктор A является основным и применяется для кодирования первого (возможно единственного) вектора движения следующего *P*-макроблока. Предиктор B используется для кодирования второго вектора, если таковой имеется. Оба предиктора полагаются равными нулю в следующих случаях:

- перед кодированием первого макроблока слайса;
- после передачи *I*-макроблока без скрытых векторов;
- после передачи *P*-макроблока без векторов;
- если текущий макроблок оказался пропущенным.

После передачи очередного непропущенного *P*-макроблока производится реконструирование всех его ненулевых блоков в порядке, обратном порядку их кодирования: инверсное сканирование, деквантование трансформант, вычисление ошибок предсказания посредством ОДКП, восстановление исходных отсчетов.

Деквантование трансформант осуществляется в соответствии с выражениями:

$S^*(m, n) = \text{ОБР}\,[(Sk(m, n) + {}^1/_2)QM(m, n)/16]$ для $Sk(m, n) > 0$;

$S^*(m, n) = 0$, для $Sk(m, n) = 0$;

$S^*(m, n) = \text{ОБР}\,(Sk(m, n) - {}^1/_2)QM(m, n)/16$, для $Sk(m, n) < 0$,

где ОБР — операция округления до целого отбрасыванием ("обрубанием") дробной части числа.

Результаты деквантования вводятся в диапазон [–2048, +2047].

Младшие биты всех трансформант каждого блока суммируются по модулю 2. При получении значения '0' младший бит трансформанты $S^*(7, 7)$ инвертируется.

Над трансформантами $S^*(m, n)$ каждого блока осуществляется ОДКП с получением ошибок предсказания $DPY^*(x, y)$, $DPC^*_R(x', y')$, $DPC^*_B(x', y')$, которые округляются до ближайших целых и вводятся в диапазон [–256, +255].

Вычисленные ошибки предсказания блока суммируются с соответствующими элементами ранее сформированного для него прогноза $pY(x, y)$, $pC_R(x', y')$, $pC_B(x', y')$ и вводятся в диапазон [–128, +127], в результате чего формируются смещенные отсчеты:

$$Y1^*(x, y) = DPY^*(x, y) + pY(x, y),$$

$$C1^*_R(x', y') = DPC^*_R(x', y') + pC_R(x', y'),$$

$$C1^*_B(x', y') = DPC^*_B(x', y') + pC_B(x', y').$$

На приемной стороне для формирования несжатых цифровых сигналов ЦТВЧ-2, ЦТВЧ-3:

- все декодированные блоки отсчетов представляются в пригодной для вывода форме (полевой для ЦТВЧ-2 и кадровой для ЦТВЧ-3);
- значения отсчетов вводятся в диапазон [–127, +126], а затем преобразуются к виду целых без знака путем инвертирования старшего бита;
- формат субдискретизации цвета 4:2:0 преобразуется в формат 4:2:2.

А.6 Кодирование с двунаправленным предсказанием

Для макроблока *B*-кадра (поля) поиск наиболее удачного прогноза производится по двум ближайшим опорным кадрам (полям) *I*- или *P*-типа (рисунок А.14). Частным случаем является предсказание только вперед или только назад, когда прогноз формируется соответственно из предыдущего или следующего по времени опорного кадра (поля).

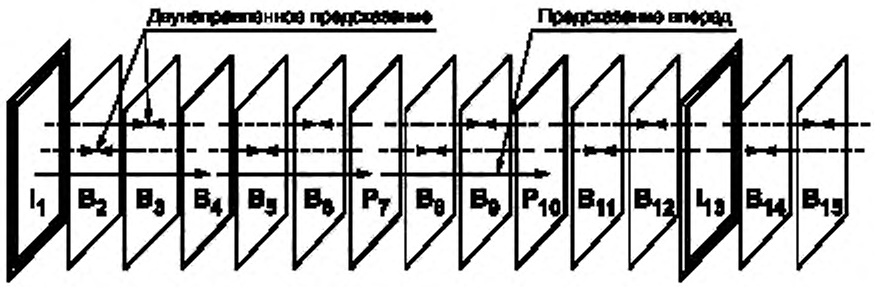


Рисунок А.14 — Виды межкадровых предсказаний

Формирование прогнозов для *B*-макроблока по каждому опорному кадру (полю) может быть осуществлено любым из способов, применяемых для предсказания вперед, кроме прогноза двойной опоры.

При двунаправленном предсказании итоговый прогноз $pY(x, y)$, $pC_R(x', y')$, $pC_B(x', y')$ формируется усреднением частных прогнозов "вперед" и "назад".

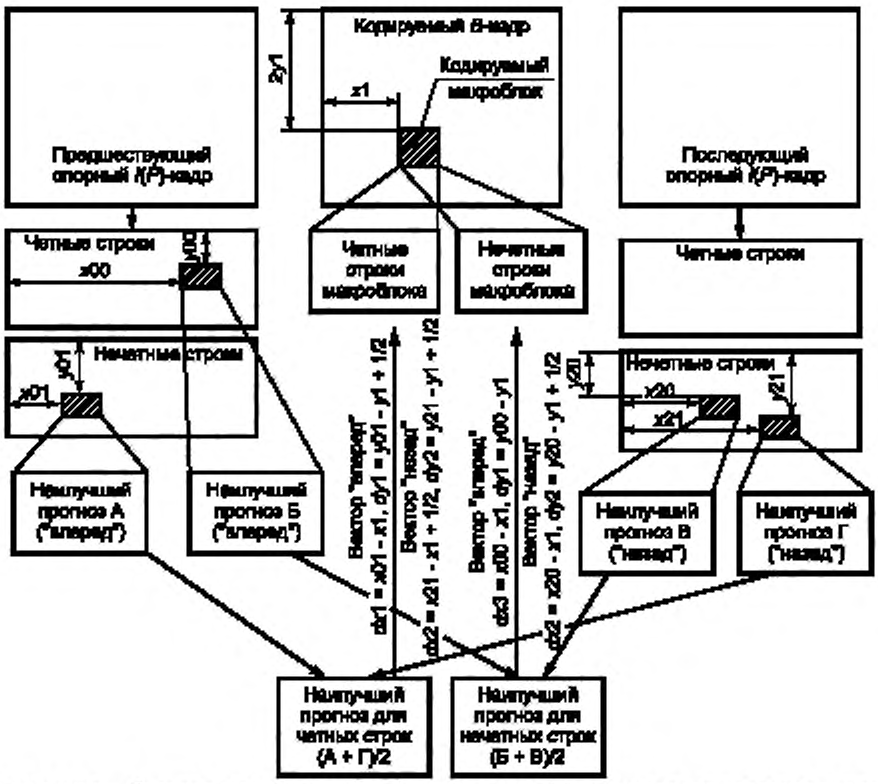
Для *B*-макроблока, использующего предсказание только вперед или только назад, число векторов движения такое же, как и для *P*-макроблока (1 или 2). Для *B*-макроблока с двунаправленным предсказанием число векторов движения удваивается.

Пример формирования двунаправленного полевого прогноза для *B*-макроблока с начальными координатами ($x1$, $2y1$) показан на рисунке А.15.

Из-за существенного увеличения количества возможных альтернативных прогнозов обычно используется упрощенный подход к кодированию *B*-макроблоков. Для текущего макроблока ищутся два наилучших прогноза во встречных направлениях: один «вперед», другой «назад». Затем макроблок кодируется четырьмя разными способами:

- с предсказанием вперед на основе наилучшего прогноза из предшествующего *I*- или *P*-кадра (поля);
- с предсказанием назад на основе наилучшего прогноза из последующего *I*- или *P*-кадра (поля);
- с двунаправленным предсказанием (по усредненному прогнозу);
- без предсказания (*I*-макроблок).

Из четырех полученных результатов в качестве оптимального выбирается тот, которому соответствует фрагмент элементарного потока наименьшей длины.



Примечание — Строки в кадре нумеруются, начиная с нуля. Четные строки принадлежат вышележащему полю, нечетные — нижележащему полю.

Рисунок А.15 — Формирование полевого прогноза для *B*-макроблока

Процедуры кодирования и реконструирования *B*-макроблоков не отличаются от аналогичных процедур кодирования и реконструирования *P*-макроблоков. Вместе с тем, представление *B*-макроблоков в элементарном потоке имеет ряд особенностей:

1 Для указания типа *B*-макроблока в его заголовке используется не 5, а 9 различных кодов переменной длины (номенклатура типов расширена в связи с возможностью двунаправленного предсказания и предсказания назад). Обобщенные сведения о кодировании типов *I*-, *P*-, и *B*-макроблоков представлены в таблице А.6.

Таблица А.6 — Кодирование типов *I*-, *P*-, и *B*-макроблоков

Тип макроблока	Код типа макроблока (код фактора квантования отсутствует)					Код типа макроблока (передаются код фактора квантования и ненулевые трансформанты)		
	в *I*-кадре (поле)	со всеми нулевыми трансформантами		с ненулевыми трансформантами		в *I*-кадре (поле)	в *P*-кадре (поле)	в *B*-кадре (поле)
		в *P*-кадре (поле)	в *B*-кадре (поле)	в *P*-кадре (поле)	в *B*-кадре (поле)			
I-	1	00011	00011	00011	00011	01	000001	000001
P- с векторами движения	—	001	(0010)	1	(0011)	—	00010	(000011)
P- без векторов движения	—	пропущенный	(0010)	01	(0011)	—	00001	(000011)
B- с двунаправленным предсказанием	—	—	10	—	11	—	—	00010
B- с предсказанием назад	—	—	010	—	011	—	—	000010
B- с предсказанием вперед	—	—	0010	—	0011	—	—	000011

2 *B*-макроблок с нулевыми трансформантами во всех блоках и нулевыми значениями разностных векторов движения считается пропущенным только в том случае, когда вариант используемого прогноза (кадровый либо полевой) в точности соответствует типу кодируемого изображения (кадр либо поле). В противном случае такой *B*-макроблок включается в элементарный поток. При этом в зависимости от способа предсказания тип *B*-макроблока задается в его заголовке кодом '10', '010' или '0010' (см. таблицу А.6) и нулевые разностные векторы передаются в явном виде.

3 При выявлении пропущенного *B*-макроблока текущие предикторы векторов движения не обнуляются.

4 При кодировании *B*-макроблока, не относящегося к категории пропущенных, в соответствии с таблицей А.7 формируются четыре предиктора векторов движения: два для предсказания вперед (Ав, Вв) и два для предсказания назад (Ан, Вн).

Таблица А.7 — Формирование предикторов векторов движения для *B*-макроблоков

Кодирование	Прогноз текущего макроблока	Предсказание	Векторы, передаваемые в элементарном потоке	Предикторы, используемые для следующего макроблока
B-кадра	Кадровый	Вперед	Ав	Ав, Вв = Ав; Ан не изменяется, Вн не изменяется
		Назад	Ан	Ан, Вн = Ан; Ав не изменяется, Вв не изменяется
		Двунаправленное	Ав, Ан	Ав, Вв = Ав; Ан, Вн = Ан
	Полевой	Вперед	Ав, Вв	Не изменяются
		Назад	Ан, Ан	Не изменяются
		Двунаправленное	Ав, Ан, Вв, Вн	Не изменяются
B-поля	Полевой	Вперед	Ав	Ав, Вв = Ав; Ан не изменяется, Вн не изменяется
		Назад	Ан	Ан, Вн = Ан; Ав не изменяется, Вв не изменяется
		Двунаправленное	Ав, Ан	Ав, Вв = Ав; Ан, Вн = Ан
	16x8	Вперед	Ав, Вв	Не изменяются
		Назад	Ан, Ан	Не изменяются
		Двунаправленное	Ав, Ан, Вв, Вн	Не изменяются

А.7 Перестановка кадров (полей)

Для сокращения объема локальной буферной памяти декодера кадры (поля), закодированные с использованием двунаправленного предсказания, передаются в канал связи или записываются в файл не в порядке их отображения (поступления от источника), а в порядке декодирования (рисунок А.16). При таком подходе в локальном буфере декодера требуется хранить не более двух уже декодированных кадров, являющихся опорными для текущего. Группа переставленных местами кадров (полей) начинается в элементарном потоке с заголовка, за которым следует *I*-кадр (поле). Видеопоследовательность начинается с заголовка; за ним размещается либо заголовок группы с последующим *I*-кадром (полем), либо *P*-кадр (поле).

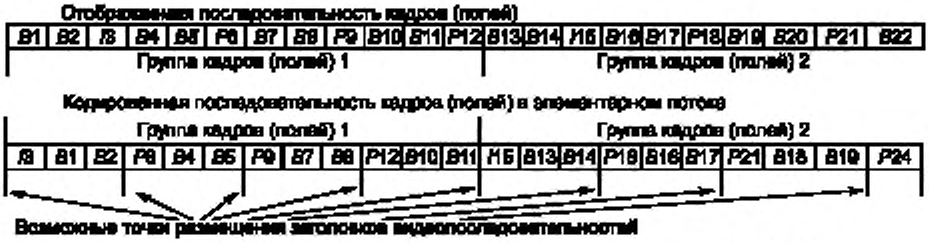


Рисунок А.16 — Отображаемая и кодированная последовательность кадров

В вещании для обеспечения быстрого переключения принимаемых абонентом телепрограмм каждая группа кадров (полей) оформляется обычно как отдельная видеопоследовательность, в заголовке которой содержатся все необходимые для правильного декодирования данные.

При архивировании сжатого видео записываемый файл представляется чаще всего как одна видеопоследовательность. Тем самым достигается экономия памяти на внешнем носителе за счет сокращения числа и общего объема заголовков.

Для воспроизведения — отображения декодированных кадров (полей) выполняется их обратная перестановка.

Приложение Б
(справочное)

Основные особенности кодирования сигналов ЦТВЧ по ИСО/МЭК 14496-10

По ИСО/МЭК 14496 -10 (AVC/H264) предусмотрена возможность использования других цветовых пространств: ахроматического (только яркость), *RGB*, *YCoCg* (яркость, зеленый, оранжевый), а также других трехстимульных пространств XYZ. Кроме того, имеется возможность передачи сигнала прозрачности (ключевого сигнала, альфа-канала).

Сигналы цветового пространства YC_RC_B кодируются макроблоками со структурой "16x16+16x16+16x16" для формата субдискретизации цвета 4:4:4, "16x16+8x16+8x16" для формата 4:2:2 и "16x16+8x8+8x8" для формата 4:2:0.

В пределах последовательности может использоваться кодирование как по кадрам, так и по полям. Для чересстрочного изображения возможен выбор способа кодирования для каждой пары вертикально смежных макроблоков. В этом случае один макроблок содержит четные строки, а другой — нечетные.

Слайс представляет собой последовательность макроблоков, не обязательно соседних по горизонтали. Обычно весь кадр (поле) кодируется как один слайс. Допускается 5 видов слайсов: *I*-, *P*-, *B*-, *SI*- и *SP*-. Наличие слайсов дополнительных типов *SI*- и *SP*- делает возможным быстрое переключение декодера с обработки одного закодированного видеопотока на обработку другого (например, переключение между потоками, используемыми для передачи одного и того же видеоконтента с разным разрешением или с разным соотношением битрейт/качество). Слайсы одного кадра могут объединяться в группы с различным (в том числе шахматным) расположением макроблоков, относящихся к разным слайсам.

При межкадровом предсказании с компенсацией движения для прогнозирования любого *P*-макроблока может быть использовано до 4 опорных кадров (8 полей) из 16 кадров (32 поля), хранящихся в буфере и используемых в качестве опорных для кодируемого слайса. Для *B*-макроблока количество опорных кадров (полей) может достигать 8. В качестве опорных могут использоваться *I*-, *P*- и *B*-кадры. Прогнозы для яркостной компоненты формируются с точностью $\pm\ ^1/_4$ пиксела, а для цветоразностных компонент — $\pm\ ^1/_8$ пиксела. Формирование прогнозов со смещением $\pm\ ^1/_2$ осуществляется при помощи 6-отсчетного фильтра, а со смещением $\pm\ ^1/_4$ — линейной интерполяцией прогнозов, полученных со смещением $\pm\ ^1/_2$. Цветоразностные прогнозы формируются только линейной интерполяцией. Комбинирование прогноза *B*-макроблока из различных кадров может осуществляться не усреднением, а взвешенным суммированием с изменением контраста и яркости макроблоков каждого из опорных кадров. Прогнозы могут формироваться как для макроблока в целом, так и для его отдельных частей — субмакроблоков и секций. Для каждого формата дискретизации цвета допускается несколько вариантов разбиения макроблоков:

- для формата 4:4:4 — на два субмакроблока "8x16+8x16+8x16", на два субмакроблока "16x8+16x8+16x8" или на четыре субмакроблока "8x8+8x8+8x8";
- для формата 4:2:2 — на два субмакроблока "16x8+8x8+8x8" или на четыре субмакроблока "8x8+4x8+4x8"»;
- для формата 4:2:0 — на два субмакроблока «8x16+4x8+4x8", на два субмакроблока "16x8+8x4+8x4" или на четыре субмакроблока "8x8+4x4+4x4".

Количество субмакроблоков в макроблоке определяет число используемых опорных кадров.

При разбиении макроблока на 4 субмакроблока каждый из них, в свою очередь, может дробиться на две или четыре секции по одному из трех вариантов. Так, например, для субмакроблока "8x8+4x4+4x4" возможно дробление на две секции "4x8+2x4+2x4", на две секции "8x4+4x2+4x2" или на четыре секции "4x4+2x2+2x2" (рисунок Б.1).

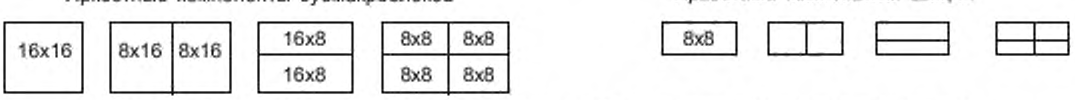


Рисунок Б.1 — Разбиение макроблока на субмакроблоки и секции (яркостная компонента)

Разделение макроблоков на составные части составляет основу древовидной структуры компенсации движения. Наименьшими элементами прогнозирования являются компоненты 16 секций, т. е. блоки 4x4 отсчетов яркости и блоки 4x4 либо 2x2 цветоразностных отсчетов. Таким образом, при двунаправленном предсказании частей *B*-макроблока в предельном случае требуется передача 32 векторов движения.

В дополнение к межкадровому предсказанию применяется внутрикадровое прогнозирование *I*-макроблоков без компенсации движения. Для построения внутрикадровых *Intra*-прогнозов используются реконструированные отсчеты последней закодированной строки (прилегает к кодируемому блоку сверху) и последнего закодированного столбца (прилегает к текущему блоку слева). Предусмотрено три варианта построения *Intra*-прогнозов яркостной компоненты: для блоков 16x16, 8x8 и 4x4. Наилучший прогноз для блока яркостных отсчетов 16x16 выбирается среди четырех альтернативных — с направлением предсказания вправо, вниз, по диагонали и без

направления (в последнем случае вычисляется среднее значение всех смежных с блоком элементов строки сверху и столбца слева). Для каждого из яркостных блоков 8x8 и 4x4 наилучший прогноз выбирается среди девяти альтернативных. Для цветоразностных сигналов в формате субдискретизации 4:4:4 используются те же виды прогнозов, что и для яркостной компоненты. Для остальных форматов применяется *Intra*-прогнозирование блоков 4x4 вправо, вниз, по диагонали и без направления.

При внутрикадровом кодировании с *Intra*-прогнозом 16x16 блок ошибок предсказания яркости разбивается на 16 массивов по 4x4 элементов в каждом. Аналогичным образом производится разбиение блоков ошибок предсказания цветоразностных компонент при формате субдискретизации цвета 4:4:4. Для форматов 4:2:2 и 4:2:0 используются только массивы 4x4. Для всех остальных вариантов прогнозирования (как внутрикадрового, так и межкадрового) разностные блоки яркостной компоненты разделяются на массивы либо по 4x4, либо по 8x8 элементов.

Каждый массив ошибок предсказания 4x4 или 8x8 подвергается приближенному целочисленному псевдокосинусному преобразованию, которое выполняется в два этапа: вначале производится прямое базовое двумерное преобразование, а затем осуществляется коррекция полученных промежуточных трансформант, совмещаемая с процессом их квантования. Базовое преобразование может быть осуществлено выполнением только операций сложения и сдвигов, а совмещение процедур коррекции и квантования промежуточных трансформант позволяет значительно сократить общее количество операций умножения. Процедуры деквантования и обратного базового преобразования реализуются в рамках целочисленной арифметики с использованием всего лишь одной операции умножения на каждый реконструируемый элемент (ошибку предсказания).

В режиме внутрикадрового кодирования с *Intra*-прогнозом 16x16 предусмотрена дополнительная обработка промежуточных трансформант $S(0, 0)$, т. е. постоянных составляющих, полученных в результате прямого базового преобразования массивов ошибок предсказания. Для яркостной компоненты эти трансформанты объединяются в блок 4x4, который подвергается прямому преобразованию Адамара и квантованию. Аналогичные действия выполняются для цветоразностных компонент при формате субдискретизации цвета 4:4:4. При форматах 4:2:2 и 4:2:0 дополнительной обработке подвергаются блоки трансформант 2x4 и 2x2 соответственно. В большинстве случаев вторичное преобразование постоянных составляющих приводит к сокращению общего числа ненулевых коэффициентов, подлежащих энтропийному кодированию и передаче в элементарном потоке.

Для реконструирования значений промежуточных трансформант $S(0, 0)$ реализуются соответствующие процедуры деквантования и обратного преобразования Адамара.

В силу разнообразия обрабатываемых массивов (8x8, 4x4 с элементом S(0, 0) или без него, 2x4, 2x2) по сравнению с MPEG-2 значительно увеличено количество вариантов сканирования. В зависимости от видов предсказания применяются разные способы обхода массивов 4x4 или 8x8 внутри макроблоков.

Множество используемых значений фактора квантования расширено до 52. Допускается применение разных значений фактора для яркостной и цветоразностных компонент. В заголовке видеопоследовательности может передаваться несколько матриц квантования для массивов, различающихся своим содержимым и размерностью. Применяются два типа матриц квантования, используемых по умолчанию. В матрицах первого типа все коэффициенты $M_1(m, n)$ равны 16. В четырех стандартизованных матрицах второго типа значения коэффициентов квантования зависят от их координат (рисунок Б.2).

$M_2(m, n)$ для внутрикадрового кодирования блоков 8x8

	$m=0$	$m=1$	$m=2$	$m=3$	$m=4$	$m=5$	$m=6$	$m=7$
$n=0$	6	10	13	16	18	23	25	27
$n=1$	10	11	16	18	23	25	27	29
$n=2$	13	16	18	23	25	27	29	31
$n=3$	16	18	23	25	27	29	31	33
$n=4$	18	23	25	27	29	31	33	36
$n=5$	23	25	27	29	31	33	36	38
$n=6$	25	27	29	31	33	36	38	40
$n=7$	27	29	31	33	36	38	40	42

$M_2(m, n)$ для межкадрового кодирования блоков 8x8

	$m=0$	$m=1$	$m=2$	$m=3$	$m=4$	$m=5$	$m=6$	$m=7$
$n=0$	9	13	15	17	19	21	22	24
$n=1$	13	13	17	19	21	22	24	25
$n=2$	15	17	19	21	22	24	25	27
$n=3$	17	19	21	22	24	25	27	28
$n=4$	19	21	22	24	25	27	28	30
$n=5$	21	22	24	25	27	28	30	32
$n=6$	22	24	25	27	28	30	32	33
$n=7$	24	25	27	28	30	32	33	35

$M_2(m, n)$ для внутрикадрового кодирования блоков 4x4

	$m=0$	$m=1$	$m=2$	$m=3$
$n=0$	6	13	20	28
$n=1$	13	20	28	32
$n=2$	20	28	32	37
$n=3$	28	32	37	42

$M_2(m, n)$ для межкадрового кодирования блоков 4x4

	$m=0$	$m=1$	$m=2$	$m=3$
$n=0$	10	14	20	24
$n=1$	14	20	24	27
$n=2$	20	24	27	30
$n=3$	24	27	30	34

Рисунок Б.2 — Коэффициенты квантования $M_2(m, n)$, используемые по умолчанию

Для уменьшения заметности границ блоков при воспроизведении видеоконтента используется специальный антиблокинг-фильтр, информация о необходимости применения и параметрах которого (направлении, интенсивности) передается в элементарном потоке для каждого макроблока.

Допускается применение двух альтернативных методов контекстно-адаптивного энтропийного кодирования квантованных трансформант: кодами переменной длины и арифметическое. Разностные векторы движения и другие синтаксические единицы элементарного потока кодируются экспоненциальными кодами Голомба.

Приложение В
(справочное)

Особенности кодирования сигналов ЦТВЧ по стандарту VC-1

Стандарт VC-1 [9], принятый в 2005 году, объединяет в себе много общих подходов, характерных для AVC/H.264 и MPEG-2.

Особенности кодирования сигналов ЦТВЧ по стандарту VC-1 заключаются в следующем:

1 Используется только один формат субдискретизации цвета 4:2:0.

2 Введен дополнительный структурный элемент — точка подключения (entry-point), предназначенная для инициализации декодирования цифрового потока в приемных устройствах.

3 Номенклатура типов кадров (полей) дополнена *BI*-типом. Кадр (поле) *BI*-типа содержит только *I*-макроблоки и в качестве опорного не используется.

4 Слайс представляет собой последовательность макроблоков "16x16+8x8+8x8" в пределах кадра или поля. Присутствует только в расширенном профиле, но и в нем не является обязательным, поскольку обычно кадр кодируется как один слайс, и в этом случае достаточно кадра как структурной единицы. Разбиение на слайсы может использоваться для сброса предикторов.

5 Предусмотрено динамическое изменение разрешения. Для каждой группы построчных кадров все кадры могут быть дополнительно масштабированы по отношению к исходному разрешению в два раза по горизонтали или вертикали либо одновременно по горизонтали и вертикали. Информация о масштабировании передается в заголовке *I*-кадра.

6 Блоки 8x8, входящие в состав макроблока, могут иметь индивидуальный характер кодирования, т. е. быть *I*-типа (для любых кадров или полей), *P*-типа (для *P*-кадров, кроме чересстрочных) и *B*-типа (для построчных *B*-кадров или *B*-полей).

7 Кодирование квантованной постоянной составляющей Sк(0, 0) блока яркости осуществляется дифференциально по отношению к аналогичной постоянной составляющей Sп(0, 0) одного из соседних (расположенных слева, справа и диагонально) ранее закодированных и реконструированных блоков: $dS(0, 0) = S$к$(0, 0) - S$п$(0, 0)$. Для кодирования значений $dS(0, 0)$ используются 4 таблицы кодов переменной длины: для медленного и быстрого движения, а также для яркостного и цветоразностных сигналов. Количество используемых значений коэффициентов квантования постоянной составляющей увеличено с четырех до шестнадцати (2, 4 и от 8 до 21), причем для разных блоков одного макроблока они могут различаться. В улучшенном профиле прогнозы Sп(0, 0) перед формированием разности $dS(0, 0)$ приводятся к единому фактору квантования (переквантуются).

Либо верхняя строка, либо левый столбец квантованных трансформант *I*-блока (кроме постоянной составляющей) могут кодироваться дифференциально по отношению к таким же трансформантам соседних *I*-блоков, расположенных соответственно выше или левее, в том числе входящих в тот же макроблок. Дифференциальное кодирование может применяться для *I*-блоков в *I*-кадрах, а также в *P*- или *B*-кадрах, если соседние блоки имеют *I*-тип. При этом в улучшенном профиле прогнозы в необходимых случаях переквантуются.

8 Для *P*-макроблоков число векторов движения, передаваемых в элементарном потоке, может быть равно 1, 2 или 4. Если формируется один вектор, то он используется для макроблока в целом. Один вектор применяется при кодировании полей или построчных кадров. Для *P*-макроблока в чересстрочном кадре требуется как минимум два вектора: один для верхнего поля, другой для нижнего. При передаче четырех векторов каждый из них используется для своего блока яркости 8x8. Кроме того, по ним вычисляются векторы движения цветоразностных блоков, для чего применяется несколько альтернативных методов, включая усреднение и медианную выборку.

Для *B*-макроблока формируется 1, 2 или 4 (для чересстрочных кадров) вектора движения, которые всегда применяются к макроблоку в целом. При этом один вектор может использоваться как при однонаправленном предсказании (вперед или назад), так и при двунаправленном предсказании, если одноименные координатные элементы двух векторов одинаковы по абсолютной величине, но различаются знаком.

Прогнозы макроблоков (блоков) могут быть скомпенсированы по контрасту и яркости. Значения корректирующих коэффициентов едины для всех макроблоков в опорном кадре.

Предикторы векторов движения могут формироваться из векторов, ранее сформированных для соседних макроблоков (расположенных левее, выше и диагонально), а в случае четырехвекторных *P*-макроблоков и из векторов, сформированных ранее для блоков текущего *P*-макроблока.

Прогноз блоков яркости осуществляется с точностью в 1/4 пиксела. Прогнозы со смещением формируются билинейной или бикубической интерполяцией.

9 Для *P*- и *B*-макроблоков разностные блоки 8x8, содержащие ошибки предсказания, могут разбиваться на субблоки 8x4, 4x8, 4x4 с целью спектрального преобразования, квантования и энтропийного кодирования трансформант для каждого субблока в отдельности.

10 Используется сепарабельное прямое преобразование специального вида, для которого стандартизованы значения норм, представленных рациональной дробью. В обратном преобразовании применяются целые

коэффициенты и детерминированный порядок вычислений с округлением промежуточных и конечного результатов. Применяются два ядра одномерных преобразований, одно из которых предназначено для четырехэлементного вектора, а другое — для восьмиэлементного. Комбинирование и поочередное применение таких одномерных преобразований позволяет реализовать все типы двумерных преобразований (8x8, 8x4, 4x8 и 4x4). Взаимообратимость прямого и обратного преобразований из-за округлений и применения целочисленной арифметики не обеспечивается.

11 Для *I*-блоков 8x8 предусмотрено 3 варианта сканирования. Для *P*- и *B*-блоков и их субблоков применяется 10 вариантов сканирования. Выбор конкретного варианта зависит от размеров кодируемого массива (блок 8x8, субблок 8x4, 4x8 или 4x4), а также от профиля кодирования и способа разложения кадра (построчное или чересстрочное).

12 Значение кода фактора квантования для очередного макроблока может передаваться как в обычном, так и в дифференциальном виде. Используется линейная шкала квантования со значениями от 1 до 31 и с промежуточными значениями с шагом в $^1/_2$ для факторов от 1 до 8. Частотно-зависимые матрицы квантования не используются.

13 Для уменьшения заметности границ блоков применяется набор специальных фильтров против блок-эффекта, антиконтурный и адаптивного сглаживания. При этом в зависимости от разбиения блоков фильтрация может производиться не для всех приграничных пикселов.

14 Энтропийное кодирование трансформант осуществляется триплетами Run-Level-LastFlag и кодами переменной длины. Используются 6 таблиц кодов переменной длины. Выбор той или иной таблицы зависит от интенсивности движения (высокое, среднее, низкое), вида кодирования (внутрикадровое или межкадровое). В случае *I*-блоков таблицы могут быть разными для яркостной и цветовых компонент.

Приложение Г
(справочное)

Общие принципы кодирования сигналов ЦТВЧ по технологии EVC

Кодируемая видеопоследовательность разделяется на группы из R смежных кадров (полей), где R = 1....8. В конкретном элементаром потоке должно использоваться одно значение R. Каждая группа кадров (полей) делится в вертикальном направлении на слайсы высотой $2N$ строк. Слайс содержит последовательность макроблоков размером $2Mx2NxR$ (рисунок Г.1). Обычно $2M$ (число столбцов в макроблоке) и $2N$ (число строк в макроблоке) равны 16, но допускаются иные целые значения, например 24. В конкретном элементарном потоке должно использоваться только одно значение M и одно значение N, которые в общем случае могут различаться. Каждый макроблок содержит четыре трехмерных блока яркостных отсчетов и два трехмерных блока цветоразностных сигналов. Все блоки имеют одинаковый размер $MxNxR$.

Применяемый формат субдискретизации цвета — 4:2:0.

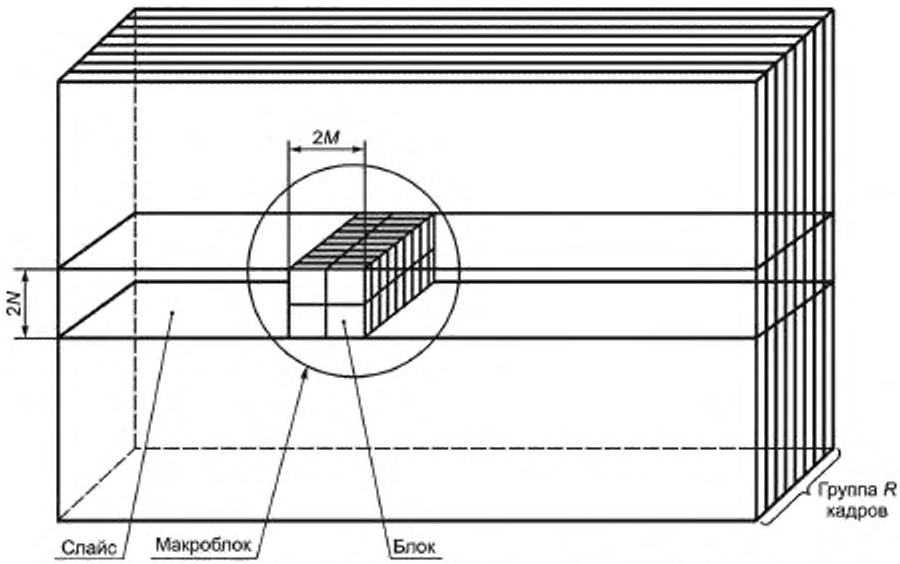


Рисунок Г.1 — Структурные элементы кодирования EVC

Отсчеты яркостного и цветоразностных сигналов — восьмиразрядные целые числа без знака. Диапазоны допустимых значений отсчетов: от 16 до 235 для яркости и от 16 до 240 для цветоразностных сигналов. Перед кодированием отсчетов в двоичном коде каждого из них инвертируется старший бит, в результате чего формируются дополнительные коды смещенных отсчетов $F(x, y)$, значения которых принадлежат диапазонам [–112, +107] для яркости и [–112, +112] для цветоразностных сигналов.

Каждый из блоков $MxNxR$ расщепляется на субблоки размером $MxNxP_i$, общее количество которых может меняться от 1 (без расщепления) до R (по числу кадров в группе): $\sum_i P_i = R$. Расщепление производится независимо для каждого из блоков, входящих в макроблок.

Каждый из субблоков подвергается прямому трехмерному (пространственно-временному) косинусному преобразованию

$$S(m, n, p) = \sqrt{\frac{8}{MNP_i}} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} \sum_{t=0}^{P_i-1} F(x, y, t)\, A(x, m, M)\, A(y, n, N)\, A(t, p, P_i),$$

где $m = 0...M$, $n = 0... N$, $p = 0... P_i$;

$A(a, b, c) = \cos \pi/4$, для $b = 0$ и $A(a, b, c) = \cos \pi \frac{(2a+1)b}{2c}$, для $b \neq 0$.

Полученные в результате прямого преобразования трансформанты $S(m, n, p)$ подвергаются:

- квантованию с учетом зрительного восприятия динамичных сцен, глубины P_i кодируемого i-го субблока и количества I субблоков в кодируемом блоке;
- прямому сканированию;
- энтропийному кодированию.

Структура EVC-кодера показана на рисунке Г.2.



Рисунок Г.2 — Структура кодера EVC

Предсказание и компенсация движения не используются. Реконструирование закодированных субблоков, формирование, кодирование и передача векторов движения не требуются.

Выходной элементарный поток (ЭП) содержит следующие структурные элементы:

- группа кадров (полей) со стартовым префиксом 0x00000200;
- слайс с префиксом из диапазона от 0x00000201 до 0x000002AF, где последний байт кода (0x01...0xAE) — номер слайса. Для кодирования изображений со сверхвысоким разрешением (более 2784 строк) код 0x000002AF используется в качестве флага расширения номера слайса. Следующий за ним байт служит для вычисления номера слайса как суммы 176+(значение байта);
- макроблок — шестерка закодированных блоков;
- блок — серия из I закодированных субблоков, где I — целое, принадлежащее диапазону от 1 до R;
- субблок — одномерный массив закодированных трансформант.

Группы кадров, слайсы и макроблоки снабжаются соответствующими заголовками.

В заголовке группы кадров (полей) передается информация о параметрах разложения исходного изображения, длине группы кадров (полей) и параметрах кодирования.

Заголовок слайса содержит порядковый номер слайса в группе кадров (полей).

В заголовке макроблока передается информация о варианте сканирования субблоков, способе и параметрах квантования трансформант и о конфигурации каждого из шести блоков (количестве, глубине и порядке следования образующих его субблоков).

На приемной стороне декодирование производится в обратном порядке. При этом для обратного ДКП используется то же ядро преобразования

$$F(x, y, t) = \sqrt{\frac{8}{MNP_i}} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{p=0}^{P_i-1} S(m, n, p)\, A(x, m, M)\, A(y, n, N)\, A(t, p, P_i).$$

Приложение Д
(рекомендуемое)

Перечень средств измерений и технологического оборудования

Перечень средств измерений и технологического оборудования, применяемого при измерении параметров тракта цифровой системы телевидения высокой четкости и его звеньев:

1 Генератор испытательных цифровых сигналов и цифрового транспортного потока.
2 Анализатор цифрового транспортного потока АТП-1.
3 Измерительный демодулятор ДТЦ-2И.
4 Анализатор спектра.
5 Декодер цифрового транспортного потока.
6 Анализатор параметров изображения.
7 Цифровой телевизионный радиопередатчик.
8 Цифровое устройство воспроизведения телевизионного изображения.
9 Устройство отображения телевизионных изображений.

Примечания

1 Допускается применение аналогичных измерительных приборов, включенных в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации.

2 Приборы по перечислениям 5...9 относятся к технологическому оборудованию.

Библиография

[1] ИСО/МЭК 13818-1/МСЭ-Т Н.222.0 (ISO/IEC 13818-1/ITU-T H.222.0) — Информационные технологии. Родовое кодирование киноизображений и сопровождающей звуковой информации. Системы. Часть 1 (Information technology — Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems)

[2] ИСО/МЭК 13818-2/МСЭ-Т Н.262 (ISO/IEC 13818-2/ITU-T H.262) — Информационные технологии. Родовое кодирование киноизображений и сопровождающей звуковой информации. Часть 2. Видеоданные (Information technology — Generic coding of moving pictures and associated audio information — Part 2: Video)

[3] ИСО/МЭК 14496-2 (ISO/IEC 14496-2) — Информационные технологии. Кодирование аудиовизуальных объектов. Часть 2. Визуальные объекты (Information technology — Coding of audio-visual objects — Part 2: Visual)

[4] ИСО/МЭК 14496-10/МСЭ-Т Н.264 (ISO/IEC 14496-10/ITU-T H.264) — Информационные технологии. Кодирование аудиовизуальных объектов. Часть 10. Улучшенное видеокодирование (Information technology — Coding of audio-visual objects — Part 10: Advanced Video Coding)

[5] Рекомендация МСЭ-Р BT.709-5 (ITU-R BT.709-5) — Значения параметров телевидения высокой четкости для производства и международного обмена программами (Parameter values for the HDTV standards for production and international program exchange)

[6] Рекомендация МСЭ-Р BT.1120-7 (ITU-R BT.1120-7) — Цифровые интерфейсы для студийных сигналов ТВЧ (Digital Interfaces for HDTV Studio Signals)

[7] Стандарт Американского общества инженеров в области кино и телевидения SMPTE 274M — Структура отсчетов изображения 1920x1080, цифровое представление и интервалы времени для различных частот кадров и числа бит (SMPTE Standard for Television. 1920x1080 Image Sample Structure, Digital Representation and Digital Timing Reference Sequences for Multiple Picture Rates)

[8] Стандарт Американского общества инженеров в области кино и телевидения SMPTE 295M — Сканирование и интерфейсы изображения 1920x1080, 50 Гц (SMPTE Standard for Television — 1920x1080, 50 Hz — Scanning and Interfaces)

[9] Стандарт Американского общества инженеров в области кино и телевидения SMPTE 421M — Формат сжатого потока VC-1 и процесс его декодирования (VC-1 Compressed Video Bitstream Format and Decoding Process)

[10] Стандарт Европейского института по стандартизации в области телекоммуникаций (ЕТСИ) ETSI EN 300468 — Цифровое телевизионное вещание (ЦТВ). Спецификация для служебной информации (СИ) в системах ЦТВ (Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems)

[11] Техническая спецификация европейского института по стандартизации в области телекоммуникаций (ЕТСИ) ETSI TS 101154 — Цифровое телевизионное вещание (ЦТВ). Руководство по реализации системного, видео и звуковых уровней MPEG-2 в спутниковом, кабельном и наземном вещании (Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for the use of MPEG-2 Systems, Video and Audio in satellite, cable and terrestrial broadcasting applications)

[12] Технический доклад европейского института по стандартизации в области телекоммуникаций (ЕТСИ) ETSI TR 101290 — Цифровое телевизионное вещание (ЦТВ). Руководство по измерениям для систем ЦТВ (Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems)

[13] Стандарт Американского общества инженеров в области кино и телевидения SMPTE 305.2M — Стандарт SMPTE для телевидения. Цифровой транспортный интерфейс данных (ЦТИД) (Serial Data Transport Interface (SDTI)

[14] Документ Международной организации по стандартизации (ABK-4916) Document AVC-491b, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N0400 — Тестовая модель 5 (Test Model 5)

[15] Рекомендация Американского общества инженеров в области кино и телевидения SMPTE RP227 — Кодирование VC-1 в транспортном потоке (VC-1 Bitstream Transport Encodings)

УДК 621.397.69:006.354 ОКС 33.170 Э30

Ключевые слова: цифровое телевидение высокой четкости, кодирование цифровых телевизионных сигналов, сжатие цифрового потока, цифровой транспортный поток, параметры цифрового транспортного потока

Редактор *Е. В. Вахрушева*
Технический редактор *Н. С. Гришанова*
Корректор *М. И. Першина*
Компьютерная верстка *А. П. Финогеновой*

Сдано в набор 23.04.2013. Подписано в печать 27.06.2013. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,37. Уч.-изд. л. 7,60. Тираж 69 экз. Зак. 657.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано и отпечатано в Калужской типографии стандартов, 248021 Калуга, ул. Московская, 256.