

Министерство образования и науки Украины  
Государственный Университет Телекоммуникаций  
Кафедра радиотехнологий

## **Лекция 9**

По дисциплине: "Основы телевидения и телевизионные системы"  
на тему: «Сети телевизионного вещания»

Доцент Пархоменко В.Л.

Київ-2014

# **1. Сети телевизионного вещания**

## **1. Структура передающей сети телевизионного вещания**

### **1.1 Передача телевизионных сигналов по спутниковым линиям связи**

#### **1.1.1 Принципы спутникового вещания**

### **1.2 Особенности построения приемопередающих устройств системы непосредственного телевизионного вещания**

#### **1.2.1 Особенности передачи аналоговых телевизионных сигналов по радиорелейным линиям**

### **1.3 Системы кабельного телевидения**

#### **1.3.1 Способы построения систем кабельного телевидения на коаксиальном кабеле**

### **1.4 Сети цифрового интерактивного кабельного телевидения**

### **1.5 Сотовые системы телевидения**

### **1.6 Контроль и измерения в телевизионных системах передачи**

# СЕТИ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ

## *1. Структура передающей сети телевизионного вещания*

Наземная телевизионная передающая сеть состоит из телецентров, работающих совместно с радиотелевизионными передающими станциями (РТПС), телевизионных ретрансляторов и технических средств передачи телевизионных сигналов на большие расстояния. Телецентры представляют собой комплексы радиотехнической аппаратуры, помещений и служб, необходимых для создания телевизионных программ. С телецентров сформированные телевизионные сигналы непосредственно передаются на РТПС.

Основным назначением телевизионных ретрансляторов является обеспечение более равномерного покрытия густонаселенной территории телевизионным вещанием. Телевизионные ретрансляторы требуются, как правило, в двух случаях: во-первых, вне зоны уверенного приема основной мощности РТПС и, во-вторых, внутри зоны в местах, в которых по географическим причинам сигнал основной станции ослаблен и не обеспечивает удовлетворительного качества приема. Причем около 18 000 ретрансляторов имеют спутниковые приемные антенны.

Организовано телевизионное вещание по зональному принципу с поочередным повторением передачи центральных программ для каждой из пяти существующих зон со сдвигом во времени на два часа.

В РФ для организации телевизионного и звукового радиовещания с частотной модуляцией (ОВЧ ЧМ) выделены определенные полосы частот. С целью классификации выделенные для телевизионного вещания в стране полосы частот электромагнитных колебаний условно разбиты на пять частотных диапазонов, в которых может быть размещено 73 радиоканала:

I диапазон 48,5...66 МГц (радиоканалы 1 и 2);

- II диапазон 76...100 МГц (радиоканалы 3-5);
- III диапазон 174...230 МГц (радиоканалы 6-12);
- IV диапазон 470...582 МГц (радиоканалы 21-34);
- V диапазон 582...960 МГц (радиоканалы 35-82).

Радиоканалы первых трех частотных диапазонов соответствуют метровым волнам, а радиоканалы четвертого и пятого частотных диапазонов - дециметровым волнам. Следует заметить, что между вторым и третьим диапазонами расположена полоса частот, отведенная для ОВЧ ЧМ вещания, равная 7 МГц (66...73 МГц).

Частоты  $f_n$ ,  $f_o$ , ограничивающие полосу любого дециметрового канала, и частота несущей изображения  $f_{из}$  радиоканала могут быть определены по номеру канала из следующих соотношений:

$$f_n = 470 + (N_k - 21) \times 8 = 302 + 8 N_k, \text{ МГц};$$

$$f_o = 470 + (N_k - 20) \times 8 = 310 + 8 N_k, \text{ МГц};$$

$$f_{из} = 470 + (N_k - 21) \times 8 + 1,25 = 303,25 + 8 N_k, \text{ МГц}.$$

Выбор нижней границы I диапазона определяется тем, что для упрощения конструкции телевизионных приемников и снижения частотных искажений при выделении полного телевизионного сигнала из радиосигнала необходимо, чтобы несущая частота изображения в несколько раз превышала максимальную частоту спектра модулирующего телевизионного сигнала  $f_B = 6,25$  МГц. Кроме того, частотный диапазон примерно до 40 МГц практически полностью занят для целей радиовещания и радиосвязи и других радиослужб. Верхняя граница V частотного диапазона ограничена длинами радиоволн, на которых начинают сказываться значительное их поглощение в атмосфере и влияние ее неоднородностей - дождя, тумана и т.д.

#### Планирование передающей телевизионной сети

Каждый радиоканал предназначается для передачи сигналов изображения и звукового сопровождения одной телевизионной программы. Ширина полосы частот радиоканала определяется используемым в РФ телевизионным стандартом, т.е. соответствует 8 МГц. В цифровом телевидении при использовании стандарта кодирования с информационным

сжатием MPEG-2 по одному стандартному радиоканалу уже сейчас можно передавать до восьми телевизионных программ.

При определении значений основных параметров РТПС и выборе для нее частоты основным критерием является возможность работы рассматриваемого передатчика без взаимных помех в сложившейся передающей сети. Следовательно, электромагнитная совместимость является основным критерием при выборе частот для организации вещания в каждом конкретном пункте.

Для того чтобы принять с удовлетворительным качеством программу телевидения (например, в полосе частот каналов 6-12) или стереофонического звукового вещания с помощью достаточно сложных (многоэлементных) наружных антенн, поднятых над уровнем земли на 10 м, нужно, чтобы напряженность электромагнитного поля передатчика была не менее 500 мкВ/м.

В то же время мешающее влияние такого передатчика будет вполне ощутимо при создаваемой им напряженности поля 1 мкВ/м, т.е. в 500 раз меньше той, при которой возможен нормальный прием его передачи. Соответственно, зона мешающего влияния радиовещательной станции значительно превышает зону обслуживания. Так, передатчик мощностью 5 кВт с передающей антенной, обладающей коэффициентом усиления 6 раз и поднятой над землей на 150 м, имеет зону обслуживания радиусом 54 км. При этом расстояние, на котором он может создавать помехи приему других радиостанций, работающих на той же частоте (в совмещенном канале), равно около 400 км.

Помимо помех по совмещенному каналу, возможны также помехи от так называемых смежных (непосредственно граничащих по частоте) гетеродинных и зеркальных каналов. Чтобы не создавать все эти перечисленные ситуации, применяют специальные методы оптимального планирования.

Планирование передающей телевизионной сети заключается в определении места расположения РТПС и выборе их параметров (мощность передатчиков, высота подвеса антенн, частота излучения), чтобы обеспечивались удовлетворительные условия приема в заданной полосе без взаимных помех между телевизионными станциями. При этом следует иметь в виду, что телевизионные передающие станции и радиоретрансляторы большой мощности имеют радиус действия обычно 50...70 км, а ретранс-

ляторы малой мощности излучают телевизионные сигналы в радиусе 10...20 км.

Наиболее экономичное планирование передающей телевизионной сети достигается в том случае, если телевизионные передающие станции размещаются по углам равностороннего треугольника (рис. 1.1) [40].

В этом случае каждый телевизионный передатчик, имеющий передающую антенну с круговой диаграммой направленности, обеспечивает возможность приема телевизионного сигнала на расстоянии  $r < r_0$ , где  $r_0$  - средний радиус зоны прямой видимости. Из рис. 1.1 видно, что для сплошного покрытия территории площадью  $S$  телевизионным вещанием с помощью нескольких телевизионных радиопередатчиков, имеющих одинаковый средний радиус зоны обслуживания  $r$ , расстояние между соседними телевизионными радиопередатчиками нужно выбирать из условия  $r \leq \sqrt{S/3}$ . При этом образуются области, в которых возможен уверенный прием одновременно от нескольких телевизионных радиопередатчиков. Радикальным средством ослабления взаимных помех для телевизоров, расположенных в этих областях, является работа соседних телевизионных радиопередатчиков в разных телевизионных радиоканалах. При этом учитывается избирательность телевизионных приемников по соседним каналам приема.

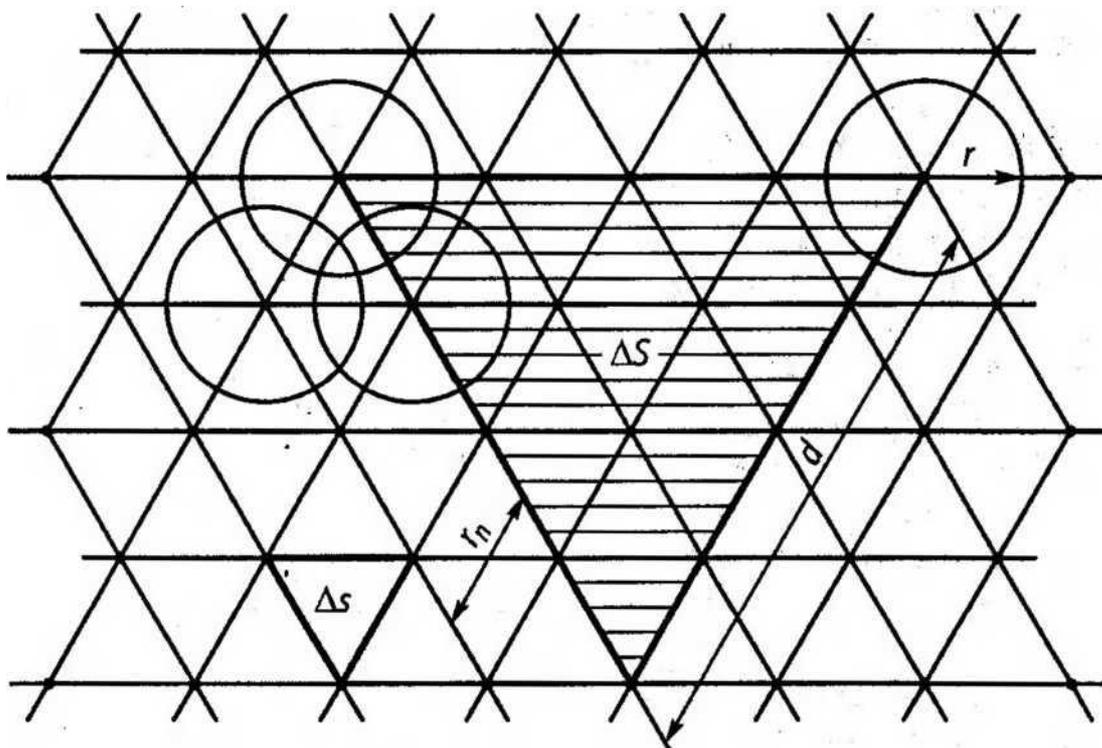


Рис. 1.1. Схема размещения телевизионных радиопередатчиков

•V Из рис. 1.1 следует, что каждый элементарный треугольник площадью  $\Delta S$  обслуживается тремя радиопередатчиками. При этом каждый радиопередатчик является общим для шести треугольников. Следовательно, если заданную территорию площадью  $S$  можно условно разбить на  $\kappa$  треугольников площадью  $\Delta S$ , то количество радиопередатчиков  $l_{п1}$ , необходимых для обеспечения телевизионным вещанием этой территории, равно

$$l_{п1} = 3/\kappa/6 = \kappa/2.$$

' Выделим в пределах общей территории большой треугольник площадью  $\Delta S$ , в вершинах которого располагаются телевизионные радиопередатчики, работающие в одном радиоканале. Сторона такого треугольника, соответствующая расстоянию  $d$  между радиопередатчиками, работающими в совмещенном канале, практически находится в пределах 400...500 км в зависимости от особенностей рельефа местности. Будем считать, что в пределах этой территории можно выделить  $M_s$  больших треугольников. Тогда в пределах всей зоны телевизионного вещания может быть расположено  $l_{п2} = M_s/2$  радиопередатчиков, работающих в одном канале. Зная значения  $l_{п1}$  и  $l_{п2}$ , легко определить число радиоканалов  $L/\kappa$ , необходимых для обслуживания телевизионным вещанием всей территории площадью  $S$ .

$$N = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{K}{2} \frac{K}{\sqrt{3}} \frac{SAS}{AS} \left(\frac{\sqrt{3}}{4}\right) d^2 \kappa \frac{M_s/2}{AS} \frac{M_s}{AS} \frac{SAs}{AS} \frac{r}{r_n} \frac{T}{y} 3r d^2$$

Из вышеприведенного выражения следует, что для уменьшения числа радиоканалов, необходимых для охвата телевизионным вещанием заданной территории, необходимо уменьшить расстояние между передатчиками, работающими в одном радиоканале, и увеличить радиус вещания каждой телевизионной станции.

При планировании сети телевизионного вещания, а именно при конкретном распределении номеров радиоканалов для соседних передающих станций с целью исключения заметности взаимных помех должны соблюдаться нормы значения защитного отношения  $A$ , которое определяется выражением

$$A = U_B / U_n$$

где  $U_c$  - напряжение полезного сигнала на антенном входе телевизора;  $U_n$  - напряжение сигнала помехи. Следовательно, для сохранения высокого качества воспроизводимых телевизионных изображений отношение полезного сигнала к мешающему на входе телевизионного приемника должно быть не ниже защитного отношения.

Наибольшее защитное отношение требуется при работе телевизионных передатчиков в совмещенном (одинаковом) радиоканале. Например\* величина защитного отношения по совмещенному радиоканалу должна быть такой, чтобы полезный сигнал на входе телевизора был больше мешающего не менее, чем на 40 дБ. Для обеспечения такого значения защитного отношения на практике необходимо удалять друг от друга телевизионные радиопередатчики, работающие в одинаковых радиоканалах, на очень значительные расстояния. Вследствие различной степени заметности отдельных частотных составляющих помехи, а также неравномерности частотной характеристики избирательности телевизионного приемника, величина защитного отношения неодинакова по спектру радиоканала (рис. 1.2) [40].

Определенным смещением несущих частот (СНЧ) передающих телевизионных радиостанций можно уменьшить заметность помех и тем самым снизить требуемые значения защитного отношения, что позволит сократить расстояние между радиопередатчиками, работающими в совмещенных каналах. В свою очередь это дает возможность снизить число радиоканалов, необходимых для организации однопрограммного телевизионного вещания в пределах заданной территории.

Метод СНЧ основан на использовании дискретных частотных свойств телевизионных сигналов. Причем величина ослабления мешающего действия помех зависит от величины сдвига и точности его поддержания. Различаются два режима работы СНЧ - обычный и прецизионный (точный).

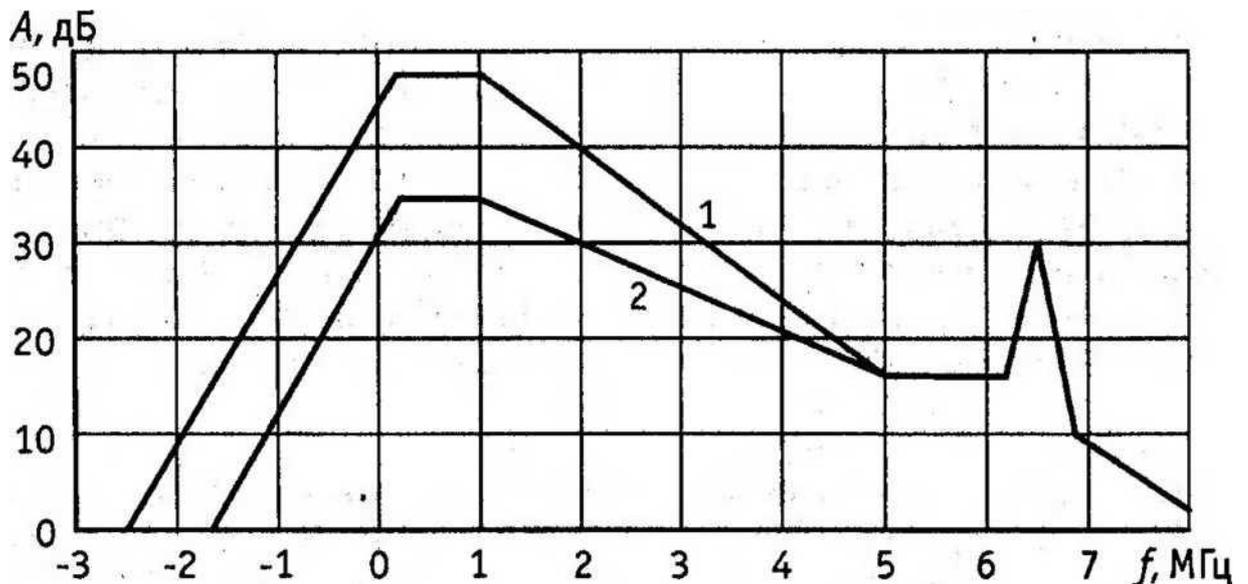


Рис. 1.2. Частотные зависимости защитного отношения: 1 - СНЧ = 0; 2 - СНЧ =  $\pm 1/34$

Г

! При обычном режиме СНЧ учитывается смещение в пределах периода строчной развертки. При этом не требуется большая абсолютная стабильность величины сдвига спектров (несущих частот радиопередатчиков. В случае трех радиопередатчиков, работающих в одном радиоканале, один должен иметь номинальное значение несущей частоты изображения  $f_{0из}$ , другой  $f_{0,з} + 2/34$ , а третий  $f_{0из} - 2/34$ . Следовательно, несущие частоты второго и третьего радиопередатчиков имеют сдвиг на  $4/34$

При прецизионном СНЧ учитывается сдвиг в пределах периода частоты кадров, т.е. сдвиг должен быть кратным частоте кадров, равной 25 Гц. Для выполнения данного условия относительная нестабильность  $4$  должна находиться в пределах  $5 \cdot 10^{-6}$ , а абсолютная нестабильность несущей изображения радиопередатчика не более  $\pm 2,5$  Гц. Прецизионное смещение дает дополнительный выигрыш по сравнению с обычным СНЧ на 10 дБ. Выигрыш в защитных отношениях, достигаемый при точном СНЧ по сравнению с обычным СНЧ, позволяет значительно сократить расстояния между мешающими передатчиками, а в уже сложившейся передающей сети существенно снизить взаимные помехи, что способствует дальнейшему повышению качества телевизионного приема.

Мешающее действие помех может быть также уменьшено применением различной поляризации радиоволн, излучаемых РТПС, работающими в

совмещенном радиоканале. Практически в этом случае защитное отношение может быть снижено на 10 дБ.

В сети с равномерным распределением каналов для удовлетворительного качества приема в первом случае требуемое защитное отношение равно 25 дБ, во втором - 44 дБ (почти в 10 раз больше). Телевизоры с разными значениями частот промежуточных несущих создают зеркальные помехи также в разных каналах. Поэтому увеличивается число запрещаемых при планировании сочетаний частотных каналов.

Особенностями внедрения в эксплуатацию цифровых систем наземного телевизионного вещания являются, во-первых, способность передачи в каждом регионе в 4-6 раз большего числа сигналов разных телевизионных программ при том же числе задействованных радиоканалов по сравнению с аналоговым вещанием, а, во-вторых, более низкие (примерно в пять раз) мощности передачи.

Важнейшее достоинство метода модуляции COFDM, используемого в системе цифрового наземного телевизионного вещания DVB-T, заключается в возможности создания одночастотных сетей (SFN - Single Frequency Network). В этом случае трансляция телевизионных программ на большую территорию идет параллельно через ряд передатчиков, работающих на одной и той же частоте. В таких сетях телевизионный приемник получает сигналы сразу от нескольких передатчиков, приходящие с различной задержкой во времени. Если эти сигналы приходят от близко расположенных передатчиков, то они просто складываются, обеспечивая возрастание итогового уровня полезного сигнала в телевизоре. Сигналы же от более удаленных передатчиков фактически не учитываются декодером приемника за счет наличия запретного интервала и не влияют на прием. Длительность запретного интервала должна удовлетворять условию  $T_G \times (d/V_c)$ , где  $d$  - расстояние между соседними телевизионными передатчиками;  $V_c$  - скорость распространения электромагнитных колебаний. На практике режим 2 к пригоден для телевизионного вещания одиночным передатчиком и для построения малых одночастотных сетей с ограниченным расстоянием между передатчиками. Режим 8/с применяется в тех случаях, когда необходимо построение больших одночастотных сетей. Для примера в табл. 1.1 приведены возможные значения максимального разноса между передатчиками в одночастотной сети в зависимости от длительности защитного интервала [18].

**Таблица 1.1. Основные параметры одночастотных сетей цифрового телевизионного вещания**

Параметр	Значение параметра	
	8к	2к
Длительность защитного интервала $T_e$ , мкс	224; 112; 56; 28	56; 28; 14; 7
Максимальный разнос между телевизионными передатчиками в одночастотной сети, км	67,2; 33,6; 16,8; 8,4	16,8; 8,4; 4,2; 2,1

## 1.1. Передача телевизионных сигналов по спутниковым линиям связи

### 1.1.1. Принципы спутникового вещания

Впервые идею об использовании искусственных спутников Земли (ИСЗ), находящихся на геостационарной орбите, для телекоммуникационных целей и вещания высказал известный американский писатель-фантаст Артур Кларк в 1945 г. Появление в шестидесятых годах двадцатого века первых ИСЗ дало техническую основу для очень эффективного решения проблемы создания больших и даже глобальных систем связи и вещания. Первый отечественный спутник связи «Молния» был выведен на высокоэллиптическую орбиту в апреле 1965 г. Спутниковое телевизионное вещание (СТВ) является сегодня одним из самых экономичных и надежных способов передачи телевизионных сигналов высокого качества в любую точку обширной территории нашей страны. К преимуществам СТВ относятся: возможность приема сигнала практически неограниченным числом приемных установок, высокая надежность ИСЗ связного типа, независимость затрат на приемную установку от расстояния между источником телевизионного сигнала и абонентом (в пределах зоны обслуживания), незначительное влияние атмосферы и географических особенностей местности на устойчивость приема. Эти преимущества обусловили развитие во многих странах мира работ по созданию СТВ. Некоторые системы рассчитаны на прием телевизионных сигналов непосредственно на простые индивидуальные или коллективные приемные установки с малой антенной и согласно классификации Регламента радиосвязи относятся к радиовещательной

спутниковой службе (PSS). Это так называемые спутники непосредственного телевизионного вещания.

В то же время многими странами широко используются системы подачи и распределения телевизионных программ через ИСЗ малой и средней мощности, относящиеся к фиксированной спутниковой службе (ФСС или FSS). Первоначально эти системы обеспечивали прием телевизионных сигналов на головные станции кабельных сетей или эфирные ретрансляторы для последующего распределения абонентам. В последние годы благодаря техническому прогрессу стал возможен прием сигналов со спутников ФСС на сравнительно недорогую приемную антенну типа VSAT (Very Small Aperture Terminal), вполне доступную корпоративным пользователям. Аббревиатура VSAT переводится как терминал с антенной очень малого размера. Корпоративные сети VSAT объединяют географически удаленных пользователей в единую шифрованную двустороннюю сеть связи.

Важной характеристикой спутниковых телекоммуникационных систем является количество стволов спутникового ретранслятора. Стволом спутниковой связи называется приемопередающий тракт, в котором радиосигналы проходят через общие усилительные элементы (общий передатчик) в некоторой выделенной стволу общей полосе частот. Весь диапазон частот, в котором работают спутники связи, принято делить на некоторые полосы частот шириной

27.. 36, 72...120 МГц, в которых усиление радиосигналов осуществляется отдельным трактом-стволом. Вместо термина «ствол» часто применяется английское название - «транспондер». Число стволов, одновременно действующих на современных связных ИСЗ, может составлять от 6 до 12, достигая нескольких десятков на наиболее мощных ИСЗ. Радиосигналы этих стволов разделяются по частоте, пространству, поляризации. Числом стволов, их полосой пропускания определяется в основном важнейший параметр связных ИСЗ - их пропускная способность, т.е. число телефонных и телевизионных каналов, либо в более общем виде - число двоичных единиц в секунду, которое можно передавать через данный связной ИСЗ.

В целом для систем спутникового телевизионного вещания выделены полосы частот, представленные в табл. 1.2. Два последних диапазона *Ka* и *K*- почти не используются, и пока считаются экспериментальными. Однако вещание спутниковых телепрограмм в этих диапазонах позволяет значительно уменьшить диаметр приемных антенн.

Сформулированные в Регламенте радиосвязи основные положения, касающиеся систем спутникового НТВ, сводятся к следующему<sup>^</sup>]:

- в системах НТВ используются ИСЗ-ретрансляторы, расположенные на геостационарной орбите;
- для спутниковых радиолиний Земля-ИСЗ и ИСЗ-Земля выделены фиксированные полосы частот, указанные в табл. 1.3. Причем, в первую очередь, рекомендуется использование диапазона частот 10,7... 12,5 ГГц. Это связано с тем, что в этом участке спектра практически мало сказываются метеорологические условия атмосферы на распространение радиоволн. Следовательно, приемо-передающая аппаратура системы НТВ оказывается сравнительно дешевой;
- отношение сигнал-шум в системе НТВ не должна быть меньше 14 дБ;

Таблица 1.2. Полосы частот систем спутникового телевизионного вещания

<b>Наименование диапазона</b>	<b>Полоса частот, ГГц</b>
<b>/.-диапазон</b>	<b>1,452...1,55 и 1,61 ...1,71</b>
<b>S-диапазон</b>	<b>1,93...2,7</b>
<b>(^диапазон</b>	<b>3,40...5,25 И 5,725...7,075</b>
<b>X-диапазон</b>	<b>7,25...8,40</b>
<b>Хи-диапазон</b>	<b>10,70... 12,75 И 12,75... 14,80</b>
<b>Ха-диапазон</b>	<b>15,4.. .26,5 И 27,0.. .50,2</b>
<b>X-диапазон</b>	<b>84...86</b>

21\*

Таблица 1.3. Полосы частот в ГГц, выделенные спутниковому телевизионному вещанию ФСС и РСС для Района 1

Фиксированная спутниковая служба		Радиовещательная спутниковая служба	
ИСЗ-Земля	Земля-ИСЗ	ИСЗ-Земля	Земля-ИСЗ
3,4...4,2	5,725...7,075	0,62...0,79	10,7...11,7
4,5...4,8	7,9...8,4	2,5...2,69	14,0...14,8
7,25...7,75	12,5...13,25	11,7...12,5	17,3...18,1
10,7...11,7	14,0...14,8	40,5...42,5	47,0...49,2
12,5...12,75	17,3...17,7	84...86	*
17,7...21,2	27...31		
37,5...40,5	42,5...43,5		
8 8	47,2...50,2		
102...105	50,5...51,4		
149...164	71,0...75,5		
231...241	92...95		
	202...217		
	265...275		

- плотность потока мощности в зоне обслуживания не должна превышать - ЮЗ дБ-Вт/м<sup>2</sup> для индивидуального приема и -111 дБ • Вт/м<sup>2</sup>- для коллективного;
- для увеличения объема передаваемой информации рекомендуется двукратное использование рабочих частот, что возможно благодаря развязке по поляризации;
- в качестве интегрального параметра, характеризующего в целом приемное устройство спутниковых телевизионных сигналов, принят коэффициент добротности  $G/T$ , равный отношению коэффициента усиления антенны  $G$  к суммарной шумовой температуре всего приемного устройства  $T$  ( $T = T_{аз} + T_{пр}$ ), где  $T_{аз}$ ,  $T_{пр}$  - соответственно шумовые температуры антенной системы и непосредственно приемного устройства. Для установки индивидуального приема значение добротности выбирается равным 6 дБ/К, а для устройств коллективного приема спутниковых радиосигналов параметр  $G/T = 14$  дБ/°К.

Одной из особенностей применения ИСЗ является ограниченность энергетического потенциала спутникового ретранслятора, поэтому в спутниковом вещании традиционно используют методы обработки, требующие минимального отношения сигнал-шум на входе демодулятора в обмен, например, на полосу частот сигнала. В аналоговом вещании это был выбор частотной модуляции, а не амплитудной, в цифровом вещании приходится применять мощное каскадное помехоустойчивое кодирование и модуляцию с невысокими кратностями (скорее ФМ-4, т.е. QPSK, чем ФМ-8 и более высокие кратности).

Еще одна специфическая особенность спутникового вещательного ретранслятора - работа в нелинейном режиме вблизи точки насыщения выходного усилительного прибора (лампы бегущей волны или транзисторного усилителя), так как именно в этом режиме удастся получить максимальную выходную мощность и до предела снизить диаметр приемных антенн. Из-за существенной нелинейности работа в точке насыщения возможна только на одной несущей в стволе - это так называемый режим MCPC (Multiple Channels per Carrier - несколько каналов на одной несущей), когда цифровые потоки нескольких телевизионных программ объединяются (мультиплексируются) в общий поток и модулируют единственную несущую частоту, передаваемую с одной передающей станции. Нелинейный режим заставляет использовать виды модуляции с постоянной огибающей - смещенную ФМ и другие разновидности фазовой модуляции. Альтернативный вариант - SCPC (Single Channel per Carrier - один канал на одной несущей) требует перехода в линейный (точнее, квазилинейный) режим со снижением выходной мощности на

2,5.. 4 дБ и неэффективен в спутниковом вещании. Он применяется в спутниковых распределительных сетях, когда в одном стволе нужно передать на сеть профессиональных приемных станций несколько телевизионных программ, источники которых территориально разнесены и не могут собрать сигналы в одной точке, а потому вынуждены строить свои собственные передающие станции. Вторым случаем использования режима SCPC в спутниковом телевидении - передача телевизионного репортажа с небольшой перевозимой передающей станции. Ее энергетических возможностей обычно недостаточно для вывода ретранслятора в точку насыщения, и передача часто происходит далеко от насыщения, в линейном режиме. Этот вид передачи называется DSNG (Digital Satellite News Gathering - цифровая спутниковая видеожурналистика).

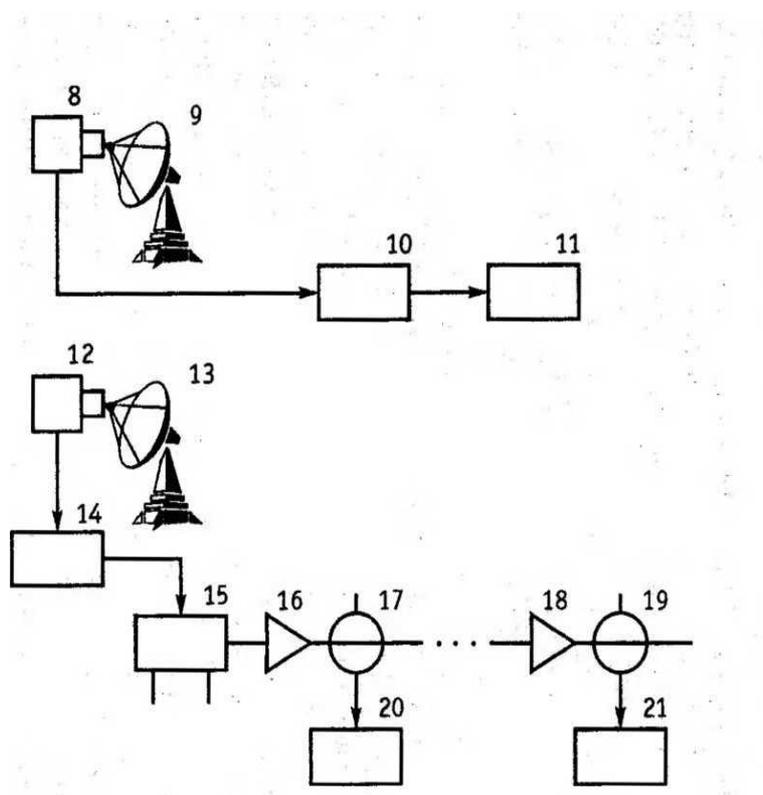
## **1.2. Особенности построения приемопередающих устройств системы непосредственного телевизионного вещания**

### **Функциональная схема цифровой спутниковой системы НТВ.**

Радиотелевизионный передающий центр системы НТВ состоит из следующих функциональных устройств: кодеров аудио- и видеоданных; мультиплексора, модулятора, радиопередатчика и передающей спутниковой антенны параболического типа. Назначение кодеров заключается в формировании транспортных потоков стандарта MPEG-2 и в их помехоустойчивом кодировании. Далее с помощью мультиплексора формируется результирующий транспортный поток данных, который непосредственно подается на вход QPSK-модулятора. Генерируемый с помощью радиопередатчика радиосигнал, несущий информацию об аудио- и видеоданных телевизионных программ, с помощью параболической антенны диаметром в несколько метров (практически до 10 м) излучается в направлении связного ИСЗ.

Радиоаппаратура спутникового ретранслятора включает в себя: общую антенну зеркального типа, частотно-разделительное устройство, СВЧ приемник, работающий в диапазоне частот, который отведен ФСС и РСС на участке Земля-ИСЗ и радиопередатчик, генерирующий радиосигнал в диапазоне частот 12 ГГц.

Приемная аппаратура в спутниковой системе НТВ может быть двух типов: абонентские устройства и приемные устройства, обеспечивающие



коллективный прием спутниковых телевизионных программ.

1 - ИСЗ; 2 - передающая спутниковая антенна; 3 - радиопередатчик; 4 - QPSK-модулятор; 5 - мультиплексор; 6, 7 - кодеры; 8, 12 - конверторы, сочлененные с поляризаторами; 9, 13 - приемные спутниковые антенны; 10 - абонентский спутниковый приемник; 11 - телевизор; 14 - головная станция; 15 - разветвитель на несколько направлений; 16,18 - магистральные усилители; 17,19 - магистральные ответвители; 20,21- домовая распределительная сеть

В состав аппаратуры непосредственного приема спутниковых телевизионных сигналов индивидуального типа входят: антенная система\* представляющая собой в большинстве случаев параболическое зеркало с облучателем, устройство дистанционного управления антенной, поляризатор, обеспечивающий выделение радиосигналов с выбранным направлением круговой или линейной поляризации, преобразователь спутниковых радиосигналов (конвертер), спутниковый абонентский приемник, типовой телевизор.



Неотъемлемой частью приемной аппаратуры спутниковых сигналов является позиционер, т.е. устройство дистанционного управления антенной системой. С помощью позиционера абонент имеет возможность перестраивать антенну на различные ИСЗ, находящиеся в разных позициях геостационарной орбиты. Иногда устройство дистанционного управления выполняется программируемым, что дает возможность перестраивать антенну по заранее составленному расписанию.

Наружный блок, выполняющий роль конвертера, укрепляется непосредственно у облучателя параболической антенны. В этом случае принимаемый антенной радиосигнал по отрезку волновода проходит через поляризатор на вход конвертера. В конвертере принятые радиосигналы после преобразования частоты переносятся в диапазон частот промежуточной частоты, усиливаются и передаются по коаксиальному кабелю на вход спутникового приемника.

Выбор промежуточной частоты должен удовлетворять нескольким требованиям [43]:

- промежуточная частота должна быть достаточно высокой, чтобы обеспечить одновременное пропускание всех радиосигналов

- спутникового телевизионного вещания;
- чем выше промежуточная частота, тем легче отфильтровать помехи зеркального канала и подавить обратное излучение гетеродина конвертера;
  - промежуточная частота не должна быть слишком высокой, в противном случае заметно возрастет стоимость конвертера и коаксиального кабеля снижения;
  - в полосу частот, выбранную для промежуточной частоты, и в соответствующую полосу частот зеркального канала не должны попадать частоты мощных наземных вещательных и других радиопередатчиков. С учетом всех перечисленных факторов для промежуточной частоты рекомендована полоса частот 0,95..2,15 ГГц, расположенная выше диапазонов частот наземного телевизионного вещания.

Напряжение питания на конвертер подается по центральному проводнику соединительного коаксиального кабеля со спутникового приемника.

В случае создания приемных спутниковых систем коллективного пользования, рассчитанных на обслуживание достаточно большого количества абонентов (сотни, тысячи абонентов), распределительная сеть имеет структуру типовых систем кабельного телевидения (см. рис. 9.7). В состав головной станции, представляющей собой центральное оборудование распределительной сети, которое осуществляет формирование вещательных телевизионных сигналов для абонентов, дополнительно вводятся QPSK-демодулятор и декодер формата MPEG-2, одновременно производящий помехоустойчивое декодирование. С помощью разветвителя на несколько направлений от головной станции отходят несколько магистральных линий, состоящих из однотипных кабельных участков, магистральных усилителей и ответвителей. К магистральным линиям подключаются домовые распределительные сети, содержащие домовые усилители, пассивные направленные абонентские разветвители, с помощью которых осуществляется присоединение типовых телевизоров.

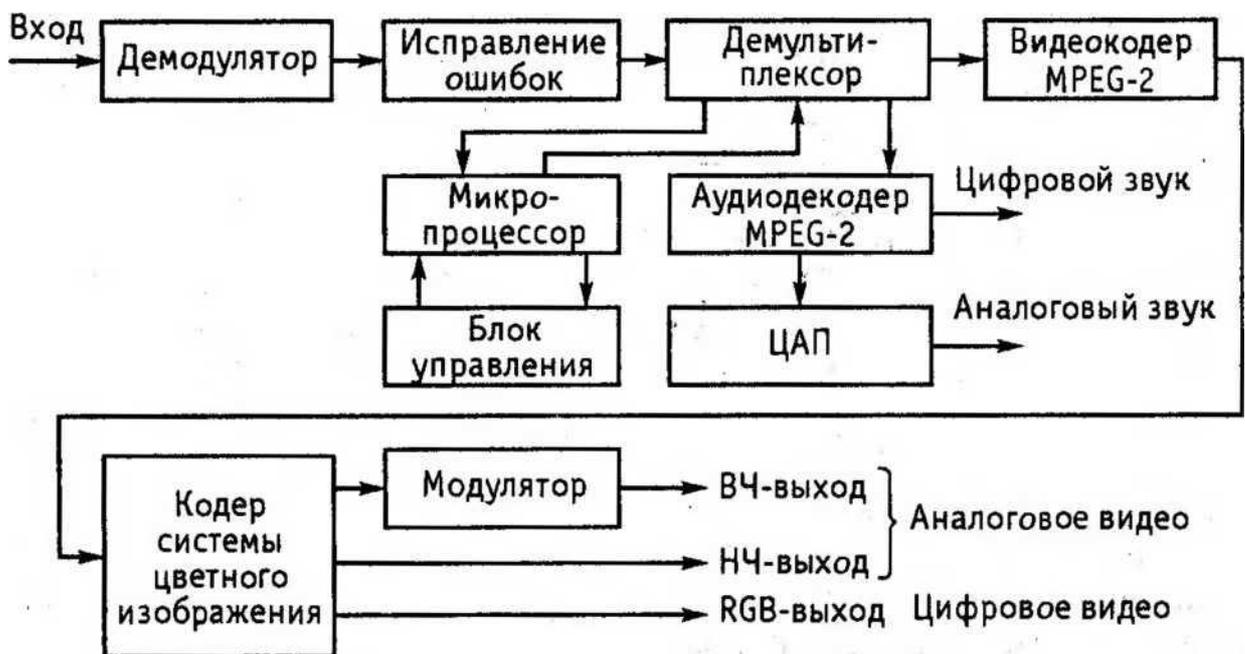


Рис.2 .1. Обобщенная структурная схема цифрового спутникового приемника

Рассмотрим базовую структурную схему спутникового цифрового приемника, представленную на рис. 2.1. После того, как выделенный с выхода конвертера сигнал проходит цепи демодуляции, он преобразуется в информационный поток в виде цифровых пакетов и поступает в устройство исправления ошибок. В демультимплексоре производится разделение информационного потока на два канала: аудио и видео. Декодер поддерживает самые различные форматы и имеет большое количество выходов: цифровое видео, аналоговое видео, цифровое аудио (звук), аналоговое аудио (звук), RGB-выход и др.

Конечной целью специалистов различных фирм, совместно разрабатывающих аппаратуру спутникового телевизионного вещания, является создание модульной архитектуры спутникового цифрового абонентского приемника. В этом случае конструкция спутникового приемника состоит из универсальных чипов, которые по своим функциональным возможностям могут использоваться как в аппаратуре локальных многоточечных систем распределения (MMDS-системы), так и в приемных устройствах цифровых кабельных сетей. Особенность модульного подхода заключается в оптимальном разделении субблоков и организации связи между ними при помощи универсального гибкого интерфейса и программного обеспечения.

**Организация условного доступа в спутниковых цифровых приемниках.** В настоящее время в системах НТВ для защиты транслируемых коммерческих (платных) телевизионных программ от несанкционированного доступа используются различные способы цифрового скремблирования

(кодирования). Скремблирование предполагает искажение вещательного телевизионного сигнала таким образом, что исключается возможность его приема в стандартном телевизоре.

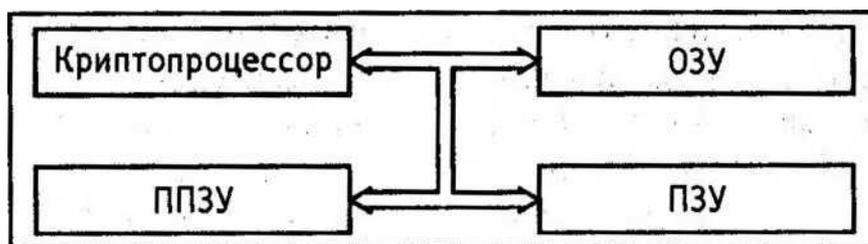
Очевидно, что современный цифровой спутниковый приемник должен работать с любой системой скремблирования. Эта проблема решается несколькими способами. Один из них - создание универсального модуля условного доступа, в котором система скремблирования задается программным путем. Другой способ - реализация проекта создания общей системы скремблирования, при использовании которой расшифровка программ от разных источников может быть индивидуализирована за счет разных условий доступа. Выполнение этих условий проверяется специальной карточкой условного доступа (smart card).

Smart cards («умные карты») - это пластиковые карточки с встроенными электронными устройствами, используемые как средства идентификации, контроля доступа и оплаты. На сегодняшний день их можно условно разделить на два вида [41 ]:

- неинтеллектуальные карты, не осуществляющие обработку информации. Сюда входят различные карты памяти и идентификационных меток. Наиболее наглядным примером таких устройств являются телефонные карты. Основным недостатком подобных карт является сравнительно низкая степень защиты;
- интеллектуальные карты, содержащие микропроцессоры, обрабатывающие информацию. Такие карты имеют значительно более высокую степень защиты.

По конструкции smart cards могут быть контактными или бесконтактными. В системах НТВ чаще всего используются контактные карты из-за их более низкой стоимости. Конструктивные особенности контактной, т.е. вставляемой, smart card, изготовленной в соответствии со стандартом Международной организации по стандартизации ISO-7816, поясняются рис.2.1. Перенос криптопроцессора в smart card означает, что при любом несанкционированном взломе системы условного доступа ее восстановление осуществляется только заменой всех smart cards, находящихся у абонентов.

Использование общего алгоритма скремблирования в системах НТВ - это вопрос будущего, а сейчас для приема цифровых пакетов от разных источников телевизионных программ, как правило, требуются разные модули условного доступа. Более того, современные стандарты спутникового телевизионного вещания предусматривают возможность существования цифровых пакетов, в которых разные телевизионные программы (от разных источников) скремблированы различными способами. Такой тип скремблирования называется Multicrypt.



ППЗУ - перепрограммируемое запоминающее устройство Рис. 2.2. Конструкция вставляемой интеллектуальной smart card

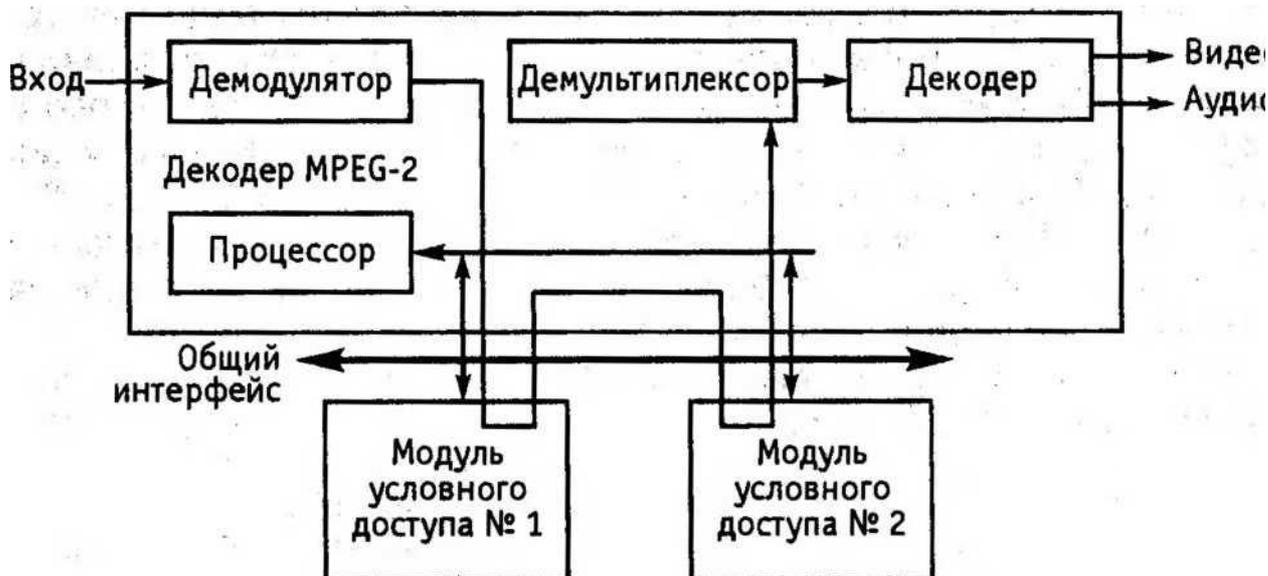


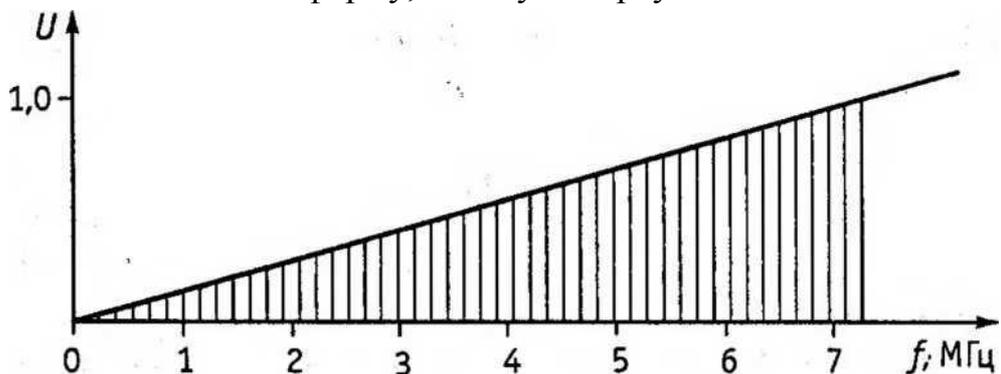
Рис. 2.3. Схема организации условного доступа с общим интерфейсом

С этой точки зрения более перспективным кажется использование общего интерфейса, посредством которого к базовому декодеру может подсоединяться один или несколько модулей условного доступа (несколько smart cards с различными системами декодирования) (рис. 2.3). В этом случае демодулированный поток данных последовательно проходит все модули условного доступа. Каждый модуль расшифровывает те элементарные потоки в цифровых пакетах, в которых используется соответствующая система скремблирования.

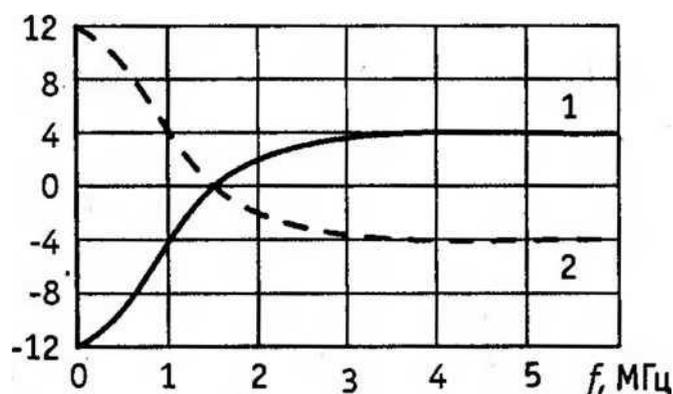
### 1.2.1. Особенности передачи аналоговых телевизионных сигналов по радиорелейным линиям

Передача цифровых телевизионных сигналов по цифровым радиорелейным линиям (РРЛ), которые фактически являются мульти-сервисными, не отличается от способов передачи других цифровых сигналов, например, данных. Однако в настоящее время для Передачи на большие расстояния телевизионных сигналов достаточно широко еще используются аналоговые РРЛ. В этом случае телевизионный сигнал из аппаратной телецентра (с выхода линейного усилителя) по кабелю или по вспомогательной РРЛ подается на модулятор передатчика оконечной радиорелейной станции (ОРС). Модулированный радиосигнал через цепочку ПРС ретранслируется к приемной ОРС, где телевизионный сигнал выделяется детектором, усиливается видеоусилителем и подается на РТПС. Основное усиление ретранслируемого сигнала на станциях РРЛ осуществляется на промежуточной частоте 70 или 140 МГц.

На РРЛ используется ЧМ суммарного сигнала. Спектр шума в канале связи с ЧМ имеет форму, близкую к треугольной.



При этом в диапазоне частот сигналов цветности шумы достигают своего наибольшего значения и их мешающее действие на сигналы, несущие информацию о цветности, сильно возрастает. Поэтому для уменьшения влияния шумов на качество цветного изображения необходимо на передающем конце РРЛ связи увеличить размах сигналов цветности, а на приемном - соответственно уменьшить, чтобы не ухудшать условия совместимости.



$K$ , дБ

Рис. 2.4. АЧХ предкорректирующей (1) и восстанавливающей (2) цепей видеотракта РРЛ

Естественно, что полный размах сигналов яркости и цветности при этих операциях должен оставаться неизменным. На практике телевизионный сигнал, поступающий на частотный модулятор, предварительно подвергается частотным предискажениям - размах низкочастотных составляющих телевизионного сигнала уменьшается, а высокочастотных - увеличивается. Необходимая форма АЧХ предкорректирующей и восстанавливающей цепей видеотракта представлена на рис. 2.4. Причем кривые предискажения и восстановления проходят через нуль на частоте 1,5 МГц. Так как амплитуда высокочастотных составляющих телевизионного сигнала обычно мала, то они на передающей стороне усиливаются (уравниваются с низкочастотными составляющими) на 14,5 дБ. При этом увеличивается общий размах телевизионного сигнала. Чтобы размахи телевизионных сигналов до коррекции и после нее были одинаковы, общее усиление уменьшается на 11,5 дБ. В результате коррекции амплитуды высокочастотных составляющих сигнала увеличиваются на 3 дБ, а низкочастотных - уменьшаются на 11,5 дБ. На приемном конце восстанавливается исходная форма телевизионного сигнала. Таким образом, на высоких частотах имеет место небольшое увеличение помехоустойчивости по отношению к флуктуационным шумам. Меньший размах передаваемых низкочастотных составляющих значительно снижает линейные и нелинейные искажения группового сигнала и позволяет обойтись без схемы ВПС на входе частотного модулятора. Примерно на 15...20 % уменьшаются переходные помехи от телевизионного сигнала в канале звукового сопровождения и звукового вещания. Необходимый подъем

АЧХ на высоких частотах можно осуществлять как пассивными корректирующими цепями, так и с помощью видеоусилителей с частотно-зависимой обратной связью.

Структурная схема передающей аппаратуры телевизионного ствола РРЛ представлена на рис. 2.5. На передающей стороне телевизионный сигнал с соединительной линии подается на ФНЧ 1 с граничной частотой 6 МГц. Затем телевизионный сигнал поступает на блок 2, в котором осуществляется коррекция группового времени запаздывания телевизионного сигнала и предискажения АЧХ с целью уменьшения уровня низкочастотных составляющих спектра, и на сумматор 3. Сигналы звукового сопровождения и звукового вещания  $1/f_{зв}$ , уровень которых после соединительных линий устанавливается входными регуляторами 9, 17, поступают на частотные модуляторы поднесущих  $f_{01}$ ,  $f_{02}$  10, 18. Затем после ограничителей 11, 19 и ФНЧ 12, 20 поднесущие, модулированные по частоте сигналами  $U_{ac}$ ,  $U_{зв}$ , подаются на сумматор 3. Сюда же поступает напряжение пилот-сигнала  $U_{пс}$ , формируемое гетеродином 13. После сумматора 3 групповой сигнал усиливается усилителем 4 и поступает на групповой модулятор, осуществляющий ЧМ промежуточной частоты  $f_{пр} = 70$  МГц. При этом девиация частоты телевизионным сигналом должна быть не более  $\pm 4$  МГц. Для обеспечения высокой линейности модуляционной характеристики ЧМ генератора (ЧМГ) в области частот  $70 \pm 4$  МГц последний строится по схеме вычитания частот  $f_{г1}$  и  $f_a$  двух ЧМГ 7 и 21, работающих на частотах  $f_{01}$  и  $f_{02}$  в диапазоне 300...400 МГц. В этом случае каждый из гетеродинов модулируется путем изменения емкости варикапов 6, 14. Модулирующий сигнал  $L(f)$  через развязывающее устройство 5 подается на варикапы в противофазе, поэтому частоты генераторов определяются следующими соотношениями:

$$f_{г1} = f_{01} + A f_D(t) = f_{01} + k_m U(t); f_{г2} = f_{02} - k_m U(t),$$

где  $A f_D(t)$  - девиация частоты;  $k_m$  - постоянный коэффициент. Корректирующие цепи 8, 22 повышают линейность модуляционных характеристик ЧМГ.

Демодуляция группового сигнала телевизионного канала производится в устройстве, структурная схема которого представлена на рис. 9.17. Демодулятор содержит усилитель промежуточной частоты 1 с полосой пропускания  $\Delta f_{М} = 27$  МГц, усилитель-ограничитель 2, групповой частотный детектор 3, ФНЧ 4, усилитель-корректор телевидения.

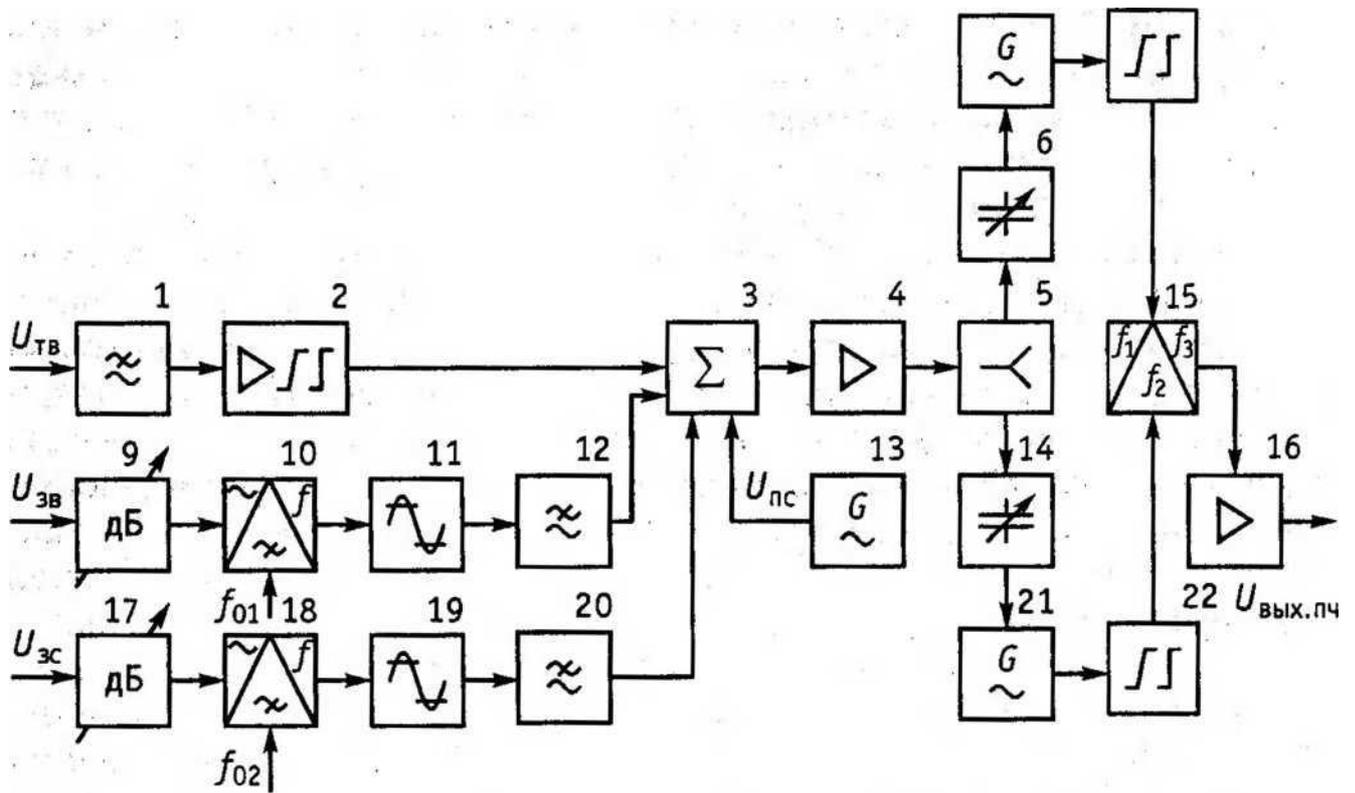


Рис. 9.16. Структурная схема передающей аппаратуры ТВ ствола РРЛ

Рис.2.5. Структурная схема передающей аппаратуры ТВ ствола РРЛ

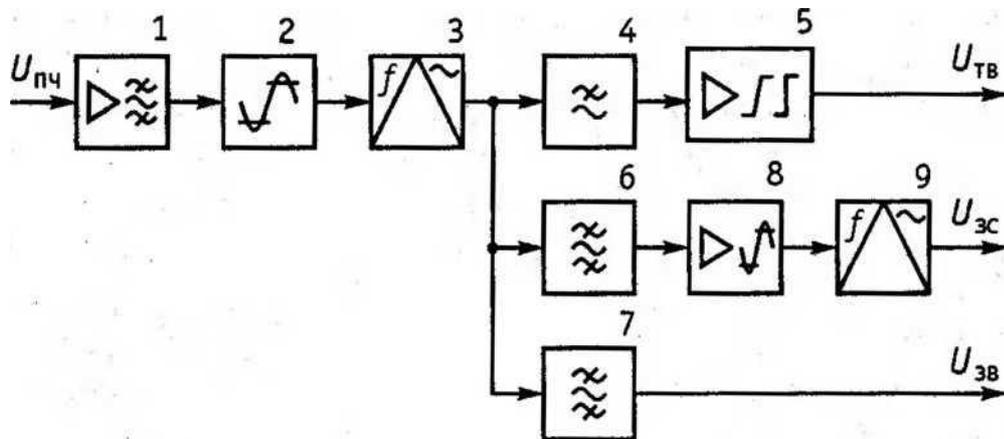


Рис. 2.6. Структурная схема демодулятора группового сигнала  
знойного сигнала 5, полосовые разделительные фильтры 6, 7, усилитель-ограничитель 8 и частотный детектор сигнала звукового сопровождения 9.

### Принципы построения систем кабельного телевидения

Системами кабельного телевидения (СКТВ) называются системы приема и распределения значительного числа сигналов высококачественных телевизионных программ большому числу абонентов по кабельным линиям связи. В районах с низкой напряженностью электромагнитного поля, в

условиях многолучевого распространения радиоволн (в больших городах с разноэтажными зданиями, горных, холмистых районах) использование СКТВ оказывается единственно возможным техническим решением, позволяющим обеспечить высококачественный прием цветных телевизионных программ.

Известны три основных структуры построения СКТВ: древовидная, радиальная, кольцевая. Древовидная схема распределительной сети СКТВ, обеспечивающая экономное расходование кабеля, по своей структуре напоминает крону дерева. При радиальном построении распределительной сети СКТВ от головной станции (ГС) к каждому абоненту прокладывается специальный кабель, по которому организуется передача телевизионных сигналов нескольких программ (схема подключения «основная звезда»). По конфигурации распределительная сеть СКТВ радиального типа аналогична телефонной сети, поэтому появляется возможность их объединения. Это упростит построение и удешевит эксплуатацию таких СКТВ, а в будущем позволит организовать единую универсальную сеть двусторонней широкополосной связи с абонентами. Для организации двустороннего обмена между абонентами может применяться система с кольцевой схемой распределения телевизионных сигналов. В этом случае магистральный кабель прокладывается по кольцевой трассе, т.е. вход и выход кабеля заводятся на ГС. При этом один и тот же магистральный кабель может использоваться для организации двусторонней связи. Основным недостатком СКТВ кольцевого типа заключается в невозможности одновременной передачи по магистральному кабелю достаточно большого количества различных телевизионных сигналов.

Конкретное техническое решение СКТВ во многом определяется типом используемых кабельных линий связи. В распределительных сетях современных СКТВ в основном применяются коаксиальные кабели. Однако в разрабатываемых СКТВ планируется широкое использование оптических кабелей, т.е. волоконно-оптических линий связи. Предполагается создание как комбинированных, так и полностью волоконно-оптических СКТВ. В комбинированных СКТВ в качестве магистральных кабелей используются ВОЛС, а домовая распределительная сеть выполняется на коаксиальном кабеле.

В действующих СКТВ в основном применяется аналоговый способ передачи телевизионных сигналов, так как при длине распределительной сети в пределах нескольких десятков километров обеспечивается достаточная помехоустойчивость систем благодаря высокой

помехозащищенности как коаксиального кабеля, так и ВОЛС. Однако во вновь создаваемых СКТВ все чаще используется цифровой способ передачи как телевизионных, так и других сигналов.

### **1.3. Системы кабельного телевидения**

#### **1.3.1. Способы построения систем кабельного телевидения на коаксиальном кабеле**

##### **Особенности функциональной схемы СКТВ на коаксиальном кабеле.**

Большинство действующих СКТВ имеет, как правило, древовидную схему распределительной сети. Для примера функциональная схема кабельной интерактивной телевизионной системы мультимедийного типа с древовидной распределительной сетью приведена на рис. 3.1. В состав головной станции 1, представляющей собой центральное оборудование системы, входят аппаратура формирования вещательных телевизионных сигналов 2, аппаратура формирования сигналов мультимедиа 3, аппаратура цифрового сжатия и мультиплексирования передаваемых сигналов 4, процессор сигналов телевидения и мультимедиа 5. На устройство 2 непосредственно поступают совокупность сигналов программ спутникового телевидения, сигналы программ эфирного телевидения, а также сигналы от локальных телевизионных студий, обслуживающих местные СКТВ. На устройство 3 поступают информация из банка данных компьютерной сети, информация из специализированной библиотеки, содержащей большое количество дисков типа CD-ROM и видеокомпакт-дисков, сигналы с факс-модемов телефонной и сотовой сети, сигналы специальных видеопрограмм для дистанционного образования, сигналы звуковых программ. На ГС осуществляется формирование непосредственно передаваемых для абонентов сигналов телевидения и мультимедиа. С помощью разветвителя на несколько направлений 6 от ГС отходят несколько магистральных линий 7, состоящих из однотипных кабельных участков, магистральных усилителей 8, магистральных ответвителей 9. От магистральных линий отходят субмагистральные линии 11, содержащие однотипные кабельные участки, субмагистральные усилители 12, направленные ответвители 13. Наконец, от субмагистральных линий ответвляются кабели домовой радиорелейной сети (ДРС) 14, содержащей домовые усилители 15 и пассивные направленные абонентские разветвители 16, с помощью которых осуществляется подключение абонентских терминалов, содержащих процессор мультимедиа 18, интерактивный пульт управления 19, абонентский телевизор 20. Нагрузочные резисторы  $R_n$  обеспечивают согласование отрезков

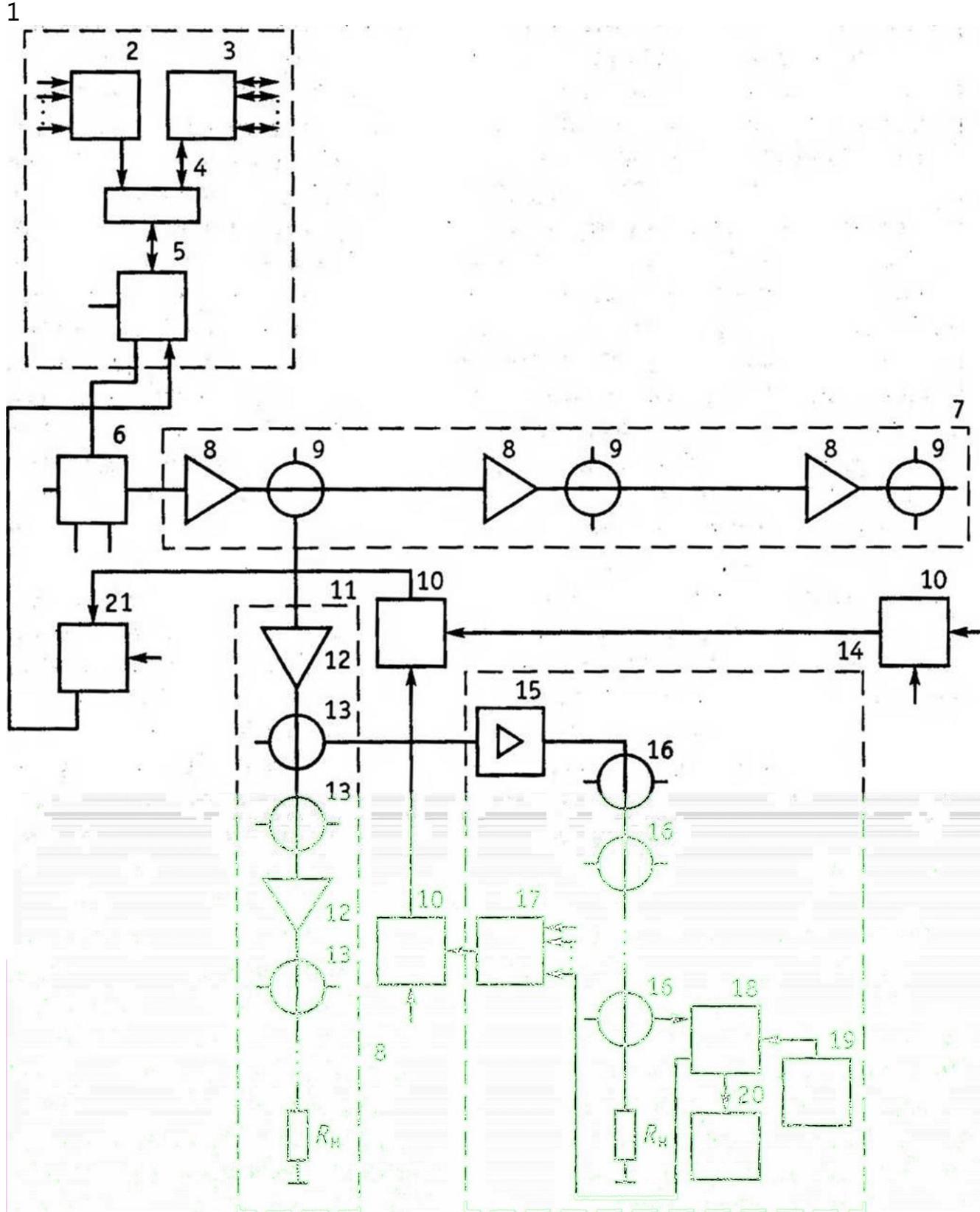


Рис. 3.1. Функциональная схема СКТВ мультимедийного типа с древовидной распределительной сетью и обратными каналами коаксиального кабеля. Ввод «обратных» сигналов от абонентов в коаксиальный кабель осуществляется с помощью абонентского устройства управления 17, выполняющего роль мультиплексора ДРС. Кроме того, в местах подключения ДРС к субмагистральному кабелю, а также субмагистрального кабеля к магистральному дополнительно устанавливаются мультиплексоры 10. Следует заметить, что совокупность

мультиплексоров обеспечивает схему множественного доступа с временным разделением для «обратных» сигналов абонентов. В данном случае в ГС для приема «обратных» сигналов имеется специальное приемное устройство 21, обеспечивающее обработку информации от абонентов, поступающей по магистральным линиям распределительной системы. Для передачи «обратных» сигналов можно применять квадратурную амплитудную модуляцию типа 64-QAM, позволяющую достичь эффективности использования спектра частот порядка 4,5 (бит/с)/Гц. При этом максимальная суммарная скорость передачи обратной информации от всех абонентов СКТВ может составлять 180 Мбит/с [46], однако для передачи широкополосных сигналов пропускная способность «обратных» каналов является недостаточной.

**Частотный план сетей кабельного телевидения.** Частотный план кабельных телевизионных сетей нормируется в ГОСТ 28324- 89 [47]. В целом, прямой канал СКТВ находится в диапазоне частот

47.. .862 МГц, по нему передается входящий трафик в направлении к абонентам. Причем полоса пропускания прямого канала делится на две части:

- полоса частот для вещательного телевидения (47...606 МГц), в которой услуги, не требующие непосредственной обратной связи с абонентом, предоставляются всем без исключения абонентам;
- полоса частот для интерактивных услуг (606...862 МГц) предназначена для телекоммуникационных интерактивных услуг, требующих обратной связи с абонентом.

Обратный канал древовидных СКТВ лежит в области 5...40 МГц, а по нему передается исходящий трафик от абонентов. Без организации обратного канала об интерактивном кабельном телевидении не может быть и речи, поскольку именно по нему абоненты могут обращаться к головной станции и через головную станцию друг к другу.

В действующих СКТВ максимально возможное число организуемых телевизионных радиоканалов соответствует 20 при полосе пропускания распределительной сети от 40 до 230 МГц, 28 - при полосе частот 40...294 МГц

## 1.4. Сети цифрового интерактивного кабельного телевидения

**Особенности передачи цифровых сигналов по сетям кабельного телевидения.** Волоконно-оптическая технология позволяет создавать интерактивные широкополосные сети, пригодные для подачи и распределения информации в полностью цифровом виде. В правильно спроектированной кабельной сети отношение сигнал- шум должно быть достаточно высоким, выше, чем в спутниковой системе (по стандарту оно должно быть не ниже 43 дБ). При этом полоса частот каналов кабельной сети значительно уже (8 МГц), чем полоса частот ствола спутникового ретранслятора, поэтому целесообразно применение многопозиционной модуляции, например, QAM. Более высокое отношение сигнал-шум снижает вероятность ошибок и позволяет обойтись одной ступенью помехоустойчивого кодирования. Однако пакетные ошибки не исключены, поэтому перемежение остается составной частью процесса канального кодирования.

Анализ помех и искажений, типичных для линейного тракта, показал, что цифровые сигналы менее чувствительны к интермодуляционным искажениям, чем аналоговые, благодаря значительно меньшему требуемому защитному отношению «цифровой сигнал - цифровая помеха» в совпадающем и соседних каналах и более гладкому спектру. В то же время цифровые QAM-сигналы более чувствительны к амплитудным и особенно фазовым искажениям в тракте, поэтому вопросы согласования, коррекции характеристик остаются достаточно острыми.

Структурная схема кодера стандарта DVB-C, используемого в цифровых кабельных сетях, показана на рис. 4.1.[18]. Источником- входного сигнала, как и в других кодерах семейства DVB, служит транспортный поток MPEG-2 с пакетами размером 188 байтов. В скремблере пакеты организуются в группы по 8, синхробайт каждого первого пакета из группы инвертируется и служит в дальнейшем для цикловой синхронизации. Скремблирование, как и в стандарте DVB-S, осуществляется сложением по модулю 2 с псевдослучайной последовательностью (ПСП), порождаемой многочленом  $\partial \{x\} = x^{15} + x^{14} + 1$ . На период следования каждого синхробайта скремблирование прерывается.

Учитывая относительно высокое отношение сигнал-шум, внутреннее кодирование, не используется, а в качестве метода модуляции предлагается квадратурная амплитудная модуляция различной кратности, от QAM-16 до QAM-256. Дополнительное повышение помехоустойчивости достигается

относительным кодированием двух старших битов каждого байта с выхода перемежителя.

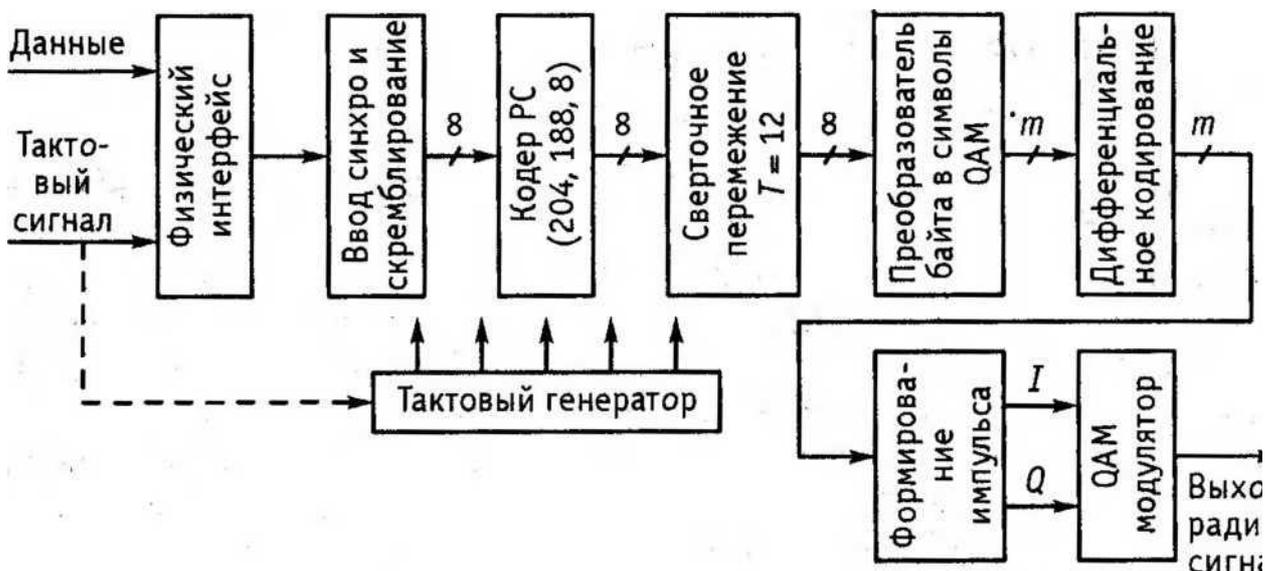


Рис. 4.1. Структурная схема кодера стандарта DVB-C

**Функциональная схема цифровой мультисервисной сети кабельного телевидения.** Обобщенная схема подобной сети приведена на рис. 4.1. Головная станция осуществляет прием как аналоговых, так и цифровых эфирных телевизионных сигналов, конвертирование в соответствии с частотным планом, преобразование аналоговых сигналов в цифровые стандарта DVB-C и передачу цифровых телевизионных сигналов в распределительную кабельную сеть. В дополнение к этому одна из спутниковых антенн обеспечивает прием цифровых телевизионных программ в стандарте DVB-S. Сигналы цифрового телевизионного вещания формата DVB-S принимаются специальным цифровым модулем телевизионной станции, преобразуются в стандарт DVB-C, суммируются с сигналами эфирных программ и поступают в распределительную кабельную сеть [50].

\* •

Для реализации интерактивного режима в состав головной станции входит аппаратура доступа, содержащая оптоэлектронный преобразователь, стационарный кабельный модем (СКМ), кабельный контроллер. Через оптоэлектронный преобразователь, обеспечивающий преобразование электрических сигналов в оптические и обратно, головная станция имеет широкополосный доступ в сеть Интернет (со скоростью до 155 Мбит/с).

Распределительная кабельная сеть с обратным каналом обеспечивает передачу цифровых телевизионных программ и данных по прямому каналу (в

диапазоне 47,5...862 МГц) и передачу цифровых сигналов по обратному каналу (в диапазоне 5...30 МГц).

Абонентские места оборудованы аналоговыми телевизионными приемниками с приставками для приема цифровых телевизионных программ в стандарте DVB-C. Чтобы иметь возможность работать в интерактивном режиме, в состав абонентских мест включен абонентский кабельный модем (АКМ) и персональный компьютер (ПК), оснащенный дополнительными программно-аппаратными средствами в зависимости от вида предоставляемых абоненту информационных услуг.

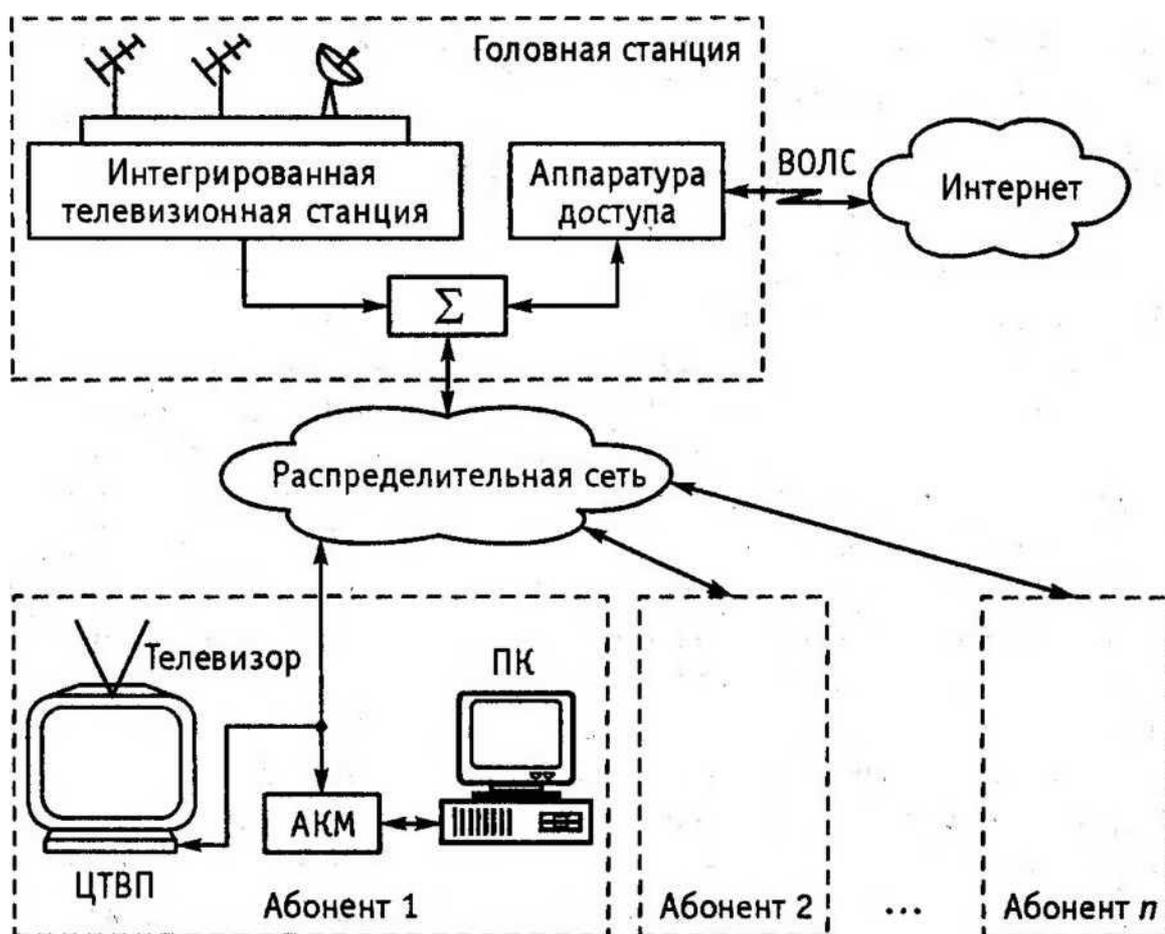


Рис. 4.2. Функциональная схема цифровой мультисервисной сети кабельного телевидения интерактивного типа:  
X - сумматор; ЦТВП - цифровая телевизионная приставка DVB-C

### 1.5.Сотовые системы телевидения

По мнению многих специалистов в области телевидения для организации многопрограммного телевидения считается целесообразной замена

традиционного наземного способа передачи телевизионных сигналов, в том числе и цифровых, микроволновой распределительной телевизионной системой с низким уровнем излучения электромагнитных волн. На практике используются различные варианты микроволновых распределительных телевизионных систем, которые соответственно имеют следующие названия: MMDS - Multichannel Microwave Distribution System - многоканальная микроволновая система распределения; LMDS - Local Multipoint Distribution System - локальная многоточечная система распределения; MVDS Multipoint Video Distribution System - многоточечная система распределения телевизионных программ. Часто подобные системы называются сотовыми системами телевидения (системы Cellular Vision) [51]. Следует заметить, что разница в названиях данных систем весьма условна, поскольку рекомендации для них разрабатывались в разных странах, находящихся на различных континентах. Особенно эффективным является использование микроволновых распределительных систем в районах со слабо развитой инфраструктурой линейно-кабельных сооружений и на территориях с малой плотностью жилой застройки.

С внедрением цифровых методов передачи и организацией обратных каналов в системах MMDS, LMDS и MVDS появилась возможность предоставления полного набора телекоммуникационных услуг широкополосного радиодоступа абонентам. Причем архитектура подобных распределительных систем может быть двух типов: «точка - точка», либо представлять собой «звезду», т.е. «точка - много точек». В данном случае в центре «звезды» находится головное (центральное) приемопередающее радио-, модемное и компьютерное (провайдерное) оборудование, способное непосредственно принимать радиосигналы звукового и телевизионного вещания, передаваемые по эфиру или с помощью спутниковых систем связи. По выделенным каналам связи головное оборудование принимает сигналы программ звукового и телевизионного вещания напрямую из радио- и телевизионных студий, соединяется с магистралью Интернета, с телефонной сетью общего пользования, с сетью передачи данных, с компьютерными сетями различных уровней, с сетями сбора данных телеметрии (инженерно-коммунальные службы, УВД,

ГИБДД, МЧС, пожарные и охранные службы, органы гражданской обороны и т.д.). Организация обратного канала может обеспечиваться как за счет использования части рабочей полосы частот или при выделении дополнительной полосы частот в радиоканале, так и применения проводных

технологий, в частности, телефонных сетей общего пользования и существующих распределительных сетей систем кабельного телевидения.

Основные достоинства радиосистем широкополосного доступа заключаются в следующем:

- высокое качество сигналов и практически полное отсутствие «мертвых» зон за счет выбора размеров соты (ячейки) в пределах от 1 до 6 км;
- возможность для абонентов выбора большого числа сигналов различных телекоммуникационных служб, в том числе телевизионных программ;
- высокая надежность сети при рассредоточенных ретрансляторах;
- обеспечение экологически безопасных для населения уровней электромагнитных излучений радиопередатчиков;
- сравнительная дешевизна абонентской установки за счет использования комнатной малогабаритной антенны с линейными размерами 15...25 см;
- высокое качество сигналов из-за сравнительно низкого уровня помех в выделенных для этих систем диапазонах частот (2,5...2,7 ГГц; 25...45 ГГц);
- независимость условий приема от телевизионных стандартов NTSC, PAL, SECAM за счет оцифровки сигналов;
- относительно низкая стоимость развертывания радиосистем широкополосного доступа в условиях больших городов по сравнению с монтажом и эксплуатацией гибридных оптикокоаксиальных систем кабельного телевидения. ,

Частным случаем радиосистем широкополосного доступа (сотовых систем телевидения) является система MMDS, которая представляет собой широкополосный передающий комплекс, осуществляющий трансляцию передаваемой на его вход информации в полосе частот шириной 200 МГц. Она аналогична радиорелейной линии, но отличается тем, что предназначена для охвата телекоммуникационными услугами больших территорий. На России для систем MMDS выделена полоса частот 2,5...2,7 ГГц при условии амплитудной модуляции. В состав передающего комплекса входит один или несколько радиопередатчиков, сумматоры, линии связи между радиопередатчиками и передающей антенной, одна или несколько передающих антенн.

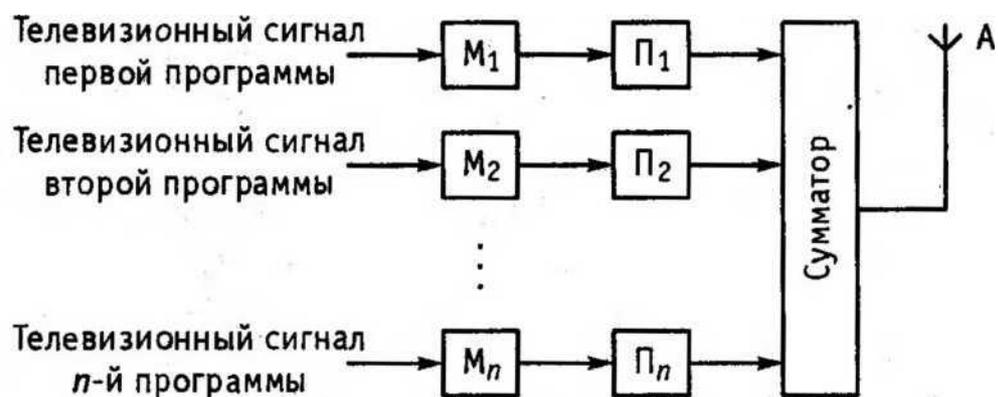


Рис. 5.1. Функциональная схема системы MMDS при использовании одноканальных радиопередатчиков:  
 М - модулятор; П - передатчик; А - антенна

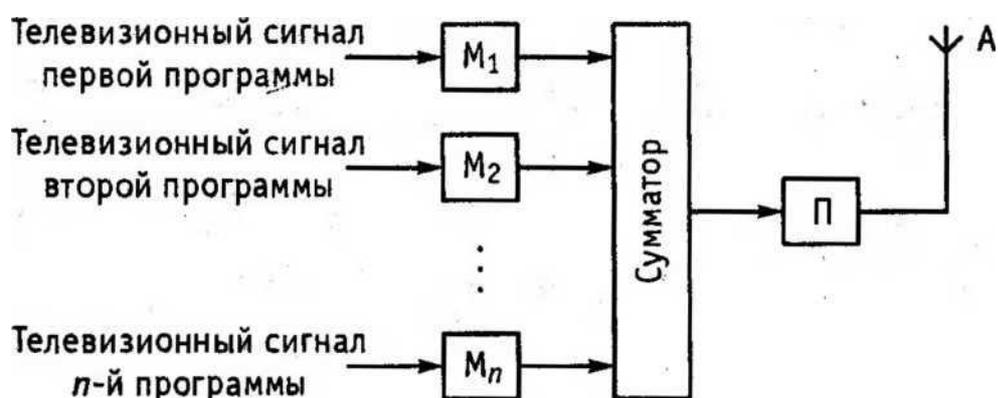


Рис. 5.2. Функциональная схема системы MMDS при использовании многоканальных радиопередатчиков:  
 М - модулятор; П - передатчик; А - антенна

В практике проектирования и монтажа систем MMDS используются два варианта построения структурных схем: одноканальный и многоканальный.

В одноканальном варианте для передачи  $n$  телевизионных программ применяются  $n$  передающих устройств, включающих модулятор и собственно радиопередатчик, а суммирование мощностей разных передатчиков осуществляется непосредственно в антенне (рис. 5.1).

В многоканальном варианте передаваемые  $n$  телевизионных сигналов различных программ сначала поступают на свои модуляторы, далее из них формируется групповой сигнал, который модулирует широкополосный радиопередатчик, работающий на общую антенну (рис. 5.2).

Многоканальные или групповые передатчики целесообразно использовать в небольших городах и поселках городского типа, где радиус зоны покрытия не превышает 6 км.

По сравнению с передатчиками традиционного наземного телевидения мощность передатчиков MMDS значительно ниже. Ее типичное значение в области частот 2,5 ГГц не более 100 Вт. Возможен как индивидуальный прием сигнала в пределах прямой видимости с помощью малогабаритных приемных антенн, совмещенных с конвертором, который переносит принимаемый групповой сигнал в область более низких частот, так и через антенные устройства SMATV (Satellite Master Antenna TV - телевизионная система коллективного пользования), обеспечивающие телевизионными сигналами жилые массивы. В случае невозможности обслуживания необходимой территории с одной точки, в теневых зонах устанавливаются автономные ретрансляторы.

Непосредственно к сотовым системам телевидения относится очень перспективная система LMDS, работающая в полосе частот более 23 ГГц, т.е. на почти миллиметровых волнах, и использующая помехоустойчивый вид модуляции QPSK, применяемый в спутниковом вещании.

Система сотового телевидения LMDS работает по следующему принципу: в пределах зоны охвата устанавливается сеть радиопередатчиков (базовых станций - БС) с радиусом действия около 5...6 км. Приемное устройство использует плоскую небольшую по размерам антенну, которая может устанавливаться как в помещении, так и вне его. В системе LMDS телезритель получает сигналы сразу с нескольких спутников. Специальные устройства, установленные на БС, улавливают сигналы различных программ с разных ИСЗ и ретранслируют их абонентам. Такая система обеспечивает возможность абонентам принимать в среднем до 100 телевизионных программ, причем отпадает необходимость иметь дешифратор (как в случае с обычной спутниковой системой) - к телезрителям телевизионные сигналы с различных спутников поступают уже в расшифрованном виде. Система LMDS удобна еще и тем, что может работать в интерактивном режиме и включать в себя целый набор телекоммуникационных услуг.

Сотовые системы телевещания MVDS работают в полосе частот 40,5...42,5 ГГц и используют радиопередатчики мощностью около 1 Вт. В данном случае один радиопередатчик с ненаправленной антенной или

группа передатчиков с антеннами секторной направленности, имеющими большой коэффициент усиления, составляют БС. Радиопередатчик БС передает в эфир сигнал с несколькими несущими в диапазоне частот миллиметровых волн. Излучаемый сигнал имеет ширину спектра 1...2 ГГц и содержит информацию большого числа региональных программ, а также принимаемых со связных ИСЗ. Многоканальный сигнал может поступать на вход радиопередатчика уже скомпонованным на специальной региональной станций, либо непосредственно формироваться на БС с помощью соответствующих мультиплексоров.

С помощью системы MVDS в полосе частот 2 ГГц можно организовать от 96 до 128 аналоговых телевизионных каналов с предоставлением интерактивных услуг (или в несколько раз больше цифровых), причем каждый из них будет занимать полосу частот от 29,5 до 39 МГц. Однако максимального значения число частотных каналов достигает лишь при работе одиночной БС. При наличии в сети множества сот применяются БС с четырехсекторными антеннами. Частотное планирование сети осуществляется благодаря использованию различных радиочастот или поляризации излучаемого сигнала в каждом секторе. Фиксирование абонентской антенны в такой, системе позволяет использовать сигналы с различной поляризацией. В результате выполнения указанных условий, исключающих влияние соседних БС друг на друга, возможное число транслируемых программ уменьшается в 4 раза.

Современные системы такого типа обеспечивают передачу радиосигналов на экологически безопасных уровнях мощности -

100.. 300 мВт на один канал.

Следует особенно отметить, что подобные системы хорошо работают именно в городах, где СВЧ-сигнал доходит до абонентов, не находящихся в зоне прямой видимости, после многократного отражения от стен домов. Для улучшения приема в особо затененных местах применяют сравнительно недорогие устройства - пассивные ретрансляторы.

Абонентское оборудование сотовых систем телевидения представляют собой традиционный спутниковый тюнер, работающий в диапазоне частот 950...2050 МГц. Антенна выполняется вместе с СВЧ-приемником, осуществляющим первое преобразование частоты с целью ее понижения, в едином блоке, представляющим собой легкое компактное устройство диаметром около 150 (в диапазоне 40 ГГц) или 250 мм (в диапазоне 23 ГГц).

Обобщенная функциональная схема интерактивной радиосистемы широкополосного доступа, построенной на основе принципов сотового телевидения с возможностью получения абонентами полного набора услуг,

приведена на рис. 5.3. Абонентский радиомодуль микроволновой распределительной системы включает в себя приемопередающую антенну (трансервер) и демодулирующее приемное устройство (тюнер). Антенна выполняется вместе с СВЧ- приемником, осуществляющим первое преобразование частоты с целью ее понижения, в едином блоке, представляющим собой легкое компактное устройство диаметром около 150 (в диапазоне 40 ГГц) или 24-6973



Рис. 5.3. Функциональная схема двунаправленной радиосистемы широкополосного доступа

250 мм (в диапазоне 23 ГГц). После понижающего преобразователя антенны на вход тюнера поступает сигнал в полосе частот

950.. .2050 МГц, совпадающей с полосой первой промежуточной частоты системы спутникового непосредственного приема.

### 1.6. Контроль и измерения в телевизионных системах передачи

Принципы организации контроля качества аналогового телевизионного вещания

Большой объем технических средств, используемых в процессе телевизионного вещания, требует непрерывного контроля за его качеством.

Широко распространенным средством постоянного контроля является наблюдение телевизионного изображения на экранах мониторов. Мониторы включаются во всех узловых точках видеотракта телецентра, начиная от телевизионной передающей камеры и кончая выходом на радиопередатчик или на междугородную линию связи.

В эксплуатационных условиях быструю оценку качества телевизионного изображения и тракта передачи производят с помощью испытательных таблиц. Если изображение таблицы соответствует установленным нормам, то гарантируется номинальное качество при наблюдении реальных сюжетов. Таблицы содержат элементы, с помощью которых можно судить об искажениях сигналов и иметь представление о соответствующих изменениях параметров отдельных звеньев тракта. Наиболее часто оценку качества телевизионных изображений осуществляют с помощью универсальной электронной испытательной таблицы-УЭИТ.

На горизонтальной полосе 8 б-щ расположена серая шкала (шкала градаций яркости), создаваемая ступенчатым сигналом (рис. 6.1). Ширина отдельных участков на этой шкале равна двум клеткам сетчатого поля. Участок 8 соответствует сигналу, уровень которого на 3% ниже уровня черного. С помощью серой шкалы контролируют: воспроизведение градаций яркости, установку уровня черного, чистоту цвета, динамический баланс белого, положение нулей дискриминаторов в декодирующем устройстве. Серая шкала содержит опорные уровни сигнала, соответствующие минимальной и максимальной яркостям.

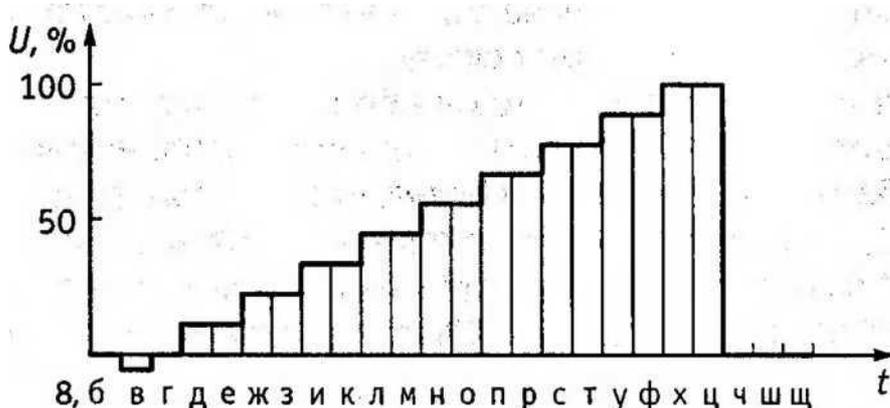


Рис. 6.1. Осциллограмма ступенчатого телевизионного сигнала, соответствующего участку 8 б-щ УЭИТ

Кроме субъективной оценки качества цветного телевизионного изображения УЭИТ позволяет осуществлять объективный контроль основных параметров как изображения, так и непосредственно видеотракта.

Рассмотрим на конкретных примерах применение УЭИТ для контроля некоторых параметров видеотракта телецентра и воспроизводимых телевизионных изображений.

Установка яркости и контраста изображения. Для получения объективных результатов по оценке качества изображения прежде всего необходимо правильно установить яркость и контраст. Это производится по серой шкале (полоса 8 б-щ

Контроль размаха сигнала. Размах сигнала контролируют по элементам рамки таблицы, например 1 а-э и 20 а-э. Для этого используют осциллограф с выделением строки. Размах сигнала от уровня гашения до уровня белого сравнивают с величиной синхронизирующих импульсов.

Контроль формата изображения. Формат изображения проверяют по большому кругу, форма которого должна быть неискаженной.

Оценка координатных искажений.

К геометрическим относятся искажения типа «трапеция», «параллелограмм», «подушка» и «бочка» (рис. 6.2). В результате происходят перекося изображения и искривление прямых линий. Эти искажения оцениваются величиной  $ШБ$  (рис. 6.2, а-д). Искажения вида параллелограмм (рис. 6.2, б) определяются отношением  $(с-а)/(с + а)$ . Величины искажений типов «подушка» и «бочка» должны быть не более 0,02...0,05. Искажения в виде искривления вертикальных линий из-за фона переменного тока (рис. 6.2, д) должны быть не более 0,01...0,02. Эти искажения наиболее заметны, так как волнистая линия непрерывно перемещается в вертикальном направлении.

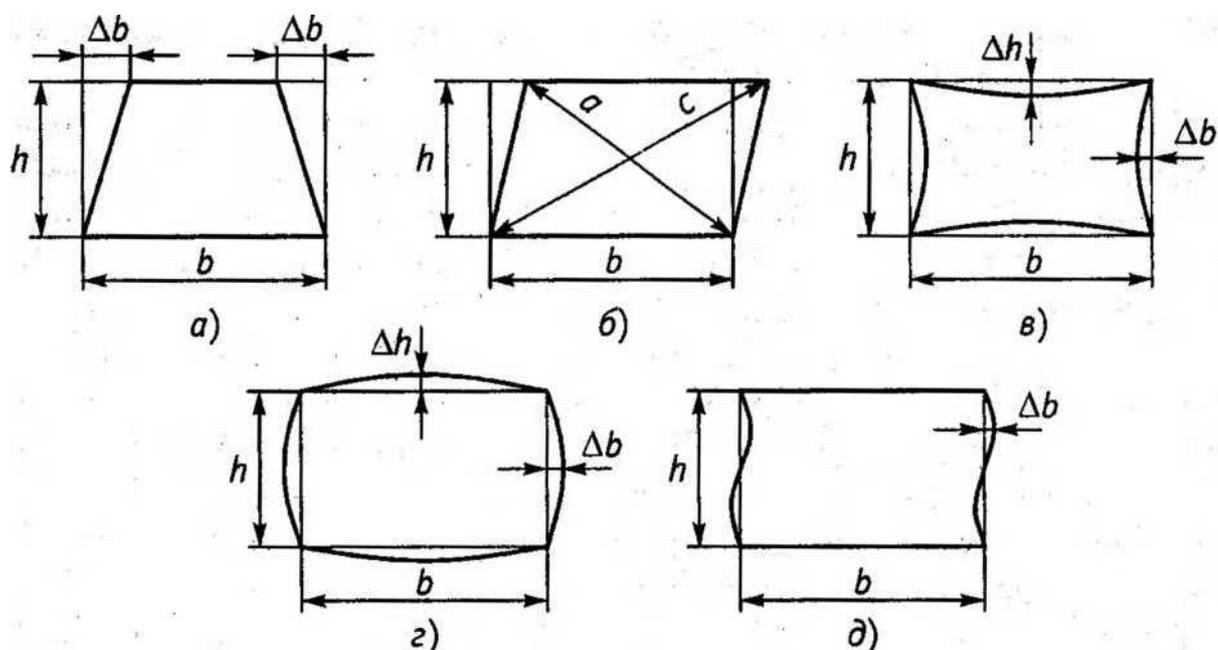


Рис. 6.2. Геометрические искажения телевизионного раstra:  
 а - искажение изображения типа «трапеция»; б - искажение изображения типа «параллелограмм»; в - искажение изображения типа «подушка»; г - искажение изображения типа «бочка»; д - искажение изображения из-за фона переменного тока

Приближенная визуальная оценка нелинейных искажений производится по окружностям таблицы. При наличии этих искажений окружности приобретают яйцеобразную форму.

**Качество синхронизации разверток.** Синхронизацию разверток контролируют по воспроизведению изображений черно-белых элементов рамки таблицы. При нарушении синхронизации вертикальные линии становятся ломаными. Качество чересстрочного разложения проверяют по наклонным линиям в 10 с-х и 11 е-к. При нарушении чересстрочное™ эти линии приобретают изломы и изгибы. Если же строки четного и нечетного полей полностью накладываются друг на друга, наклонные линии воспроизводятся в виде двух дорожек.

**Проверка статического и динамического сведения лучей кинескопа.** Процесс сведения лучей кинескопа заключается в обеспечении направления трех электронных пучков в одно отверстие в металлической маске с тем, чтобы эти пучки попадали на «свои» лю-минофорные штрихи на экране. Статическое сведение лучей проверяют по воспроизведению перекрестия таблицы - пересечению горизонтальной и вертикальной осевых линий сетчатого поля. Это перекрестие должно наблюдаться без расслоения (без цветных контуров).

**Контроль баланса белого.** Баланс белого (цветовой баланс) заключается в отсутствии окрашивания черно-белого изображения при различных уровнях яркости деталей. Баланс белого проверяют по серой шкале 8 б-ц, все ступени которой должны иметь нейтральный тон

**Проверка четкости в горизонтальном направлении.** Эту проверку проводят с помощью групповой штриховой миры полосы 13 б-щ. Штрихи создаются синусоидальными колебаниями с частотами 2,8; 3,8; 4,8 и 5,8 МГц. Этим частотам соответствует четкость 200, 300, 400 и 500 линий. Однозначные цифры на таблице обозначают количество сотен этих линий. Четкость оценивают при предельной различимости штрихов. Если выделить строку этой полосы, на экране осциллографа будут наблюдаться пакеты синусоидальных колебаний с указанными частотами. Неравномерность размаха этих колебаний свидетельствует об искажении АЧХ.

**Контроль установки нулей частотных характеристик детекторов.** Установку нулей частотных характеристик детекторов системы SECAM проверяют по серой шкале 8 б-ц. При переключении телевизора или монитора на цветное и черно-белое изображение не должен изменяться нейтральный тон участков серой шкалы. Если же серая шкала оказывается слегка окрашенной при включении канала цветности, это свидетельствует о неверной настройке нулевых точек частотных характеристик детекторов.

**Контроль качества матрицирования.** Этот вид контроля заключается в проверке соответствия уровней яркостного и цветоразностных сигналов. Контроль производят по цветовой полосе с максимальной насыщенностью 14,15 б-щ и по белым полям полосы 16 б-щ. При этом предварительно должны быть установлены чистота цвета и баланс белого. В процессе контроля, например, уровня цветоразностного сигнала  $E_{п\_у}$ , выключают зеленый и синий электронные пучки кинескопа и визуально сравнивают между собой яркости участков 14,15 с-у и 16 т, светящиеся красным цветом. Если яркости этих участков одинаковы, то уровень сигнала  $E_{я\_у}$  соответствует уровню яркостного сигнала  $E_y$ . При необходимости добиваются этого соответствия регулировками указанных сигналов.

**Верность и качество цветов.** Верность и качество цветов на экране кинескопа проверяют путем сравнения соответственных цветов горизонтальных полос 6, 7 и 14, 15, воспроизводимых с различной насыщенностью. Последовательность и цветность участков должны соответствовать образцу таблицы. Расхождение уровней яркостного и цветоразностных сигналов вызывает цветовые искажения, особенно проявляющиеся при воспроизведении телесного цвета.

**Коррекция высокочастотных предыскажений.** Коррекцию осуществляют с помощью настройки полосового фильтра на входе канала цветности приемника или монитора. Этот фильтр имеет резонансную частоту 4286 кГц.

**Измерительные сигналы системы непрерывного контроля работы телевизионного тракта.** На практике наиболее широко используется не эпизодический контроль совокупности параметров изображения, а

оперативное измерение характеристик технических средств, обеспечивающих передачу и прием телевизионных сигналов и определяющих в конечном счете качественные показатели телевизионного изображения. При этом очень важно определить, какой участок тракта вносит искажения. Для этого в интервалах КГИ передаются измерительные (испытательные) сигналы для контроля основных параметров элементов тракта в процессе передачи. Такой контроль производится в течение всего времени работы телевизионной линии связи.

В соответствии с ГОСТ 18471-83 установлена стандартная форма измерительных сигналов, передаваемых в интервалах испытательных строк (сигналы 1, 2, 3, 4, 5) (рис. 6.3-6.7)

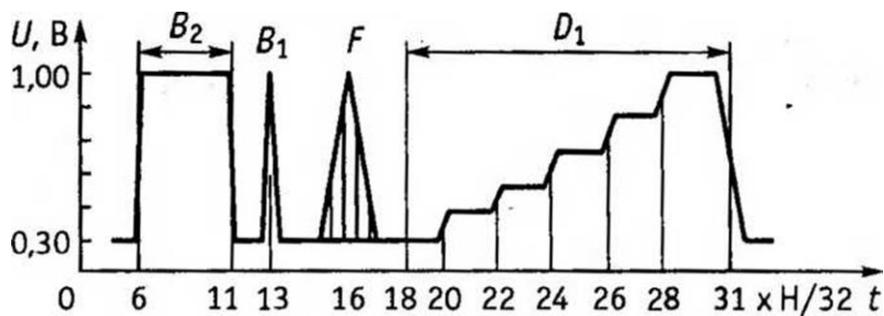


Рис. 6.3. Осциллограмма измерительного сигнала 1



Рис. 6.4. Осциллограмма измерительного сигнала 2

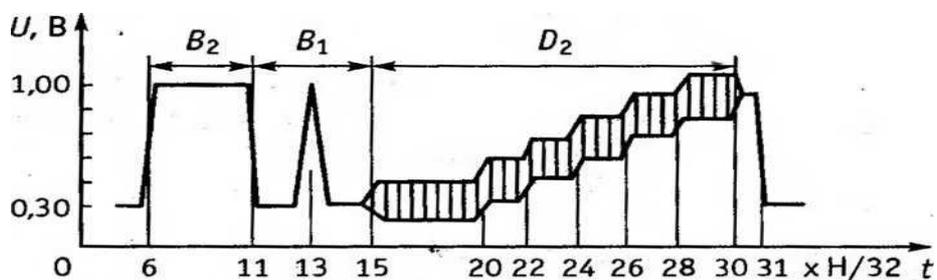


Рис. 9.35. Осциллограмма измерительного сигнала 3  
Рис 6.5. Осциллограмма измерительного сигнала 3

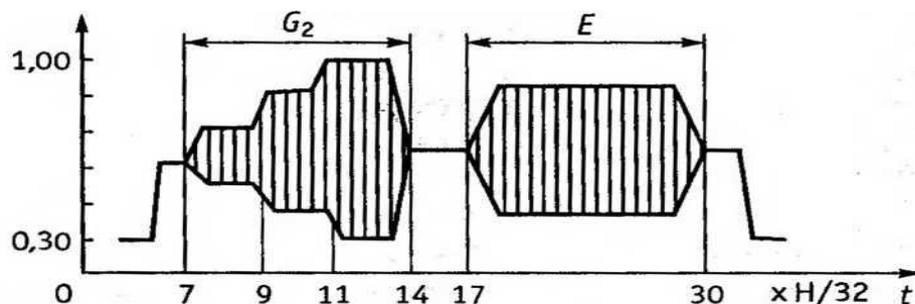


Рис. 9.36. Осциллограмма измерительного сигнала 4

Рис 6.6. Осциллограмма измерительного сигнала 4



Рис. 6.7. Осциллограмма измерительного сигнала 5

Во время передачи измерительных сигналов электронные лучи кинескопов в телевизионных приемниках погашены с помощью КГИ, поэтому помех приему изображения не создается. Передаваемые измерительные сигналы не оказывают влияния и на качество синхронизации в телевизионной системе, поскольку они размещаются между уровнями белого и черного во временном интервале между ССИ.

Требования, предъявляемые к основным параметрам телевизионных трактов передачи, непосредственно нормируются для гипотетической эталонной цепи, которая представляет собой кабельную или радиорелейную линию связи протяженностью 2500 км с двумя переприемами по видеочастоте.

**Контроль диаграммы уровней и переходной характеристики.** Контроль диаграммы уровней и переходной характеристики в области малых и средних времен (область средних и высоких частот) осуществляется с помощью прямоугольного импульса  $B_2$  (см. рис. 6.3).

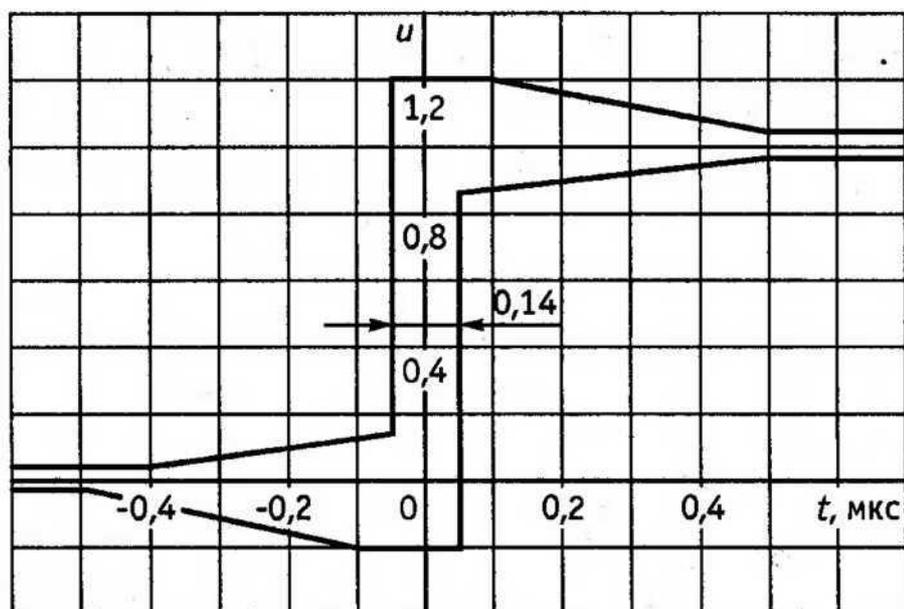


Рис. 6.8. Трафарет поля допуска переходной характеристики

Размах этого импульса соответствует контрольному уровню белого, относительно которого оценивают величины других измерительных сигналов. Переходная характеристика в области средних времен оценивается по искажениям (спаду) горизонтального участка прямоугольного импульса (вершины),

соответствующего передаче уровня белого. Искажения в области малых времен характеризуются изменением форм фронта и среза импульса. При осциллографическом методе измерения искажения фронта и вершины импульса не должны выходить за границы трафарета (рис. 6.8). Этот трафарет рассчитан на допусковый контроль линейных искажений телевизионного сигнала при прохождении по протяженным линиям связи.

Частотная характеристика канала связи для передачи телевизионных сигналов эквивалентна частотной характеристике ФНЧ с частотой среза, равной максимальной частоте спектра телевизионного сигнала на уровне 0,707 ( $4 \gg 6,0$  МГц), а прямоугольный измерительный импульс  $B_2$  занимает спектр частот, который превышает полосу пропускания канала связи. Поэтому форма осциллограммы измерительного импульса  $B_2$  на выходе канала всегда имеет искажения, вызванные не только искажениями в полосе пропускания канала, но и ограничением спектра измерительного импульса в канале связи. При этом не всегда легко оценить искажения, созданные каналом в полосе его пропускания. Измерительные импульсы должны обладать ограниченным спектром частот, соответствующим рабочей полосе пропускания канала связи.

График синусквадратичного импульса при  $u_0 = 1$  В показан на рис. 6.9 Из анализа относительной спектральной функции  $v(\kappa)$  следует, что преимущество синусквадратичного импульса заключается в том, что его частотный спектр в основном сосредоточен в полосе от 0 до  $\omega = 1$  В данном случае

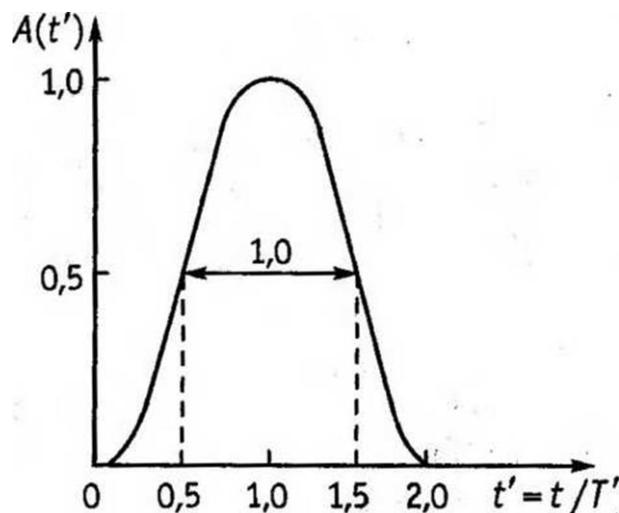


Рис. 6.9. Форма синусквадратичного импульса

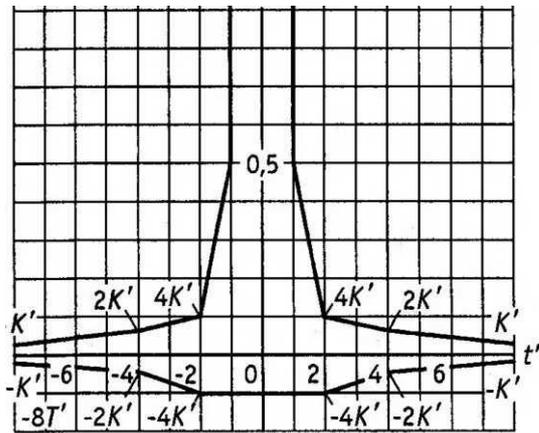


Рис. 6.10. Трафарет поля допуска импульсной характеристики

1,0

$T = 1/v = 1/6,25 \cdot 10^8 \gg 166$  нс. Искажения синусквадратичного импульса не должны выходить за границы трафарета (рис. 6.10), где  $K$  - нормирующий коэффициент. Величину его выбирают от 0,05 % до нескольких процентов в зависимости от допустимых искажений телевизионного сигнала при прохождении отдельных звеньев тракта.

### Измерение нелинейных характеристик телевизионного тракта.

Линейность амплитудной характеристики телевизионного тракта на практике приближенно оценивают по измерительному сигналу ступенчатой формы  $\theta_1$ , содержащему пять ступенек одинаковой величины (см. рис. 6.33), с использованием осциллографического способа.

Влияние яркостного сигнала  $E_y$  на сигнал цветности проверяется с помощью ступенчатого сигнала  $\theta_r$  с наложенными на него синусоидальными колебаниями условной поднесущей 4,43 МГц с равными амплитудами (см. рис. 6.5). Нелинейность амплитудной характеристики тракта передачи сигнала  $E_y$  приводит к дифференциальному усилению сигналов цветности в динамическом диапазоне от уровня черного до уровня белого, а также к фазовым сдвигам поднесущей, зависящим от уровня яркостного сигнала.

Оценка дифференциального усиления производится по формуле  

$$— [(L_{T_{\text{тах}}} — GTI_m)/n] / GL_{T_{\text{тах}}} ] 100 \%$$

где  $T_{\text{тах}}$  и  $T_{\text{т.п}}$  - максимальное и минимальное значения амплитуд синусоидальных колебаний на ступеньках сигнала  $\theta_2$ . Допустимым принимается значение  $m_{oy} = 32$  %.

Оценку нелинейных искажений сигнала цветности производят по измерительному сигналу сложной формы  $\theta_2$ , состоящему из яркостного  $E_y$  с постоянным номинальным уровнем  $/4_{00}$  и ступенчатого сигнала цветности (см. рис. 6.6).

**Оценка передачи сигналов цветности.** Измерение расхождения во времени сигналов яркости и цветности. Данный вид измерений производится с помощью составного синусквадратичного импульса  $\Gamma$  (см. рис. 6.3). При наличии расхождения искажаются границы отличающихся по цвету и яркости участков изображения. Расхождение во времени иллюстрирует рис. 9.42. Временной сдвиг  $\Gamma_{рв}$  между этими сигналами не должен превышать 50... 100 нс.

Различие усиления сигналов яркости и цветности проверяется путем сравнения размахов импульсов  $B_2$  и  $P$  (см. рис. 6.3). В этом случае импульс  $B_2$  является опорным, его размах соответствует уровню белого. Одной из основных причин различия является неравномерность АЧХ в области частоты 4,43 МГц, где размещен спектр сигналов цветности. Допустимое различие усиления находится в пределах  $\pm 3$  дБ.

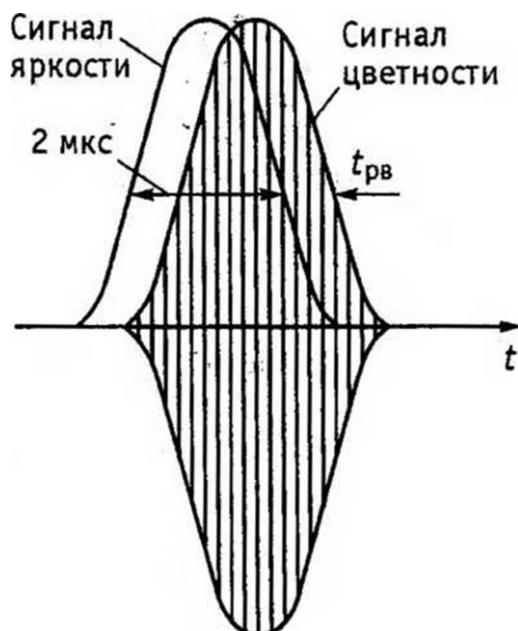


Рис. 6.11. Расхождение во времени сигналов яркости и цветности

## **1.4 Измерение качества изображения в цифровых телевизионных каналах с компрессией**

**Искажения и дефекты телевизионного изображения после компрессии-декомпрессии.** Специфика обработки видеоданных в кодерах цифрового сжатия приводит к появлению других дефектов (артефактов), отсутствующих в исходном изображении.

**Заметность шумов квантования.** Эти шумы, присутствующие и в системах полноскоростного цифрового телевидения, становятся особенно заметными в системах со сжатием.

**Потеря разрешающей способности** - обусловлена устранением избыточности в первую очередь в высокочастотной части спектра пространственных частот. Мелкие детали либо размываются, либо полностью пропадают в изображении.

**Блочность** - структура типа шахматной доски. Если кодирующему устройству недостает битов, становится видимой структура блоков ДКП. Блочность особенно заметна, если глаз телезрителя следит за движущимися объектами.

**Эффект мозаики** - выглядит подобно блочности, но воспринимается как различие яркости в поле соседних блоков, а не на границе. Возникает при слишком грубом квантовании коэффициентов ДКП, когда постоянные составляющие пространственных частот в соседних блоках заметно отличаются.

**Шумы типа «москито»** - При преобразовании из временной в частотную область влияние перепада отсчетов на границе распространяется на весь макроблок, при этом высокочастотные коэффициенты квантуются более грубо, чем низкочастотные. При обратном преобразовании в отсчеты и далее в аналоговый сигнал вдоль первоначальной границы образуется характерный узор.

**Окантовка на границах** - проявляется как возникновение окантовок на резких перепадах яркости изображения. При нехватке битов в первую очередь обрезаются высокочастотные коэффициенты, и это может повлиять на форму сигнала яркости вблизи ступеньки - вызвать колебательный процесс на вершине импульса.

**Ложные границы** - если при компенсации движения в опорном кадре заметна блочная структура, то она может переноситься в новый кадр со смещением

относительно границ блока (из-за неточности

**Волнообразные шумы** - видны при медленном панорамировании по очень детализированной сцене, например, по изображению группы болельщиков на спортивном мероприятии. Как и mosquito, это результат грубого квантования высокочастотных коэффициентов, но движение вызывает рассеяние, и они появляются периодически как детали, движущиеся по блоку ДКП.

**Оценка качества изображения методом субъективных экспертиз.** Для адекватной оценки качества телевизионного изображения недостаточно мнения одного человека о просмотренном видеоматериале. Разные люди имеют различное представление о качестве, оно зависит также от сюжета. Причем для телевизионного изображения с цифровой компрессией, в отличие от обычного аналогового, недостаточно понаблюдать короткий отрезок сюжета и сделать вывод о всей программе, необходимо просмотреть сюжет полностью.

Таблица 7.1.

**Структуры шкал Рекомендации МСЭ-Р ВТ.500 для оценки субъективного качества телевизионного изображения**

Баллы	Оценка	
	качества	ухудшения
5	Отлично	Незаметно
4	Хорошо	Заметно, но не мешает
3	Удовлетворительно	Слегка мешает
2	Плохо	Мешает
1	Очень плохо	Сильно мешает

Субъективные экспертизы качества телевизионного изображения уже много лет проводятся по методикам Рекомендации МСЭ-Р ВТ.500. В ходе испытаний эталонные изображения оцениваются в баллах группой экспертов, принимающих решение о степени пригодности для данного применения.

К преимуществам оценки методом субъективных экспертиз можно отнести следующие факторы: удается получить сравнимые результаты для обычных телевизионных цифровых систем и систем с компрессией; получаемая средняя оценка мнений хорошо соответствует широкому диапазону неподвижных и движущихся изображений. К недостаткам этих методов следует отнести необходимость рассматривать большое количество тестовых изображений, значительные затраты средств и времени на подготовку наблюдений и оборудования, трудоемкость организации проведения тестирования.

Субъективные испытания в их нынешнем виде применимы только для целей разработки и едва ли могут быть рекомендованы для текущего мониторинга, т.е.

повторяющихся измерений для оценки качества подготавливаемых видеоматериалов.

**Оценка качества изображения после декомпрессии методом, объективных измерений.** Для аппаратурной оценки, качества изображения на выходе цифрового телевизионного канала с компрессией необходимо оценить качество обработки сигнала на передающей и приемной сторонах (операции фильтрации, аналого-цифрового преобразования, устранения избыточности на передающей стороне и обратные операции на приеме). Канал передачи также может вносить искажения типа импульсной помехи, но чаще цифровой сигнал или передается, или не передается. Поэтому единственным критерием качества его работы можно считать достоверность передачи.

Поиски объективных методов оценки качества сосредоточились на двух направлениях:

- поиск цифровых испытательных сигналов, по результатам прохождения которых через цифровой телевизионный тракт можно было бы достоверно судить о влиянии качественных показателей тракта на любое реальное изображение;
- разработка методов непосредственной оценки качества изображения с учетом природы зрительного восприятия человека.

-

Второе направление в объективной оценке качества представляет анализатор качества изображения RQA-200 фирмы Tektronix (США). Специалисты данной фирмы считают, что для исключения влияния содержания программы на результат измерений следует не оценивать качество изображения непосредственно, а показать, как ухудшилось изображение воспроизводимой сцены по сравнению с эталоном. В результате проведенных исследований разработано два метода объективного измерения качества телевизионного изображения:

- сравнение фильтрованных эталонного и воспроизводимого изображений;
- извлечение особенностей из обоих изображений и их сравнение.

Первый метод - наиболее точный, он использует матричный алгоритм для обработки каждого телевизионного изображения или последовательности в фильтрованное изображение, похожее на исходное, но с меньшим объемом информации. Фильтрованное изображение эталона и испытываемого кадра или сюжета сравниваются по пикселям, и по специальному алгоритму вычисляется оценка.

Второй метод использует математический расчет для извлечения особенностей одиночного изображения (пространственные характеристики) или последовательности изображений (временные характеристики). Объем получаемой информации не превышает нескольких сотен байтов на изображение. Эту информацию нетрудно передать вместе с компрессированным сигналом к удаленному месту испытаний, где она будет использована для сравнения с аналогичными особенностями изображения на выходе канала.

Исследования показали, что первый метод дает лучшую корреляцию с результатами субъективных испытаний.

Разработанный по первому алгоритму анализатор качества изображения PQA-200 работает в режиме сравнения изображений и предлагается как реальная замена субъективных методов оценки с помощью экспертов. Прибор содержит генератор эталонного тестового материала и анализатор. В процессе измерений двухсекундный отрезок тестовой видеопоследовательности пропускается через испытуемый кодер сжатия, записывается в память и анализируется с помощью быстродействующего процессора путем сравнения с оригиналом. Результат выдается в виде числа, называемого оценкой качества изображения (PQR - Picture Quality Rating). В качестве критерия оценки используется восприятие изображения человеком, основанное на модели человеческого зрения.

## Список літератури

### 1.Основна

1. Телебачення / Під ред. В.Е. Джаконії. – М.: Радіо та зв'язок , 1986.
2. Домбругов Р.М. Телебачення. – Київ : Вища школа , 1988.
3. Проектування та технічна експлуатація телевізійної апаратури / Під ред. С.В. Новаковського. – М : Радіо та зв'язок , 1989.
4. Ю.Б. Зубарьов , Г.Л. Глоріозов . Передача зображень – М. : Радіо та зв'язок , 1989.
5. А.В. Виходець , В.І. Коваленко , М.Т. Кохно – Звукове та телевізійне мовлення ; - М. : Радіо та зв'язок , 1987.
6. Цифрове телебачення / Під ред. М.І. Кривошеєва. - М. : Радіо та зв'язок , 1980.
7. Певзнер Б.М. Якість кольорових ТВ зображень : видання друге ; М. : Радіо та зв'язок , 1988.
8. Радіорелейні та супутникові системи передачі : Підручник для вузів / Під ред. А.С. Немировського . - М. : Радіо та зв'язок , 1986. – 392 с
9. Системи радіозв'язку : Підручник для вузів / Під ред Л.Я. Калашникова - М. : Радіо та зв'язок , 1987. – 352 с
10. Посібник по радіорелейному зв'язку / Під ред С.В. Бородича - М. : Радіо та зв'язок , 1981. – 416 с
11. Супутниковий зв'язок та мовлення. Посібник / Під ред. Л.Я. Кантора - М. : Радіо та зв'язок , 1988. – 344 с
12. Системи космічного зв'язку. Посібник під ред. Б.В. Одинцова , Е. А. Сукачова; Одеса 1989.

- 13.Сучасні системи радіозв'язку в прикладах та задачах. Посібник під ред. Б.В. Одинцова , Е. А. Сукачьева; Одеса 1990.
- 14.Мамчев Г.В. «Основы радиосвязи и телевидения», 2007 год;
- 15.Джакония В.Е., Гоголь В.А., Друзин Я.В. «Телевидение (4-е издание), 2007
- 16.Локшин Б.А. «Телевизионное вещание. От студии к телезрителю», 2001
- 17.Кириллов В.И., Ткаченко А.П. «Телевидение и передача изображение», 1988
- 18.Самойлов В.Ф., Хромой Б.П. «Основы цветного телевидения», 1982
- 19.Ельяшкевич С.А., Юкер А.М. «Усовершенствование телевизоров ЗУСЦТ и 4УСЦТ», 1994
- 20.Быков Р.Е., Сигалов В.М., Эйсенгардт Г.А. «Телевидение», 1988
- 21.Ельяшкевич С.А. «Справочное пособие. Цветные телевизоры ЗУСЦТ», 1990
- 22.Зубарев Е.Б., Кривошеев М.И., Красносельский И.Н. «Цифровое телевизионное вещание. Основы и методы», 2001
- 23.Корытов В.И «Телевизоры ЗУСЦТ. Ремонт и настройка», 1999
- 24.Смирнов А.В. «Основы цифрового телевиденья», 2001
- 25.Ельяшкевич С.А., Песков А.Е. «Телевизоры ЗУСЦТ, 4УСЦТ, 5УСЦТ. Устройство, регулировки, ремонт»
- 26.Шумихин Ю.А. «Телевизионный сигнал», 1968
- 27.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 1 Принципи радіозв'язку, 2014
- 28.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 2 Радіопередавальні пристрої, 2014
- 29.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 3 Радиоприйёмные устройства, 2014
- 30.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 4 Физические основы телевидения, 2014
- 31.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 5 Основные принципы функционирования телевизионных систем, 2014
- 32.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 6 Формирование телевизионного сигнала, 2014
- 33.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 7 Конструктивні особливості телевізійної апаратури, 2014
- 34.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 8 Особенности построения телевизионных систем, 2014
- 35.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 9 Сети телевизионного вещания, 2014

## 2.Додаткова

1. Мордуховіч Л.Г., Степанов А.П. Системи радіозв'язку. Курсове проектування. - М. : Радіо та зв'язок , 1987. – 192 с
2. Спілкер Дж. Цифровий супутниковий зв'язок / пер. з англ. ; Під ред. В.В. Маркова - М. : Зв'язок , 1979. – 592 с
3. Одинцов Б.В., Сукачов Е.А. , Гуцаюк А.К. Цифрові системи радіозв'язку : Навчальний посібник / ОЕІС ім. А.С. Попова – Одеса , 1988. – 56 с.
4. Одинцов Б.В., Сукачов Е.А. , Гуцаюк А.К. Космічний зв'язок : Навчальний посібник / ОЕІС ім. А.С. Попова – Одеса , 1989. – 56 с.
5. Новаковський С.В. Колір в кольоровому телебаченні - М. : Радіо та зв'язок, 1988.
6. Кривошеєв М.І.Основи телевізійних вимірювань. : видання 3 – е. - М. : Радіо та зв'язок , 1989.
7. ГОСТ 7845 – 79. Система мовленнєвого телебачення. Основні параметри , методи вимірювань.
8. Прийом телебачення та радіомовлення з супутників / Д.Ю. Бем , М.Є. Ільченко , А.П. Житков, Л.Г. Гассанов. – К.: Техніка , 1992. – 176 с.
9. Довідник. Індивідуальні відео – засоби. С.А. Сєдов – Київ 1990.
- 10.В.Бондарьов , Г.Трьостер , В. Чернега. Цифрова обробка сигналів : методи та засоби. Навчальний посібник для вузів. Харків 2001.