

**Видеостандарты**  
*Сигналы, форматы, стыки*

В.Л.Штейнберг

## **Видеостандарты**

*Сигналы, форматы, стыки*

**В.Л.Штейнберг**

Д-р Виктор Штейнберг в настоящее время является главным научным сотрудником фирмы Snell & Wilcox, Великобритания. После окончания Московского Энергетического Института в 1969 году он с 1974 года работал заведующим сектором видеосистем во Всесоюзном Научно-Исследовательском Институте Телевидения и Радиовещания в Москве и занимал пост Председателя Координационной Группы по Терминологии ОИРТ

Д-р Штейнберг является автором 3 книг (на русском языке) и более 100 статей (на русском и английском языках) по тематике вещательного телевидения. Имеет авторские свидетельства СССР и патенты Великобритании



## ПРЕДИСЛОВИЕ

По мере постоянного роста коммуникационных потоков, международный обмен видеoinформацией становится обычным повседневным явлением. Поэтому производители оборудования стремятся поставить на рынок все больше многостандартных устройств. Однако этому процессу препятствует некоторая недоговоренность соответствующих документов. Впервые, материалы по всем важнейшим стандартам и форматам сигналов собраны в одном справочном пособии. Здесь описаны и классифицированы аналоговые и цифровые, компонентные и композитные стандарты и форматы, как обычного ТВ, так и ТВЧ. Для полноты картины в книгу включены также форматы компьютерных файлов для ТВ стоп-кадров.

**СОДЕРЖАНИЕ****Стр.**

<b>РАЗДЕЛ 1 - ВВЕДЕНИЕ В ВИДЕОСТАНДАРТЫ</b>	<b>7</b>
1.1 Исторический очерк	7
1.2 Карта ТВ вещания во всем мире	8
1.3. Организации, занимающиеся стандартизацией	9
<b>РАЗДЕЛ 2 - СТРУКТУРА СТАНДАРТА</b>	<b>10</b>
2.1. Составные части видеостандарта	10
2.2. Стандарты разложения	12
2.3. Форматы кадра	14
2.4 Представление и кодирование цветовой информации	16
2.5 Уровни, напряжения, коды, единицы измерения	19
2.6 Звуковое сопровождение	21
<b>РАЗДЕЛ 3 - СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ</b>	<b>23</b>
3.1 Общие сведения	24
3.2 Аналоговые видеосигналы и стыки	24
3.2.1 Параметры развертки и синхронизации	24
3.2.2 Формирование и уровни сигнала яркости	25
3.2.3 Аналоговый компонентный стык YPrPb (YsPrPb)	26
3.2.4 Цветовые поднесущие и цветовая синхронизация	27
3.2.5 Система нумерации строк	29
3.2.6 Обработка сигнала яркости	32
3.2.7 Обработка сигнала цветности	33
<i>NTSC</i>	33
<i>PAL</i>	34
<i>SECAM</i>	35
3.2.8 Аналоговый компонентный стык Y/C	36
3.2.9 Система PALplus	37
3.2.10 Сигналы вертикального гасящего интервала	38
<i>Вертикальный временной код</i>	38
<i>Испытательные строки</i>	40
<i>Опорные строки</i>	42
<i>Строки данных</i>	42
<i>Строка управления широкоэкранными системами (WSS - Wide Screen Signalling)</i>	43

<b>3.3 Цифровые компонентные видеосигналы (Формат 4:2:2)</b>	<b>45</b>
3.3.1 Дискретизация и квантование	45
3.3.2 Мультиплексирование данных Y и Cr,Cb	49
3.3.3 Предфильтрация и постфильтрация	50
<i>Канал яркости:</i>	51
<i>Канал цветоразностных сигналов:</i>	51
<b>3.4 Цифровые композитные видеосигналы</b>	<b>52</b>
<b>3.5 Цифровые видеостыки</b>	<b>57</b>
3.5.1 Параллельный цифровой видеостык	57
3.5.2 Цифровой последовательный видеостык	58
3.5.3 Обнаружение и обработка ошибок (EDH)	62
<b>3.6 Сжатие цифровых потоков</b>	<b>64</b>
Что такое MPEG?	64
Что такое DVB?	65
Почему требуется сжатие сигналов?	66
Как MPEG-2 сжимает цифровой поток?	66
Межкадровое предсказание	66
Предсказание с компенсацией движения	67
Кадры типа I, P и B	67
Структура группы видеок кадров GOP	67
Дискретное косинусное преобразование	68
ДКП для любителей математики	68
ДКП для тех, кто не любит математики	69
Квантование	70
Кодирование длин серий (VLC - Variable-length coding)	70
Регулирование заполнения буфера	70
Как же выглядит все в целом?	72
Формирование цифрового потока	73
Предполагаемые параметры отображения	73
Кодер и декодер MPEG-2	74
Если алгоритм представляется чрезмерно простым, то ...	75
Сжатие звукоданных MPEG-2	75
Системный уровень	75
Цифровые потоки MPEG	76
Коммутация и редактирование сжатых потоков	76
Уровни и профили	76
Профиль 4:2:2	77
Повышенные профили	77
Профиль, масштабируемый по отношению сигнал-шум	77
Стыки MPEG-2	78
<b>3.7 Системы производства программ Телевидения Высокой Четкости</b>	<b>83</b>
3.7.1. Сигналы и уровни сигналов	85
3.7.2. Параметры развертки и синхронизации	87
3.7.3. Стыки ТВЧ	90

<b>3.8. Форматы файлов стоп-кадров</b>	<b>91</b>
<b>3.9. Сигналы цветных полос</b>	<b>92</b>
3.9.1 Аналоговый компонентный формат YPrPb [Спецификация EBU]	94
3.9.2 Цифровой компонентный формат YCbCr	95
3.9.3 Аналоговые композитные форматы	96
<i>NTSC-M (США), PAL-M</i>	96
<i>NTSC-M (Япония)</i>	97
<i>PAL, PAL-N</i>	99
<i>SECAM</i>	100
<b>РАЗДЕЛ 4 - СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СТАНДАРТОВ</b>	<b>101</b>
Стандарты МОО (ISO Standards)	101
Рекомендации МСЭ-Р (ITU-R Recommendations)	101
Рекомендации МСЭ-Т (ITU-T Recommendations)	101
Стандарты СМПТЕ (SMPTE Standards)	102
Рекомендации СМПТЕ (SMPTE Recommended Practices)	102
Технические Руководства СМПТЕ (SMPTE Engineering Guidelines)	102
Европейские Стандарты Электросвязи (European Telecommunication Standards)	103

## РАЗДЕЛ 1 - ВВЕДЕНИЕ В ВИДЕОСТАНДАРТЫ

### 1.1 Исторический очерк

Слово "video" в латинском языке означает "я вижу". Строго говоря, видеосигнал - это любой сигнал, переносящий информацию об отображаемом объекте. Например, видеосигналом является сигнал факсимильного аппарата. Можно привести и другие примеры. Сигнал радиолокатора также бесспорно принадлежит к славной семье видеосигналов. Тем не менее, здесь речь пойдет только о видеосигналах вещательного ТВ.

В области ТВ вещания из первоначального термина было произведено немало полезных производных, например "цветоразностный видеосигнал" или "композитный видеосигнал" (в англоязычной литературе он часто обозначается сокращением CCVS, по-немецки FBAS, по-русски ПЦТВС). Когда это ясно из контекста, слово "видео" часто опускается, поэтому "цветоразностный сигнал" также является вполне правильным термином.

С другой стороны, в мире компьютеров слово "видео" подчас использовалось как антоним к "нормальному", тем самым подчеркивая, что такой сигнал - пришелец из чуждого компьютерам ТВ мира. Зачастую, общий термин "видеосигнал" некорректно используют вместо частного "композитный сигнал". Пришествие эры мультимедиа потребовало гармонизации как технологии, так и терминологии этих двух миров.

Стандарт можно определить как набор правил или характеристик, описывающих определенную систему или изделие. Некоторые стандарты обязательны к применению, однако большинство из них, в том числе ТВ стандарты, применяются на добровольной основе.

В давние времена черно-белого ТВ международные обмены сигналами были исключительно редки. Поэтому, с точки зрения жителей какой-либо отдельной страны существовал всего один стандарт, который так просто и назывался "Телевизионный Стандарт". Однако, где-то за океаном, был еще другой, совершенно несовместимый "Телевизионный Стандарт", в котором число строк, частота кадров и даже число уравнивающих импульсов были не такими. Тогда это вообще имело очень малое значение, а несовместимость рассматривалась политиками даже как благо. В редчайших случаях, когда надо было показывать "их" программы, на помощь приходили старшие братья из кинематографа. У них-то все было в порядке, - и ширина пленки во всем мире составляла 35 мм и шаг перфораций почти всегда одинаков. По мере прогресса техники жизнь обитателей ТВ мира становилась все менее спокойной. Один за другим возникали новые стандарты, а затем появились три весьма различные системы цветного телевидения. Развитие спутниковой связи облегчило трансконтинентальные обмены и несовместимость стандартов стала серьезной проблемой. Теперь в процесс создания ТВ программ вовлечено такое количество форматов и стандартов, что, как сказал когда-то один великий человек, - "и не сразу в голову возьмешь".

Напрасно ученые мужи и международная бюрократия пытались установить какое-то подобие порядка. Стандарт, пышно наименованный "Единый Мировой Цифровой Телевизионный Стандарт" (хорошо известный по Рекомендации 601 МККР и своему подварианту 4:2:2, а также по соответствующему формату цифровой видеозаписи "Digital-1" - D1), оказался первым, но далеко не последним. Появились форматы D2, D3 и даже D5.

Необходимо признать, что все попытки глобальной унификации не удалось и мир распался на множество "миров". Сейчас в ходу такие выражения, как "в среде компонентных сигналов" или "для аппаратных D2". Соседи с несовместимыми стандартами теперь не только где-то в туманной дали, они совсем рядом. А общаться с соседями приходится: то соли попросить, то спичек, а то и просто узнать, как они там живут. Мосты между "мирами" существуют, да уж больно узки и плата за проезд высока.

На помощь многострадальным обитателям смежных ТВ миров поспешили многие, но первой среди равных несомненно следует считать фирму **Snell & Wilcox Ltd.**

## 1.2 Карта ТВ вещания во всем мире

В мире существуют три основные **системы цветного телевидения** - это **NTSC** [National Television Standard Committee], **PAL** [Phase Alternating Lines] и **SECAM** [Séquence de Couleur A Miroir]. В русскоязычной литературе используются также фонетические транскрипции этих названий: НТСЦ, ПАЛ, СЕКАМ.

Однако, если взглянуть на карту ТВ вещания, то можно увидеть гораздо большее число оттенков. Дело в том, что **стандарт ТВ вещания** описывает не только параметры видеосигнала, но и многие другие параметры, такие как полярность модуляции радиочастотной несущей, разнос несущих изображения и звука, и т.д.

Принято обозначать стандарт ТВ вещания путем прибавления латинской буквы к наименованию системы цветного телевидения. Уже использованы почти все буквы алфавита, однако во многих случаях различия между стандартами минимальны, например они различаются соотношением мощностей несущих звука и изображения. Некоторые другие стандарты ТВ вещания применяются только определенными службами. Например, стандарт D2-MAC и цифровой стандарт со сжатием потока MPEG-2 применяются в ограниченном масштабе для непосредственного спутникового вещания.

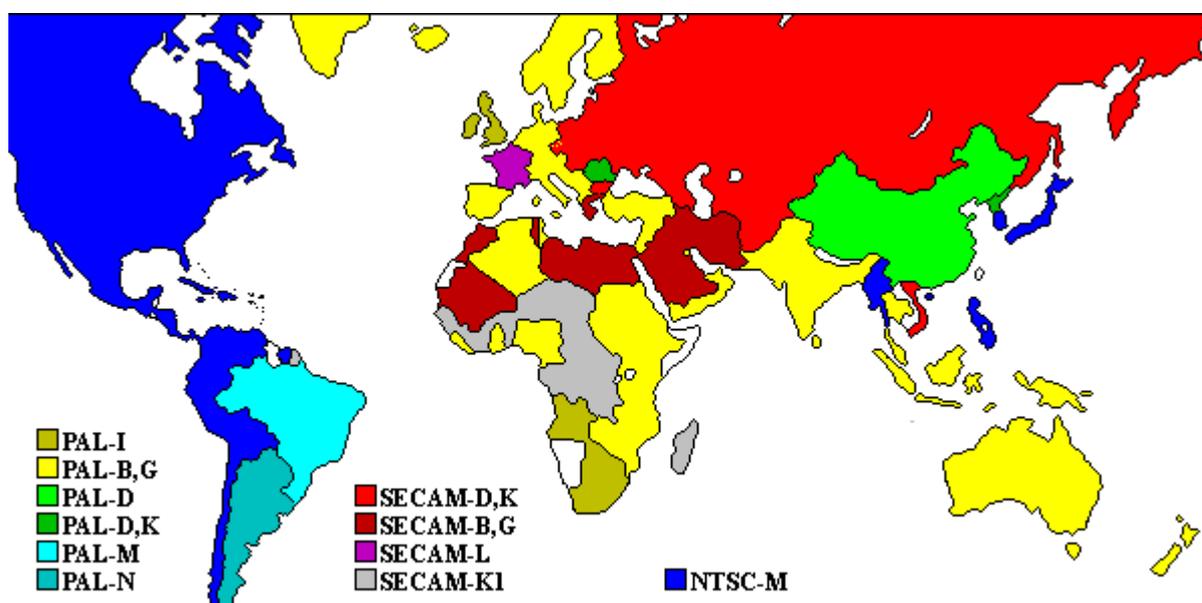


Рис. 1.2.1 Системы ТВ вещания

Характеристики излучаемых сигналов черно-белого и цветного телевидения (радиочастотные параметры вещания) основных мировых ТВ стандартов приведены в следующей таблице:

Параметр	Система ТВ вещания					
	M, N	B	G, H	I	D, K, K1	L
Полоса видеочастот, Гц	4.2	5	5	5.5	6	6
Модуляция несущей изображения	негативная	негативная	негативная	негативная	негативная	позитивная
Разнос несущих звука и изображения, МГц	4.5	5.5	5.5	5.9996	6.5	6.5
Модуляция звука	ЧМ	ЧМ	ЧМ	ЧМ	ЧМ	АМ
Ширина частотного канала, МГц	6	7	8	8	8	8

### 1.3. Организации, занимающиеся стандартизацией

Существует много организаций, занимающихся стандартизацией на глобальном, региональном и национальном уровнях.

В области ТВ вещания одной из наиболее важных организаций является бывший **МККР** - Международный Консультативный Комитет Радиосвязи (**CCIR** - International Radio Consultative Committee). Этот комитет являлся отделением Международного Союза Электросвязи (**ITU** - International Telecommunication Union), который, в свою очередь, является органом Организации Объединенных Наций.

В 1993 году МККР был переименован в **ITU-R** (Radiocommunication Sector of the ITU). В **ITU-R** телевидением занимается, прежде всего, 11-я Исследовательская Комиссия (Study Group 11). Этот орган выпускает важнейшие документы, а именно *Рекомендации* и *Отчеты*. Они содержат исчерпывающую информацию, даваемую однако в весьма обобщенном виде, оставляя достаточно свободы для различных вариантов практической реализации. Документы ITU-R, относящиеся к вещательному ТВ имеют префикс "BT" (аббревиатура от слов Broadcast Television).

**ITU-T** (ITU Telecommunication Standardisation Sector) также является постоянным органом МСЭ. Он занимается вопросами технологии, эксплуатации и тарификации и публикует собственные *Рекомендации*, применяемые во всем мире.

Международная Организация по Стандартизации (**ISO** - International Organisation on Standardisation) занимается в основном стандартизацией параметров аппаратуры. Через свои Комиссии, такие как МЭК - Международная Электротехническая Комиссия (**IEC**), Международная Светотехническая Комиссия (**CIE**), и т.д., эта организация выпускает *Публикации*, содержащие, например, подробное описание процессов магнитной записи, колориметрические координаты люминофоров для цветных кинескопов и т.п. В соответствии с регламентом МОС публикация Международного Стандарта требует его одобрения не менее чем 75 % от числа представленных в МОС национальных администраций.

На региональном (азиатском, европейском и т.д.) уровне стандартизацией занимаются международные союзы вещания.

В частности, Европейский Союз Вещания (**EBU** - European Broadcasting Union) выпускает собственные *Технические Рекомендации*, которые фактически обязательны для его членов.

Созданный первоначально для стран Западной Европы, этот союз в январе 1993 году слился с восточно-европейской Международной Организацией по Телевидению и Радиовещанию (**OIRT** - International Radio and Television Organisation) и сейчас представляет большинство ведущих вещательных организаций Европы. Имея в своем составе 63 полноправных участников из 48 стран Европы и Средиземноморья плюс 52 ассоциированных члена из 30 стран Африки, Азии и Америки, ЕСВ сейчас является крупнейшим в мире профессиональным объединением вещательных организаций. ЕСВ сотрудничает с Европейским Институтом Стандартизации Электросвязи (**ETSI**), выпускающим Европейские Стандарты по Электросвязи (European Telecommunication Standards).

Общество Кино и ТВ Инженеров (**SMPTE** - Society of Motion Pictures and Television Engineers) было первоначально североамериканским, но затем выросло до международной организации, в которой уникальным образом объединены вещательные компании, изготовители аппаратуры, ученые-исследователи и ученые-педагоги. Эта организация также выпускает свои *Рекомендации*, *Стандарты* и *Технические Руководства*.

Картину завершают национальные правительственные организации, такие как Федеральная Комиссия Связи США (**FCC** - Federal Communications Commission) и существующие практически во всех развитых странах национальные Институты (Комитеты или Министерства) Стандартизации. Они также выпускают важные документы, например описания испытательных строк (**VITS** - Vertical Interval Test Signals или **ITS** - Insertion Test Signals) и опорных строк (**VIRS** - Vertical Interval Reference Signals).

Все упомянутые организации стараются скорее сотрудничать, нежели конкурировать, поэтому часто они просто присоединяются к стандарту, подготовленному другой стороной. Таким образом, тексты многих документов фактически совпадают. Например, знаменитая Рекомендация 601 МККР эквивалентна Рекомендации SMPTE 125M, Рекомендации EBU Tech. 3246-E и Рекомендации 106 OIRT.

## РАЗДЕЛ 2 - СТРУКТУРА СТАНДАРТА

### 2.1. Составные части видеостандарта

Структура видеостандарта весьма сложна, поскольку он содержит весьма детальное описание видеосигнала совместимого с предполагаемым (идеальным) приемником. Строго говоря, любой *стандарт ТВ вещания* представляет собой техническое описание метода радиочастотной передачи изображения и звукового сопровождения. Однако, при производстве ТВ программ радиочастотные параметры обычно не имеют значения, а звуковое сопровождение может формироваться множеством различных методов, поэтому более подходящим термином является *видеостандарт*.

**Видеостандарт** можно подразделить на несколько важнейших разделов:

**Стандарт разложения** определяет процесс дискретизации изображения в пространстве и во времени, в частности число строк в кадре, структуру расположения строк и число кадров в секунду. Только преобразование видеосигналов с различными стандартами разложения, например преобразование сигналов NTSC в PAL или обратное преобразование, может быть названо *преобразованием стандартов*.

**Формат кадра** определяет, каким образом изображение располагается в пределах экрана данной формы.

**Формат сигнала** представляет собой какой-либо общепринятый способ упаковки информации с целью ее передачи или записи. Здесь мы имеем дело с множеством измерений и степеней свободы:

- Цифровой или аналоговый
- Компонентный или композитный
- Последовательный или параллельный
- Со сжатием или без сжатия
- Диск или лента
- и т.п. и т.д.

Видеоформаты часто путают с видеостандартами. Приведенные ниже примеры помогают понять в чем состоит различие между ними.

Например, формат D1 определяет каким образом видеоманитофон упаковывает данные, представляющие цифровой компонентный видеосигнал. С другой стороны, формат D1 обеспечивает запись в любом из двух стандартов разложения 525/59.94/2:1 и 625/50/2:1. На профессиональном жаргоне оборудование для обработки сигналов 4:2:2 иногда называют и даже маркируют как "оборудование формата D1", вместо правильного "оборудование, совместимое с D1". Строго говоря, только цифровой видеоманитофон может называться "оборудованием формата D1". Однако D1 - это короткое, удобное и весьма популярное название, к тому же с ним связаны такие хорошие термины как "преобразователь D1-D2" взамен длинного, скучного и не вполне ясного "преобразователь цифрового компонентного сигнала в цифровой композитный сигнал" или краткого (но весьма двусмысленного) термина "цифровой кодер".

**Последовательный цифровой стык SDI** (Serial Digital Interface) описан как формат. При этом через такой стык можно передавать цифровые компонентные сигналы (с форматом кадра как 16:9, так и 4:3), либо оцифрованные сигналы PAL или NTSC. В цифровой области передача сигналов различного рода через один и тот же стык не представляет труда. Через последовательный цифровой стык можно передавать сигналы 4:2:2, 10 бит [D1] со скоростью 270 Мбит/с, цифровые сигналы PAL [D2, D3] со скоростью 177 Мбит/с, цифровые сигналы NTSC [D2, D3] со скоростью 143 Мбит/с, или даже цифровые сигналы 5.3333:2.6666:2.6666 [D5H] со скоростью 360 Мбит/с.

Сейчас появляются новые форматы со сжатием сигнала. Очевидными примерами являются форматы MPEG-1 и MPEG-2. В рамках этих форматов все еще сохраняются различия в стандартах разложения, например MPEG-2/50 не совместим с MPEG-2/59.94.

Не только назначение, но и параметры формата, часто оказываются не вполне четко определенными. Простой пример - аналоговые компонентные видеосигналы RGB. Формат

стыка RGB существует в трех вариантах: *a)* с синхросигналом в зеленом канале (Sync on Green, иногда этот вариант обозначают RGSB), *б)* с синхросигналом во всех трех каналах R, G, B, и *в)* с синхросигналом в отдельном четвертом кабеле (этот вариант обычно обозначается RGSB).

**Уровни** видеосигнала играют особенно важную роль в аналоговых блоках, поскольку они определяют ожидаемую реакцию приемника на данное электрическое напряжение. С другой стороны, в цифровых устройствах весьма важно соблюсти стандартное соотношение между цифровыми кодами и аналоговыми напряжениями.

**Представление и кодирование цветовой информации** - это та часть формата, которая определяет способ передачи информации о цвете. Здесь главная линия раздела проходит между компонентными форматами, применяемыми прежде всего при производстве программ, и композитными форматами, традиционно применяемыми для целей вещания.

Преобразование из компонентного формата в композитный называется *кодированием*, а обратное преобразование - *декодированием*.

Композитные форматы подразделяются в соответствии с системами цветного телевидения на NTSC, PAL и SECAM. Здесь вновь следует подчеркнуть различие между *стандартом разложения* и *системой цветного телевидения*. Например, система PAL может применяться как со стандартом 525/59.94 так и со стандартом 625/50. Частный случай преобразования системы цветного телевидения без изменения стандарта разложения принято называть *транскодированием*. Примерами транскодирования являются преобразования PAL - SECAM или NTSC - PAL-M.

На рис 2.1.1 показаны различные форматы, применяемые в производстве ТВ программ.



Рис. 2.1.1 Форматы видеосигналов

## 2.2. Стандарты разложения

Стандарт разложения определяет в каком порядке изображение разбивается на элементы с целью его передачи в виде сигнала. Тремя основными параметрами при этом являются: **число строк в кадре**, **частота кадров**, и **коэффициент чересстрочности**. **Частота строк** и **частота полей** являются производными от этих основных параметров. Разложение без чересстрочного перемежения последовательно по пространственно смежным строкам кадра имеет специальное название - **прогрессивная развертка**. В этом случае коэффициент чересстрочности составляет 1:1. При чересстрочной развертке кадр разбивается на отдельные поля - например, на четные и нечетные. Частота полей получается путем умножения частоты кадров на коэффициент чересстрочности.

Стандарт разложения обычно записывают в краткой форме как три числа, разделенных косой чертой: число строк в кадре/частота кадров/коэффициент чересстрочности, - например "625/50/2:1". Часто последнюю часть или даже две последние части опускают, подразумевая их известными из контекста, например "625/50" или просто "625".

Для передачи двух ТВ программ по одному каналу связи некоторые вещательные организации используют метод **Vidiplex**, по которому два разных видеосигнала передаются по очереди в четных и нечетных полях чересстрочной последовательности. Необходимо подчеркнуть, что Vidiplex не является ни стандартом, ни форматом, поскольку он может применяться к любой паре видеосигналов при условии, что они относятся к одному стандарту. Исторически (и технически) несовместимость различных видеостандартов в наибольшей степени проявляется в различии кадровых частот. На заре черно-белого ТВ была принята весьма разумная мера, а именно: частота полей была связана с частотой сети электропитания (в случае чересстрочности 2:1, частота кадров вдвое ниже частоты полей). Эта мера обеспечивала неподвижность горизонтальной полосы, вызываемой помехами от сети электропитания на экране телевизора. Когда началась эра цветного телевидения, в котором все частоты задаются кварцевыми резонаторами, а качество фильтрации электропитания гораздо лучше, эта связь оказалась, в общем-то, ненужной. Последним аргументом в пользу такой связи остается снижение заметности неприятных низкочастотных биений между частотами питания студийного освещения и частотами полей передающих камер. К сожалению, экономическая необходимость так называемой обратной совместимости не позволила и не позволяет сколько-нибудь существенно изменять частоты полей и кадров. Поэтому мы имеем сейчас группу стран, применяющих частоту 50 Гц, и другую группу стран, применяющих частоту 60 Гц (строго говоря, эта частота составляет не 60 Гц, а 59.94 Гц). Наиболее распространенные стандарты разложения показаны на следующей диаграмме:

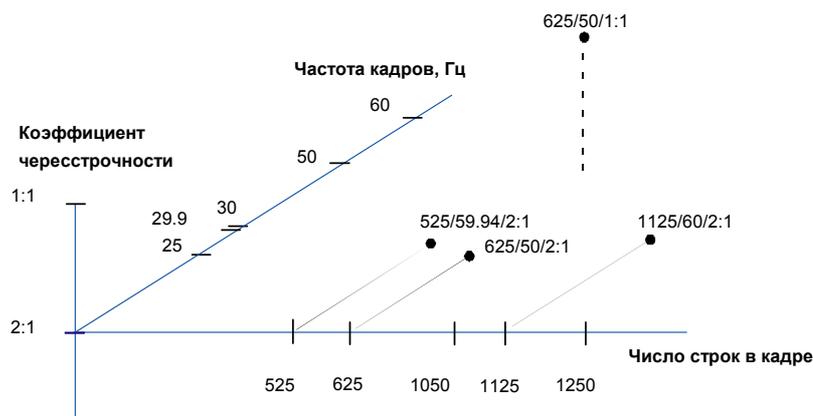


Рис. 2.2.1 Стандарты разложения

Связь между двумя основными стандартами разложения и основными стандартами ТВ вещания иллюстрирует следующая таблица:

525/59.94/2:1	NTSC (-M), NTSC-4.43, PAL-M
625/50/2:1	PAL (-B,-D,-G,-I,-K), PAL-N, SECAM (-B,-D,-G,-K,-L)

Следует отметить, что система NTSC-4.43 применяется только для воспроизведения бытовых видеокассет NTSC на модифицированных аппаратах PAL, но не для вещания.

Телевидение Высокой Четкости (ТВЧ) - это термин, которым принято обозначать ТВ системы с числом строк в кадре существенно превышающим обычное ТВ, например более 1000. Аппаратура ТВЧ работает преимущественно с чересстрочной разверткой 2:1, хотя имеются предложения относительно прогрессивной развертки. Термин ТПЧ (Телевидение Повышенной Четкости, EDTV - Extended Definition TeleVision) используется для обозначения ТВ систем с расширенной полосой частот и/или улучшенным кодированием, но при сохранении существующих параметров развертки.

Преобразование стандартов с различным числом строк, но одинаковыми частотами кадров и коэффициентами чересстрочности, называется *повышающим* или *понижающим* преобразованием стандартов (Up-Conversion или Down-Conversion). Если изменяется частота кадров, то говорят о *перекрестном* преобразовании (Cross-Conversion). Сочетание этих вариантов дает соответственно повышающее перекрестное преобразование (Up Cross-Conversion) и понижающее перекрестное преобразование (Down Cross-Conversion).

Наибольшее распространение получили такие стандарты ТВЧ, как 1125/60 (США, Япония и некоторые другие страны) и 1250/50 (Европа). Некоторые модели оборудования стандарта 1125/60 способны работать и в стандарте 1125/59.94, что позволяет осуществлять понижающее преобразование в стандарт 525/59.94 гораздо легче благодаря совпадению частот полей. Оборудование стандарта 1125/60 известно по торговой марке фирмы Sony "HDVS - High Definition Video System", а также под названием "Hi-Vision".

Привлекательность стандарта 1250/50 (известного также по проекту "Eureka") для европейцев состоит не только в большем числе строк, но и в простой связи между стандартами 625/50 и 1250/50, поскольку не требуется перекрестное преобразование. По той же причине в США имеется некоторое количество оборудования, работающего в стандарте 1050/59.94.

Для специальных применений иногда используются весьма экзотические стандарты.

Например, преимуществом *стандарта отображения 937/75/2:1* является существенное снижение таких дефектов ТВ отображения, как видность строчной структуры, мерцания больших площадей и межстрочные мерцания, в сочетании с экономически оправданной частотой строк - всего 35.15625 кГц. Поэтому данный стандарт очень выгоден для видеопоза на большом экране. Разумеется, для подобного отображения видеосигнал должен быть предварительно обработан в специальном повышающем преобразователе стандартов.

На уровне производства ТВ программ имеются специфические *стандарты производства*, например 625/50/1:1 или 1125/60/2:1. Все большее распространение получает многостандартное производство. Например, видеосигнал от камер ТВЧ сразу же подвергается понижающему преобразованию, записывается на цифровой видеомэгнитофон, после чего обрабатывается и монтируется в пониженном (обычном) стандарте.

### 2.3. Форматы кадра

Геометрически говоря, формат - это отношение ширины объекта к его высоте, выражаемое обычно либо в виде пары чисел (например, 4:3) либо одним числом (например, 1.333). Не следует смешивать *формат экрана* (screen aspect ratio) и *формат изображения* (picture aspect ratio). В новых системах ТВЧ и ТПЧ формат экрана увеличен по сравнению с обычным ТВ, где он составляет 4:3. В кинематографе он варьирует от 1.333 для старых фильмов до 2.35 в новых фильмах формата CinemaScope и даже 2.77 в широкоэкранный формате Dynavision 3D. Из таблицы видно, как различные комбинации формата экрана и формата изображения приводят к различным *форматам отображения* (viewed picture formats)

Формат отображения	Формат экрана	Формат изображения	Использование высоты экрана, %
Обычный	4:3	4:3	100
Широкоэкранный	16:9	16:9	100
Letterbox-B	4:3	14:9	85.7
Letterbox-A	4:3	16:9	75
Анаморфотный	4:3	16:9	100

Формат кадра практически не зависит от параметров разложения, поэтому вполне возможно формирование видеосигналов с различным форматом кадра, но с одинаковыми стандартами разложения.

Рис. 2.3.1 иллюстрирует некоторые термины, касающиеся формата кадра.

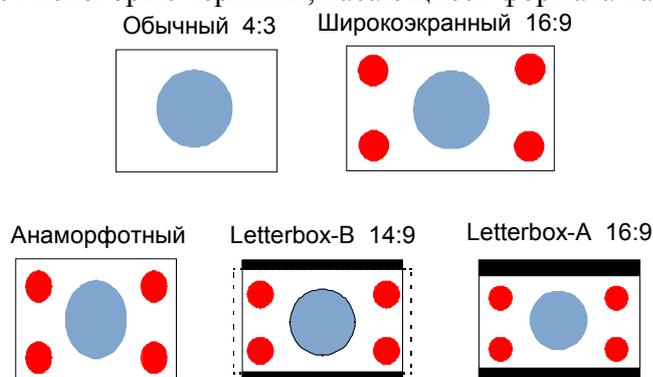


Рис. 2.3.1 Форматы отображения

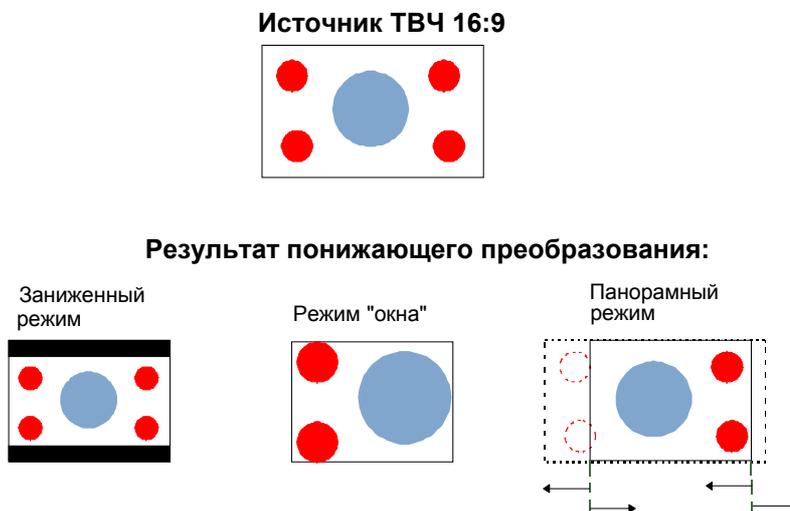
Расположение широкого ТВ изображения в пределах узкого экрана приводит к *анаморфотному формату*. Видимое изображение на экране формата 4:3 геометрически деформируется (сжимается по горизонтали). Назначение анаморфотного формата состоит в достижении полного использования высоты экрана при эксплуатации существующего студийного оборудования.

Для отображения видеоматериалов 16:9 на экранах формата 4:3 используется принцип "Letterbox". При таком заниженном формате отображения ширина экрана используется полностью, а высота нет, т.е. сверху и снизу от полезного изображения имеются бесполезные черные полосы. В варианте "Letterbox-A" разрешающая способность существенно снижена вследствие меньшего размера объектов на ТВ экране. Вариант "Letterbox-B" представляет собой популярный компромисс, позволяющий снизить высоту черных полос ценой потери некоторой части изображения на левом и правом краях.

Широкоэкранный цифровое видеопроизводство в формате 16:9 создает проблему выбора частоты дискретизации. При работе в формате 4:3, использование стандартного числа отсчетов в цифровой активной части строки (720 при частоте отсчетов 13.5 МГц) позволяет обеспечить примерно равную четкость по вертикали и по горизонтали. Чтобы сохранить этот баланс в формате 16:9 число отсчетов следует пропорционально увеличить до 960 (при частоте 18 МГц).

Хотя документ еще формально не принят, но подготовленный расширенный вариант Рекомендации ITU-R BT.601 позволит производителям ТВ программ работать как с частотой 18 МГц, так и с частотой 13.5 МГц. Тем самым, имеющая уже солидный возраст Рекомендация 601, применительно к работе с форматом 4:3 станет называться Рекомендация

601 (часть А), а новый широкоэкранный вариант станет называться Рекомендация 601 (часть В). Уже выпускается достаточно большее количество видеоборудования, способного работать с переключаемым форматом кадра и/или частотой дискретизации. О нем можно говорить "соответствует Рекомендации 601, части А и В" (Rec. 601 Part A & B compliant). Очевидно, преобразование формата кадра является важным свойством понижающих преобразователей стандартов ТВЧ. Как показано на рис. 2.3.2 имеется несколько вариантов такого преобразования.



**Рис. 2.3.2** Режимы понижающего преобразования

Если общий вид важнее, чем потеря мелких деталей, то наилучшим является заниженный режим преобразования ("Letterbox" - метод "без кашетирования"). Кроме того, при этом не требуется оперативно изменять параметры преобразования в зависимости от содержания изображения.

Однако, если потеря важных деталей в какой-либо части входного ТВЧ изображения недопустима, то остается выбор между режимами "окна" (Zoom) и горизонтального панорамирования с кашетированием (PanScan). Режим окна требует непрерывного управления от оператора, но дает максимум свободы в выборе изобразительного решения и, в принципе, позволяет сохранить все важные детали изображения. Панорамный режим полностью использует высоту экрана и требует от оператора только более легкого управления горизонтальным смещением.

Недавно началось вещание по широкоэкранный системе PALplus. Эта система обеспечивает обратную совместимость с телевизорами существующей системы 4:3 PAL и полное использование площади экранов новых телевизоров 16:9 PALplus. Для производства программ используется анаморфотный формат, который затем преобразуется в формат Letterbox-A для вещания, совместимого с обычной системой PAL. В системе PALplus черные полосы над и под изображением заняты специальным вспомогательным сигналом (helper signal), несущим ту информацию о вертикальных деталях изображения, которая была потеряна при понижающем преобразовании. В телевизоре PALplus эта информация используется для восстановления четкости путем повышающего преобразования.

## 2.4 Представление и кодирование цветовой информации

Цветовые видеосигналы обычно формируются первоначально в виде компонентных сигналов основных цветов RGB, которые кое-кто предпочитает называть GBR только потому, что синхросигнал обычно замешивается в зеленый канал. При производстве программ из соображений экономии и монохромной совместимости чаще используют не сигналы RGB, а другой набор компонентных сигналов, - сигнал яркости и два цветоразностных сигнала.

**Параллельный аналоговый компонентный стык YPrPb** прост и удобен, но называют его по-разному. Довольно часто его называют стыком Y, R-Y, B-Y, а иногда даже YUV, несмотря на то, что все эти выражения означают различные *уровни* сигналов. Хорошо, если бы только называли по-разному, лишь бы фактические уровни были одинаковы, но и это требование не всегда соблюдается.

В стандартном стыке YPrPb размахи цветоразностных сигналов Pr и Pb совпадают с размахом сигнала яркости Y и размахом сигналов первичных цветов R, G, B, т.е. равны 700 мВ на нагрузке 75 Ом. Отсюда легко вычислить масштабные коэффициенты:

**$P_r = 0.71327 (R-Y)$  и  $P_b = 0.56433 (B-Y)$ .**

Термин "сигнал яркости" и символ "Y" для его обозначения тоже не вполне однозначны. Они могут означать как сигнал без синхроимпульсов (S), так и сигнал черно-белого телевидения, содержащий синхроимпульсы. Обозначение "Ys" гораздо лучше, но, к сожалению, используется не всегда.

Необходимо пояснить, что, несмотря на обратимость линейного матричного преобразования сигналов RGB в YPrPb, сигналы RGB, восстановленные из записанных сигналов YPrPb, не являются точной копией исходных, прежде всего из-за ограничения полосы частот в каналах Pr и Pb.

**Композитные видеосигналы** систем NTSC, PAL и SECAM были изобретены для целей наземного вещания. В этих системах цветного телевидения сигнал цветности (модулированная цветовая поднесущая) добавляется к сигналу яркости, совместимому с черно-белым (монохромным) ТВ, с целью совместной передачи всех компонентов цветного изображения в одном частотном канале.

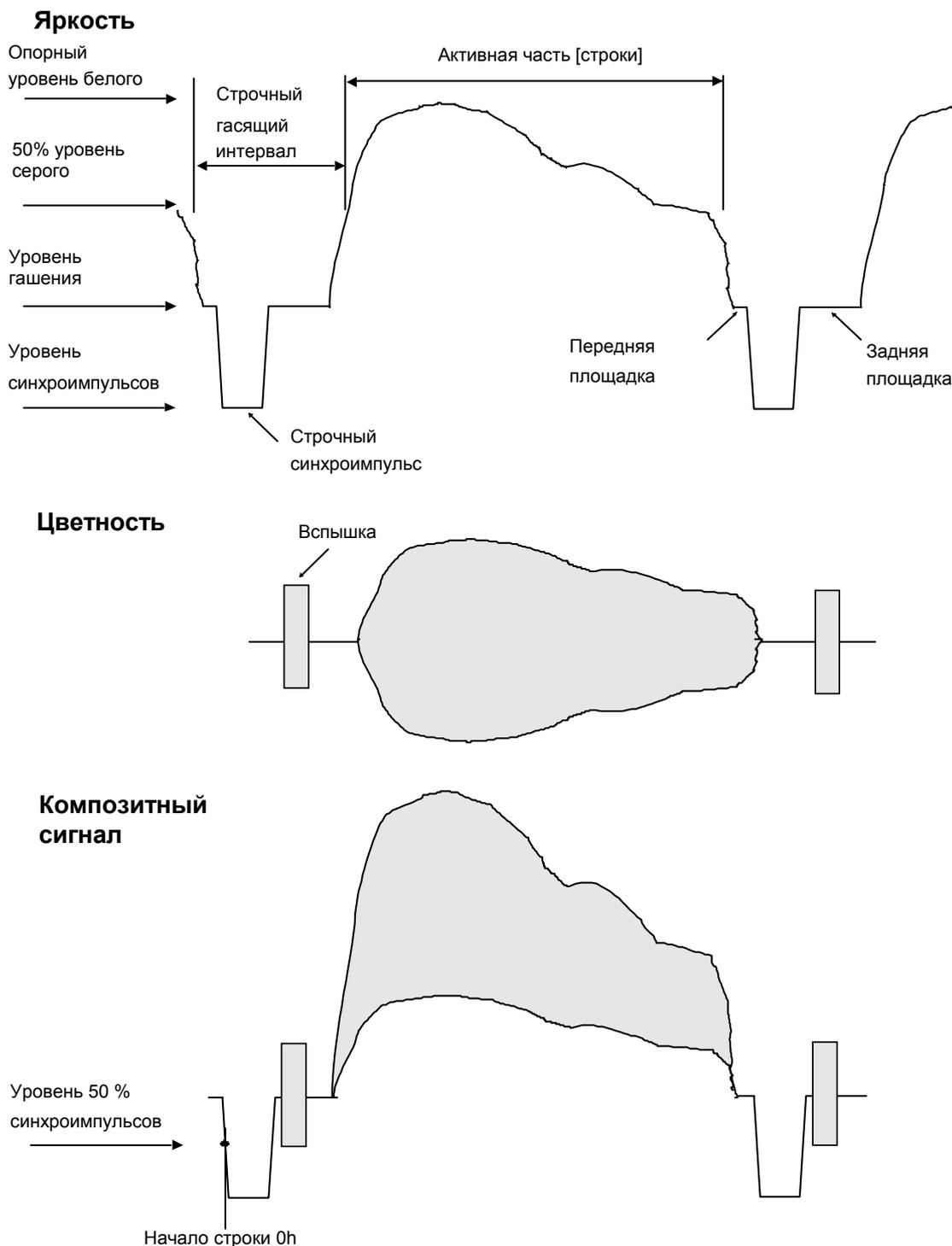


Рис. 2.4.1 Структура композитного видеосигнала

Существуют и другие форматы, применяемые в ТВ студиях. Например, формат видеозаписи S-VHS принес с собой популярный полупрофессиональный формат стыка Y/C, где C - это обычный сигнал цветности NTSC или PAL, но передаваемый по отдельному кабелю. Тем самым исключаются перекрестные искажения, и декодированное изображение выглядит почти столь же хорошо, как при передаче компонентных сигналов YPrPb.

В студиях SECAM был популярен "двухсигнальный" компонентный стык Y, Dr/Db. Сигнал Dr/Db представляет собой строчно-поочередную последовательность сигналов  $Dr = -1.902 (R - Y)$  и  $Db = 1.505 (B - Y)$ . Еще один двухсигнальный компонентный стык Y, CTCM применяется для перезаписи видеофонограмм формата Betacam. При этом сигнал CTCM представляет собой результат масштабирования и временной компрессии сигналов Pr и Pb, т.е. строка каждого из них становится половиной строки сигнала CTCM.

В некоторых странах, например в России, вещание по системе SECAM по-прежнему требует наличия сигналов вертикальной цветовой синхронизации, которые по ГОСТ 21879 называются СЦС, а в англоязычном жаргоне именуются "бутылками".

Однако, в студийных аппаратных и при международном обмене программами те строки вертикального гасящего интервала, которые отведены для этих сигналов, теперь заняты множеством других служебных сигналов, таких как телетекст и т.п. Отсюда появление обозначения варианта системы SECAM - SECAM-H, где H означает построчную, т.е. горизонтальную (H - Horizontal) цветовую синхронизацию. В этом случае СЦС отсутствуют и для цветовой синхронизации служат пакеты немодулированных поднесущих на задней площадке строчного гасящего интервала.

Напротив, SECAM-V означает возможность вертикальной синхронизации, т.е. в составе сигнала имеются СЦС.

Обозначение SECAM-ME (ME в данном случае означает Middle-East, т.е. Ближний Восток!) говорит лишь о том, что видеокассета формата VHS записана с применением метода понижающего гетеродинирования ЧМ сигнала цветности, аналогично тому, как это делается для VHS кассет PAL и NTSC. При этом способ цветовой синхронизации может быть любым - SECAM-H или SECAM-V. Во Франции широко используется иная (несовместимая) система записи VHS, в которой сигнал цветности SECAM переносится вниз методом деления частоты. Кассеты, записанные по этой системе часто некорректно маркируются просто "SECAM" или "SECAM-L".

## 2.5 Уровни, напряжения, коды, единицы измерения

Любой видеосигнал представляет собой результат временного уплотнения двух весьма различных составляющих: активного видеосигнала и служебных сигналов, введенных в интервалы его гашения. Длительность активной части ТВ строки, когда передается информация об изображении, равна периоду строки минус строчный интервал гашения. Активная часть кадра образуется как совокупность активных частей всех активных строк, т.е. не включает вертикальный гасящий интервал. В цифровой и аналоговой областях длительности и содержание гасящих интервалов различны. Цифровые активные части немного продолжительнее, поскольку к ним добавлено слева и справа по несколько элементов изображения с целью предотвращения искажения аналоговой активной части при фильтрации.

Традиционно, уровень видеосигнала в интервале гашения служит опорным уровнем, от которого отсчитываются все остальные уровни. Для композитного сигнала - это уровень на передней и задней площадках. Горизонтальные (строчные) и вертикальные (полевые) интервалы гашения могут содержать синхроимпульсы, испытательные и другие вспомогательные сигналы. Уровни таких составляющих, например синхроимпульсов или вспышек цветовой поднесущей, вполне четко определены и могут быть легко измерены. Что же касается уровней в активной части видеосигнала, то здесь можно говорить лишь о пределах вариации сигнала, определенных стандартом. На практике, измерение уровней "живого" видеосигнала - далеко не простое и не самоочевидное дело. Пиковый уровень черного определен как уровень видеосигнала, соответствующий участку изображения с наименьшей яркостью. Аналогично, пиковый уровень белого соответствует участку изображения с наибольшей яркостью. Эти уровни стандартом не определены и зависят от содержания изображения, настройки аппаратуры и т.п. Стандарт определяет только *номинальный уровень черного* и *номинальный уровень белого*. Считается, что номинальный уровень черного - это наименьший допустимый *пиковый уровень черного*, а номинальный уровень белого соответствует участкам изображения с *номинальной яркостью белого*. Номинальные уровни различны в различных системах цветного телевидения. Номинальный уровень белого обычно служит опорным уровнем 100 % при калибровке усиления видеотракта и измерительной аппаратуры.

Недавно появилось понятие легальных уровней видеосигнала. Легальными являются такой цвет или такая комбинация уровней сигналов Y, Cr, Cb, для которых значения всех трех сигналов R, G, B находятся в пределах между номинальным уровнем черного и номинальным уровнем белого. Нелегальные цвета могут получаться из легальных, например при обработке сигналов 4:2:2. Концепция легальности цветов прямо связана с колориметрическими координатами первичных цветов данной ТВ системы, поэтому преобразование стандартов, например из системы NTSC в систему PAL потенциально чревато получением нелегальных цветов. Желательно обрабатывать такие сигналы специальным цветовым легализатором.

Единицы измерения уровней видеосигналов также не универсальны.

Много лет назад номинальный размах черно-белого композитного сигнала был установлен равным 1 В (1000 мВ). Просто и элегантно.

Однако, отношение уровней синхросигнала и видеосигнала было установлено равным 3:7 в Европе и 4:10 в Америке. Это различие привело к различию номинальных (опорных) уровней белого, т.е. расстояний между уровнями белого и гашения. В Европе оно оказалось 700 мВ, а в Америке  $10000/14 = 714.285714$  мВ.

Последнее число трудно назвать легким для запоминания и практического применения, поэтому североамериканский Институт Радиоинженеров (IRE) ввел специальную единицу измерения, которую так и назвали - единица IRE. Один IRE определен равным 7.14 мВ, разница уровней белого и гашения составляет 100 IRE, а размах композитного сигнала равен 140 IRE.

По стандарту NTSC-M и национальному стандарту США уровень черного композитного сигнала не совпадает с уровнем гашения и поднят на пьедестал высотой 7.5 единиц IRE (53.6 мВ).

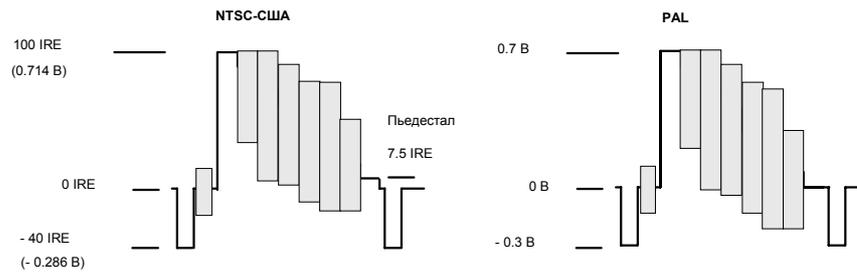


Рис. 2.5.1 Уровни композитных сигналов NTSC и PAL

Однако, в японском варианте системы NTSC-M пьедестал не используется (он равен нулю), что приводит к существенным различиям уровней как сигналов яркости, так и сигналов цветности.

В цифровой области роль напряжений выполняют кодовые комбинации, которые тоже должны регламентироваться стандартом. При этом приходится учитывать различие в размахх компонентных и композитных сигналов. Размах композитных сигналов возрастает вследствие добавления сигнала модулированной поднесущей (цветности), тогда как размах цифрового сигнала в компонентном стыке дополнительно снижается из-за того, что синхроимпульсы не кодируются. В результате одному шагу квантования соответствуют четыре различных приращения уровней аналоговых видеосигналов в зависимости от того, какой сигнал кодирован - NTSC, PAL, Y или Сb/Cr. Цифровые опорные уровни черного также зависят от формата сигнала.

## 2.6 Звуковое сопровождение

Как известно, - "лучше один раз увидеть, чем...". Тем не менее, слышать иной раз даже важнее. Другими словами, производство ТВ программ невозможно без звукового сопровождения, поэтому целесообразно кратко рассмотреть звуковые стандарты, особенно принимая во внимание возможность передачи так называемого **интегрированного звука (embedded audio)** через последовательный цифровой стык путем временного уплотнения потока видеоданных.

Есть два основных формата звукового производства: аналоговый и цифровой.

Аналоговый звукостык (моно и стерео) определен достаточно четко. К счастью, во всем мире почти повсеместно применяется один основной тип соединителя (XLR) и уровень 0 дБ везде понимается одинаково. Тем не менее, имеются некоторые хорошо известные сложности с импедансом линии, который может варьировать от 110 Ом до 600 Ом, и с симметрично-асимметричным согласованием. Кроме того, следует помнить, что стереозвук существует в двух стандартных форматах: Левый/Правый (L/R) и Сумма/Разность (M/S). Переход от одного формата к другому требует применения матрицирующего преобразователя.

Широко применяемый цифровой звукостык AES/EBU был стандартизирован по итогам совместной работы Звукотехнического Общества (AES) и Европейского Союза Вещания (EBU). Исходный документ AES называется: AES3 (ANSI 4.40) "Рекомендация AES по цифровой звукотехнике - Формат последовательной передачи двухканальных линейно кодированных звукоданных".

Этот стандарт предоставляет большую свободу вариантов.

Например, для различных применений можно иметь разные длины кодовых слов. Стык AES/EBU поддерживает кодовые слова от 16 до 24 бит с целью обеспечения необходимого динамического диапазона и отношения сигнал/шум. Существует простая формула для расчета результирующего отношения сигнал/шум:  $SNR = 6n$ , где SNR - отношение сигнал/шум в децибелах, n - число бит на отсчет. На практике отношение сигнал/шум оказывается существенно ниже этой величины вследствие необходимости иметь запас по динамическому диапазону и из-за некоторых других факторов.

В формате AES/EBU каждый отсчет звука передается в составе субкадра, содержащего: 20 бит звукоданных, 4 бита вспомогательных данных (которые можно занять, например для расширения кодового слова до 24 бит), 4 бита данных и 4-битовую преамбулу. Два субкадра образуют кадр, содержащий по одному отсчету в каждом из двух звуковых каналов. Кадры группируются в блоки по 192.

Сигнал AES/EBU включает также данные состояния канала, содержащие следующую информацию:

- включение/выключение предсказаний
- частота дискретизации
- режим канала (стерео, моно, и т.д.)
- использование вспомогательных битов (расширение до 24 бит или другой вариант использования)
- контрольную сумму (CRC - cyclic redundancy code) для обнаружения ошибок.

Поддерживаются несколько фиксированных частот дискретизации: 32, 44.1 и 48 кГц, причем частота дискретизации может оперативно переключаться.

Первоначально стык AES/EBU был ориентирован на 110-омные кабели с разъемами XLR. Относительно высокие частоты сигналов в стыке AES/EBU не позволяют передавать их по витым парам на расстояния более нескольких сотен метров. Недавно был стандартизирован также и вариант с использованием несимметричных 75-омных коаксиальных кабелей и пониженным размахом сигнала (1 В вместо 3 ... 10 В). В результате цифровой звуко сигнал приобрел те же свойства, что и аналоговый видеосигнал, поэтому его можно передавать по имеющимся видеотрактам через обычные видеоусилители-распределители, видеокоммутаторы и т.д. (см. документ SMPTE 267M).

В последнее время для передачи как аналоговых, так и цифровых звуковых сигналов, стали все шире использоваться субминиатюрные разъемы компьютерного типа (типа D):

- 9-контактные для 2-канального звука или стереозвуча
- 25-контактные для 4-канального звука (что соответствует числу каналов интегрированного звука в стыке SDI)

Подробнее параметры интегрированного звука описаны в разделе 3.5.2.

## **РАЗДЕЛ 3 - СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ**

### **3.1 Общие сведения**

В этом разделе приведены основные параметры наиболее распространенных форматов видеосигналов и стыков для их передачи.

- Параметры аналоговых сигналов приведены в разделе 3.2.
- Параметры цифровых компонентных и композитных сигналов можно найти в разделах 3.3 - 3.5.
- Система сжатия цифровых потоков MPEG-2 описана в разделе 3.6.
- Раздел 3.7 посвящен параметрам ТВЧ.
- Параметры файлов стоп-кадров описаны в разделе 3.8.
- Системы с кодированием и декодированием цветовой информации обычно проверяются при помощи сигналов цветных полос. В разделе 3.9 приведены параметры стандартных сигналов цветных полос; в русскоязычной литературе их также называют сигналами генератора цветных полос - ГЦП.

### 3.2 Аналоговые видеосигналы и стыки

Основным источником информации для этого раздела является Рекомендация ITU-R BT.470-4 (ранее эти данные содержались в Отчете 624-3 МККР) "Характеристики Телевизионных Систем". Фактически, имеется большое число вариантов реализации, слегка отличающихся от базовых версий, приведенных в этом документе.

#### 3.2.1 Параметры развертки и синхронизации

Параметр	Единица измерения	NTSC-M	PAL, PAL-N
		PAL-M	SECAM
Частота кадров	Гц	29.97002997	25
Частота полей	Гц	59.94005994	50
Число строк в кадре		525	625
Частота строк	Гц	15,734.26573	15,625
Номинальный период строк (H)	мкс	63.555555	64.0
Строчный гасящий интервал	мкс	10.7	12.0
Длительность фронтов гашения	нс	140	300
Передняя площадка	мкс	1.5	1.5
Строчный синхроимпульс	мкс	4.7	4.7
Задняя площадка	мкс	4.5	5.8
Уравнивающий импульс	мкс	2.3	2.35
Вертикальная синхрогруппа	строк (H)	9	7.5
Число уравнивающих импульсов		6 + 6	5 + 5
Число широких импульсов		6	5
Широкий импульс	мкс	27.0775	27.3
Врезка (между широкими импульсами)		4.7 мкс	4.7 мкс
Длительность фронтов импульсов	нс	140	200
Полевой гасящий интервал		20H+10.7 мкс	25H+12 мкс
Полевая передняя площадка	мкс	1.5	1.5

Примечание: В системе PAL-I, применяемой в Великобритании, два параметра отличаются:

Передняя площадка = 1.65 мкс

Длительность фронтов импульсов = 250 нс.

### 3.2.2 Формирование и уровни сигнала яркости

Приведенная ниже формула верна для всех компонентных и композитных систем (кроме некоторых систем ТВЧ):

$$Y = 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B.$$

Термин "сигнал яркости" и символ "Y" для его обозначения могут означать как сигнал без синхроимпульсов (S), так и сигнал черно-белого телевидения, содержащий синхроимпульсы. Обозначение "Ys" гораздо лучше, но, к сожалению, используется не всегда. Процесс ввода синхроимпульсов в состав сигнала яркости описывается простой формулой:

$$Y_s = Y + S.$$

Параметр	NTSC - M (США) PAL - M	NTSC - M (Япония)	PAL - B,G,I PAL - N SECAM
Уровень гашения (опорный уровень)	0 IRE (0 мВ)	0 IRE (0 мВ)	0 мВ
Уровень черног	7.5 IRE (53.5714 мВ)	0 IRE (0 мВ)	0 мВ
Номинальный уровень белого	100 IRE (714.2857 мВ)	100 IRE (714.2857 мВ)	700 мВ
Уровень вершин синхроимпульсов	- 40 IRE (-285.7 мВ)	- 40 IRE (-285.7 мВ)	- 300 мВ

Примечание: Уровни даны в предположении, что коаксиальный кабель нагружен на 75 Ом.

**3.2.3 Аналоговый компонентный стык YPrPb (YsPrPb)**

В этом формате цветоразностные сигналы Pr и Pb имеют точно такой же размах, как сигналы первичных цветов R, G, B и сигнал яркости Y без синхроимпульсов: 700 мВ на нагрузке 75 Ом. Это требование приводит к следующему масштабному уравнению:

**Pr = 0.71327 (R-Y),**

**Pb = 0.56433 (B-Y).**

Обратное матрицирование в сигналы RGB, например для целей отображения, задается следующим уравнением:

**R = Y + 1.40200 Pr**

**G = Y - 0.71414 Pr - 0.34414 Pb**

**B = Y + 1.77305 Pb.**

Сигналы Pr и Pb лежат в диапазоне от -350 мВ до + 350 мВ и не содержат каких-либо синхронизирующих импульсов. Сигнал Y (Ys), напротив, содержит синхроимпульсы (синхросмесь) размахом 300 мВ, поэтому его полный размах составляет 1000 мВ.

Безотносительно к каким-либо официальным стандартам (МККР, SMPTE, и т.д.) фирма Sony, опираясь на успех своих изделий серии Betacam, установила стандарт "де-факто" для стран, использующих стандарт разложения 525 строк. В этом случае сигналы имеют следующие параметры:

Y (без синхроимпульсов): 714 мВ (100 IRE)

Пьедестал (уровень черного): 54 мВ (7.5 IRE)

Уровень синхроимпульсов: -286 мВ (-40 IRE)

Pr и Pb: +/- 467 мВ

Примечание: Амплитуда +/- 467 мВ сигналов Pr и Pb 100 % насыщенности соответствует амплитуде этих сигналов +/- 350 мВ при насыщенности 75 %. Эти уровни сигналов продолжают использоваться в 525-строчных странах наряду с "истинно стандартными уровнями", соответствующими официальным документам.

Для передачи сигналов Y,Pr,Pb применяется какой-либо один из двух следующих типов соединителей:

- а) 3 отдельных разъема типа BNC для Ys, Pr и Pb соответственно
- б) 12-контактный разъем типа "Betacam" (штекеры для входов, розетки для выходов).

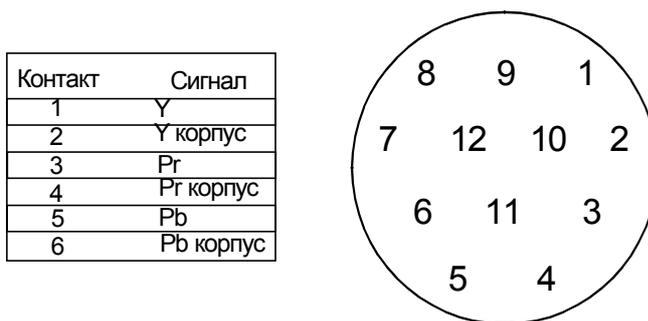


Рис. 3.2.3.1 Разъем типа Betacam для сигналов YPrPb

**3.2.4 Цветовые поднесущие и цветовая синхронизация**

Параметр	NTSC-M	PAL-M	PAL-N	PAL	SECAM
<i>Единица измерения</i>					
Отношение поднесущей к строчной частоте (Fsc/Fh)	455/2	909/4	917/4+1/625	1135/4+1/625	Fr: 282 Fb: 272
Частота цветовой поднесущей (Fsc) Гц	3,579,545.5	3,575,611.8	3,582,056.25	4,433,618.75	Fr: 4,406,250 Fb: 4,250,000
Цветовой кадр	Поле	4	8	8	8
Начало вспышки	мкс относ. 0h	5.31	5.31	5.3	5.64

Начало вспышки периодов относ. 0h	19	19	19	25	-
Длительность вспышки <i>мс</i>	2.51	2.52	2.51	2.25	-
Длительность вспышки <i>период</i>	9	9	9	10	непрерывный ЧМ сигнал
Длительность фронта вспышки <i>нс</i>	300	300	300	250	300
Фазы вспышки относ. оси В-У <i>град</i>	180	+/- 135 см. Прим.1	+/- 135 см. Прим.1	+/- 135 см. Прим.1	см. Прим.2
Размах вспышки	40 IRE (285.7 мВ)	40 IRE (285.7 мВ)	300 мВ	300 мВ	Fg: 167 мВ Fb: 215 мВ

Примечание 1: Фаза вспышки PAL составляет +135 градусов на нечетных строках первого поля восьмиполюсовой последовательности (первого поля цветового кадра) и -135 градусов на четных строках этого поля. Знак фазы вспышки непрерывно чередуется по строкам.

Примечание 2: В системе SECAM начальная (стартовая) фаза цветовой поднесущей не регламентируется, но она должна коммутироваться, т.е. принудительно изменяться, на следующую величину (в градусах):  
по строкам: 0, 0, 180, 0, 0, 180,... или 0, 0, 0, 180, 180, 180, 0, 0, 0,...  
по полям: 0, 180, 0, 180...

**Начальная фаза поднесущей** является одним из наиболее важных параметров сигналов NTSC и PAL. В англоязычной литературе его обозначают SCH - SubCarrier to Horizontal sync timing phase; поскольку речь идет о соотношении двух параметров название параметра иногда пишут с косой чертой - SC/H. В аналоговых композитных форматах этот параметр может отклоняться от номинального (нулевого) значения в широких пределах. Например, стандарт SMPTE 170M дает для SCH ширину поля допуска в пределах +/- 10 градусов.

Следует подчеркнуть, что одним и тем же термином "SCH" могут обозначаться три совершенно различных параметра:

1. Фаза поднесущей в момент середины фронта строчного синхроимпульса текущей строки (по-английски начало строки принято называть Line Datum). В системе PAL эта величина нарастает небольшими шагами от строки к строке, поэтому ее точное значение практически не играет большой роли. В системах NTSC и PAL-M оно, в принципе, должно совпадать (с точностью до знака) со значением фазы поднесущей в момент начала поля.
2. Фаза поднесущей в момент начала поля (Field Datum), которая определяется путем экстраполяции сигнала вспышки в точку начала соответствующей строки. Эта величина особенно важна при монтаже композитных видеозаписей, поскольку различия в SCH источников могут приводить к горизонтальным сдвигам изображения в смонтированной видеофонограмме.
3. Фаза поднесущей в момент начала первого поля цветового кадра. Этот параметр характеризует отличие реального композитного сигнала от идеального, так называемого "математического" сигнала. В таком контексте выражение "нулевая начальная фаза" означает, что синусоидальное колебание поднесущей оси U нарастает и пересекает нулевой уровень точно в начальной точке поля.

Применительно к композитным сигналам ведомая синхронизация выполняет две основных функции:

- а) обеспечение синхронизма вертикальной и горизонтальной разверток,
- б) обеспечение синхронизма цветовых поднесущих.

Традиционно, блоки ведомого режима допускают независимое управление фазой строк и фазой поднесущей. При этом результирующая начальная фаза поднесущей (SCH) может изменяться в пределах полного круга - от 0 до 360 градусов. Тем самым гарантируется точное ведение, но отнюдь не нулевое значение SCH, которое требуется для аппаратуры цифровой композитной видеозаписи. Современной альтернативой такому подходу является обеспечение фиксированного (обычно нулевого) значения параметра SCH, ценой некоторой погрешности в точности фазы строк. Следует отметить, что ведение с фиксированной начальной фазой возможно только от "хороших" опорных сигналов, которые сами обладают этим свойством.

**Цветовой кадр** определен как группа соседних кадров, которая начинается и заканчивается одним и тем же значением SCH (NTSC и PAL), либо одним и тем же типом цветоразностного сигнала (SECAM). Следует отметить, что термином "опорная поднесущая" в системе PAL обозначается поднесущая синфазной оси U (B-Y), а в системе NTSC, напротив, - синусоидальное колебание, привязанное к вспышке, т.е. сигнал с фазой минус 180 градусов, точно противофазный оси U.

Длительность цветового кадра составляет:

NTSC	2 кадра (4 поля)
PAL	4 кадра (8 полей)
SECAM	2 кадра (4 поля)

Примечание: С учетом коммутации начальной фазы поднесущей цветовой кадр SECAM составляет 6 кадров (12 полей), однако такая трактовка понятия цветового кадра применяется только при теоретическом анализе.

В странах, использующих систему NTSC, первый и второй кадр в составе цветового кадра называют также "Цветовой кадр **A**" и "Цветовой кадр **B**".

**Цветовая синхронизация** (colour framing или colour sync) обеспечивает синхронизм цветных кадров, обычно для целей компоновки программ. Современные видеомагнитофоны автоматически производят цветовую синхронизацию в процессе разгона лентопротяжного механизма. Кассетные видеомагнитофоны не всегда гарантируют эту функцию, что приводит к срывам цвета на монтажных стыках. При достаточно большом отклонении параметра SCH от точного (фиксированного) значения, говорить о синхронизме цветных кадров уже не имеет смысла.

В первоначальном варианте системы SECAM обязательной составляющей композитного сигнала был *сигнал цветовой синхронизации* (СЦС). Этот сигнал в виде пакетов цветности, модулированных трапецеидальным сигналом сверхнасыщенного зеленого, вводится в девять строк вертикального интервала гашения с целью обеспечения цветовой синхронизации (правильного чередования сигналов Dr/Db). Вследствие высокой энергии сигнала способ *вертикальной цветовой синхронизации* (именуемый также *полевой цветовой синхронизацией*) обладает исключительно высокой помехоустойчивостью. С другой стороны, за помехоустойчивость приходится платить дорогую цену в виде потери 18 строк кадра, которые можно было бы отвести для различных современных служб.

Несмотря на договоренности об исключении СЦС из процесса производства программ, в ряде стран они все еще излучаются в эфир и используются для передачи программ по линиям связи. При наличии сигналов вертикальной цветовой синхронизации, они занимают строки 7-15 и 320-328.

В современном оборудовании SECAM для цветовой синхронизации используется только различие частот немодулированных цветных поднесущих на задних площадках строчных гасящих интервалов. Это способ обычно называется *строчной цветовой синхронизацией*.

### 3.2.5 Система нумерации строк

Способ нумерации ТВ строк в пределах кадра или цветового кадра также является предметом стандартизации. Это помогает избежать недоразумений, хотя и не влияет на свойства ТВ изображений.

В стандарте 625/50/2:1 строка с номером "1" определена как строка, начинающаяся с первым широким импульсом в вертикальной синхрогруппе. На экране растр первого поля располагается выше растра второго поля.

В стандарте 525/59.94/2:1 строка с номером "1" определена как строка, начинающаяся с первым уравнивающим импульсом в вертикальной синхрогруппе, а строка "264" может также называться "строка 1 второго поля". На экране растр второго поля располагается выше растра первого поля.

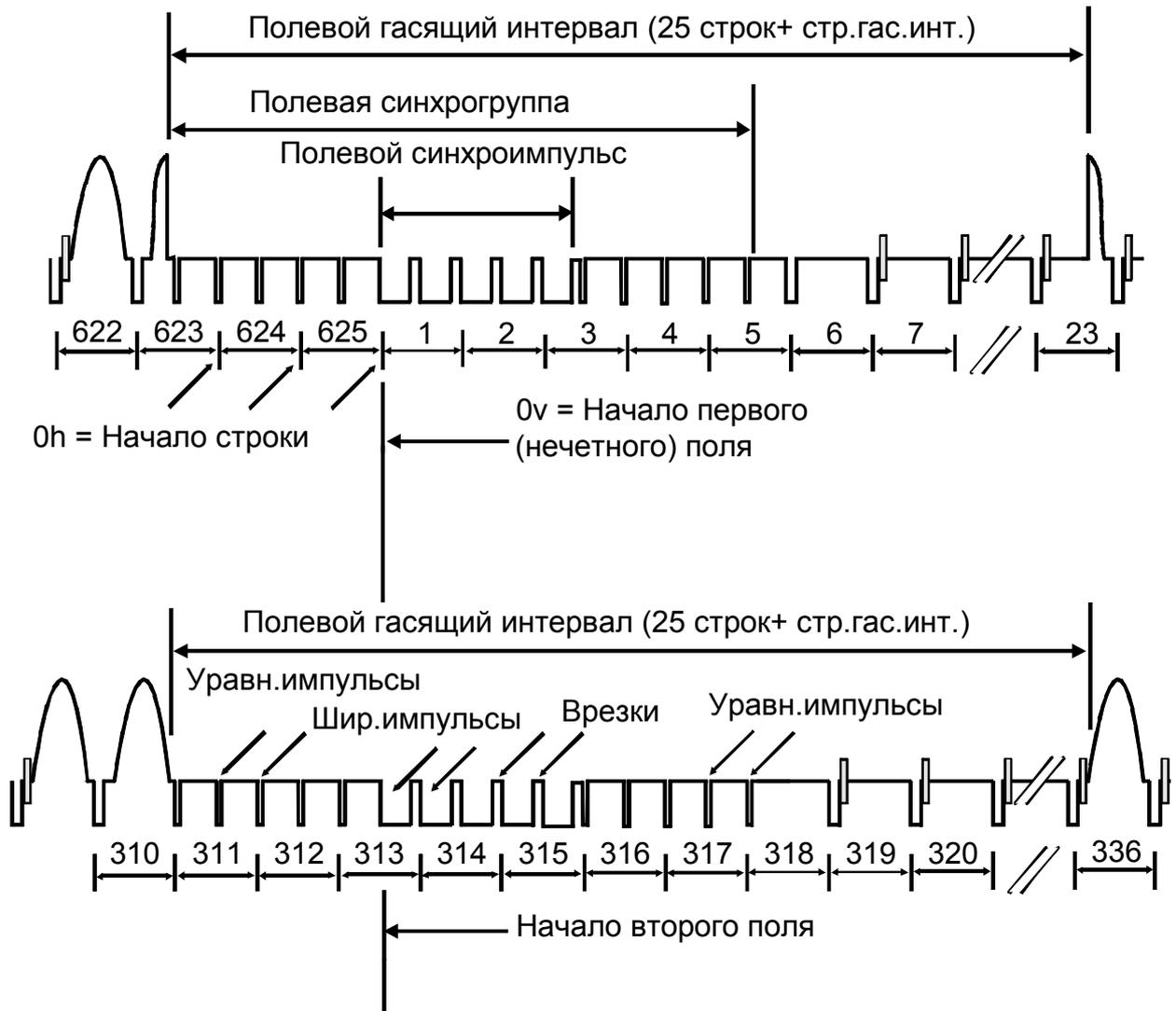


Рис. 3.2.5.1 Нумерация строк в стандарте 625/50/2:1

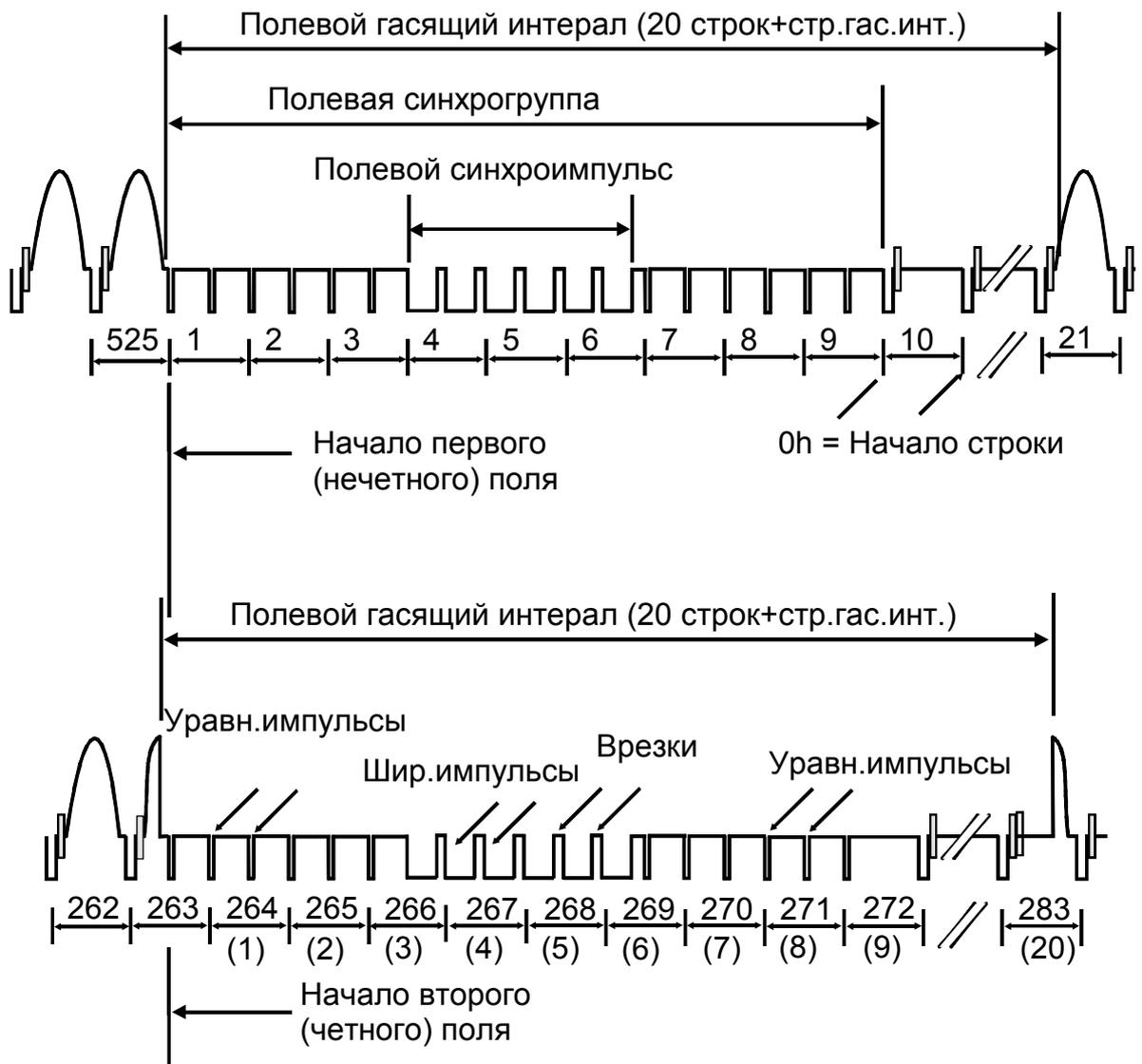


Рис. 3.2.5.2 Нумерация строк в стандарте 525/59.94/2:1

Рекомендация SMPTE RP 168 "Определение точки переключения синхронных видеосигналов в вертикальном интервале гашения" задает определенную ТВ строку и интервал времени, в течение которого следует производить переключение. Это интервал от 25-й до 35-й микросекунды в строке 10 для 525-строчных систем и от 25-й до 35-й микросекунды в строке 6 для 625-строчных систем. (Соответственно в поле 2 переключение должно происходить в строке 273 для 525-строчных систем и в строке 319 для 625-строчных систем.) Такая ширина интервала (10 мкс) означает, что временное расхождение переключаемых сигналов не должно превышать нескольких микросекунд. Однако, при переключении аналоговых композитных сигналов обычно выдерживаются гораздо более жесткие допуски, основанные на требовании соблюдения приблизительного равенства фаз цветковых поднесущих.

### 3.2.6 Обработка сигнала яркости

В системах NTSC и PAL для ослабления перекрестных помех "яркость-цветность" иногда применяют одномерные, двумерные и даже трехмерные режекторные фильтры яркости, однако их параметры не стандартизированы.

В системе SECAM применение при кодировании нелинейного (динамического) режектора для ослабления составляющих сигнала яркости в полосе частот сигнала цветности является обязательным, хотя точная форма частотной характеристики режектора и способ его адаптации к уровню сигнала стандартом не определены. На рисунке показано рекомендуемое семейство частотных характеристик режекции в кодере SECAM. Видно, что для любой частоты и при любом уровне входного сигнала яркости результирующий размах сигнала яркости (сплошные и штрих-пунктирные линии) никогда не превышает половины размаха сигнала цветности на этой частоте (показанной пунктирной линией). Размахи сигналов яркости и цветности даны в мВ, частоты сигналов - в МГц.

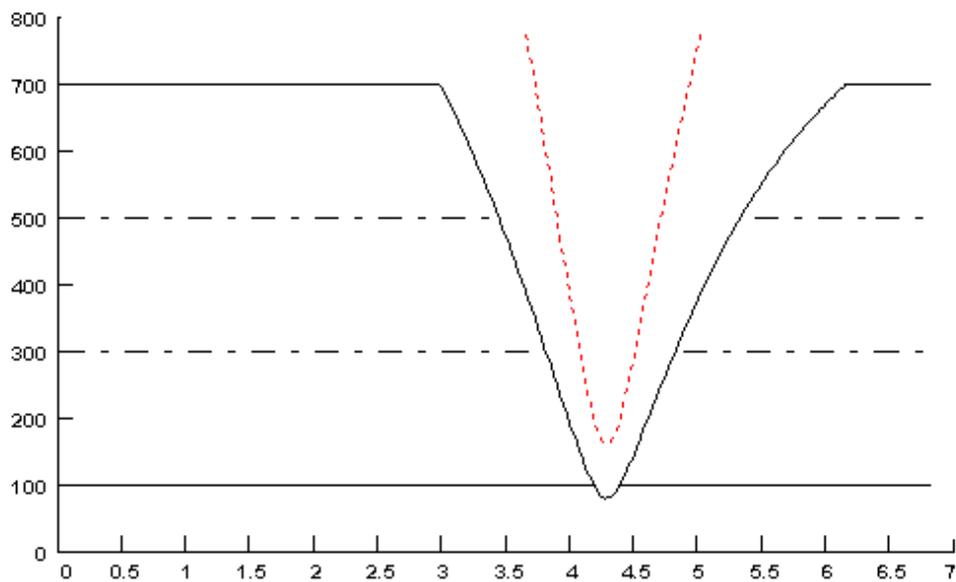


Рис. 3.2.6.1 Нелинейная режекция сигнала яркости SECAM

## 3.2.7 Обработка сигнала цветности

## NTSC

$$I = -0.27 (B-Y) + 0.74 (R-Y)$$

$$Q = 0.41 (B-Y) + 0.48 (R-Y)$$

$$C = Q \sin(2\pi f_{sc} t + 33^\circ + SCH) + I \cos(2\pi f_{sc} t + 33^\circ + SCH),$$

где  $t = 0$  в момент времени  $0v$  (в начале поля).

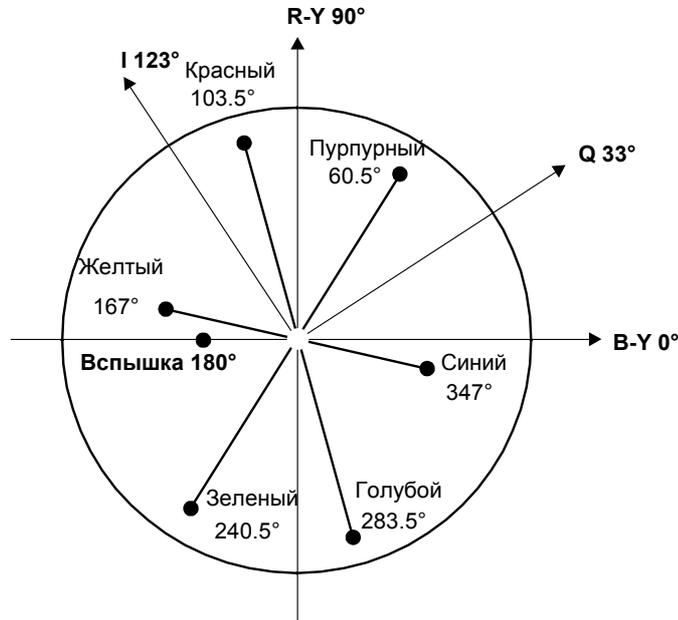


Рис. 3.2.7.1 Векторограмма сигнала цветности NTSC

Первое поле в четырехполевой последовательности цветового кадра определено как нечетное ТВ поле, для которого синусоидальное колебание, совпадающее по фазе со вспышкой, имеет положительную полярность в момент времени, немедленно следующий за серединой фронта строчного синхроимпульса в строке с нечетным номером. Трудно поверить, но это действительно самое простое и краткое из возможных определений первого цветового поля NTSC !

Сигнал вспышки присутствует во всех ТВ строках сигнала NTSC, кроме первых девяти строк каждого поля, т.е. везде, кроме вертикальной синхрогруппы.

**PAL**

$$U = 0.493 (B-Y), V = 0.877 (R-Y)$$

$$C = U \sin(2p f_{sc} t + SCH) \pm V \cos(2p f_{sc} t + SCH),$$

где  $t = 0$  в момент времени  $0v$  (в начале поля).

Полярность составляющей  $V$  переключается по строкам в соответствии с переключением фазы вспышки.

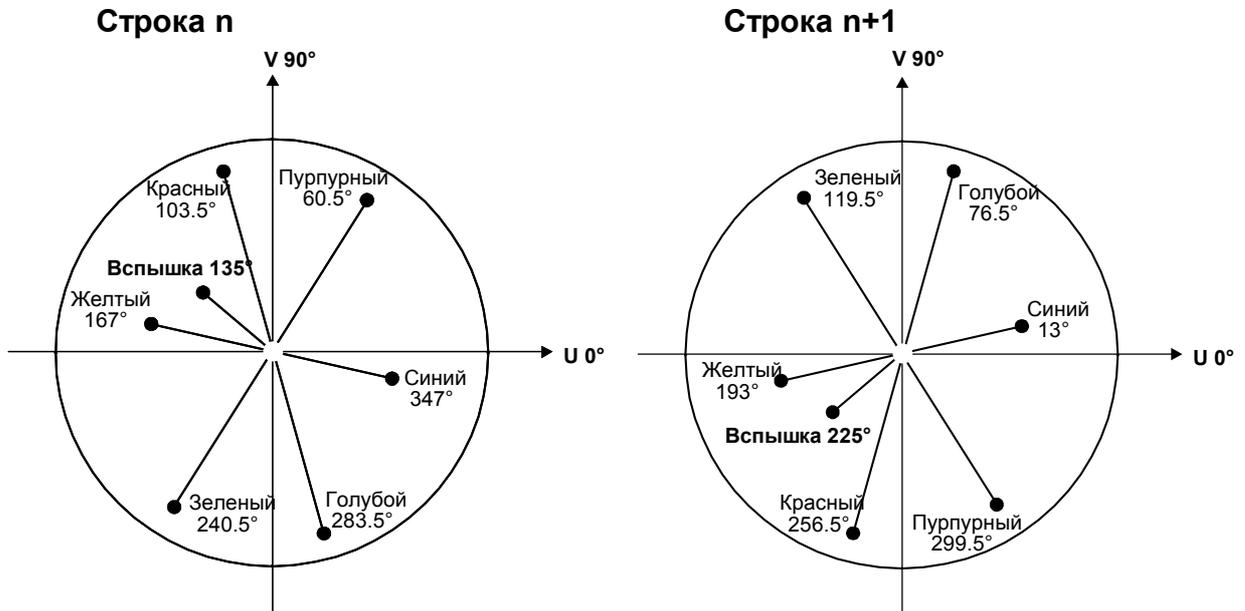


Рис. 3.2.7.2 Векторограмма сигнала цветности PAL

Первое поле в восьмиполевой последовательности цветового кадра PAL определено как нечетное ТВ поле, для которого в строке "1" полярность составляющей  $V$  положительна, а начальная фаза поднесущей равна нулю ( $SCH = 0$ ). На практике, радикальное требование " $SCH = 0$ " имеет смысл заменить на более реалистичное " $SCH$  в пределах от минус 90 градусов до плюс 90 градусов".

В системах PAL-B, G, H, I, N сигнал вспышки присутствует во всех строках цветового кадра, кроме следующих:

Цветовое поле	ТВ строки без вспышки
1 и 5	1-6, 310-312
2 и 6	313-318, 622-625
3 и 7	1-5, 311-312
4 и 8	313-319, 623-625

В системе PAL-M вспышка присутствует во всех строках, кроме следующих:

Цветовое поле	ТВ строки без вспышки
1 и 5	1-8, 260-262
2 и 6	263-270, 522-525
3 и 7	1-7, 259-262
4 и 8	259-262, 523-525

**SECAM**

В системе SECAM сигнал цветности формируется путем частотной модуляции цветовых поднесущих  $F_{or}$  and  $F_{ob}$  чередующимися по строкам сигналами  $D_r$  и  $D_b$ :

$$D_r = -1.902 (R-Y), \quad D_b = 1.505 (B-Y).$$

Перед модуляцией сигналы  $D_r$  и  $D_b$  должны быть подвергнуты низкочастотному предискажению в соответствии с комплексной частотной характеристикой следующего вида:

$$A1(f) = (1 + j(f/f1))/(1 + j(f/3f1)), \quad \text{где } f1 = 85 \text{ кГц}$$

Максимальные девиации сигнала цветности SECAM должны быть ограничены предельными частотами 3.9 МГц и 4.750625 МГц. Для этого пики предискаженных сигналов  $D_r$  и  $D_b$  срезаются на соответствующих уровнях перед подачей их на частотный модулятор.

Номинальные частотные девиации определены следующим образом:

$$75 \% \text{ Красное поле: } F_r - F_{or} = -280 \text{ кГц}$$

$$75 \% \text{ Синее поле: } F_b - F_{ob} = +230 \text{ кГц}$$

ЧМ сигнал подвергается высокочастотному предискажению в соответствии с комплексной частотной характеристикой следующего вида:

$$A2(f) = (1 + j16(f/f2 - f2/f))/(1 + j1.26(f/f2 - f2/f)),$$

где  $f2 = 4.286$  МГц. Этот параметр иногда называют "частотой фильтра клош" от французского слова cloche - колокол.

Вследствие ВЧ предискажения уровни сигнала цветности SECAM зависят от частоты, т.е. от содержания изображения. Минимальный уровень цветности составляет 23 % от *номинального уровня белого*, что дает следующие уровни сигналов немодулированного сигнала цветности (на задних площадках строчных гасящих интервалов):

$$\text{В строке } D_r: \quad 215 \text{ мВ на частоте } \quad 4.40625 \text{ МГц}$$

$$\text{В строке } D_b: \quad 167 \text{ мВ на частоте } \quad 4.25 \text{ МГц.}$$

Максимальные уровни сигнала цветности достигаются на границах разрешенного диапазона девиаций. Они равны соответственно:

$$537 \text{ мВ на частоте } 4.750625 \text{ МГц}$$

$$499 \text{ мВ на частоте } 3.900000 \text{ МГц.}$$

Первое поле в четырехполевой последовательности цветового кадра SECAM определено как нечетное поле, для которого строка 1 является строкой  $D_r$ .

Сигнал цветности SECAM представляет собой непрерывное частотно-модулированное колебание, начинающееся с определенной фазы в начале каждой строки. Он должен быть погашен на передних площадках строчных гасящих интервалов и во всех 25 строках вертикального гасящего интервала (кроме строк 7-15 и 320-328, содержащих сигнал вертикальной цветовой синхронизации, если он присутствует). Однако, в некоторых усовершенствованных кодерах SECAM немодулированный сигнал цветности сохраняется (не гасится) в строках 22 и 335 с тем, чтобы предотвратить появление неприятных паразитных сигналов типа "цветовой бахромы" на самом верху декодированного ТВ изображения.

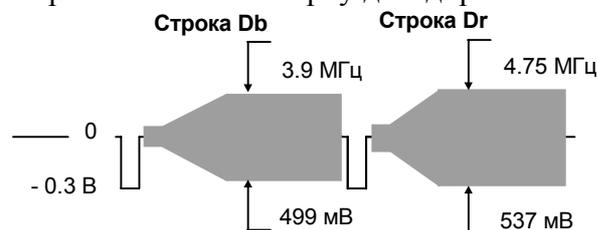


Рис. 3.2.7.3 Сигнал вертикальной цветовой синхронизации SECAM

**3.2.8 Аналоговый компонентный стык Y/C**

В этом формате стыка отдельный сигнал цветности C имеет точно такие же уровни и фазы, как составляющая цветности в составе композитного сигнала. Размах вспышки равен 300 мВ на нагрузке 75 Ом. Отдельно передаваемый сигнал яркости Y - это фактически сигнал  $Y_s$  с синхроимпульсами: 700+300 мВ на нагрузке 75 Ом.

Основное достоинство данного формата состоит в устранении перекрестных помех типа "яркость-цветность", которые возникают в обычном декодере вследствие неполного разделения этих двух составляющих. Кроме того, такой сигнал легко превратить в обычный композитный сигнал путем простого суммирования составляющих.

Для перезаписи (dub) сигналов Y/C с одного кассетного видеомэгнитофона на другой без дополнительных искажений, вызываемых частотным гетеродинированием (chroma-down recording) некоторые фирмы снабжают свою аппаратуру стыком перезаписи (Y/C Dub).

Единственное отличие от обычного стыка Y/C - это существенно более низкая частота поднесущей, например для стыка перезаписи Y/C PAL она составляет 627 кГц вместо обычной частоты 4.433 МГц.

Для передачи сигналов Y/C применяется какой-либо один из трех следующих типов соединителей:

- а) 2 отдельных разъема BNC для сигналов Y (Ys) и C.
- б) 4-контактный разъем типа mini-DIN (входы и выходы - розетки)
- в) 7-контактные "профессиональные" разъемы (штеккерные для выходов, розетки для входов).



Рис. 3.2.8.1 Соединитель Y/C с разъемом типа Mini-DIN



Рис. 3.2.8.2 "Профессиональные" 7-контактные соединители Y/C

### 3.2.9 Система PALplus

PALplus - это усовершенствованная широкоэкранный система вещательного ТВ, совместимая с обычной системой PAL и использующая метод "Motion Adaptive Colour Plus" (МАСР) для снижения уровня перекрестных искажений. Специальный вспомогательный сигнал (helper) позволяет восстанавливать полную вертикальную четкость при передаче методом Letterbox совместимого (заниженного) изображения. Совместимость в данном случае означает, что все основные параметры композитного сигнала PALplus (уровни, частоты, и т.п.) точно совпадают с параметрами обычного сигнала PAL. Сигналы PALplus не предназначены для компоновки ТВ программ; их применение ограничено распределением программ и вещательными службами.

На входе и выходе кодека PALplus присутствуют сигналы стандарта 625/50/2:1 с форматом кадра 16:9. Широкоэкранный изображение передается в формате Letterbox для обеспечения совместимости с обычными телеприемниками формата 4:3. Телевизор PALplus использует вспомогательный сигнал (helper), передаваемый в черных полосах сверху и снизу широкоэкранный изображения.

В системе PALplus предусмотрено два режима работы. Они называются "film mode" (передача киноматериалов) и "camera mode" (передача обычных видеопрограмм). Преобразование формата кадра (из анаморфотного в заниженный) и улучшенное разделение яркость-цветность по методу Motion Adaptive Colour Plus оптимизированы для каждого из двух режимов работы отдельно.

При передаче видеопрограмм (когда движение дискретизировано с частотой 50 Гц) вертикальное преобразование производится в пределах поля (286 входных строк преобразуются в 215 выходных). Однако, если точно известно, что движение разбито на 25 фаз в секунду (т.е. при передаче киноматериалов), то можно применить более качественное преобразование 576 входных строк в 430 выходных без каких-либо проблем, связанных с различием полей при движении объектов.

В кадре PALplus ТВ строки использованы следующим образом:

ТВ строка	Содержание
1-22	Вертикальный гасящий интервал с возможностью ввода дополнительных сигналов, как в PAL
23 (1-я половина)	Биты Wide Screen Signalling (WSS): Последовательность импульсов высотой 500 мВ
23 (2-я половина)	Опорный сигнал: Вспышка Helper: 300 мВ, 48 периодов
24-59	Сигнал Helper для верхней половины кадра 16:9
60-274	Композитный PAL заниженного кадра 16:9
275-310	Сигнал Helper для нижней половины кадра 16:9
311-335	Вертикальный гасящий интервал с возможностью ввода дополнительных сигналов, как в PAL
336-371.	Сигнал Helper для верхней половины кадра 16:9
372-586.	Композитный PAL заниженного кадра 16:9
587-622	Сигнал Helper для нижней половины кадра 16:9
623 (1-я половина)	Опорный сигнал: Белая полоса 100 % , 700 мВ, 20 мкс
623-625	Уровень гашения

### 3.2.10 Сигналы вертикального гасящего интервала

Эти вспомогательные сигналы могут вводиться в состав композитного или компонентного видеосигнала на стадиях производства или передачи ТВ программ. Распределение *всех* ТВ строк в пределах вертикального гасящего интервала и закрепление их за определенными службами *не регламентировано* никаким международным стандартом, однако некоторые строки традиционно используют для определенных применений.

Например, в 625-строчных системах PAL и SECAM строки 17, 18, 330 и 331 обычно отведены для передачи *международных испытательных строк* (в отличие от *национальных испытательных строк*, которые вводятся независимо и могут быть погашены при пересечении национальных границ). Строка 22 может быть использована для измерения уровня шума и должна оставаться свободной от каких-либо вводимых сигналов. Сигналы вертикального гасящего интервала подразделяются на следующие категории.

#### Вертикальный временной код

Этот сигнал (по-английски обозначается VITC или VTC) представляет собой 50-микросекундную кодовую последовательность из 90 битов, кодированных по методу NRZ. Он вводится с целью идентификации моментов времени в одну или несколько ТВ строк видеосигнала и сохраняется в видеофонограммах. Преимуществом этой разновидности временного кода является возможность хранения его совместно с отдельными видеополями, в том числе стоп-полями (стоп-кадрами), и простое считывание даже при остановленном лентопротяжном механизме.

Аналоговый вертикальный временной код был первоначально определен для композитных сигналов стандартом ANSI/SMPTE 12M-1986 "Временные и управляющие коды - Видео и звукозапись на ленту сигналов 525-строчных/60-полевых систем". Применительно к компонентному оборудованию данный код должен присутствовать в канале яркости.

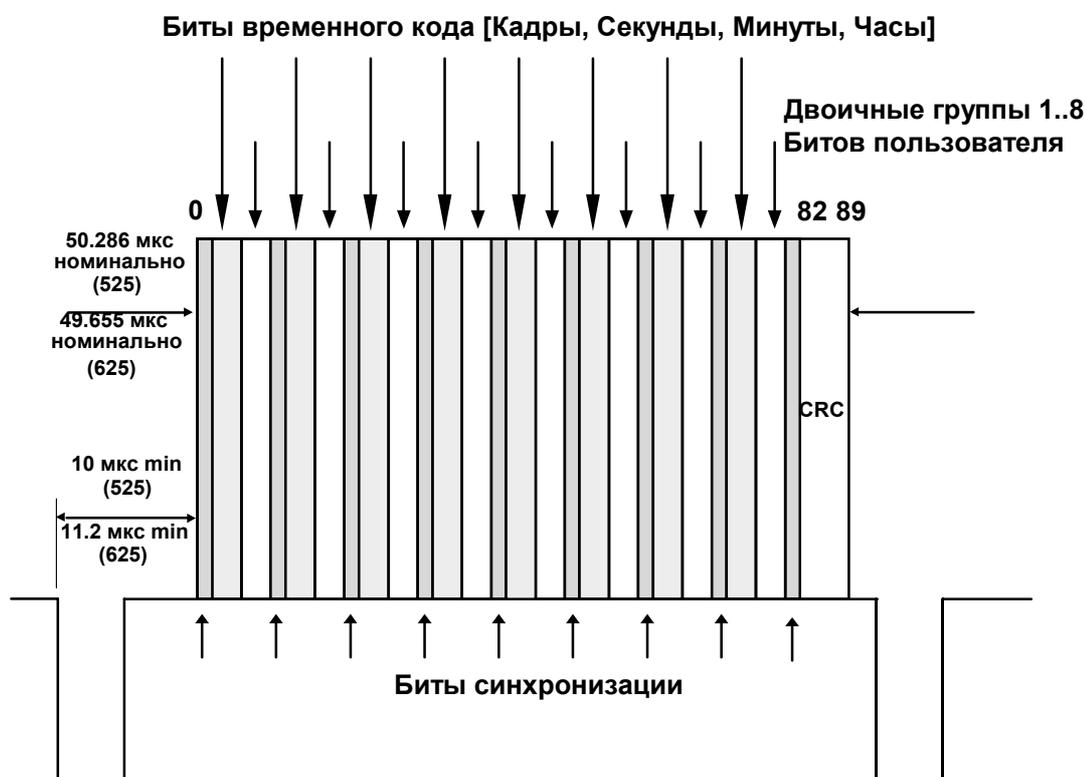


Рис. 3.2.10.1 Структура вертикального временного кода

Распределение битов в вертикальном временном коде показано в следующей таблице:

Бит	Назначение
0 - 1	Биты синхронизации: фиксированное кодовое слово "10"
2 - 5	Единицы кадров
6 - 9	Биты пользователя [Двоичная группа 1]
10 - 11	Биты синхронизации: фиксированное кодовое слово "10"
12 - 13	Десятки кадров
14	Флаг сброса кадра
15	Флаг цветового кадра
16 - 19	Биты пользователя [Двоичная группа 2]
20 - 21	Биты синхронизации: фиксированное кодовое слово "10"
22 - 25	Единицы секунд
26 - 29	Биты пользователя [Двоичная группа 3]
30 - 31	Биты синхронизации: фиксированное кодовое слово "10"
32 - 34	Десятки секунд
35	Маркер поля
36 - 39	Биты пользователя [Двоичная группа 4]
40 - 41	Биты синхронизации: фиксированное кодовое слово "10"
42 - 45	Единицы минут
46 - 49	Биты пользователя [Двоичная группа 5]
50 - 51	Биты синхронизации: фиксированное кодовое слово "10"
52 - 54	Десятки минут
55	Флаг двоичной группы
56 - 59	Биты пользователя [Двоичная группа 6]
60 - 61	Биты синхронизации: фиксированное кодовое слово "10"
62 - 65	Единицы часов
66 - 69	Биты пользователя [Двоичная группа 7]
70 - 71	Биты синхронизации: фиксированное кодовое слово "10"
72 - 73	Десятки часов
74	Свободный бит (ноль, если не указано иначе)
75	Флаг двоичной группы
76 - 79	Биты пользователя [Двоичная группа 8]
80 - 81	Биты синхронизации: фиксированное кодовое слово "10"
82 - 89	Контрольная сумма (CRC - cyclic redundancy check code)

В аналоговом варианте кода VITC тактовые частоты равны:

- 1.7898 МГц = 113.75 fh для 525-строчного разложения;
- 1.8125 МГц = 116.00 fh для 625-строчного разложения.

Применительно к цифровым компонентным стыкам параметры вертикального временного кода (D-VITC) определены документом ANSI/SMPTE 266M-1994 "Цифровые компонентные системы 4:2:2 - Цифровой вертикальный временной код". Они слегка отличаются от параметров аналогового варианта. Различие вызвано необходимостью передачи 90 бит информации за целое число периодов частоты дискретизации яркости (675 периодов частоты 13.5 МГц). Достигается это путем незначительного изменения тактовой частоты кода. Как в 525-строчном, так и в 625-строчном варианте, частота битов D-VITC равна 1.8 МГц. Таким образом, каждый бит занимает семь с половиной тактов канала яркости.

Сигнал D-VITC - это 8-битовые данные, представляющие отфильтрованный аналоговый сигнал вертикального временного кода. Восемь бит сигнала D-VITC должны быть старшими битами 10-битового кодового слова яркости. Цифровой уровень 192 (8-битовое представление 562.6 мВ) соответствует двоичному значению "1" кода D-VITC, а уровень 16 (8-битовое представление 0.0 мВ) соответствует двоичному значению "0". Форма фронтов импульсов сигнала D-VITC задается соответствующими значениями отсчетов яркости. Все неиспользованные в данной строке отсчеты яркости и значения цветоразностных сигналов должны быть нулевыми (уровни 16 и 128). В аналоговой области синусквадратичные фронты импульсов этого кода имеют длительность приблизительно 150 нс. Разработчики аппаратуры должны учитывать возможные отклонения уровней от вышеуказанных, в случае, когда цифровой временной код получен из аналогового путем аналого-цифрового преобразования.



Рис. 3.2.10.2 Временная диаграмма сигнала D-VITS

В документе SMPTE RP 164-1992 для 525-строчных систем рекомендуется вводить временной код в одну строку каждого поля. Предпочтительно, чтобы это была строка 14 (277). При необходимости обеспечения совместимости с более старым оборудованием, сигнал VITS должен присутствовать в двух несмежных строках каждого поля. В таком случае предпочтительны строки 14 и 16 (277 и 279). Специально оговорены два особых случая, где номера строк должны быть:

- 12 и 14 (275 и 277) для ВМФ формата "С" с синхроголовкой;
- 16 и 18 (279 и 281) для ВМФ формата "С" без синхроголовки.

По рекомендации ECV Tech. 3097 в 625-строчных системах сигнал VITS вводится в строки 19, 24, 332 и 334.

#### *Испытательные строки*

Эти сигналы (по-английски называемые VITS или ITS) вводятся в определенные строки вертикального гасящего интервала, определяемые ТВ стандартом. Для 625-строчных систем МККР совместно с ECV выпустил Рекомендацию 473-2, определяющую сигналы для строк 17, 18, 330 и 331, - поэтому эти сигналы часто обозначают просто МККР-17, МККР-18, МККР-330 и МККР-331. Рекомендация МККР 569 дает общее определение составляющих сигналов испытательных строк, таких как синусквадратичные импульсы, составные импульсы, частотные пакеты и т.д.

Основное назначение сигналов испытательных строк состоит в обеспечении непрерывного контроля и измерения качества ТВ тракта. В композитных сигналах PAL испытательные строки содержат обычную вспышку цветовой поднесущей. Однако в сигналах SECAM те же самые испытательные строки вспышки не содержат, а допуск на частоту составляющих канала цветности задан более широким.

В 525-строчных странах используются несколько отличающиеся варианты испытательных строк. Их обычно различают по названию, а не по номеру строки, в которую они вводятся. Например, сигнал "NTC Combination" - это испытательная строка, определенная Национальным Комитетом Электросвязи США для системы NTSC. Он сочетает свойства сигналов МККР-18 и МККР-331. Сигнал "FCC Multiburst" определен Федеральной Комиссией Связи США и похож на сигнал МККР-18. Сигналы "NTC Composite" ("NTC-7 Composite") и "FCC Composite" похожи на сигнал МККР-330.

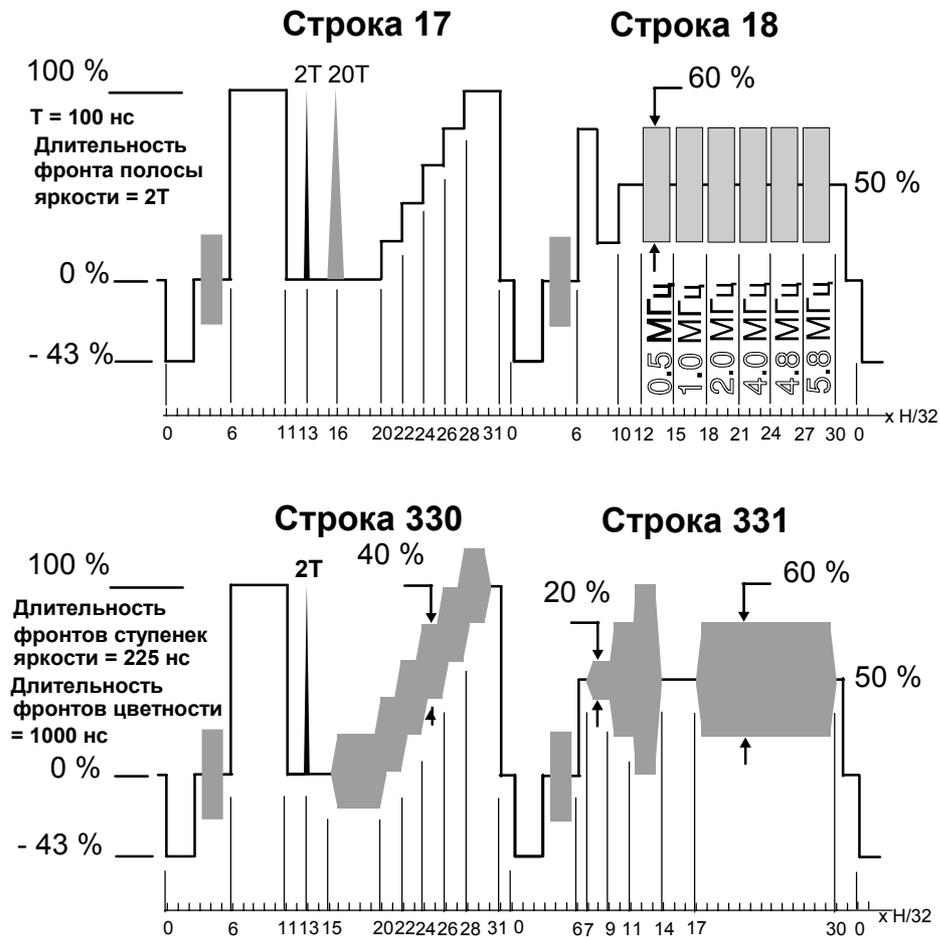


Рис. 3.2.10.3 Испытательные строки ЕСВ/МККР

Частоты пакетов в испытательной строке МККР-18 составляют: 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 4.8 и 5.8 МГц, что позволяет применять один и тот же сигнал для систем, различающихся по ширине полосы пропускания: (система М - полоса 4.2 МГц, системы В, G - полоса 5 МГц, системы D, К - полоса 6 МГц).

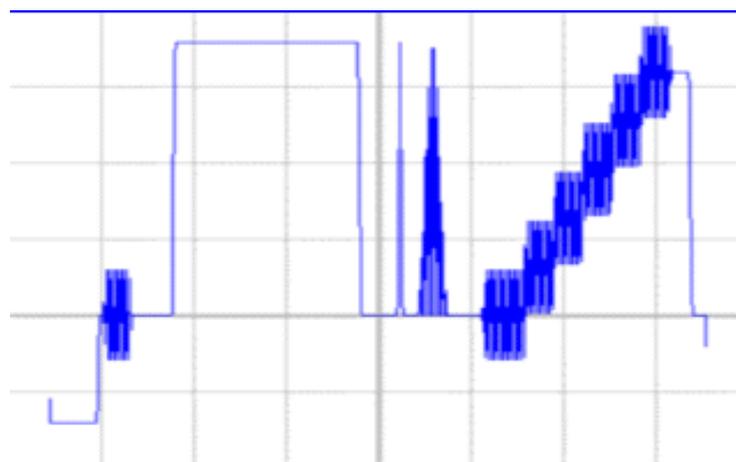


Рис. 3.2.10.4 Испытательный сигнал "NTC-7 Composite"

**Опорные строки**

Эти сигналы (по-английски называемые VIRS или VIR) вводятся в определенные строки вертикального гасящего интервала, определяемые ТВ стандартом. Они используются в ТВ приемниках для автоматической коррекции искажений тракта передачи. Во многих странах принято, что опорные строки должны содержать только

определенные составляющие испытательных строк, например компоненты сигналов МККР-17 или МККР-330.



Рис. 3.2.10.5 Сигнал "ITS 2", применяемый в Великобритании

Однако в некоторых странах предпочитают использовать в качестве опорных другие (упрощенные) типы сигналов. В США сигнал опорной строки излучается в эфир всеми ведущими сетями ТВ вещания. Этот сигнал в виде пакета цветовой поднесущей на пьедестале высотой 70 IRE вводится в строку 19 обоих ТВ полей.

**GCR** - Ghost Cancellation (Echo Cancellation) Reference Signal - опорный сигнал компенсации отражений, стандартизированный Международным Союзом Электросвязи (ITU) для 625-строчных систем. Сигнал компенсации отражений представляет собой пакет качающейся частоты длительностью 24 мкс, покрывающий всю полосу видеочастот до 5 МГц. Опорный сигнал GCR передается в строке 318.

#### *Строки данных*

Эти термином обозначают все виды кодированных импульсных последовательностей, вводимых в определенные строки полевых гасящих интервалов для передачи данных. При этом передаваемые данные, например данные Телетекста, не обязательно прямо связаны с содержанием ТВ изображения.

**Телетекст** - это вещательная служба, обеспечивающая доставку алфавитно-цифровой и графической информации путем передачи строк данных в ТВ сигнале.

Имеются различные системы телетекста: TOP, FLOF, Antiope, и т.д. Они описаны в Рекомендации ITU-R BT.653-2. Наибольшее распространение получила система "Teletext-B", созданная в Великобритании.

В сигналах PAL/SECAM для передачи телетекста обычно используются строки 13-14, 20-21, 326-327, 333-334. При вещании по системе SECAM-V (при наличии СИЦ) свободны только строки 20-21 и 333-334. В некоторых странах сигналы телетекста занимают большее число ТВ строк, например в Германии это строки 10-15, 19-21 и соответствующие строки второго поля. Тактовые частоты телетекста (частоты синхронизации) равны:

NTSC	PAL	SECAM
5.727272 МГц (364 Fh)	6.937500 МГц (444 Fh)	6.203125 МГц (397 Fh)

Уровни сигналов также различны. Например, уровень логической "1" составляет 66 % для системы PAL, но 100 % для системы SECAM.

Следует отметить, что спектр сигнала телетекста лежит внутри полосы частот обычного композитного сигнала, но намного превышает ширину полосы частот бытовых кассетных видеомагнитофонов, поэтому этот сигнал обычно не может использоваться при воспроизведении записанных ТВ программ.

**Строка программных данных (Broadcast Data Line)** - это строка служебного телетекста, предназначенного для внутреннего пользования вещательных организаций. Например, сигнал

**IDS** (Insertion Data Signal), вводимый в строку 16 сигналов PAL/SECAM, применяется сетью Евровидения для опознавания источников и типов ТВ программ.

**Данные управления программой (Programme Delivery Control)** передаются в ТВ строках 13-14, 20-21, 326-327, 333-334 и содержат информацию, которая может использоваться некоторыми типами бытовых видеомагнитофонов для выбора записываемых программ. Параметры этих строк определены документом ECB "EBU specification SPB 459". Двоичные данные NRZ передаются с той же тактовой частотой 6.9375 МГц и теми же уровнями, что и сигналы телетекста.

**Данные программирования видеозаписи (Video Programming System)** служат для программирования бытовых видеомагнитофонов и применяются немецкими вещательными организациями ARD, ZDF и ZVEI. В системе VPS данные передаются в строке 16, тактовая частота составляет 5 МГц, а длительность одного бита равна 400 нс. Используется бифазная модуляция, уровень черного означает "0", а уровень 71.4 % означает "1". Подобные системы имеются во многих странах; например в Великобритании действует система "VideoPlus".

**Скрытые субтитры (Closed Caption)** - система передачи записываемых субтитров, применяемая в США. Двоичные данные NRZ передаются с низкой тактовой частотой 503.4965 кГц (32 Fh), уровень гашения означает "0", а уровень 50 IRE - "1". Данные передаются в строке 21 первого поля композитного сигнала NTSC-M. Строка CC начинается со вспышки синхронизации (7 периодов синусоиды тактовой частоты), затем идет начальный бит и 16 битов данных. Предусмотрены различные режимы отображения субтитров: Pop On, Roll Up, Paint On и Text Mode. Имеется также двуязычный режим. Импульсы данных сглажены, длительность фронтов составляет 2T.

#### *Строка управления широкоэкранными системами (WSS - Wide Screen Signalling)*

Аналоговый вариант сигнала WSS определен Европейским Стандартом Электросвязи 300 294 и документом ITU-R BT-1119-1. Он содержит необходимую ТВ приемнику информацию о формате кадра, его положении на экране, наличии сигнала типа helper, наличии, положении и типе субтитров, а также о переключении режимов работы: camera/film. Импульсы сигнала WSS длительностью 200 нс имеют синусквадратичную форму с номинальной амплитудой 500 мВ. Пакет импульсов WSS начинается на 11-й микросекунде от начала 23-й строки *каждого* ТВ кадра, длительность пакета составляет 27.4 мкс.

При вещании по системе PALplus строка данных WSS автоматически вводится самим кодером PALplus.



Рис. 3.2.10.6 Данные WSS (штриховая линия) в кадре PALplus

Однако область применения сигнала WSS гораздо шире. Любое производство ТВ программ со смешанным форматом кадра нуждается в информации такого типа. В частности, при каждом

преобразовании формата кадра необходимо соответственно перезаписать биты данных строки WSS.

Структура кодирования сигнала WSS тесно связана со структурой строки программных данных, описанной выше. Однако, тактовая частота снижена до 1.67 МГц с целью гарантировать неискаженное декодирование даже при двукратной перезаписи ТВ программы на бытовом видеомаягнитофоне, наличии шумов, отражений, помех от смежных ТВ каналов, и т.п.

Двоичная последовательность подвергается бифазному кодированию. При этом один бит данных занимает  $2 \times 3 = 6$  периодов тактовой частоты. Каждый бит длительностью 600 нс представлен парой бифазных элементов частоты 5 МГц. Логическая "1" кодируется нарастающим переходом, а логический "0" - спадающим переходом. В любом случае переход происходит в середине длительности бита.

Последовательность начинается с синхронизирующей "постоянной преамбулы" из 29 элементов, за которой следуют 24 элемента постоянного "начального кода", и только затем следуют 84 элемента, соответствующие 14 информационным битам WSS.

Эти 14 битов сгруппированы в 4 группы, как показано в следующих таблицах.

Группа 1. Формат кадра (4 бита: **b0** - **b3**)

<b>b3</b>	<b>b2</b>	<b>b1</b>	<b>b0</b>	Режим отображения
1	0	0	0	Полный кадр 4:3
0	0	0	1	Кадр 14:9 в центре экрана
0	0	1	0	Кадр 14:9 наверху экрана
1	0	1	1	Кадр 16:9 в центре экрана
0	1	0	0	Кадр 16:9 наверху экрана
1	1	0	1	Кадр > 16:9 в центре экрана
1	1	1	0	Кадр 4:3/14:9 с подрезкой по бокам
0	1	1	1	Полный кадр 16:9 (анаморфотный)

Примечание: Бит **b3** предназначен для проверки на нечетность.

Группа 2. Улучшенные службы (4 бита: **b4** - **b7**)

Bit	Режим декодирования	
<b>b4</b>	0	Camera mode
	1	Film mode
<b>b5</b>	0	Обычный PAL
	1	Motion Adaptive Colour Plus
<b>b6</b>	0	Сигнал helper отсутствует
	1	Сигнал PALplus helper присутствует

Примечание: Бит **b7** зарезервирован для будущего использования.

Группа 3. Субтитры (3 бита: **b8** - **b10**)

<b>b8</b>	Субтитры в составе телетекста
0	Телетекст не содержит субтитров
1	Субтитры передаются в составе телетекста

<b>b10</b>	<b>b9</b>	Субтитры в изображении
0	0	Изображение не содержит субтитров
0	1	Субтитры в активной части изображения
1	0	Субтитры вне активной части изображения
1	1	Зарезервированное значение

Группа 4 (3 бита: **b11** - **b13**) зарезервирована для будущего использования.

Все зарезервированные биты должны быть установлены в значение "0".

При отсутствии битов сигнала WSS приемник должен переходить в режим по умолчанию.

### 3.3 Цифровые компонентные видеосигналы (Формат 4:2:2)

#### 3.3.1 Дискретизация и квантование

	525/59.94/2:1	625/50/2:1
Кодируемые сигналы	Сигнал яркости: Y (без синхроимпульсов), Цветоразностные сигналы: Cr и Cb	
Структура дискретизации	Ортогональная, периодическая по строкам и полям, отсчеты Cr и Cb в каждой строке совмещены с нечетными (1, 3, 5, и т.д.) отсчетами Y	
Частоты дискретизации: - сигнала яркости (Y) - каждого из сигналов Cr, Cb	13.5 МГц 6.75 МГц Частоты дискретизации формируются из строчной частоты соответствующего стандарта разложения	
Число цифровых активных строк	507	576
Цифровой вертикальный интервал гашения: Поле 1 Поле 2	Строки 1-10 264-273	Строки 624-23 311-336
Число отсчетов в цифровой активной части строки - сигнала яркости (Y) - каждого из сигналов Cr, Cb	720 360	
Число отсчетов в аналоговой активной части строки - сигнала яркости (Y) - каждого из сигналов Cr, Cb	714 355	702 350
Полное число отсчетов в строке - сигнала яркости (Y) - каждого из сигналов Cr, Cb	858 429	864 432
Расположение цифровой и аналоговой частей: Число периодов частоты 13.5 МГц от конца цифровой активной части до фронта строчного синхроимпульса (0h)	16	12
Число бит на отсчет:	8, (9) или 10	
Использование кодовых слов (в 8-битовых уровнях)	Уровни с 1 по 254 отведены для видеосигнала, уровни 0 и 255 - зарезервированы для синхронизации	
Квантование: - Y (считая, что аналоговый диапазон $Y_a = 0 \dots 1$ ) - Cr (считая, что аналоговый диапазон $Pr = -0.5 \dots +0.5$ ) - Cb (считая, что аналоговый диапазон $Pb = -0.5 \dots +0.5$ )	Y = 16 + round(219 Y <sub>a</sub> ) Cr = 128 + round(224 Pr) Cb = 128 + round(224 Pb)	

Примечание 1: Строго говоря, в стандарте 525/59.94 частота дискретизации не равна 13.5 МГц. Она вычисляется по простой формуле:  $858 F_h = 13.4999865$  МГц; для практических применений эта ничтожная погрешность не имеет значения, поскольку она лежит в пределах допусков на температурную нестабильность частоты строк и частоты цветовой поднесущей.

Примечание 2: Нумерация цифровых строк изменяется синхронно с окончанием кода цифровой синхронизации, т.е. ранее момента 0h, используемого для аналоговой нумерации.

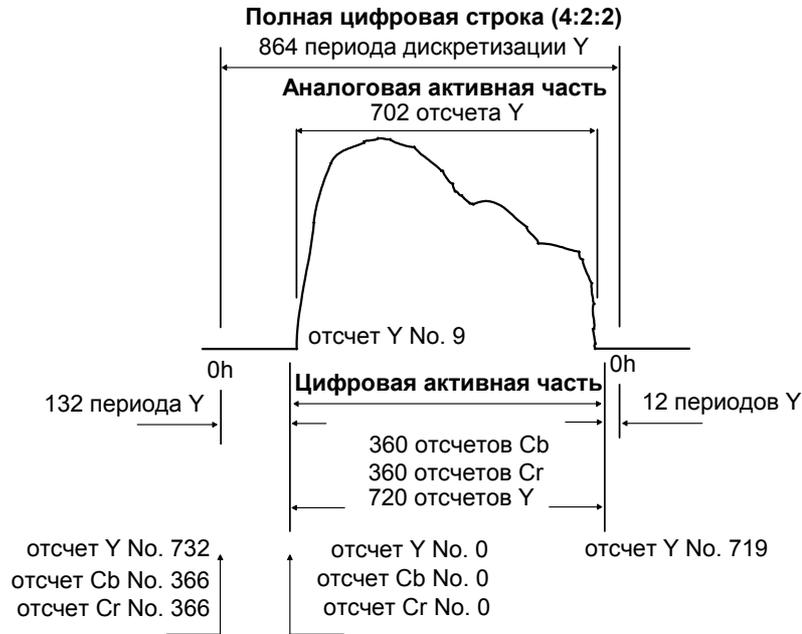


Рис. 3.3.1.1 Соотношение аналоговой и цифровой частей для стандарта 625/50 4:2:2

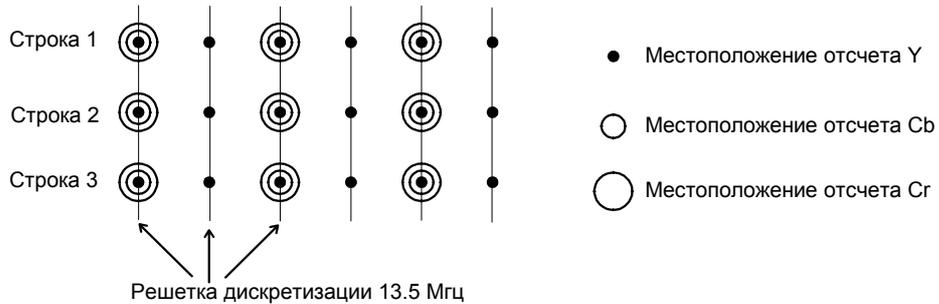


Рис. 3.3.1.2 Структура дискретизации 4:2:2

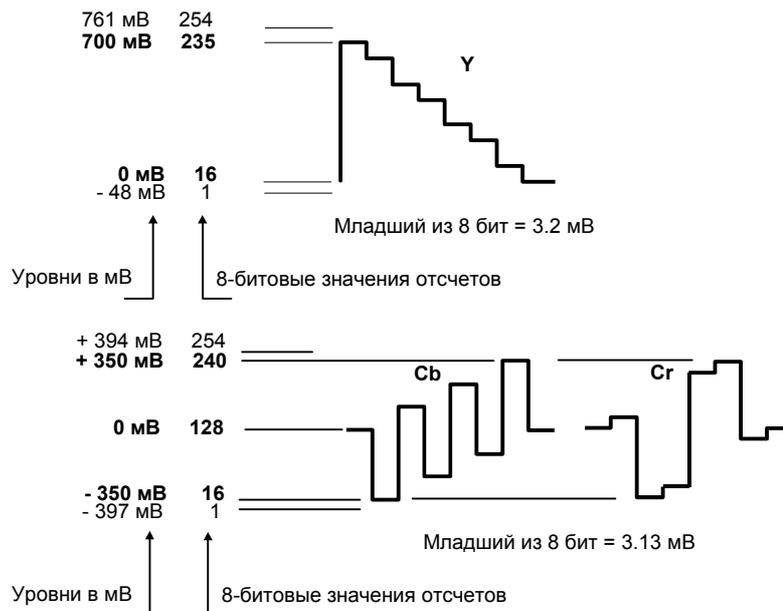


Рис. 3.3.1.3 Шкала квантования 4:2:2

В цифровом компонентном видеооборудовании применяется, как правило, структура дискретизации 4:2:2 при частоте 13.5 МГц. Увеличение частоты дискретизации до 18 МГц

обеспечивает изображениям формата 16:9 такое же горизонтальное разрешение, какое дает частота 13.5 МГц для формата 4:3.

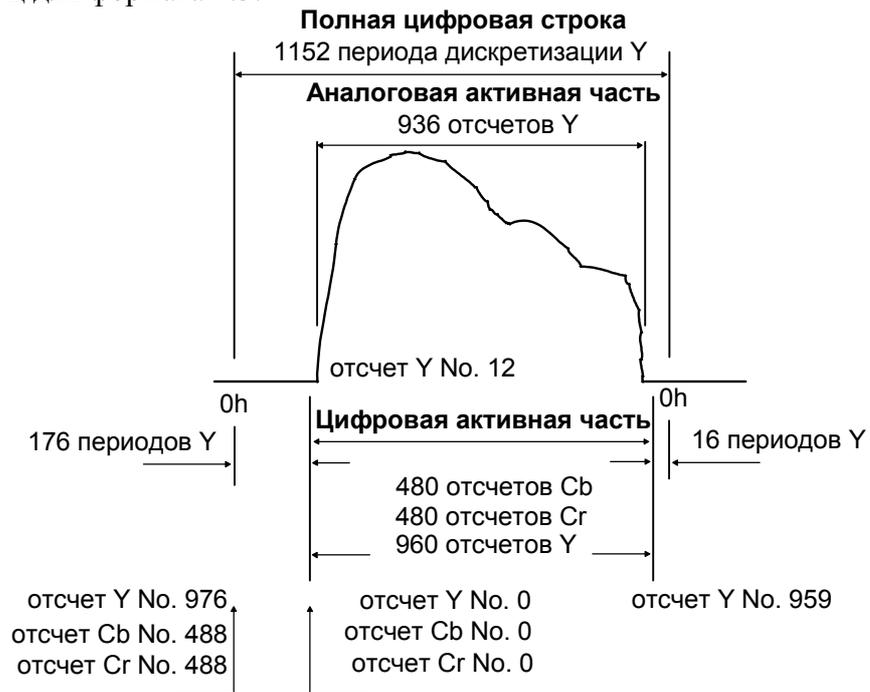
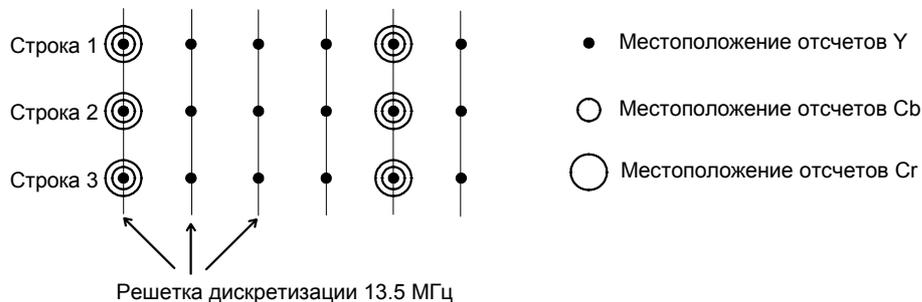


Рис. 3.3.1.4 Аналоговая и цифровая части строки для стандарта 625/50 16:9 18 МГц

Имеются еще две структуры дискретизации, применяемые, прежде всего, в системах со сжатием цифрового потока. На рис. 3.3.1.5 показана структура 4:1:1, в которой горизонтальное разрешение канала цветности понижено в два раза, и структура 4:2:0, в которой шаг отсчетов канала цветности увеличен как по вертикали, так и по горизонтали, но местоположение этих отсчетов сдвинуто по вертикали на четверть межстрочного расстояния отсчетов яркости в поле (вниз для верхнего поля и вверх для нижнего поля).

**4:1:1**



**4:2:0**

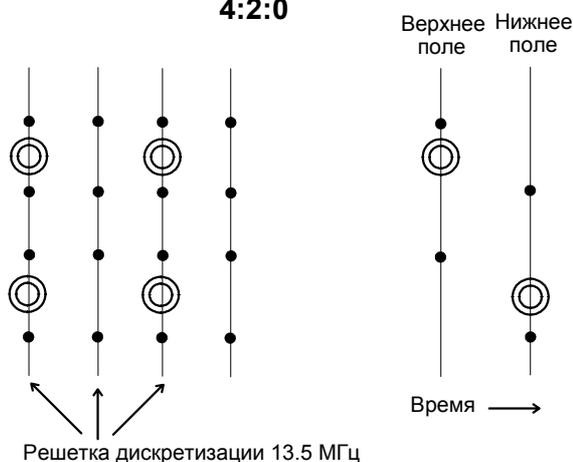


Рис. 3.3.1.5 Структуры дискретизации 4:1:1 и 4:2:0

### 3.3.2 Мультиплексирование данных Y и Cr,Cb

В стыке 4:2:2 видеоданные обычно передаются в мультиплексированной форме со скоростью 27 Мбайт/с ( период тактовых импульсов равен 37 нс).  
 Цифровая активная строка образует блок из 1440 кодовых слов мультиплексированных видеоданных: Cb, Y, Cr, Y, Cb, Y.... Группа Cb, Y, Cr представляет собой значения сигнала яркости и цветоразностных сигналов для одного элемента изображения; для следующего за ним элемента передается только значение яркости (без цветоразностных сигналов).  
 Имеются два синхросигнала (Timing Reference Signals, TRS): один в начале каждого блока видеоданных (Start of Active Video, SAV) и другой в конце каждого блока видеоданных (End of Active Video, EAV). В интервалах от EAV до SAV видеоинформация не передается. Эти интервалы заполняются либо последовательностью уровней гашения: 128, 16, 128, 16, и т.д., либо какими-то дополнительными данными произвольного типа.

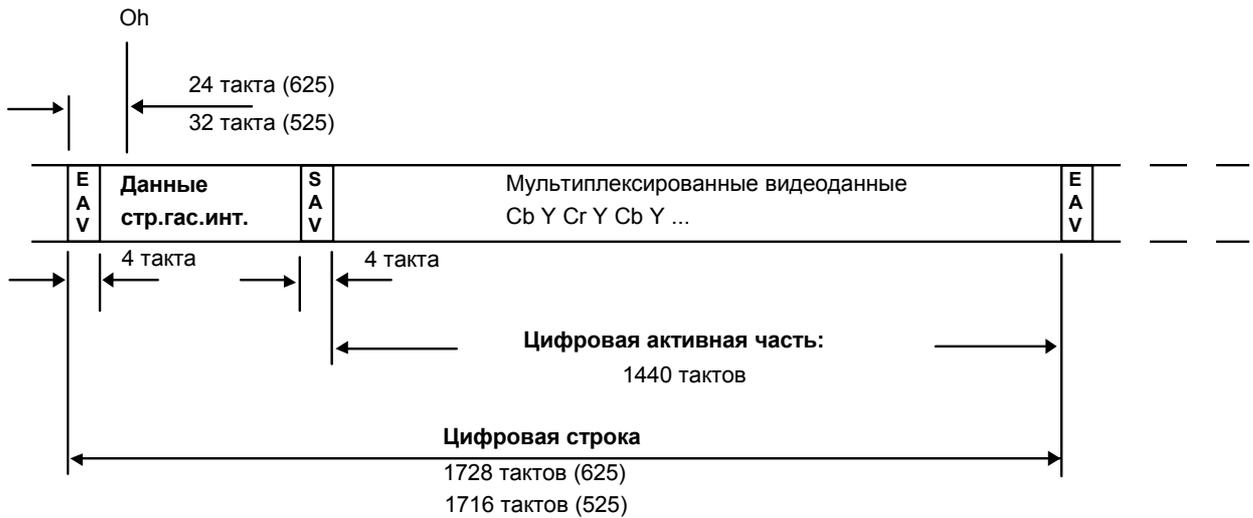
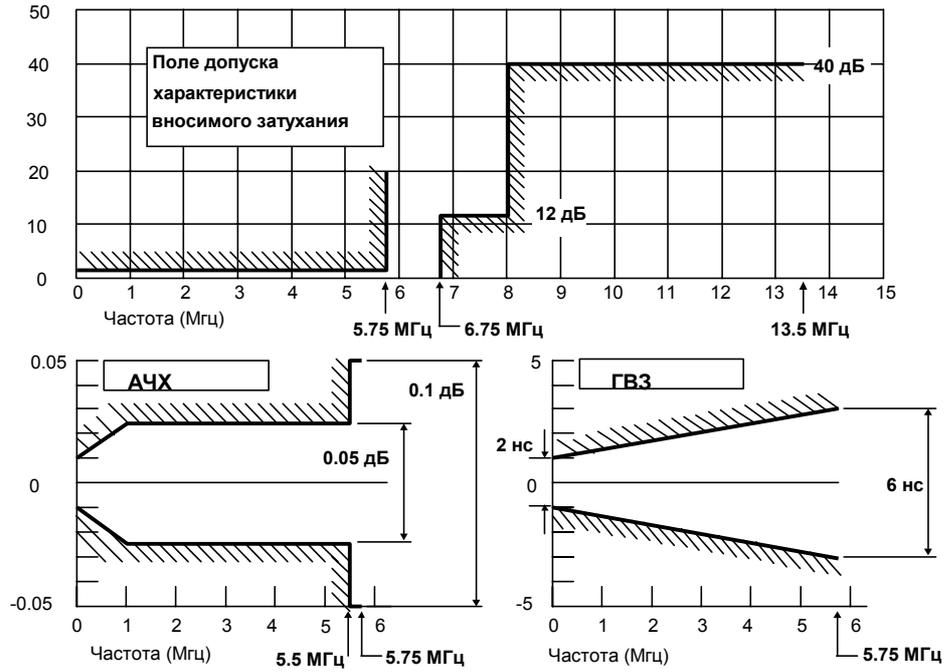


Рис. 3.3.2.1 Формат данных и синхросигналы

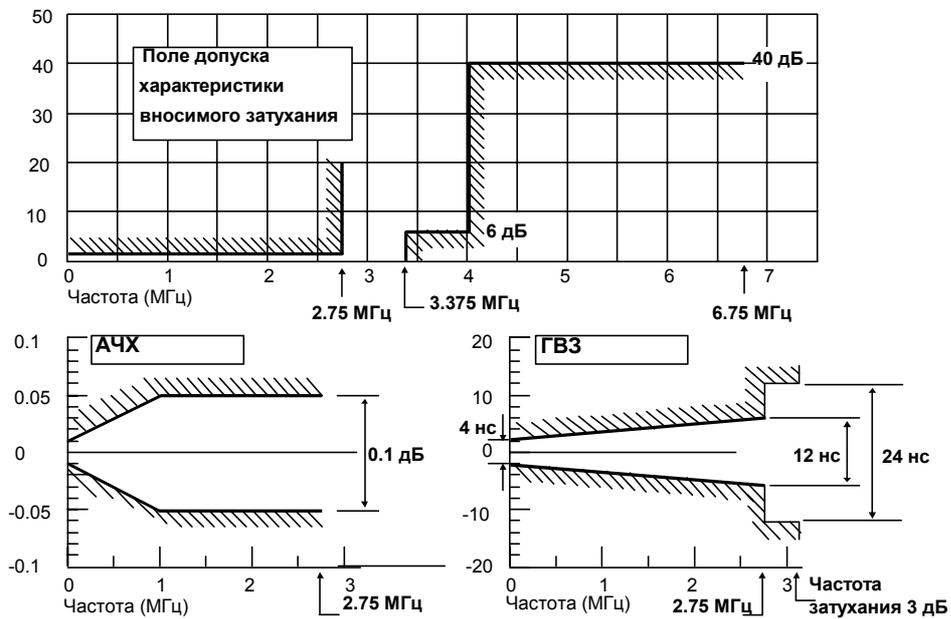
### 3.3.3 Предфильтрация и постфильтрация

#### Канал яркости:



Примечание: Попадание частотных характеристик в пределы поля допуска проверяется по отношению к опорному уровню на частоте **0.001 МГц**.

#### Канал цветоразностных сигналов:



Примечание: Попадание частотных характеристик в пределы поля допуска проверяется по отношению к опорному уровню на частоте **0.001 МГц**.

### 3.4 Цифровые композитные видеосигналы

Параметр	NTSC	PAL-M	PAL
Кодируемый сигнал	Полный цветовой видеосигнал		
Структура дискретизации	Ортогональная, периодическая по строкам, полям и кадрам		Неортогональная, периодическая по кадрам, с двумя дополнительными элементами в каждом поле
Частота дискретизации (4 fsc)	14.31818	14.30244	17.73447
Опорная фаза дискретизации	Формируется по вспышке аналогового видеосигнала		
Полное число отсчетов в строке	910	909	1135 + 4/625
Способ нумерации отсчетов: Отсчеты, соседствующие с моментом 0h, в строке "1", первого поля	784 и 785	784 и 785	957 и 958
Отсчеты цифровой активной части	0-767	0-767	0-947
Фазы отсчетов, в градусах ЦП	57, 147, 237, 327	45, 135, 225, 315	
Число бит на отсчет	8, (9) или 10		
Использование кодовых слов (в 8-битовых уровнях)	Уровни с 1 по 254 отведены для видеосигнала, уровни 0 и 255 - зарезервированы для синхронизации		
Шкала квантования: Уровень белого Уровень гашения Уровень вершин синхроимпульсов	200 60 4		211 64 771
Цифровой полевой интервал гашения: Поле 1 начало конец Поле 2 начало конец	ТВ строка:  1 10  264 273		ТВ строка:  624 5  311 317
Данные в интервале гашения	Цифровое представление аналогового видеосигнала		
Начальная фаза поднесущей (SCH)	0 градусов		
Запас по шкале квантования (для пикового композитного уровня)	0.5 дБ	0.7 дБ	0.23 дБ

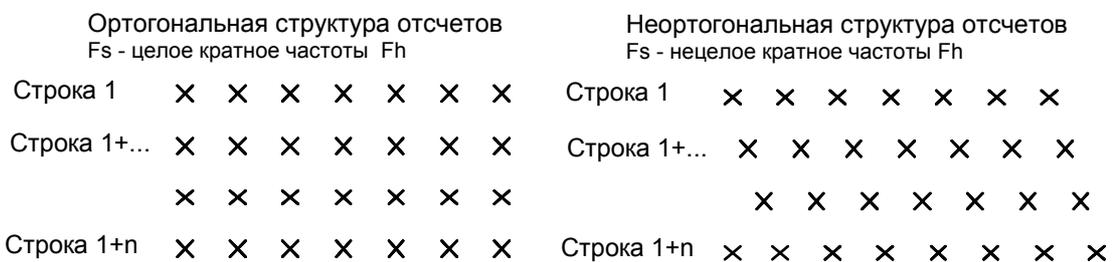


Рис. 3.4.1 Структуры дискретизации композитных сигналов

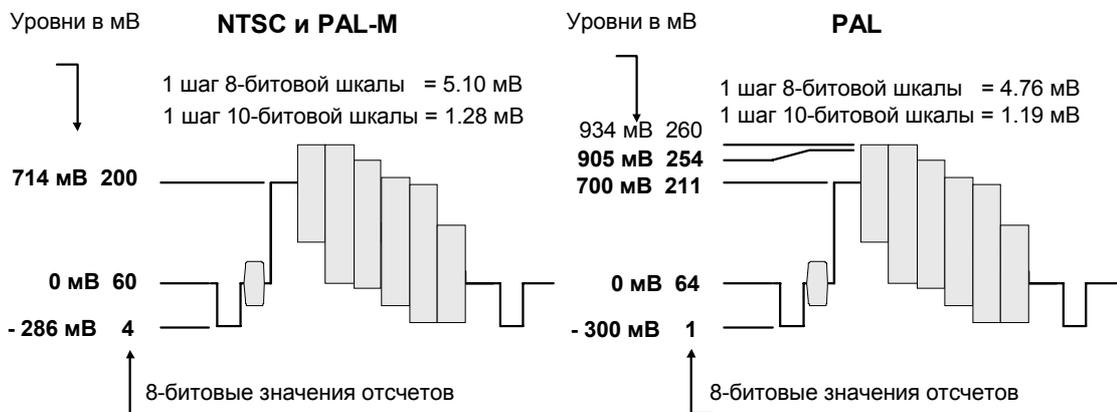


Рис. 3.4.2 Шкалы квантования композитных сигналов



Рис. 3.4.3 Строка цифрового композитного сигнала PAL

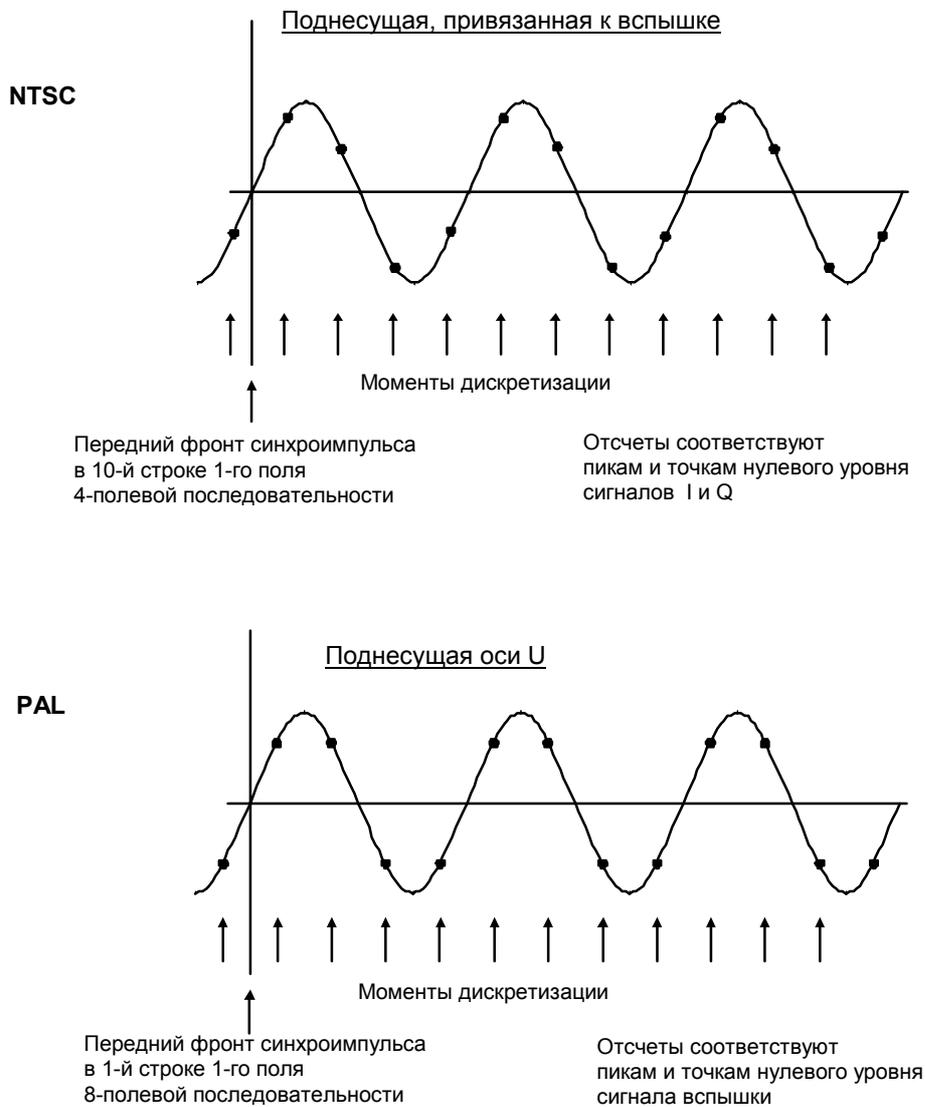


Рис. 3.4.4 Фазы дискретизации сигналов NTSC и PAL

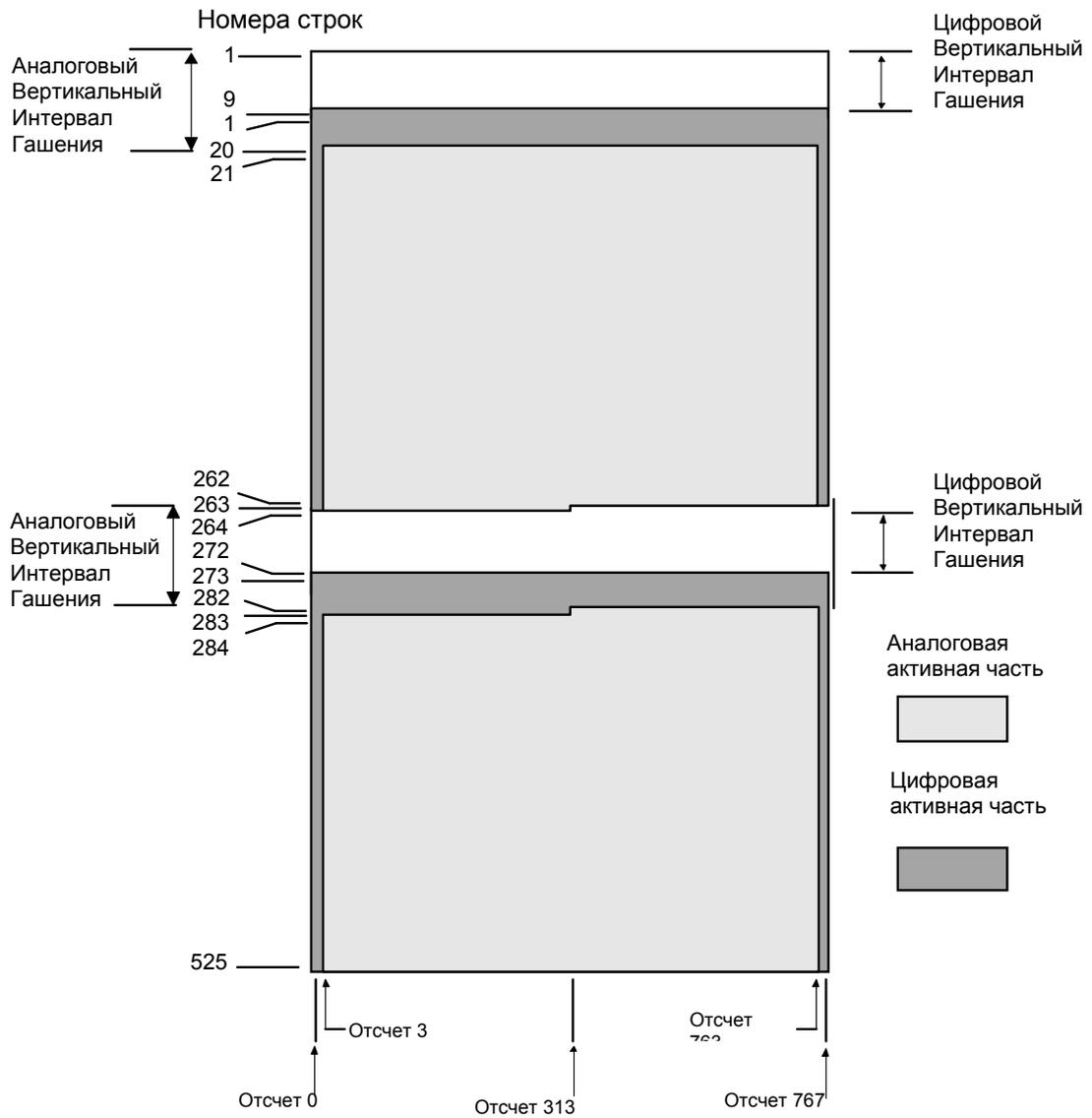


Рис. 3.4.5 Цифровое и аналоговое гашение для 525-строчного стандарта

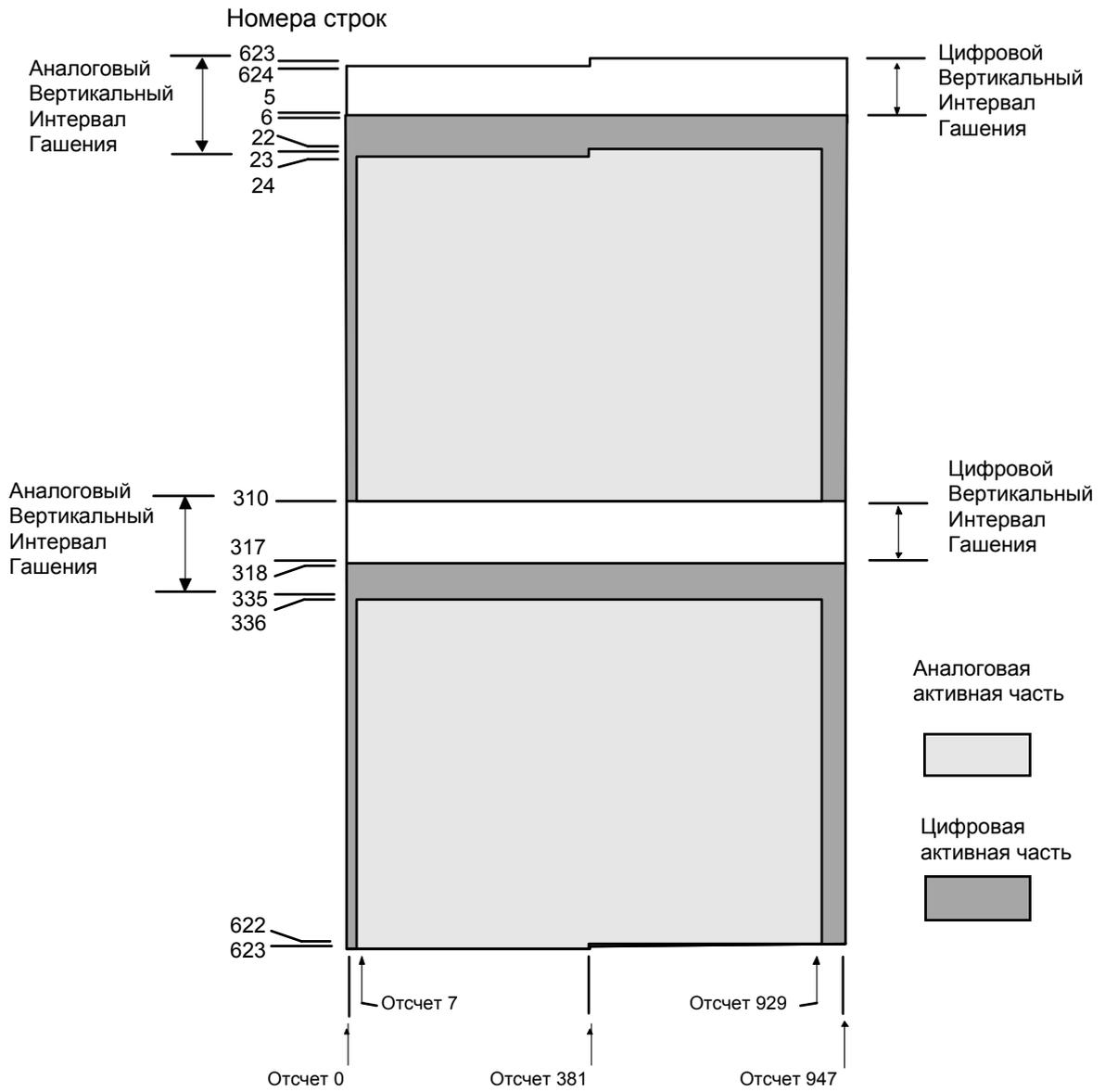


Рис. 3.4.6 Цифровое и аналоговое гашение для 625-строчного стандарта

### 3.5 Цифровые видеостыки

Параметры цифровых компонентных параллельных и последовательных стыков определены в Рекомендации ITU-R BT.656.

Параметры компонентных и композитных, параллельных и последовательных стыков описаны в документах SMPTE 125, 244M и 259M.

Параметры параллельных цифровых компонентных стыков ТВЧ приведены в разделе 3.7.

#### 3.5.1 Параллельный цифровой видеостык

Параллельный стык используется для передачи видеoinформации как в цифровом компонентном формате (тактовая частота мультиплексированного потока = 27 МГц или 36 МГц), так и в цифровом композитном формате (тактовая частота = 4 fsc, т.е. зависит от системы цветного телевидения).

Этот стык предназначен для экранированных кабелей с 12 витыми парами при номинальном импедансе линии 110 Ом. Кабель должен быть нагружен на 110+/-10 Ом. Хотя применение технологии эмиттерно-связанной логики (ECL 10000) прямо не оговорено, как линейный передатчик, так и линейный передатчик, должны быть совместимы с этой технологией.

Данные передаются в коде NRZ (без возвращения к нулю). Нарастающий фронт тактового сигнала располагается посередине между моментами изменения данных.

Механические параметры 25-контактного соединителя должны соответствовать субминиатюрному разъему типа D (ISO 2110-1980). Контакты используются, как показано в следующей таблице:

Контакт	Сигнал +	Контакт	Сигнал -
1	Тактовые импульсы	14	Тактовые импульсы
2	Системное заземление	15	Системное заземление
3	Бит данных 9	16	Бит данных 9
4	Бит данных 8	17	Бит данных 8
5	Бит данных 7	18	Бит данных 7
6	Бит данных 6	19	Бит данных 6
7	Бит данных 5	20	Бит данных 5
8	Бит данных 4	21	Бит данных 4
9	Бит данных 3	22	Бит данных 3
10	Бит данных 2	23	Бит данных 2
11	Бит данных 1	24	Бит данных 1
12	Бит данных 0	25	Бит данных 0
13	Общий экран кабеля		

В 10-битовом представлении бит данных 9 - это старший бит (MSB) а бит данных 0 - младший бит (LSB). В случае 8-битового кодирования старший бит остается тем же самым (контакты 3 и 16), но младшим становится бит данных на контактах 10 и 23, следовательно, контакты 11, 12, 24 и 25 не используются.

### 3.5.2 Цифровой последовательный видеостык

Цифровой последовательный стык (SDI) позволяет передавать следующие сигналы:  
Цифровой компонентный видеосигнал Cb,Y,Cr,Y,Cb,Y .... (тактовая скорость = 270 МГц или 360 МГц)

**или**

цифровой композитный видеосигнал NTSC/PAL/PAL-M (тактовая скорость = 40 fsc, т.е. от 143 МГц до 177 МГц).

Стандартный последовательный стык способен обеспечивать передачу 10-битовых кодовых слов на расстояние до 200 метров при условии применения 75-омных коаксиальных кабелей студийного качества. Кабель должен нагружаться на 75 Ом с затуханием несогласованности не менее 15 дБ в диапазоне 10..300 МГц. Механические параметры соединителя должны соответствовать стандартному разъему BNC 75 Ом (BNC - Bayonet Normalised Connector/ Bayonet Neil-Concelman) типа МЭК 169-8. Максимальная допустимая длина кабеля зависит от скорости передачи и от параметров затухания кабеля, как показано в таблице.

Тип сигнала	Тактовая частота	Максимальная длина
Композитный NTSC	143 МГц	320 м
Композитный PAL	177 МГц	290 м
Компонентный 4:3	270 МГц	230 м
Компонентный 16:9	360 МГц	170 м

*Примечание: Подразумевается использование кабеля с затуханием 9 дБ на частоте 100 МГц на каждые 100 м длины*

Линейный приемник должен правильно распознавать любые двоичные данные, как при подключении непосредственно к линейному передатчику, так и через кабель с затуханием до 40 дБ на тактовой частоте и частотной характеристикой типа 1/f. При затухании на тактовой частоте в пределах от 0 дБ до 12 дБ не должна требоваться частотная коррекция, при большем затухании допускается подстройка путем частотной коррекции.

Первым передается младший бит кодового слова в формате NRZI (со скремблированием); размах сигнала на стороне источника составляет 800 мВ+/-10 %. Скремблирование задается полиномом вида  $G1(x)*G2(x)$ , где

$x$  = входной поток данных,

$G1(x) = x^9 + x^4 + 1$ , полином который собственно скремблирует NRZ, и

$G2(x) = x + 1$ , полином, переводящий поток в законезависимый формат NRZI.

На приемной стороне дескремблер действует как зеркальная копия скремблера.

Для правильного последовательно-параллельного преобразования требуется синхροинформация. При использовании сигналов компонентного параллельного стыка достаточно использовать имеющиеся синхрослова (Timing Reference Signal), но в композитном параллельном стыке такие слова не предусмотрены. В последнем случае в композитный сигнал последовательного стыка непосредственно после фронта строчного синхροимпульса вводится специальная последовательность TRS-ID, состоящая из пяти кодовых слов. Последовательность TRS-ID включает четыре байта фиксированного кода (собственно TRS), за которыми следует один байт идентификации (ID). Байт ID содержит 3 бита, обозначающих номер поля внутри цветового кадра, и 5 бит, обозначающих номер строки в пределах от 0 до 31. Композитный последовательно-параллельный преобразователь вычеркивает сигнал TRS из потока данных, в то время как компонентный преобразователь этого не делает.

Важным преимуществом последовательного цифрового видеостыка является его способность передавать совместно с видео и несколько каналов звукоданных формата AES/EBU. Сигнал SDI с введенными в него звукоданными особенно полезен в больших системах, где важно гарантировать соответствие звукового сопровождения видеоряду при коммутации большого числа каналов. В системах меньшего размера, например в монтажных аппаратных, обычно предпочтителен вариант с отдельным звуковым трактом.

Стандарт SMPTE 272M "Форматирование звукоданных AES/EBU и вспомогательных данных для передачи в дополнительном потоке видеоданных" определяет размещение цифровых звукоданных, вспомогательных данных и связанной с ними командной информации в потоке последовательных видеоданных. Предусмотрено несколько различных режимов работы, обозначаемых буквенными суффиксами, которые прибавляются к названию стандарта, как показано в следующей таблице:

<b>A</b> <i>режим по умолчанию</i>	Синхронные звукоданные 48 кГц, 20 бит, с буфером на 48 отсчетов
<b>B</b>	Синхронные данные 48 кГц, только для композитного видео, с буфером на 64 отсчета для приема 20 из 24 битов звукоданных
<b>C</b>	Синхронные 48 кГц 24 битовые пакеты звукоданных и расширенных данных
<b>D</b>	Асинхронные данные (если не указана иная скорость, то подразумевается скорость 48 кГц)
<b>E</b>	Звукоданные 44.1 кГц
<b>F</b>	Звукоданные 32 кГц
<b>G</b>	Звукоданные с переменной скоростью 32-48 кГц
<b>H</b>	Последовательность звуковых кадров (режим обязателен для видеосистем с 29.97 кадров/с, кроме случая синхронного режима <b>A</b> 48 кГц - режима по умолчанию)
<b>I</b>	Отслеживание временной задержки
<b>J</b>	Z бит состояния канала не совпадают попарно

Примечание: Режимы от "**B**" до "**J**" требуют наличия специального пакета управления звукоданными.

Блок ввода данных, который способен только воспринимать синхронные 20-битовые звуковые сигналы с частотой 48 кГц, должен маркироваться "SMPTE 272M-A". Блок, поддерживающий 20- и 24-битовые 48-кГц синхронные звукоданные, может называться "SMPTE 272M-ABC". Приемник, использующий только старшие 20 бит из слова звукоданных, но способный воспринимать распределение отсчетов уровня "**B**", может называться "SMPTE 272M-AB", поскольку он может работать с обоими типами распределений.

В композитном цифровом видеосигнале место для звукоданных имеется только в последовательном стыке и только во время передачи плоских вершин синхроимпульсов. Цифровой поток NTSC может включать до 32901 10-битовых слов звукоданных в каждом видеокадре. Результирующий поток (9.87 Мбит/с) достаточен для передачи четырех каналов звука. Цифровой сигнал PAL обеспечивает несколько больший поток, но число каналов, по-прежнему не может быть более четырех. С другой стороны, цифровой последовательный компонентный видеостык 270 Мбит/с (в стандартах 525 или 625 строк) обеспечивает до восьми каналов звука. В студийных аппаратных частоты дискретизации видео- и звуковых сигналов, как правило, синхронизированы (при частоте дискретизации звука 48 кГц), однако последовательный цифровой стык SDI при необходимости способен обеспечить и асинхронную передачу звука.

Эти же сигналы могут быть переданы и через Последовательный Оптический Цифровой Стык. В таком случае вместо плавающего (изолированного) соединителя типа BNC и коаксиального кабеля используется оптический соединитель и волоконно-оптический кабель. Для небольших дальностей применяют прямую модуляцию интенсивности лазерного излучателя цифровым сигналом SDI. Однако, для передачи сигналов по оптическим линиям на большие расстояния необходимо применять дополнительное канальное кодирование для снижения энергии низкочастотных составляющих сигнального спектра. Это кодирование сходно с применяемым при цифровой магнитной видеозаписи.

Стандарт SMPTE 297M "Волоконно-оптическая система для последовательной передачи сигналов, соответствующих стандарту ANSI/SMPTE 259M" определяет параметры

оптического стыка для передачи видеосигналов со скоростями от 143 до 360 Мбит/с.

Передатчик и приемник должны использовать оптические соединители с соответствующими кабельными частями типа SC/PC по стандарту МЭК 874-7 (1990), часть 7. Пользователь может выбирать между одномодовым (SM) и многомодовым (MM) типом оптического волокна.

Параметры выходного сигнала оптического передатчика приведены в следующей таблице:

Тип световолокна	SM (опционно MM)	MM (62.5/125 мкм)
Источник света	Лазер	Лазер или светодиод
Оптическая длина волны	1310 +/- 40 нс	
Максимальная ширина спектральной линии	10 нм	30 нм
Максимальная выходная мощность	- 7.5 дБм	
Минимальная выходная мощность	- 12 дБм	
Длительность фронта и среза (по уровням 20% и 80%)	< 1.5 нс, с различием не более 0.5 нс	
Глубина модуляции	5:1 минимум, 30:1 максимум	5:1 минимум
Дрожание ("UI" = период такта)	0.135 UI максимум	
Максимальная отраженная мощность	4 %	
Электрооптическая функция передачи	Логическая "1" = макс. интенсивности Логический "0" = мин. интенсивности	

Примечание: Допускается применение ранее проложенных волокон градиентного типа с коэффициентом 50/125 мкм, однако при этом резерв мощности снижается приблизительно на 3 дБ по сравнению с волокнами 62.5/125 мкм.

Одномодовое волокно (класс IVa без дисперсионного сдвига, 9/125 мкм, ступенчатое преломление = step index [SI]) должно обеспечивать затухание не более 1.0 дБ на километр. Многомодовое волокно (62.5/125 мкм, плавное преломление = graded-index [GI]) должно обеспечивать затухание не более 1.5 дБ на километр. Передатчик, предназначенный только для работы с многомодовым волокном, должен иметь соответствующую предупреждающую маркировку. Многомодовые соединители и адаптеры маркируются бежевым цветом, а одномодовые - синим. Альтернативно, допускаются текстовые маркировки, ясно обозначающие тип волокна. Сочленение волокон разных типов в многозвенных линиях связи, хотя и возможно физически, но технически недопустимо.

Параметры входного сигнала оптического приемника должны соответствовать следующей таблице:

Оптическое волокно	Одномодовое	Многомодовое
Макс. входная мощность	- 7.5 дБм	
Мин. входная мощность	- 20 дБм	
Порог повреждения детектора	не менее + 1 дБм	не менее + 4 дБм

Некоторые полупрофессиональные и все новые цифровые бытовые устройства со сжатием потока видеоданных оборудованы так называемым стыком "Firewire" (P 1394). Этот стык рассчитан на применение специального многожильного кабеля с максимальной длиной 4.5 м при скорости потока около 30 Мбит/с. Для преобразования сигнала стыка "Firewire" в стандартный формат стыка SDI и обратно предусмотрены соответствующие преобразователи.

### 3.5.3 Обнаружение и обработка ошибок (EDH)

Даже в нормально работающих цифровых стыках могут возникать ошибки. Их вероятность резко возрастает при превышении допустимых длин кабелей, повреждении коаксиальных оболочек и старении компонентов аппаратуры, в особенности схем автоподстройки частоты и частотных корректоров.

Традиционные средства контроля видеотрактов практически бесполезны применительно к цифровым сигналам. Редкие битовые ошибки, которые предвещают более серьезные неприятности, обычно не видны и не слышны. Решение проблемы состоит в применении метода EDH (Error Detection and Handling). EDH - это не только механизм обнаружения различных типов цифровых ошибок, но и способ учета ошибок с целью представления информации об ошибках в полезном виде.

Специальные блоки (inserters) вводят пакеты данных с контрольными суммами (CRC data packets) в цифровые потоки источников, а блоки контроля в точках получения сигналов проверяют их правильность, сверяя контрольные суммы с фактически принятыми данными. Даже одиночные битовые ошибки вызывают сообщение об изменении состояния системы. Каждое поле видеоинформации проверяется индивидуально.

Подробное описание процедур EDH содержится в документе SMPTE RP 165 "Проверочные слова для обнаружения ошибок и флаги состояния в последовательных цифровых стыках для телевидения". Этот документ относится как к 525-строчным, так и к 625-строчным цифровым компонентным и композитным системам.

Определены два типа проверочных слов: первый относится только к активным элементам ТВ поля, второй - ко всем отсчетам поля. Такой подход позволяет контролировать сохранность данных при прохождении сигнала через блоки обработки, изменяющие данные вне активной части изображения. При этом не требуется заново вычислять проверочное слово для ТВ поля целиком.

В данном контексте активная часть изображения включает только целые строки (иначе говоря, половинки строк не учитываются). Проверочные слова для поля в целом охватывают все отсчеты всех строк, кроме строки с пакетами данных об ошибках и двух последующих за ней строк.

Предусмотрены три различных способа (механизма) обнаружения ошибок, - по одному для каждого из трех типов передаваемых данных:

1. вспомогательные данные,
2. активная часть изображения,
3. поле целиком (все данные, включая вспомогательные, плюс содержание вертикальных и горизонтальных интервалов гашения).

Вспомогательные данные (ancillary data) проверяются по битам четности и контрольным суммам, которые всегда передаются совместно с этими данными через стык SDI, даже если метод EDH не применяется. Данные активной части и данные поля целиком (full-field data) проверяются путем расчета и сверки 16-битовых циклических сумм (CRC).

Вычисленные для каждого поля слова CRC передаются на правах вспомогательных данных в начале следующего поля. Полином для CRC имеет следующий вид:

$$X^{16} + X^{12} + X^5 + 1.$$

Для индикации ошибок предусмотрено три набора флагов. Их назначение - облегчить поиск неисправного участка тракта. Два набора связаны с парой проверочных слов, ассоциированных с видеоинформацией поля. Третий набор относится к результатам проверки вспомогательных данных ТВ поля.

Все флаги ошибок отмечают только состояние предыдущего поля. Это означает, что все флаги сбрасываются с частотой полей. Поднятому флагу соответствует логическая "1", а сброшенному - логический "0".

Проверочные слова и флаги объединяются в пакеты данных об ошибках (error data packet), которые включаются в поток дополнительных данных последовательного стыка. На приемной стороне принятые проверочные слова сверяются с вычисленными на месте словами для обнаружения ошибок передачи.

Пакеты данных об ошибках передаются в вертикальном интервале гашения непосредственно перед рекомендованным моментом коммутации, поэтому они неотделимы от описываемого ими ТВ поля.

Параметр	525	625
Точка коммутации расположена в строке:	10	6
Данные EDH расположены в строке:	9	5
Проверяемые строки:	21 - 262, 284 - 525	24 - 310, 336 - 622
Проверяемые активные отсчеты:		
Компонентный формат:	0-1439	"Сb" 0 - "Y" 719
Композитный формат:	0 - 767	0 - 947

Предусмотрены следующие типы флагов:

- **edh** - error detected here: Означает, что в данном месте тракта обнаружена ошибка передачи последовательных данных. В случае вспомогательных данных это означает, что, по крайней мере, в одном блоке этих данных, обнаружены несовпадающие контрольные суммы.
- **eda** - error detected already: Означает, что в каком-то предшествующем звене тракта была обнаружена ошибка передачи последовательных данных. Если устройство "B" получило сигнал от устройства "A", а устройство "A" подняло флаг **edh**, то устройство "B" при передаче данных к устройству "C" должно поднять флаг **eda** и сбросить флаг **edh** (конечно, если не обнаружены новые ошибки).
- **idh** - internal error detected here: Означает, что обнаружена аппаратная ошибка, не имеющая отношения к передаче последовательных данных. Этот флаг имеет значение только для устройств, способных к самодиагностике внутренних ошибок.
- **ida** - internal error detected already: Означает, что в каком-то предшествующем звене тракта была обнаружена внутренняя ошибка и был поднят флаг **idh**.
- **ues** - unknown error status: Статус не определен. Означает, что сигнал поступает от устройства, не поддерживающего метод EDH.

### 3.6 Сжатие цифровых потоков

Большое распространение при производстве и распределении ТВ программ находят системы со сжатием цифрового потока.

Применительно к статическим цветным полутоновым изображениям алгоритмы сжатия были впервые разработаны в рамках МОС/МЭК совместной рабочей группой экспертов по фотографии (JPEG = **J**oint **P**hotographic **E**xperts **G**roup). Группа экспертов по движущимся изображениям (MPEG = **M**otion **P**icture **E**xperts' **G**roup) была создана в 1988 году с целью разработки стандартов кодирования движущихся изображений со звуковым сопровождением для записи, передачи и распределения этого вида цифровых данных. Практически все современные системы сжатия видеоданных так или иначе связаны с MPEG.

Сигналы, кодированные по раннему варианту этого алгоритма (MPEG-1), постепенно выходят из употребления, и, естественно, новым чемпионом становится MPEG-2. В рамках семейства форматов MPEG имеется множество подвариантов и традиционные различия в стандартах разложения все еще имеют значение. Например, система MPEG-2/50 не совместима с системой MPEG-2/59.94.

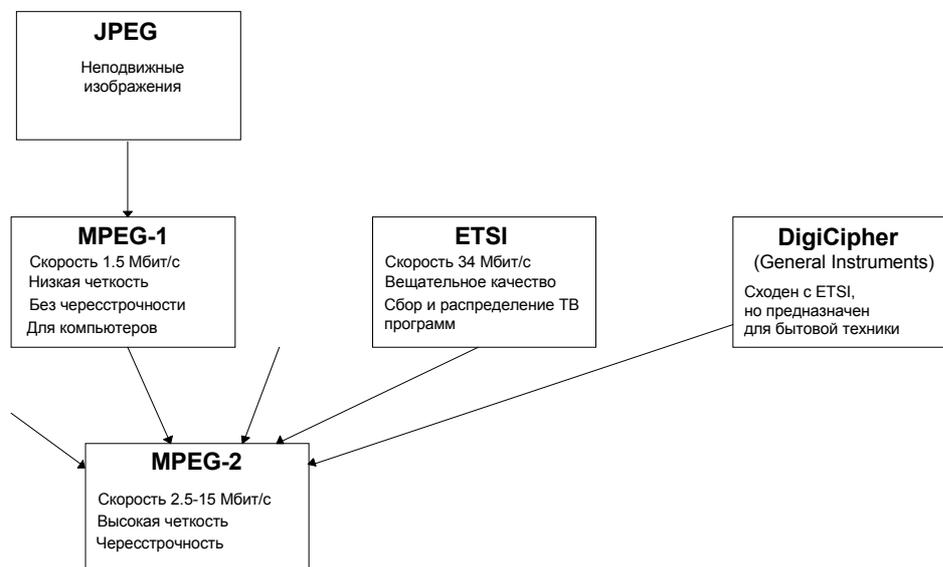


Рис. 3.6.1 Генеалогия системы MPEG

#### Что такое MPEG?

- **Метод** сжатия видео- и звукоданных и средство их пакетирования
- **Описание** цифрового потока
- **Свобода** (и неопределенность) выбора конкретных приемов формирования этого потока
- **Свобода** (и неопределенность) выбора метода передачи потока
- **MPEG** - всего лишь **набор правил и инструментов** для сжатия данных

Система MPEG-1 описана в Международном Стандарте ISO/IEC 11172. Все декодеры MPEG-2 любого уровня и профиля должны быть способны декодировать цифровые потоки, удовлетворяющие требованиям MPEG-1.

Система MPEG-2 описана в Международном Стандарте ISO/IEC 13818 "Информационные технологии - Общий метод кодирования движущихся изображений со звуковым сопровождением", который при публикации разделяется на четыре части:

- ◇ 13818-1 "Системы" - описывает кодирование на системном уровне. Определяет структуру временного уплотнения видео- и звукоданных, средства и данные синхронизации в реальном времени. Эта часть эквивалентна Рекомендации ITU-T H.261.
- ◇ 13818-2 "Видео" - описывает кодированное представление видеоданных и процесс декодирования, позволяющий восстановить исходные изображения. Эта часть эквивалентна Рекомендации ITU-T H.262.
- ◇ 13818-3 "Звук" - описывает кодированное представление звукоданных
- ◇ 13818-4 "Испытания на соответствие" - описывает процедуры определения характеристик кодированных потоков и процедуры проверки на соответствие требованиям документов 13818-1, 13818-2 и 13818-3.

Международный стандарт МСC/МЭК 13818 был подготовлен совместно рабочей группой SC29/WG11, известной также под названием MPEG, и группой экспертов по видеокодированию, входящей в состав 15-й Исследовательской Комиссии ITU-T. Группа экспертов по видеокодированию была образована в 1990 году с целью разработки стандарта видеокодирования для широкополосных асинхронных сетей связи (B-ISDN).

В большинстве случаев MPEG-2 представляет собой расширение MPEG-1. Например, зигзагообразное сканирование коэффициентов MPEG-1 является одним из двух возможных методов сканирования коэффициентов MPEG-2. Однако некоторые составляющие метода MPEG-1 не имеют прямого соответствия в MPEG-2.

Важным достоинством MPEG является его чрезвычайная гибкость, позволяющая применять те же алгоритмы в обширном спектре применений от маленького видеотелефонного окна на экране компьютера до широкоэкранных ТВЧ изображений со стереозвуком. Различные градации качества и скорости передачи обеспечиваются путем переключения так называемых "уровней" и "профилей" MPEG.

В настоящее время не существует общепринятых международных стандартов для электрических стыков, алгоритмов шифрования и методов модуляции сигналов MPEG, однако работа в этих направлениях ведется.

Для различных служб применяются различные методы модуляции, в частности QAM (квадратурная амплитудная модуляция) нескольких разновидностей для кабельных систем, QPSK (квадратурная фазовая манипуляция) для спутниковых восходящих линий, и особо устойчивая к помехам OFDM (частотное разделение каналов с ортогональными несущими) для наземного вещания.

#### **Что такое DVB?**

Проект DVB (Digital Video Broadcasting = цифровое видеовещание) был официально открыт в сентябре 1993 года. Он возник в результате добровольного объединения более 200 общественных и частных организаций 25 стран мира. Цель проекта - согласовать параметры систем, обеспечивающих цифровое вещание сигналов MPEG-2.

Работы по проекту DVB должны обеспечить пользователям максимально возможную аппаратную и программную совместимость при разнообразии средств доставки и записи сигналов, - спутниковых, наземных, кабельных, коммунальных спутниковых (satellite master antenna TV = SAMTV) и других.

Все системы, удовлетворяющие требованиям DVB, должны использовать общие ключевые элементы. К ним относятся кодирование звука и изображения по методу MPEG, а также коррекция ошибок по коду Рида-Соломона. Другие элементы должны быть подобраны с учетом используемых средств доставки. Таковыми являются метод модуляции и канальное кодирование. Отработка параметров спутниковых и кабельных систем уже завершена, началось массовое изготовление приемников DVB и вещание соответствующих программ.

### Почему требуется сжатие сигналов?

Как и многие другие, телевизионные сигналы лучше сохраняются и передаются в цифровой форме. Для достижения хорошего качества изображения ТВ сигнал следует превратить в цифровой следующим образом:

- частота отсчетов не менее 13.5 МГц
- точность квантования не менее 8 бит на отсчет
- сигнал яркости и цветоразностные сигналы должны кодироваться отдельно

В результате каждый канал видеоданных требует 216 Мбит/с. Запись потока 216 Мбит/с стоит очень дорого. Передача 216 Мбит/с требует занятия 10 каналов обычного ТВ. Только, чтобы сравняться с аналоговым ТВ, надо сжать цифровой поток в пропорции 10:1. Для экономического выживания новых систем желательны еще большие коэффициенты сжатия. MPEG-2 обеспечивает сжатие до 40:1. Такой коэффициент сжатия означает, что через канал обычного аналогового композитного ТВ можно передавать до четырех различных программ MPEG.

### Как MPEG-2 сжимает цифровой поток?

Кодирование по алгоритму MPEG устраняет избыточность, присущую сигналу.

Любой источник изображения обладает избыточностью. Значительная часть видеокadra может быть предсказана по предыдущему или последующему видеокadру. Кроме того, большая часть информации о крупных деталях изображения сосредоточена на низких пространственных частотах.

Имеется избыточность человеческого зрения - глаз не нуждается во всей информации, содержащейся в видеокadре, и спокойно относится к шумам и искажениям на высоких пространственных частотах.

Цель сжатия состоит в том, чтобы сохранить только важную в информационном отношении часть видеосигнала.

### Межкадровое предсказание

ТВ поля передаются с периодом 33 или 40 миллисекунд. За такой короткий интервал времени изображение не так уж сильно изменяется. Основной принцип сжатия - это передача только той информации, которая изменяется от кадра к кадру. Тем самым объем передаваемых данных снижается в среднем на 50 %.



Рис. 3.6.2 Межкадровое предсказание

### Предсказание с компенсацией движения

Межкадровое предсказание само по себе плохо справляется со сценами, где много движения. Компенсация движения позволяет более точно предсказывать те части изображения, где движение можно измерить.

Если движение измерено достаточно точно, то для каждого макроблока элементов изображения (размером 16 x 16 элементов) можно передавать лишь относительно малые межкадровые различия плюс двумерный вектор движения.

Следует подчеркнуть, что ошибки в измерении вектора движения не приводят к каким-либо заметным искажениям изображения, а лишь снижают эффективность сжатия, т.е. приводят к возрастанию передаваемого потока.



Рис. 3.6.3 Предсказание с компенсацией движения

### Кадры типа I, P и B

- Видеокадр не может быть восстановлен декодером MPEG только на основе информации о межкадровых разностях. Время от времени, необходимо посылать к декодеру сжатый, но не предсказанный, видеокадр. Такой кадр обозначают латинской буквой **I (intra)**
- Некоторые кадры предсказываются по прошлой информации. Это кадры типа **P (predicted)**. Видеокадр типа P использует для своего создания (предсказания) ближайший предшествующий кадр (типа I или P).
- Кадры, расположенные между кадрами типа I и P, могут быть предсказаны как из прошлого, так и из будущего, что улучшает качество предсказания. Это кадры типа **B (bi-directionally predicted)**. Кадры типа B не используются в качестве исходного материала для построения (предсказания) других кадров.

### Структура группы видеокадров GOP

Несколько видеокадров типа I, P и B можно объединять в группу, называемую GOP (**Group Of Pictures**):

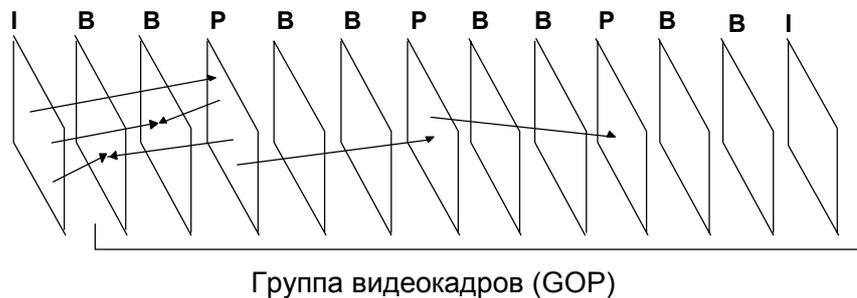


Рис. 3.6.4 Структура группы видеокадров

Рис. 3.6.4 - это лишь пример. MPEG-2 допускает практически любые группировки видеокадров. Для восстановления исходного порядка следования видеокадров во времени декодер перегруппировывает их в пределах GOP.

### Дискретное косинусное преобразование

Видеокадры типов P и B перед передачей разбиваются на блоки размером 8 x 8, к которым применяется Дискретное Косинусное Преобразование (ДКП). Результирующие коэффициенты ДКП полностью описывают изображение. Исходное изображение может быть восстановлено путем Обратного Дискретного Косинусного Преобразования. Значения коэффициентов ДКП являются одними из наиболее важных составляющих кодированного потока MPEG.

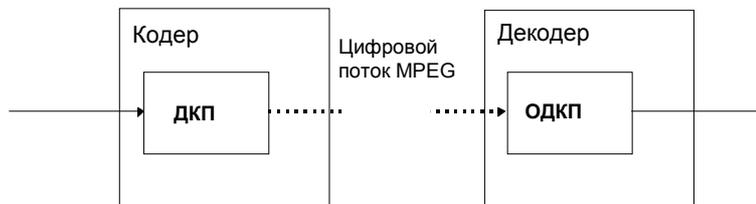


Рис. 3.6.5 Сжатие с использованием Дискретного Косинусного Преобразования

### ДКП для любителей математики

Одномерное ДКП является результатом одностороннего ДПФ (Дискретного Преобразования Фурье) входного блока отсчетов, состыкованного с его зеркальным отражением. Результат содержит только вещественные значения коэффициентов, поскольку массив отсчетов был принудительно симметризован.



Рис. 3.6.6 ДКП как результат одностороннего ДПФ

Двумерное ДКП - это одномерное ДКП, примененное дважды, - по горизонтали и затем по вертикали. Его коэффициенты описывают не только энергию составляющих на различных пространственных частотах, но и фазу (положение) этих составляющих.

**ДКП для тех, кто не любит математики**

ДКП расщепляет блок отсчетов изображения на группу узоров, которые будучи собраны вместе образуют исходное изображение. Коэффициенты ДКП описывают долю каждого узора в данном блоке изображения. Интуитивное представление об этом процессе может быть проиллюстрировано двумя следующими рисунками.

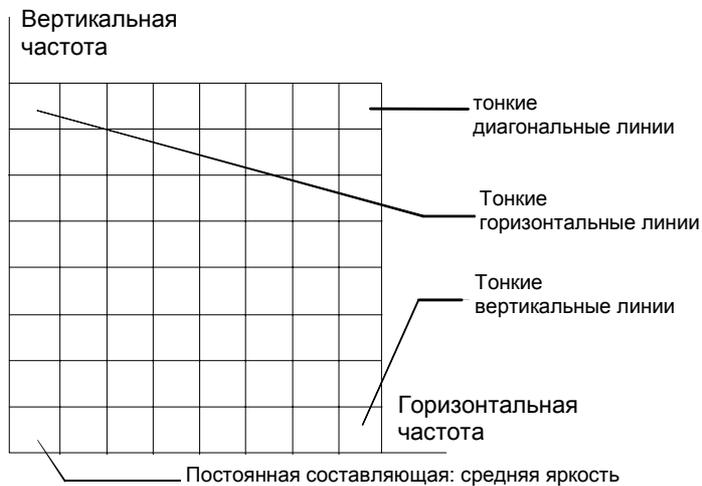
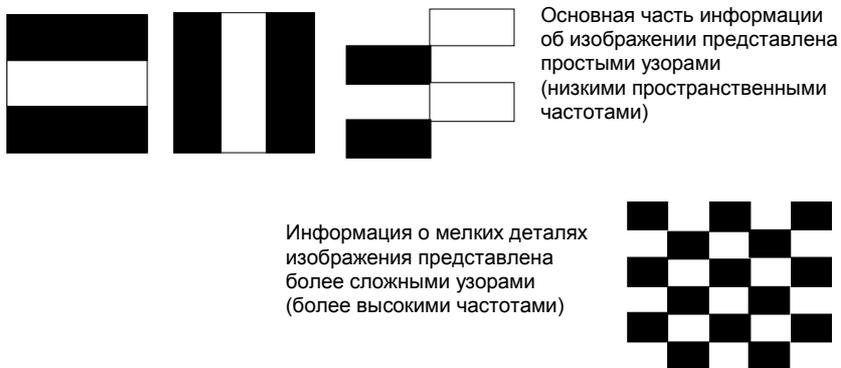


Рис. 3.6.7а Коэффициенты двумерного ДКП

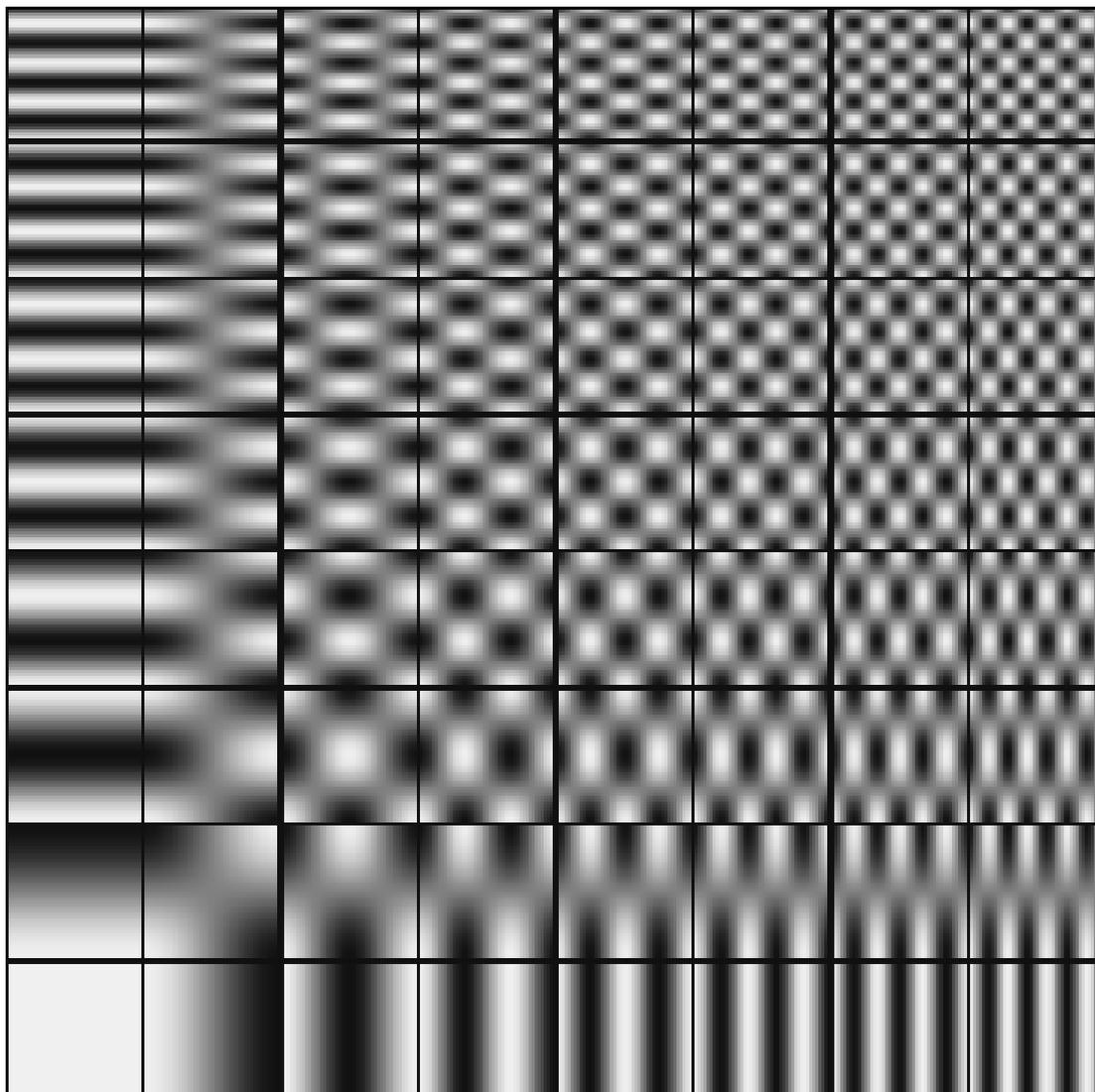


Рис. 3.6.76 Базовые функции двумерного ДКП

### Квантование

- Свойства зрения таковы, что кодек MPEG может выбросить часть информации из кодируемого сигнала. Коэффициенты ДКП, представляющие высокие пространственные частоты, можно передавать с меньшей точностью, расходуя на это меньше битов
- Результирующие помехи квантования практически не видны при нормальном расстоянии наблюдения
- Наивысшие пространственные частоты обычно квантуются в 10 раз грубее, чем самые низкие.

### Кодирование длин серий (VLC - Variable-length coding)

- Квантованные коэффициенты ДКП имеют весьма неравномерное распределение вероятностей. Очень часто они равны нулю, довольно часто встречаются малые значения и очень редко - большие
- Неравномерность распределения можно использовать, если малым значениям присвоить короткие коды, а редко встречающимся большим значениям присвоить длинные кодовые комбинации
- Нули встречаются столь часто, что они образуют длинные серии. Серии нулей обозначаются специальными отдельными кодами.

Принятая схема кодирования допускает при необходимости даже пропуск целых блоков или макроблоков.

### Регулирование заполнения буфера

Кодирование длин серий приводит к неравномерной скорости результирующего потока битов. Однако канал передачи обычно требует непрерывного потока с постоянной скоростью. Поэтому необходимо использовать промежуточный буфер. Переполнение или полное опустошение буфера не допускаются. Для управления заполнением буфера служит система обратной связи, регулирующая поступление битов от кодера. Изменение достигается как путем более тонкой или более грубой настройки квантователя, обрабатывающего коэффициенты ДКП, так и другими средствами.

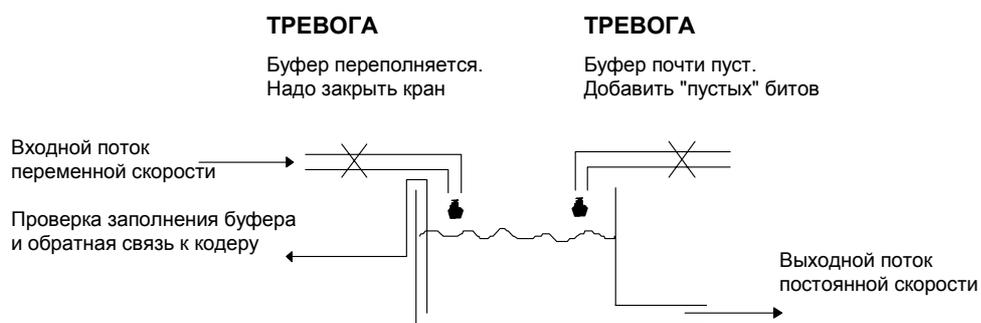


Рис. 3.6.8 Управление буфером

## Как же выглядит все в целом?

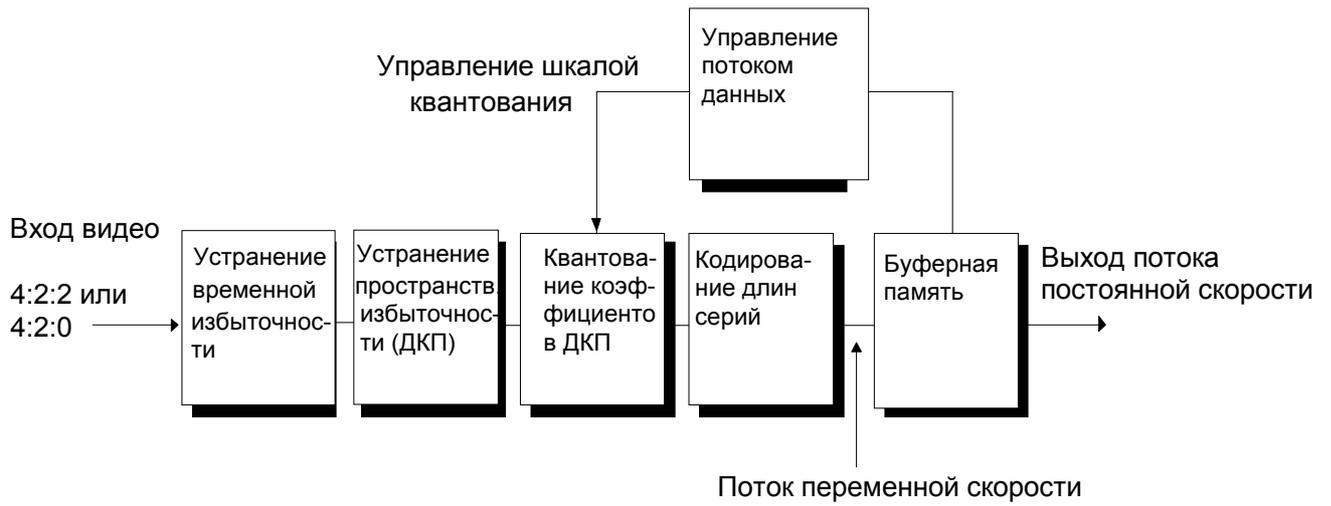


Рис. 3.6.9 Структура кодера MPEG-2

### Формирование цифрового потока

- **Блоки** 8 x 8 элементов (сигнала яркости или цветоразностных сигналов) преобразуются в коэффициенты ДКП, подвергаются кодированию длин серий и группируются в ...
- **Макроблоки.** Каждый макроблок (16 элементов x 16 строк) содержит четыре блока яркости, связанные с ним цветоразностные блоки (в формате 4:2:0 это лишь один блок Cr и один блок Cb), плюс заголовок, содержащий векторы движения, описание режима кодирования и параметров квантования. Макроблоки группируются в ...
- **Дольки.** Каждая долька имеет стартовый код и адрес синхронизации. Если в пределах данной дольки обнаруживается ошибка передачи, то декодер игнорирует дольку целиком и переходит к началу следующей дольки. Дольки группируются в ...
- **Видеокадры.** Каждый видеокадр (picture) имеет стартовый код и заголовок, содержащий информацию о структуре кадра, композитному декодированию и т.д. Кадры группируются в ...
- **Группы видеокадров (GOP).** Каждая группа имеет стартовый код и заголовок, содержащий информацию о временном коде и редакторскую информацию. Группы GOP группируются в ...
- **Последовательности.** Каждая последовательность имеет стартовый код и заголовок, содержащий информацию о размере кадра и глобальных параметрах кодирования, таких как используемый уровень и профиль кодирования.

### Предполагаемые параметры отображения

Документ МОС/МЭК 13818-2 не определяет процесс отображения. Однако, *заголовок последовательности* может содержать описание координат цветности первичных цветов, характеристики оптоэлектронного преобразования и коэффициенты матрицирования, применявшиеся при формировании сигналов яркости и цветоразностных сигналов.

Кодер и декодер MPEG-2

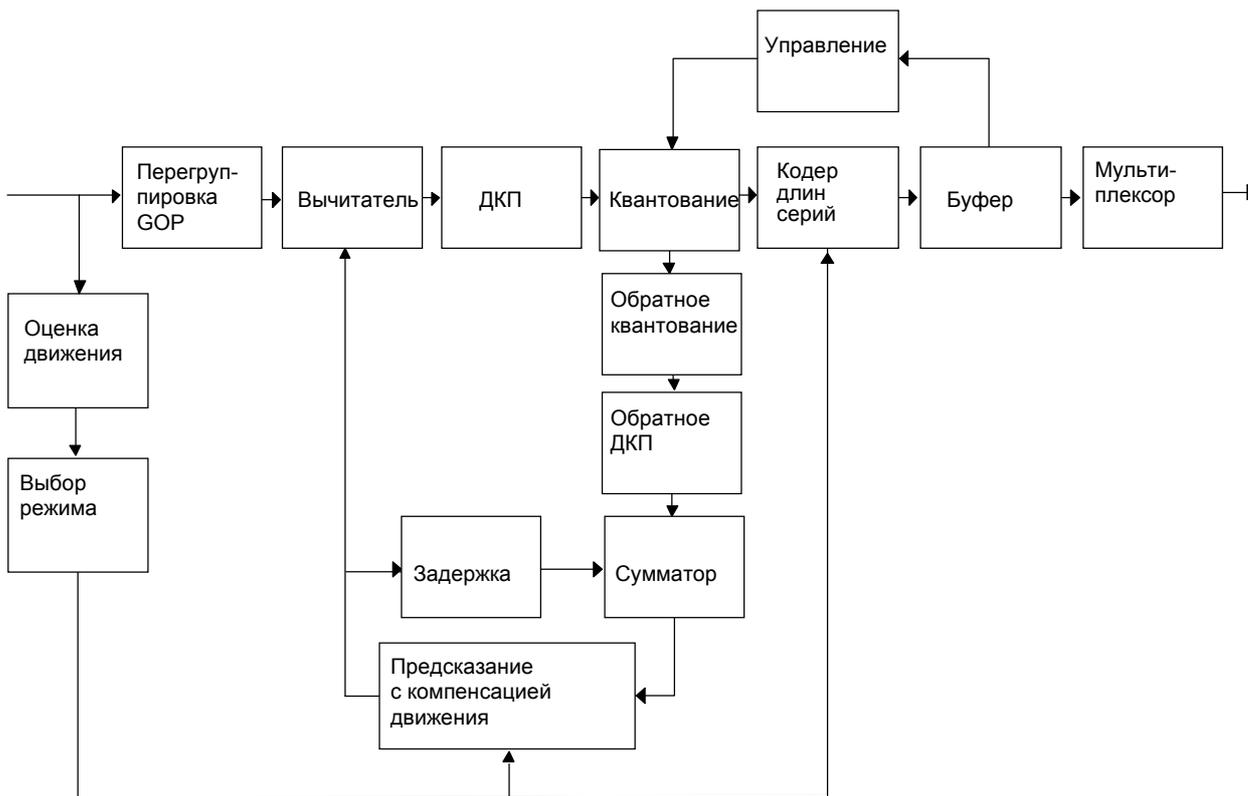


Рис. 3.6.10 Кодер MPEG-2

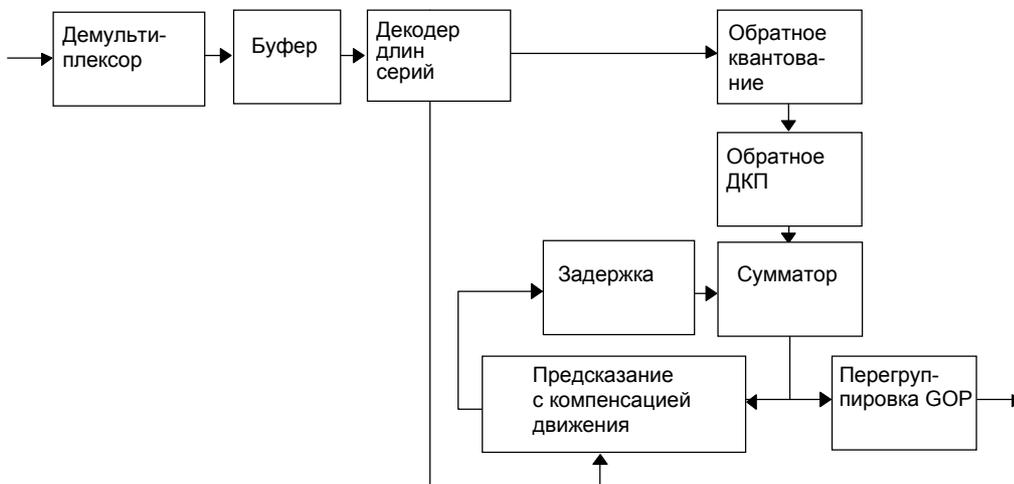


Рис. 3.6.11 Декодер MPEG-2

**Если алгоритм представляется чрезмерно простым, то ...**

- **Видеокадры** могут быть чересстрочными, прогрессивными, отдельными полями или ТВ кадрами, типов I, P или B, причем структура может изменяться на ходу
- **Макроблоки** могут трактоваться как чересстрочные или прогрессивные, целиком или по половинкам, предсказываться вперед, назад, двунаправленно ... всего **384** возможными способами
- **Векторы движения** задаются с точностью до половины элемента и передаются разностным методом с кодированием длин серий
- **Параметры квантования** могут изменяться при переходе от одного макроблока к другому

**Сжатие звукоданных MPEG-2**

Имеется четыре схемы кодирования: MPEG-1 (Слои 1, 2 и 3), и схема MPEG-2:

- Звуковой сигнал разбивается на **полосы частот** и **процесс распределения битов** позволяет обеспечить **маскирование** большей части этих полос
  - **Частоты дискретизации** выбираются 32, 44.1 или 48 кГц (16, 22.05 или 24 кГц в варианте MPEG-2 Low Sampling Frequency extension)
  - **Цифровой поток** звука принимает одно из ряда возможных значений от 32 до 448 кбит/с
- Слой 1 означает относительно простой кодер, но либо повышенный поток, либо пониженное качество звука. Слой 2, известный также как система MUSICAM (Masking pattern adapted Universal Subband Integrated Coding And Multiplexing), был первоначально разработан в рамках Европейского Плана Цифрового Радиовещания. Этот слой наилучшим образом отвечает требованиям регулярного вещания. Слой 3 чрезвычайно сложен, но обеспечивает наивысшее качество звука при низких потоках.

По схеме MPEG-2 можно кодировать до 5 звуковых каналов в режимах: моно-, стерео-, многоязычном, и круговом.

**Системный уровень**

- Обеспечивает **мультиплексирование** видео и звуковых потоков MPEG совместно со вспомогательными данными в многопрограммные потоки
- Вводит **Синхроданные (Clock References)**, необходимые для восстановления видео и звуковых тактовых частот
- Вследствие кодирования длин серий задержка распространения сигнала в декодере не постоянна. Системный слой вводит **Маркеры времени декодирования (Decoding Time Stamps)** и **Маркеры времени предъявления (Presentation Time Stamps)**, что обеспечивает фиксированную задержку в кодеке всех составляющих программы (видео, звука, субтитров) даже при независимой их передаче с разбивкой на пакеты данных.
- Системный слой вводит также **Таблицы распределения программ (Programme Allocation Tables)**, **Таблицы сетевой информации (Network Information Tables)**, и **Таблицы обусловленного доступа (Conditional Access Tables)**, которые позволяют декодеру выбирать и восстанавливать конкретную ТВ программу из многопрограммного потока MPEG. При заполнении этих таблиц следует принимать во внимание требования DVB.

### Цифровые потоки MPEG

- **Элементарный поток** - это кодированный поток видео, звука, или данных MPEG одной ТВ программы. **Пакетированный элементарный поток** включает маркеры времени и заголовки.
- **Программный поток** - это сборка элементарных потоков, относящихся к одной ТВ программе. Они объединяются общей тактовой частотой. Такой поток состоит из пакетов переменной длины и предназначен для записи или передачи по каналам с малой вероятностью ошибки.
- **Транспортный поток** - другой вид объединения элементарных потоков. Он может содержать несколько программ с независимыми тактовыми частотами. Транспортные потоки состоят из пакетов фиксированной длины и предназначены для передачи по каналам с ошибками. Именно этот тип потока обычно называют просто "сигнал MPEG".

### Коммутация и редактирование сжатых потоков

Поскольку MPEG-2 - это полноправный ТВ сигнал, то возникает потребность в его коммутации и редактировании подобно тому, как это делается с традиционными компонентными или композитными сигналами. Однако простое переключение сигналов MPEG-2 без сброса регистров декодера вряд ли возможно. Как правило, приходится полностью декодировать сжатый поток, переключать обычные видео и звуковые сигналы и вновь сжимать цифровые потоки.

### Уровни и профили

MPEG-2 охватывает весьма широкий диапазон сложности кодирования и качества изображения. Совершенно нереалистично требовать, чтобы все декодеры были способны декодировать все возможные виды потоков MPEG-2.

Стандартом определены четыре **уровня**:

Уровень	Структура изображения	Поток
Высокий	1920 x 1152 или менее	До 80 Мбит/с
Высокий-1440	1440 x 1152 или менее	До 60 Мбит/с
Основной	720 x 576 или менее	До 15 Мбит/с
Низкий	352 x 288 или менее	До 4 Мбит/с

Независимо от выбора уровня имеются пять **профилей**:

Профиль	Свойства	Структура дискретизации
Простой	Видеокадры типа <b>В</b> не допускаются	4:2:0
Основной	Не допускается расширение изображения	4:2:0
Масштабируемый по С/Ш	Масштабируемость	4:2:0
Пространственно масштабируемый	Пространственная масштабируемость	4:2:0
Высокий	Временная масштабируемость	4:2:0 или 4:2:2

Ожидается, что микросхемы, разрабатываемые для *основного профиля основного уровня* (MPML), окажутся столь дешевы, что разработка специальных упрощенных микросхем для более низких профилей не будет иметь смысла.

Масштабируемость - это свойство кодека обрабатывать упорядоченный набор из нескольких потоков. Более того, масштабируемый кодек обязан выдавать изображение приемлемого качества даже в отсутствие части потоков набора. Минимально необходимый набор потоков называется базовым слоем. Каждый из других потоков набора называется улучшающим слоем (enhancement layer).

Декодеры, обеспечивающие определенный профиль определенного уровня, обязаны обеспечивать также все нижележащие профили и уровни.

#### **Профиль 4:2:2**

- Известен также как Профессиональный Профиль и, в принципе, может стать полноправным отдельным профилем MPEG-2 (вне иерархии)
- Призван обеспечить качество изображения, сравнимое с видеозаписью формата D1, и приемлемое качество коммутации
- Отличительными свойствами являются структура дискретизации **4:2:2** (в отличие от 4:2:0) и возможность работы с повышенными скоростями (50 Мбит/с вместо 15 Мбит/с, обеспечиваемых Основным Профилем)

#### **Повышенные профили**

- Большинство придерживается Основного Профиля Основного Уровня MPEG-2 (Main Level Main Profile)
- Для некоторых применений (например для наземного вещания) представляют интерес масштабируемые профили, в частности, профиль, масштабируемый по отношению сигнал-шум. Однако, пока вообще нет уверенности в целесообразности использования масштабируемых профилей.

#### **Профиль, масштабируемый по отношению сигнал-шум**

Для этого типа масштабируемости характерна передача через улучшающий слой дополнительных данных, уточняющих значения коэффициентов ДКП, вычисленных нижним слоем. Пониженная скорость потока нижнего слоя позволяет обеспечить его повышенную помехозащищенность, что собственно и дало название всему профилю.

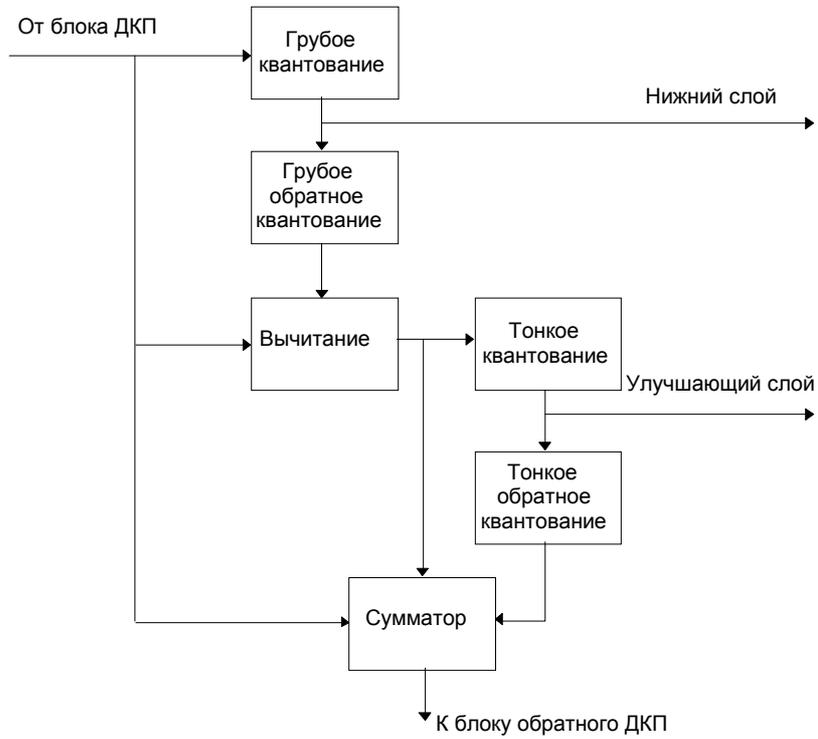


Рис. 3.6.12 Кодер MPEG-2, масштабируемый по С-Ш

**Стыки MPEG-2**

Различные фирмы для различных применений транспортных потоков MPEG используют множество различных (несовместимых) электрических стыков. Наиболее распространенные показаны в следующей таблице:

- DVB LVDS
- STB TTL
- DS3 44 Mbit/s
- DVB Sat Rx
- Divicom M2P
- ECL serial
- DVB ASI
- DVB Cable Rx
- DMV RS422P
- ECL parallel
- DVB SSI

В качестве примера, ниже приведено подробное описание стыков DVB LVDS и Divicom M2P. Стандартом MPEG предусмотрено мультиплексирование пакетов данных. Рис. 3.6.13 иллюстрирует структуру базового 188-байтового пакета данных транспортного потока.

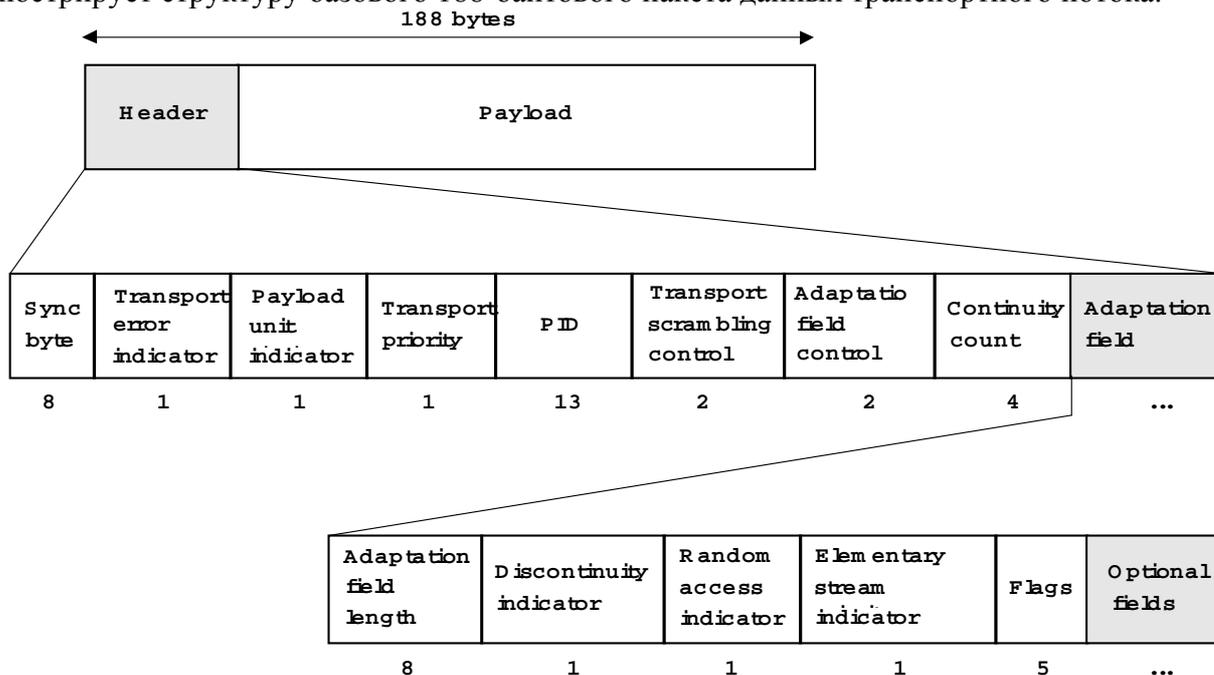


Рис. 3.6.13 Структура 188-байтового пакета MPEG-2

Однако, канальное кодирование приводит к увеличению размера пакетов, поэтому многие форматы стыков допускают наличие дополнительных (пустых) байтов.

**Параллельный стык DVB LVDS** предназначен для головных станций кабельных сетей DVB CATV/MATV. Этот стык включает 11 линейных балансных передатчиков и 11 линейных балансных приемников. Они должны быть совместимы с требованиями LVDS (подробнее о LVDS, см. документ EIA/TIA SP 3357).

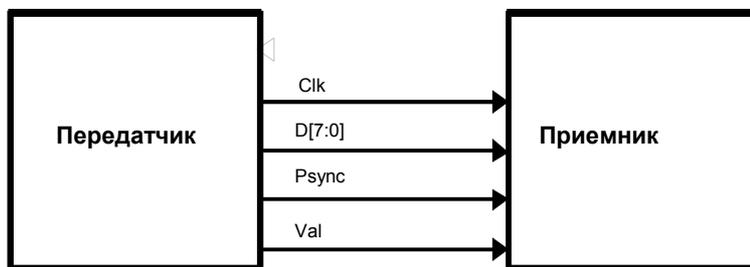


Рис. 3.6.14 Параллельный стык DVB LVDS

В этом формате:

- D[7:0]:** Слово данных транспортного пакета (8 бит: от Data 0 до Data 7). Data 7 - старший бит кодового слова.
- Val:** Флаг действительности данных: данные действительны при состоянии "1". В 188-байтовом режиме этот флаг всегда поднят. В 204-байтовом режиме нижний уровень указывает на отключение байтов кода Рида-Соломона.
- Psync:** Индицирует начало транспортного пакета, отмечая байт синхронизации уровнем "1".
- Clk:** Прямоугольные тактовые импульсы; переход 0-1 (фронт) означает момент считывания данных. Тактовая частота не должна превышать 13.5 МГц.

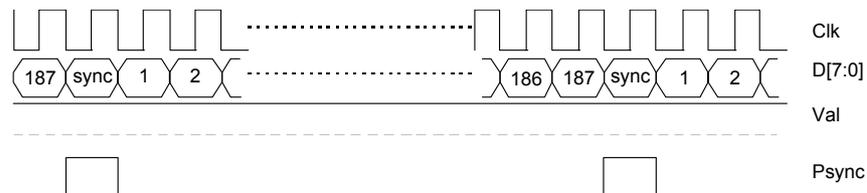


Рис. 3.6.15 Базовый формат 188-байтового пакета

При использовании для защиты от ошибок передачи канального кода Рида-Соломона (RS), размер пакета возрастает до 204 байтов.

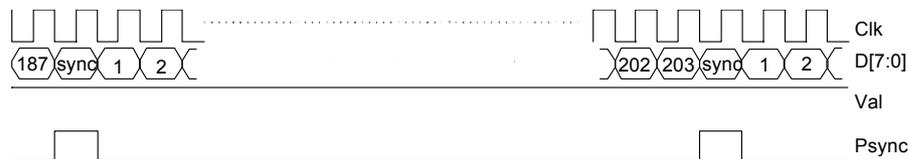


Рис. 3.6.16 Формат пакетов с кодом RS (204 байта)

Предусмотрен также 204-байтовый формат пакета без кода RS, в котором первые 188 байтов представляют действующие данные, а 16 пустых байтов в конце пакета служат только для совместимости с потоками, которые на самом деле защищены кодом RS.

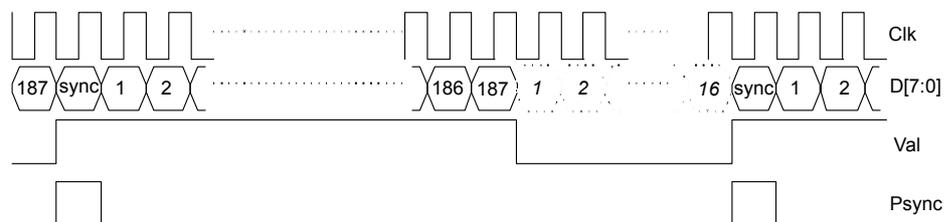


Рис. 3.6.17 Формат с 188 байтами данных и 16 пустыми байтами

Вывод А линейного передатчика имеет положительную полярность относительно вывода В при передаче логического уровня "1" и отрицательную - при передаче логического "0". Если период тактов принять за  $T$ , то ширина тактового импульса должна быть в пределах от  $0.4T$  до  $0.6T$ .

**Характеристики линейного передатчика (Источника)***Импеданс выхода:* 100 Ом максимум*Синфазное напряжение:* от 1.125 В до 1.375 В*Амплитуда сигнала:* от 247 мВ до 454 мВ*Длительность переднего**и заднего фронтов:* не более  $T/7$ , измеряется по уровням 20 % и 80 % амплитуды на резистивной нагрузке 100 Ом. Различие переднего и заднего фронтов не должно превышать  $T/20$ .**Характеристики линейного приемника (Получателя)***Импеданс входа:* от 90 Ом до 132 Ом*Максимальный**входной сигнал:* 2.0 В (размах)*Минимальный**входной сигнал:* 100 мВ (размах)

В стыке DVB LVDS применен 25-контактный субминиатюрный разъем типа D, распределение контактов которого показано в следующей таблице:

Контакт	Сигнальная линия	Контакт	Сигнальная линия
1	Такты А	14	Такты В
2	Системный корпус	15	Системный корпус
3	Data 7 А (MSB)	16	Data 7 В (MSB)
4	Data 6 А	17	Data 6 В
5	Data 5 А	18	Data 5 В
6	Data 4 А	19	Data 4 В
7	Data 3 А	20	Data 3 В
8	Data 2 А	21	Data 2 В
9	Data 1 А	22	Data 1 В
10	Data 0 А	23	Data 0 В
11	Val А	24	Val В
12	Psync А	25	Psync В
13	Экран кабеля		

Контакты кабельных разъемов - штекеры, а приборных - розетки. Должно быть предусмотрено экранирование не только кабелей, но и самих разъемов.

**Параллельный стык DIV M2P** предназначен для параллельного порта M2P оборудования фирмы Divicom. Использование тактовых, информационных и вспомогательных сигналов в этом стыке сходно со стыком DVB LVDS, однако уровни сигналов соответствуют стыку RS-422, а считывание данных происходит по *заднему фронту* тактовых импульсов. Стык включает 12 линейных балансных передатчиков и 12 линейных балансных приемников. На выходах линейных передатчиков дополнительно включены пассивные фильтры нижних частот RC типа, подавляющие высокочастотные помехи.

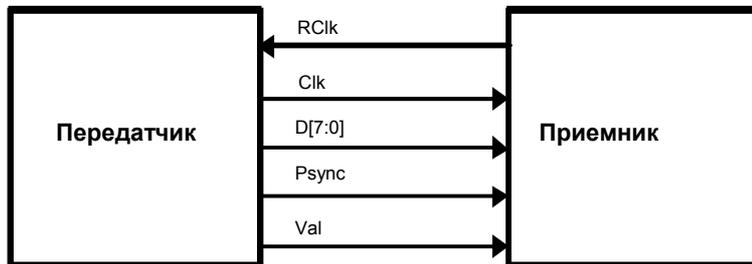


Рис. 3.6.18 Параллельный стык Divicom M2P

Линия RClk служит для обратной подачи опционных возвратных тактовых импульсов, вырабатываемых получателем сигнала. Цель этой операции - обеспечить ведение и работу буферных регистров (FiFo) на обеих сторонах стыка. Типичной является конфигурация системы, в которой источником тактов выступает модем или другое сетевое устройство. При этом с точки зрения канального кодера фаза возвратных тактов определена нечетко вследствие задержек в кабелях и в приемнике данных. При правильном использовании возвратных тактов считывание из буферных регистров должно начинаться, когда они заполнены на 50 %; после этого регистры передатчика и приемника тактируются синхронно, т.е. имеет место ведомый режим. В результате возможен прием пакетов данных любой длины.

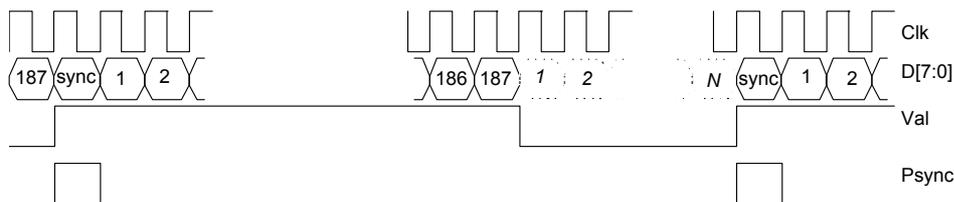


Рис. 3.6.19 188 информационных и N пустых байтов

Стык DIV M2P использует тот же тип разъема (D25), что и стык DVB LVDS, однако распределение контактов сильно отличается, как показано в следующей таблице:

Контакт	Сигнальная линия	Контакт	Сигнальная линия
1	RClk +	14	RClk -
2	Clk +	15	Clk -
3	Psync+	16	Psync -
4	Val+	17	Val -
5	Data 0 +	18	Data 0 -
6	Data 1 +	19	Data 1 -
7	Data 2 +	20	Data 2 -
8	Data 3 +	21	Data 3 -
9	Data 4 +	22	Data 4 -
10	Data 5 +	23	Data 5 -
11	Data 6 +	24	Data 6 -
12	Data 7 + (MSB)	25	Data 7 - (MSB)
13	Не используется		

### 3.7 Системы производства программ Телевидения Высокой Четкости

В настоящее время имеются две основные системы ТВЧ: 1125/60 and 1250/50.

Еще в 1990 году МККР выпустил Рекомендацию 709 (ITU-R BT.709), содержащую требование, чтобы все будущие системы ТВЧ имели 1920 отсчетов в активной части строки, а частота дискретизации должна быть кратна частоте 2.25 МГц. Обе системы (1125/60 и 1250/50) этим требованиям удовлетворяют. Администрация США заявила, что она не поддерживает принципы этой Рекомендации.

Параметры аналоговой системы 1125/60 описаны в документе SMPTE 240M; цифровые параметры описаны в SMPTE 260M.

Новый стандарт SMPTE 274M фактически заменяет оба стандарта SMPTE 240M и SMPTE 260M в связи с переходом к квадратной форме элемента изображения и возвратом к частоте полей (кадров) 59.94 Гц. Система 1050/59.94 нашла весьма ограниченное применение, но также полностью описана в документах SMPTE. Некоторые модели нового 1125-строчного оборудования способны переключать частоту кадров с 60 Гц на 59.94 (60/1.001) Гц для облегчения понижающего преобразования в сигнал обычного формата NTSC.

Американский Комитет по Новым Телевизионным Системам (ATSC) и некоторые другие организации поддерживают формат разложения и стыка с 1080 активными строками и квадратной формой элемента изображения. 1920 активных элементов в строке при формате кадра 16:9 дают  $1920 \cdot 9/16 = 1080$  строк вместо ранее использовавшихся 1035 строк (см. SMPTE 240M).

Уже началось экспериментальное вещание изображений формата 1920 x 1080 посредством сжатых потоков MPEG-2.

Параметры разложения и стыка 1920 x 1080 приведены в стандарте SMPTE 274M. Следует подчеркнуть, что по этому стандарту общее число строк в кадре сохраняется равным 1125, а полное число отсчетов в строке сохраняется равным 2200, как в SMPTE 240M. Допускается как прогрессивное, так и чересстрочное разложение. Продолжаются исследования по стандартизации вариантов формата 1920 x 1080 с иными частотами кадров, включая 24/1.001, 24, 25, 30/1.001, 30 и 50 кадров в секунду. Например, документ SMPTE 295M определяет разложение и стык для формата 1920 x 1080 при частоте полей 50 Гц.

В США предложен также альтернативный стандарт ТВЧ (SMPTE 296M), с прогрессивной разверткой в формате 1280 x 720. Этот вариант принято обозначать "720P".

Параметры аналоговой системы 1250/50/2:1 ("Eureka-95") были в 1992 году дополнены формальным описанием цифровых стыков. Группа DVB работает над новым стандартом MPEG-2 с чересстрочным разложением 1920 x 1080 и частотой полей 50 Гц; этот стандарт принят обозначать "1080I/50".

Временная координата во всех этих документах задается двояко: в микросекундах и в периодах дискретизации яркости; тем самым проявляется связь между аналоговым и цифровым представлениями сигнала. Структура дискретизации во всех случаях ортогональна и регулярна по строкам, полям и кадрам. Отсчеты  $C_r$  и  $C_b$  пространственно совпадают с нечетными (первым, третьим, пятым и т.д.) отсчетами  $Y$  в каждой строке. Число отсчетов в цифровой активной части строки равно 1920 в обеих системах. Однако в системе 1125/60 аналоговая активная часть строки либо не определена, либо приравнена к цифровой активной части. Напротив, в системе 1250/50 аналоговая активная часть слегка короче цифровой активной части, как в Рекомендации МККР 601.

Ограничение полосы частот сигналов может приводить к распространению выбросов от фронтов гашения в активную часть изображения. Документ SMPTE 274M вводит понятие "производственного окна" ("production aperture") размером 1920 x 1080 элементов. В этом окне должны размещаться все сюжетно важные части изображения. Оно отличается от "чистого окна" ("clean aperture") размером 1888 x 1062 элементов, расположенного симметрично внутри него. Чистое окно должно быть "в основном свободно" от выбросов и краевых эффектов. Длительность активного аналогового видеосигнала, измеренная по уровню

50 %, по стандарту должна равняться 1920 периодам тактовой частоты. Для сохранения максимальной длительности активной видеoinформации рекомендуется, чтобы длительность аналогового гашения совпадала с длительностью цифровых гасящих интервалов. Однако, допускается расширение аналогового гашения до 6 тактов с каждой стороны цифрового интервала гашения.

### 3.7.1. Сигналы и уровни сигналов

Документы, описывающие системы ТВЧ 1125/60 и 1250/50 используют одни и те же символы для обозначения сигналов яркости и цветоразностных сигналов, но колориметрические координаты первичных цветов весьма различны.

В системе 1250/50 используются стандартные (совпадающие с ТВ обычной четкости) люминофоры и координаты первичных цветов, поэтому не отличаются и формулы для сигналов  $P_r$  и  $P_b$  (см. раздел 3.2.3).

Напротив, в системе 1125/60 применены другие люминофоры и, как следствие, изменены колориметрические коэффициенты в следующих уравнениях:

$$Y = 0.212 R + 0.701 G + 0.087 B$$

$$P_r = 0.6345 (R - Y)$$

$$P_b = 0.5476 (B - Y).$$

Обратное матрицирование для получения сигналов RGB в системе 1125/60 производится по следующим уравнениям:

$$R = Y + 1.576 P_r$$

$$G = Y - 0.477 P_r - 0.227 P_b$$

$$B = Y + 1.826 P_b$$

Рекомендация ITU-R BT.709 дает несколько иное уравнение яркости:

$$Y = 0.2125 R + 0.7154 G + 0.0721 B.$$

Примечание: В документе SMPTE 274M вычисленные значения различаются в четвертом десятичном знаке от величин, приведенных в документе ITU-R BT.709. SMPTE 274M дает следующее уравнение:

$$Y = 0.2126 R + 0.7152 G + 0.0722 B$$

В студиях ТВЧ применяются, прежде всего, два формата сигналов  $RGsB$  и  $YsPrPb$ .

Некоторые виды оборудования требуют подачи синхроимпульсов по отдельным линиям, а иногда даже отдельных горизонтальных и вертикальных ведущих импульсов ( $H$  и  $V$ ).

В аналоговой области система 1250/50 использует двуполярный трехуровневый синхросигнал, который добавляется к сигналу  $Y$ , образуя полный сигнал  $Y_s$ . Допускается также ввод синхросигнала в сигналы  $P_r$  и  $P_b$ . Стандарт SMPTE 274M (1125/60) требует, чтобы трехуровневый синхросигнал добавлялся ко всем трем аналоговым компонентным сигналам.

Характеристики вносимого затухания пред- и постфильтров ТВЧ получены масштабированием характеристик, приведенных в Рекомендации МККР 601, однако характеристики группового времени запаздывания определены иначе. О них сказано только, что они должны быть "достаточно жесткими для достижения хорошего качества, но приемлемыми с точки зрения практической реализации фильтров".

"Плоская" частотная характеристика канала яркости ТВЧ обычно регламентируется до частоты 30 МГц (и соответственно до 15 МГц в каналах  $P_r$  и  $P_b$ ). Однако на практике, типичные параметры аппаратуры ТВЧ не соответствуют этим требованиям. Весьма часто АЧХ канала яркости плавно спадает до уровня - 3 дБ или даже - 6 дБ на частоте 30 МГц.

Параметр	1125/60 и 1250/50
Сигналы: Аналоговые Цифровые	Ys, Pr, Pb или R, Gs, B Y, Cr, Cb или R, G, B
Уровень гашения сигналов Y, R, G, B Аналоговый Цифровой	0 мВ 16
Опорный уровень белого Аналоговый Цифровой	700 мВ 235
Опорный (нулевой) уровень Pr, Pb Аналоговый Цифровой	0 мВ 128
Опорные (пиковые) уровни Pr, Pb Аналоговые Цифровые	$\pm 350$ мВ 16 и 240
Синхросигнал Аналоговый, трехуровневый (S)	$\pm 300$ мВ

Примечание: Уровни аналоговых сигналов даны на нагрузке 75 Ом. Цифровые уровни даны в 8-битовом представлении.

3.7.2. Параметры развертки и синхронизации

Параметр	Единицы измерения	1125/59.94/2:1	1250/50/2:1
Частота кадров	Гц	29.97 (30)	25
Частота полей	Гц	59.94 (60)	50
Число строк в кадре		1125	1250
Активные строки:			
Всего		1080	1152
Поле 1		21-560	45-620
Поле 2		584-1123	670-1245
Строки полевого интервала гашения		1124-20 561-583	1246-44 621-629
Частота строк	Гц	33,750	31,250
Частота дискретизации	МГц		
Яркости Y		74.17575 (74.25)	72.00
Цветоразностных Cr, Cb		37.087875 (37.125)	36.00
Номинальный период строк (H)	мкс/отсчет	29.66 (29.63) / 2200	32 / 2304
Длина активной строки			
Цифровая	мкс/отсчет	25.884 (25.859) / 1920	26.67 / 1920
Аналоговая	мкс/отсчет	25.884 (25.859) / 1920	26.00 / 1872
Строчный интервал гашения			
Цифровой	мкс/отсчет	3.77 / 280	5.33 / 384
Аналоговый	мкс/отсчет	3.77 / 280	6.00 / 432
Передняя площадка	мкс/отсчет	0.593 / 44	0.89 / 64
Полуширина строчного импульса	мкс/отсчет	0.593 / 44	0.89 / 64
Задняя площадка	мкс/отсчет	1.99 / 148	2.67 / 192
Полуширина уравнив. импульса	мкс/отсчет	0.593 / 44	0.89 / 64
Длительность вертикальной синхрогруппы	H	5	0.5
Число уравнивающих импульсов в синхрогруппе		5	0 - Поле 1 1 - Поле 2
Число широких импульсов		10	1
Ширина широкого импульса	мкс/отсчет	13.05 (13.04) / 968	8.00 / 576
Сдвиг широкого импульса	мкс/отсчет	1.78 / 132	3.56 / 256
Строки с широкими импульсами		1-5, 563-568	625, 1250
Время фронта всех импульсов	нс	54	50

Примечание: В формате 1920 x 1035 1125-строчной системы активными являются строки 41-557 и 603-1120, а вертикальный интервал гашения занимает строки 1121-40 и 558-602. В скобках показаны значения параметров для варианта 1125-строчной системы с частотой полей 60 Гц.



Рис. 3.7.2.1 Нумерация строк в стандарте 1125/1080

В старом формате 1920 x 1035 первое поле содержит 517 активных строк, а второе - 518 активных строк; верхняя видимая строка - это строка 603, а самая нижняя из видимых строк - строка 1120. Однако в новом формате 1920 x 1080 первое поле содержит 540 активных строк и начинается с самой верхней из видимых строк. Второе поле также содержит 540 активных строк и заканчивается самой нижней из видимых строк кадра. Структура вертикального гасящего интервала формата 1280 x 720 (с прогрессивной разверткой) схожа с показанной на рис. 7.2.1. Основное отличие состоит в том, что длительность вертикального гашения составляет 30 строк, а передняя площадка занимает 5 строк.

При прогрессивной развертке в соответствии со стандартом SMPTE 274M все 1080 активных строк разворачиваются по очереди сверху вниз. Частота дискретизации яркости при этом составляет 148.5 МГц, а строки распределены следующим образом:

- Вертикальный интервал гашения: строки с 1 по 41 включительно (вертикальная синхрогруппа занимает строки с 1 по 6 включительно) и строки с 1122 по 1125 включительно;
- Активная часть кадра: строки с 42 по 1121 включительно.

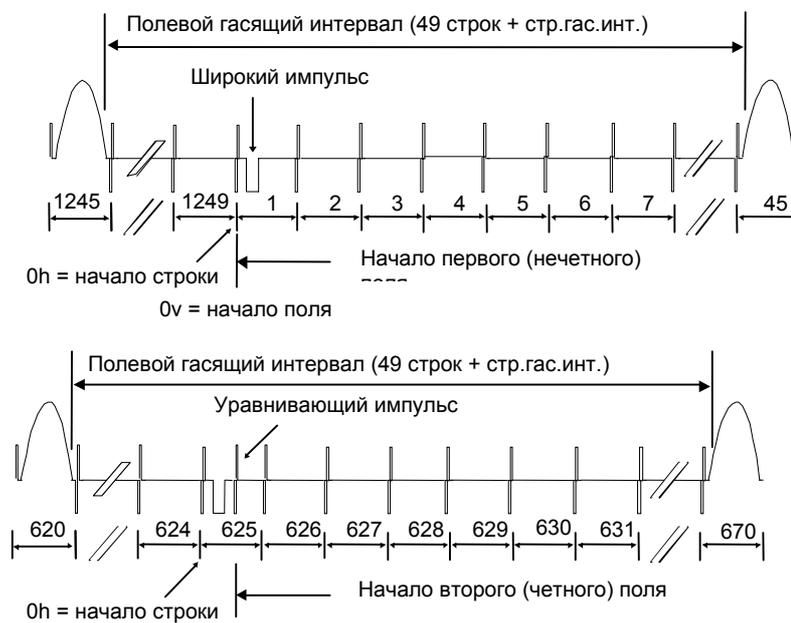


Рис. 3.7.2.2 Нумерация строк в стандарте 1250/50/2:1

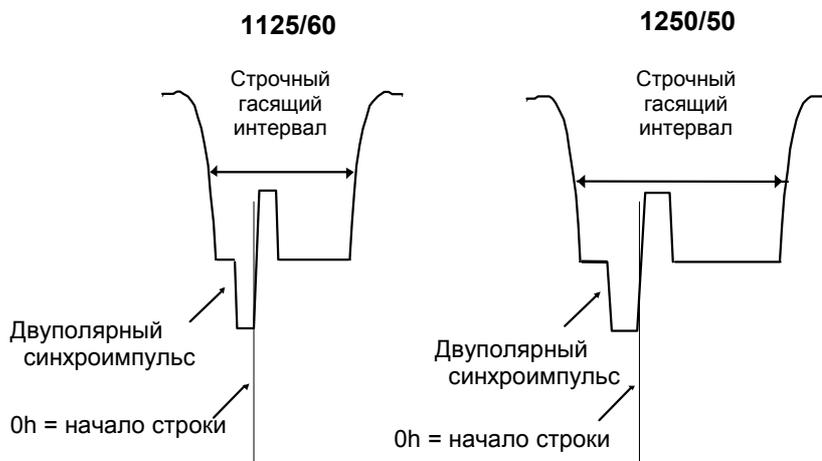


Рис. 3.7.2.3 Строчные синхроимпульсы в сигнале ТВЧ

### 3.7.3. Стыки ТВЧ

Наиболее распространенным стыком ТВЧ является параллельный аналоговый компонентный стык с тремя отдельными разъемами BNC для сигналов Ys, Pr, Pb или R, Gs, B.

Иногда применяются параллельные цифровые стыки. Документ SMPTE 260M регламентирует параметры 21-проводного 10-битового параллельного стыка с тактовыми частотами 74.25 Мбайт/с в каналах яркости Y и мультиплексированного сигнала Cг/Cб. Этот же документ описывает параллельный 10-битовый стык с 31 парой линий для передачи сигналов R, G и B с тактовыми частотами 74.25 Мбайт/с. При этом должен использоваться специальный многопарный кабель с отдельными экранами для каждой пары. По одной из пар передается тактовый сигнал на частоте дискретизации.

Документ SMPTE 274M описывает параметры 93-контактного параллельного стыка.

Максимальная длина 31-парного кабеля этого стыка ограничена 20 метрами для чересстрочной системы и 14 метрами для системы с прогрессивной разверткой.

Для системы 1250/50/2:1 регламентирован 10-битовый параллельный стык со скоростью 144 Мбайт/с и 50-контактным субминиатюрным разъемом типа D. Для передачи видеоданных Y и Cг/Cб применен формат NRZ (20 пар), а максимальная длина кабеля составляет 30 метров. Тактовый сигнал передается по 21-й паре на скорости вчетверо ниже скорости передачи кодовых слов (т.е. на скорости 36 МГц).

Стандарт SMPTE 292M описывает последовательный цифровой стык с коаксиальными и оптическими кабелями для скоростей от 1.3 до 1.5 Гбит/с. Общий формат канального кодирования модифицируется в зависимости от конкретного подварианта системы ТВЧ.

Длина коаксиального кабеля ограничена величиной затухания на половине тактовой частоты. Обычно она не должна превышать 20 дБ. Оптический стык при использовании одномодового волокна позволяет передавать сигналы на расстояние до 2 км.

Сведения о некоторых других стыках ТВЧ можно найти в документах SMPTE 295M и 297M.

### 3.8. Форматы файлов стоп-кадров

Форматы файлов стоп-кадров являются переходными между видеоформатами и компьютерными форматами. Они применяются для обмена статическими видеокадрами, например в видеографических рабочих станциях, или для захвата стоп-кадров от "живых" видеоисточников.

Существует множество компьютерных форматов графических файлов, таких как \*.BMP, \*.PCX, \*.GIF, и т.п. Однако здесь приведены только форматы, используемые при производстве ТВ программ со структурой дискретизации и уровнями квантования в соответствии с подмножеством 4:2:2 Рекомендации МККР 601. Это следующие форматы:

- \*.YUV - формат, впервые введенный в обращение фирмой Abekas Ltd, в котором файл содержит последовательность значений Cb, Y, Cr, Y... для активной части кадра с прогрессивной разверткой и квантованием на 8 бит. Размер файла составляет  $2*720*576 = 829440$  байт в 625-строчном варианте или  $2*720*486 = 699840$  байт в 525-строчном варианте. Здесь Cb и Cr - это цифровые значения цветоразностных сигналов, а Y - значения сигнала яркости. В хранении какой-либо синхронизации нет необходимости, поскольку адрес любого байта в пределах файла прямо указывает на геометрическое положение элемента изображения.
- Формат \*.IMG используется в некоторых блоках захвата стоп-кадров (full-frame grabbers), например модели "Pegsu", выпускаемых фирмой Viewtronics. Файл содержит последовательность элементов Cb, Y, Cr, Y... для цифровых активных частей строк всех строк ТВ кадра, расположенных в соответствии с чересстрочной нумерацией строк. В 625-строчном варианте файл начинается со строки 1 в полевого гасящем интервале, затем идут значения для 21 строки внутри гасящего интервала, 288 активных строк первого поля, 23 строки следующего гасящего интервала, 288 активных строк второго поля, и в конце следуют еще две строки полевого гасящего интервала. Таким образом, полный размер файла составляет  $2*720*625=900000$  байт. В 525-строчном варианте файл начинается со строки 1, затем идут 16 строк полевого гасящего интервала, 243 активных строки первого поля, 19 строк гасящего интервала, 243 активных строки второго поля и 3 строки гасящего интервала. Размер файла составляет  $2*720*525=756000$  байт.

*Следует отметить, что система нумерации строк в формате \*.IMG совпадает с принятой МККР для 625-строчного стандарта, но не совпадает с принятой для 525-строчного стандарта. В странах, применяющих 525-строчный стандарт, счет строк начинается с началом полевого гашения, а в 625-строчных странах он начинается с полевым синхросигналом. В файле \*.IMG счет строк всегда начинается с полевым синхросигналом.*

- Формат \*.DAT используется в блоках захвата стоп-кадров, которые упаковывают 10-битовые отсчеты видеосигнала в 2 байта. Первый байт пары содержит восемь старших битов, а следующий байт - два младших бита. Такие блоки выпускаются фирмой Pixel Power Ltd. Файл содержит все элементы всех строк чересстрочного кадра, плюс 6-байтовый заголовок, что дает размер файла  $4*864*625+6=2160006$  байт в 625-строчном варианте, или  $4*858*525+6=1801806$  байт в 525-строчном.

### 3.9. Сигналы цветных полос

Цветные полосы - наиболее часто применяемый тест для проверки и настройки кодеров, декодеров и другого видеоборудования. Обычно этот тест содержит несколько полос первичных и дополнительных цветов. Существует множество вариантов, различающихся последовательностью цветов, ориентацией полос, насыщенностью и интенсивностью.

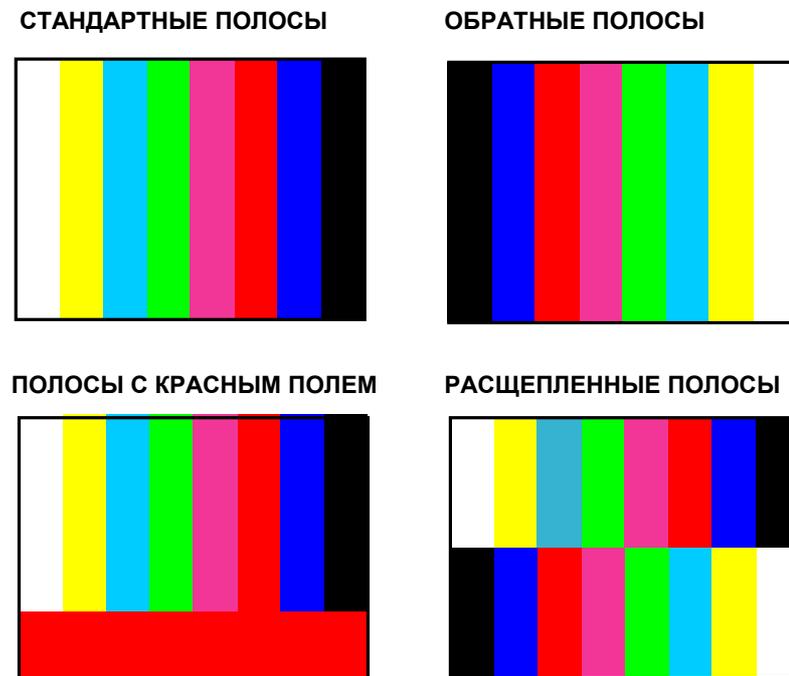


Рис. 3.9.1 Разновидности цветных полос

Последовательность Белый, Желтый, Голубой, Зеленый, Пурпурный, Красный, Синий, Черный является стандартной. В формате RGB сигналы в этой последовательности можно получать просто на выводах 3-разрядного двоичного счетчика.

Принято характеризовать уровни сигналов цветных полос (см. Рекомендацию ITU-R BT.471-1 "Номенклатура и описание сигналов цветных полос") с помощью четырех чисел, разделенных точками или косой чертой и указывающих максимальные и минимальные уровни сигналов RGB в процентах от *уровня опорного белого* для различных полос в следующей последовательности:

**Белая\_Полоса / Черная\_Полоса / Максимум\_ДляОкрашенныхПолос / Минимум\_ДляОкрашенныхПолос.**  
 Например, 100/0/100/25 означает уровни R, G и B для белой полосы равные 100 %, для черной полосы равные 0 %, уровень максимального из трех сигналов на окрашенных полосах равен 100 %, а уровень минимального из трех сигналов на окрашенных полосах равен 25 % .

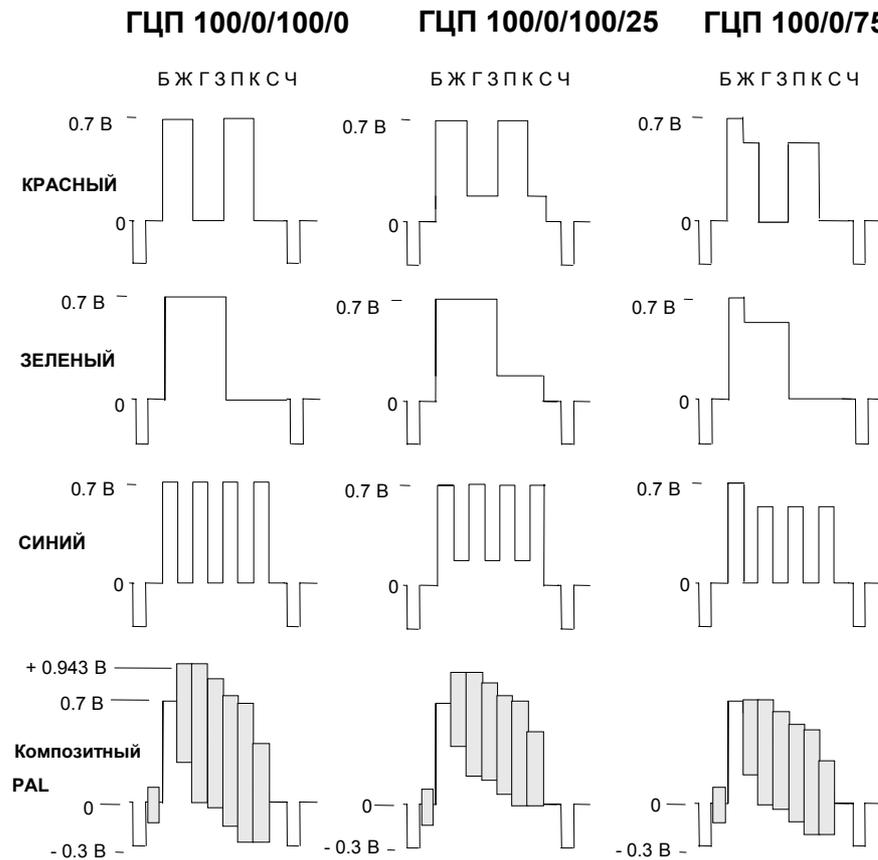


Рис. 3.9.2 Примеры номенклатуры цветных полос

Некоторые тесты цветных полос имеют специальные названия. Например, полосы номенклатуры 100/0/75/0 часто называют "Полосы EBU" или "ГЦП 75%", а полосы 100/0/100/25 известны под названием "Полосы Би-Би-Си" или "ГЦП 95%". Тем не менее, номенклатура МККР из четырех чисел остается единственной надежной и недвусмысленной системой обозначения уровней сигналов цветных полос.

В приведенных ниже таблицах все аналоговые уровни даются в мВ по отношению к уровню гашения. Предполагается, что коаксиальный кабель нагружен на 75 Ом. Цифровые уровни даны в дробно-десятичной системе записи 8/10, где дробная часть после десятичной точки представляет 9-й и 10-й биты. Частоты и частотные девиации даны в МГц.

## 3.9.1 Аналоговый компонентный формат YPrPb [Спецификация EBU]

**100/0/100/0**

	<b>Y</b>	<b>Pr</b>	<b>Pb</b>
Белый	700.	0	0
Желтый	620.200	56.919	-350.000
Голубой	490.700	-350.000	118.115
Зеленый	410.900	-293.081	-231.885
Пурпурный	289.100	293.081	231.885
Красный	209.300	350.000	-118.115
Синий	79.800	-56.919	350.000
Черный	0	0	0

**100/0/75/0 &  
75/0/75/0**

	<b>Y</b>	<b>Pr</b>	<b>Pb</b>
Белый	700.	0	0
Серый	525.	0	0
Желтый	465.150	42.689	-262.500
Голубой	368.025	-262.500	88.586
Зеленый	308.175	-219.811	-173.914
Пурпурный	216.825	219.811	173.914
Красный	156.975	262.500	-88.586
Синий	59.850	-42.689	262.500
Черный	0	0	0

В аналоговом компонентном формате существуют два важных специфических варианта цветных полос:

**1. Цветные полосы Betacam**

75 % цветные полосы в формате YPrPb, но с уровнями сигналов Pr и Pb увеличенными в 1.3333 раза, так что 75 % сигналы Pr и Pb имеют 100 % амплитуду, т.е. 350 мВ. В правой части этого испытательного изображения добавлены тест для установки яркости видеомониторов (вариант известного теста PLUGE) и 100 % белая полоса. В 625-строчном варианте уровень белого равен 700 мВ, а в 525-строчном варианте уровень белого составляет 100 IRE (714.285 мВ)

**2. Цветные полосы МП**

1. В 625-строчном варианте: совпадают со стандартными полосами 100/0/75/0 в формате YPrPb (уровень белого составляет 700 мВ).

2. В 525-строчном варианте: Полосы номенклатуры 100/7.5/75/7.5 в формате YPrPb, но с уровнем белого 700 мВ (как в 625-строчном варианте), вместо обычного для 525-строчных стран уровня 100 IRE. Амплитуда сигналов Pr и Pb при этом составляет:  $0.5 (0.75 - 0.075) 700 = \pm 236.25$  мВ.

## 3.9.2 Цифровой компонентный формат YCbCr

**100/0/100/0**

	<b>Y</b>	<b>Cb</b>	<b>Cr</b>
Белый	235.00	128.00	128.00
Желтый	210.00	16.00	146.25
Голубой	169.50	165.75	16.00
Зеленый	144.50	53.75	34.25
Пурпурный	106.50	202.25	221.75
Красный	81.50	90.25	240.00
Синий	41.00	240.00	109.75
Черный	16.00	128.00	128.00

**100/0/75/0 & 75/0/75/0**

	<b>Y</b>	<b>Cb</b>	<b>Cr</b>
Белый	235.00	128.00	128.00
Серый	180.25	128.00	128.00
Желтый	161.50	44.00	141.75
Голубой	131.25	156.25	44.00
Зеленый	112.50	72.25	57.75
Пурпурный	83.75	183.75	198.25
Красный	65.00	99.75	212.00
Синий	34.75	212.00	114.25
Черный	16.00	128.00	128.00

Примечание: Уровни даны в дробно-десятичном представлении 8/10 бит. Цифры до десятичной точки означают восемь старших разрядов, а цифры после десятичной точки означают два младших разряда с шагом 0.25. Например, число 165.75 означает 10-битовый код 663, в двоичном представлении 1010010111.

**3.9.3 Аналоговые композитные форматы***NTSC-M (США), PAL-M***100/7.5/100/7.5**

	<b>Яркость</b>	<b>Цветность</b>
Белый	714.2857	0
Желтый	638.9643	591.1193
Голубой	516.7321	835.5836
Зеленый	441.4086	780.2414
Пурпурный	326.4464	780.2414
Красный	251.1250	835.5836
Синий	128.8929	591.1193
Пьедестал (Черное)	53.5714	0

**75/7.5/75/7.5**

	<b>Яркость</b>	<b>Цветность</b>
Белый	714.2857	0
Серый	549.1071	0
Желтый	492.6164	443.3393
Голубой	400.9421	626.6879
Зеленый	344.4507	585.1807
Пурпурный	258.2279	585.1807
Красный	201.7364	626.6879
Синий	110.0629	443.3393
Пьедестал (Черное)	53.5714	0

*NTSC-M (Япония)***100/0/100/0**

	<b>Яркость</b>	<b>Цветность</b>
Белый	714.2857	0
Желтый	632.8572	639.0479
Голубой	500.7143	903.3336
Зеленый	419.2835	843.5042
Пурпурный	295.0000	843.5042
Красный	213.5715	903.3336
Синий	81.4286	639.0479
Пьедестал (Черное)	0	0

**75/0/75/0**

	<b>Яркость</b>	<b>Цветность</b>
Белый	714.2857	0
Серый	535.7142	0
Желтый	474.6432	479.2857
Голубой	375.5359	677.5004
Зеленый	314.4641	632.6278
Пурпурный	221.2503	632.6278
Красный	160.1784	677.5004
Синий	61.0719	479.2857
Пьедестал (Черное)	0	0

Существуют два важных специфических варианта цветных полос в формате NTSC:

### **1. Цветные полосы SMPTE**

Строчно-матричный тест по документу SMPTE EG 1-1990 "Испытательный сигнал цветных полос для настройки телевизионных мониторов" в котором верхние 67 % высоты кадра занимают семь цветных полос (без черной полосы) с амплитудой 75 %, следующие 8 % высоты занимают полосы установки цвета (New Chroma Set -

Синий, Черный, Пурпурный, Черный, Голубой, Черный, Белый), а остающиеся 25 % высоты кадра занимают полосы осей кодирования в последовательности -I, Белый, Q, Черный, и тест для установки яркости экрана (вариант известного теста PLUGE).

Насыщенность и фаза цветности на экране монитора традиционно проверяются путем наблюдения декодированных цветных полос при выключенных красном и зеленом электронных прожекторах кинескопа. Четыре видимых синих полосы при правильной настройке должны иметь равную яркость. Использование полос установки цвета (chroma set) существенно повышает точность настройки. В отличие от обычного ГЦП, где надо сравнивать яркости далеко отстоящих полос, здесь сравниваются яркости вертикально смежных полос.

Глаз оператора легко замечает малейшие различия в яркости смежных синих полос. Кроме того, устраняются погрешности, связанные с неравномерностью цвета по полю экрана.

Тест для установки яркости экрана дает простой двоичный критерий правильности установки. Кроме того, он снижает зависимость результата от окружающего освещения. При правильной настройке темно-серый прямоугольник должен быть виден на черном фоне, а прямоугольник "чернее черного" должен сливаться с черным фоном.

### **2. Цветные полосы EIA**

Строчно-матричный тест по документу RS-189-A, в котором верхние 75 % высоты кадра занимают семь цветных (без черной) полос с амплитудой 75 %, (как в полосах SMPTE), а остающиеся 25 % высоты кадра занимают полосы осей кодирования в последовательности -I, Белый, Q, Черный.

*PAL, PAL-N***100/0/100/0**

	<b>Яркость</b>	<b>Цветность</b>
Белый	700.	0
Желтый	620.200	627.331
Голубой	490.700	885.083
Зеленый	410.900	826.789
Пурпурный	289.100	826.789
Красный	209.300	885.083
Синий	79.800	627.331
Черный	0.	0

**100/0/75/0 &  
75/0/75/0**

	<b>Яркость</b>	<b>Цветность</b>
Белый	700.	0
Серый	525.	0
Желтый	465.150	470.500
Голубой	368.025	663.812
Зеленый	308.175	620.092
Пурпурный	216.825	620.092
Красный	156.975	663.812
Синий	59.850	470.500
Черный	0.	0

**100/0/100/25**

	<b>Яркость</b>	<b>Цветность</b>
Белый	700.	0
Желтый	640.15	470.500
Голубой	543.025	663.812
Зеленый	483.175	620.092
Пурпурный	391.825	620.092
Красный	331.975	663.812
Синий	234.850	470.500
Черный	0.	0

**SECAM****100/0/75/0 & 75/0/75/0**

Строка Dr	Яркость	Цветность	Fr	Fr-For
		<b>ь</b>		
Белый	700.	214.534	4.40625	0.0
Серый	525.	214.534	4.40625	0.0
Желтый	465.150	183.809	4.3607	- 0.0455
Голубой	368.025	475.969	4.6862	+ 0.2800
Зеленый	308.175	431.953	4.6407	+ 0.2345
Пурпурны й	216.825	212.318	4.1718	- 0.2345
Красный	156.975	252.300	4.1263	- 0.2800
Синий	59.850	252.165	4.4518	+ 0.0455

Строка Db	Яркость	Цветность	Fb	Fb-Fob
		<b>ь</b>		
Белый	700.	166.724	4.2500	0.0
Серый	525.	166.724	4.2500	0.0
Желтый	465.150	362.786	4.0200	- 0.2300
Голубой	368.025	168.474	4.3276	+ 0.0776
Зеленый	308.175	280.321	4.0976	- 0.1524
Пурпурны й	216.825	211.607	4.4024	+ 0.1524
Красный	156.975	211.852	4.1724	- 0.0776
Синий	59.850	277.530	4.4800	+ 0.2300

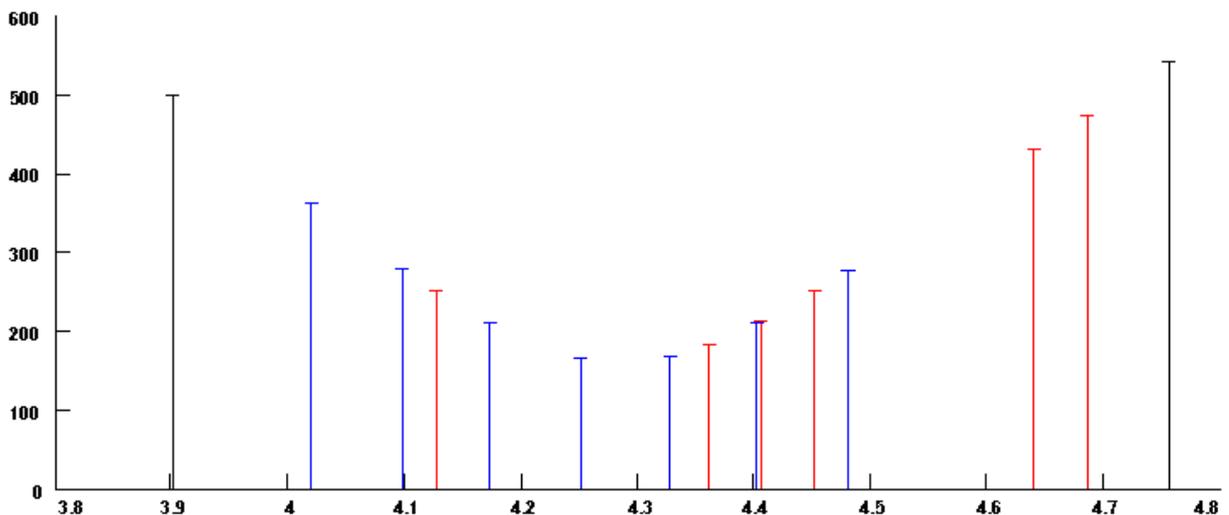


Рис. 3.9.3.1 Уровни цветности SECAM в мВ и частоты в МГц

## РАЗДЕЛ 4 - СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СТАНДАРТОВ

### Стандарты МОО (ISO Standards)

1. ISO/IEC 13818 International Standard. Information Technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information (MPEG-2)

### Рекомендации МСЭ-Р (ITU-R Recommendations)

1. BT.470-4. Television Systems
2. BT.471-1. Nomenclature and description of colour bar signals
3. BT.472-3. Video-frequency characteristics of a television system to be used for the international exchange of programmes between countries that have adopted 625-line colour or monochrome systems
4. BT.601-5. Studio encoding parameters of digital television for standard 4:3 and wide-screen 16:9 aspect ratios
5. BT.653-2. Teletext Systems
6. BT.656-3. Interfaces for digital component video signals in 525-line and 625-line television systems operating at the 4:2:2 level of Recommendation ITU-R BT.601 (Part A)
7. BT.709-2. Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange
8. BT.799-2. Interfaces for digital component video signals in 525-line and 625-line television systems operating at the 4:4:4 level of Recommendation ITU-R BT.601 (Part A)
9. BT.801-1. Test signals for digitally encoded colour television signals conforming with Recommendations ITU-R BT.601 (Part A) and ITU-R BT.656
10. BT.1119-1. Widescreen signalling for broadcasting. Signalling for widescreen and other enhanced television parameters
11. BT.1120. Digital Interfaces for 1125/60/2:1 and 1250/50/2:1 HDTV studio signals
12. BT.1124-1. Reference signals for ghost cancelling in television
13. BT.1197. Enhanced wide-screen PAL TV transmission system (the PALplus system)

### Рекомендации МСЭ-Т (ITU-T Recommendations)

1. J.63 (6/90). Insertion of test signals in the field-blanking interval of monochrome and colour television signals. Formerly ITU-R Rec. CMTT 473-5
2. J.64 (2/86). Definitions of parameters for simplified automatic measurement of television insertion test signals. Formerly ITU-R Rec. CMTT 569-2
3. J.80 (9/93). Transmission of component-coded digital television signals for contribution-quality applications at bit rates near 140 Mbit/s. Formerly ITU-R Rec. CMTT 721-2
4. J.81 (9/93). Transmission of component-coded digital television signals for contribution-quality applications at the third hierarchical level of ITU-T Recommendation G.702. Formerly ITU-R Rec. CMTT.723-1
5. J.101 (6/90). Measurement methods and test procedures for teletext signals. Formerly ITU-R Rec. CMTT 720

### **Стандарты СМПТЕ (SMPTE Standards)**

1. SMPTE 12M-1995. Television, Audio and Film - Time and Control Code
2. SMPTE 125M-1995. Television - Component Video Signal 4:2:2 - Bit-Parallel Digital Interface
3. SMPTE 170M-1994. Television - Composite Analog Video Signal - NTSC for Studio Applications
4. SMPTE 240M-1995. Television - Signal Parameters - 1125-Line High-Definition Production Systems
5. SMPTE 244M-1995. Television - System M/NTSC Composite Video Signals - Bit-Parallel Digital Interface
6. SMPTE 259M-1993. Television - 10-Bit 4:2:2 Component and 4fsc NTSC Composite Digital Signals - Serial Digital Interface
7. SMPTE 260M-1992. Television - Digital Representation and Bit-Parallel Interface - 1125/60 High-Definition Production System
8. SMPTE 266M-1994. Television - 4:2:2 Digital Component Systems - Digital Vertical Interval Time Code
9. SMPTE 272M. Television - Formatting AES/EBU Audio and Auxiliary Data into Digital Video Ancillary Data Space
10. SMPTE 274M-1995. Television - 1920 x 1080 Scanning and Interface
11. SMPTE 276M-1995. Television - Transmission of AES-EBU Digital Audio Signals Over Coaxial Cable
12. SMPTE 292M-1996. Television - Bit-Serial Digital Interface for High-Definition Television Systems
13. SMPTE 295M. Television - 1920 x 1080 50-Hz - Scanning and Interface
14. SMPTE 296M. Television - 1280 x 720 Scanning, Analog and Digital Representation and Analog Interface
15. SMPTE 297M. Television - Serial Digital Fiber Transmission System for ANSI/SMPTE 259M Signals

### **Рекомендации СМПТЕ (SMPTE Recommended Practices)**

1. RP 164-1992. Location of Vertical Interval Time Code
2. RP 165-1994. Error Detection Checkwords and Status Flags for Use in Bit-Serial Digital Interfaces for Television
3. RP 168-1993. Definition of Vertical Interval Switching Point for Synchronous Video Switching
4. RP 188-1996. Transmission of Time Code and Control Code in the Ancillary Data Space of a Digital Television Data Stream

### **Технические Руководства СМПТЕ (SMPTE Engineering Guidelines)**

1. EG 1-1990. Alignment Color Bar Test Signal for Television Picture Monitors
2. EG 27-1994. Supplemental Information for SMPTE 170M and Background on the Development of NTSC Color Standards

**Европейские Стандарты Электросвязи (European Telecommunication Standards)**

1. ETS 300 421. [DVB-S] Digital broadcasting systems for television, sound and data services; Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 Ghz satellite services.
2. ETS 300 429. [DVB-C] Digital broadcasting systems for television, sound and data services; Framing structure, channel coding and modulation for cable services.
3. ETS 300 468. Digital broadcasting systems for television, sound and data services; Specification for Service Information (SI) in Digital Video Broadcasting (DVB) systems
4. ETS 300 472. [DVB-TXT] Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for conveying ITU-R System B Teletext in Digital Video Broadcasting (DVB) bitstreams
5. ETS 300 473. [DVB-SMATV] Digital broadcasting systems for television, sound and data services; Satellite Master Antenna Television (SMATV) distribution systems
6. ETS 300 744. [DVB-T] Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television services
7. ETS 300 748. [DVB-T] Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for MDVS (Multipoint Video Distribution Systems) at 10 GHz and above
8. ETS 300 749. [DVB-T] Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for MDVS (Multipoint Video Distribution Systems) below 10 GHz
9. ETR 162. Digital broadcasting systems for television sound and data services; Allocation of Service Information (SI) codes for Digital Video Broadcasting (DVB) systems
10. ETR 211. Digital broadcasting systems for television; Implementation guidelines for the use of MPEG-2 systems; Guidelines on implementation and usage of Service Information (SI)
11. ETR 289. Digital Video Broadcasting (DVB); Support for use of scrambling and Conditional Access (CA)

## **В серии "Справочники Snell & Wilcox":**

Ниже приведен список книг, которые могут представить интерес для читателей, желающих расширить свои познания в области ТВ техники.

### **The Engineer's Guide to Decoding and Encoding**

#### **Пособие для инженеров по декодированию и кодированию**

- для тех, кто сталкивается с проблемами сопряжения современного компонентного оборудования с композитным окружением.

### **The Engineer's Guide to Standard Conversion**

#### **Пособие для инженеров по преобразователям стандартов**

- демонстрирует, что не все преобразователи стандартов одинаковы и как их сравнивать.

### **The Engineer's Guide to Motion Compensation**

#### **Пособие для инженеров по компенсации движения**

- дополняет "Пособие по преобразователям стандартов" и показывает каким образом компенсация движения видоизменяет преобразование стандартов.

### **The Snell & Wilcox Guide to Digital**

#### **Путеводитель по цифровой ТВ технике**

- легко читается и вводит в мир цифровой техники для производства ТВ программ. Рассмотрены: нелинейный монтаж, цифровая видеозапись, сжатие потока и цифровые методы измерений.

### **The Engineer's Guide to Compression**

#### **Пособие для инженеров по сжатию цифровых потоков**

- предмет изучения поясняется без излишней математики. В дополнение к теории даются практические советы, как получить максимальную пользу от систем цифрового сжатия.

Английские и русские (в переводе и под редакцией Е.З.Сороки и В.А.Хлебородова) издания указанных книг можно приобрести через фирму "Снелл и Уилкок" ЗАО, Москва, Тел: (095) 248-34-43, Факс: (095) 248-11-04

Опубликовано фирмой  
Snell & Wilcox Ltd.

Дурфорд Милл  
Петерсфилд  
Гемпшир  
GU13 5AZ  
Великобритания

Авторское право © фирмы Snell & Wilcox Ltd., 1997.

© Перевод на русский язык:  
"Снелл и Уилкокс" ЗАО, Москва  
Тел: (095) 248-34-43  
Факс: (095) 248-11-04

Текст и диаграммы данной публикации могут воспроизводиться  
при условии уведомления фирмы Snell & Wilcox Ltd.

