

ОСНОВЫ ЦВЕТНОГО ТВ

1. Колориметрия
2. Трехкомпонентное цветное зрение. Система RGB.
3. Методы смешения цветов.
4. Способы получения цветного изображения
5. Цветопередача в ТВ
6. Основные требования к вещательной системе ЦТВ.
7. Яркостной и цветоразностные сигналы.

КОЛОРИМЕТРИЯ

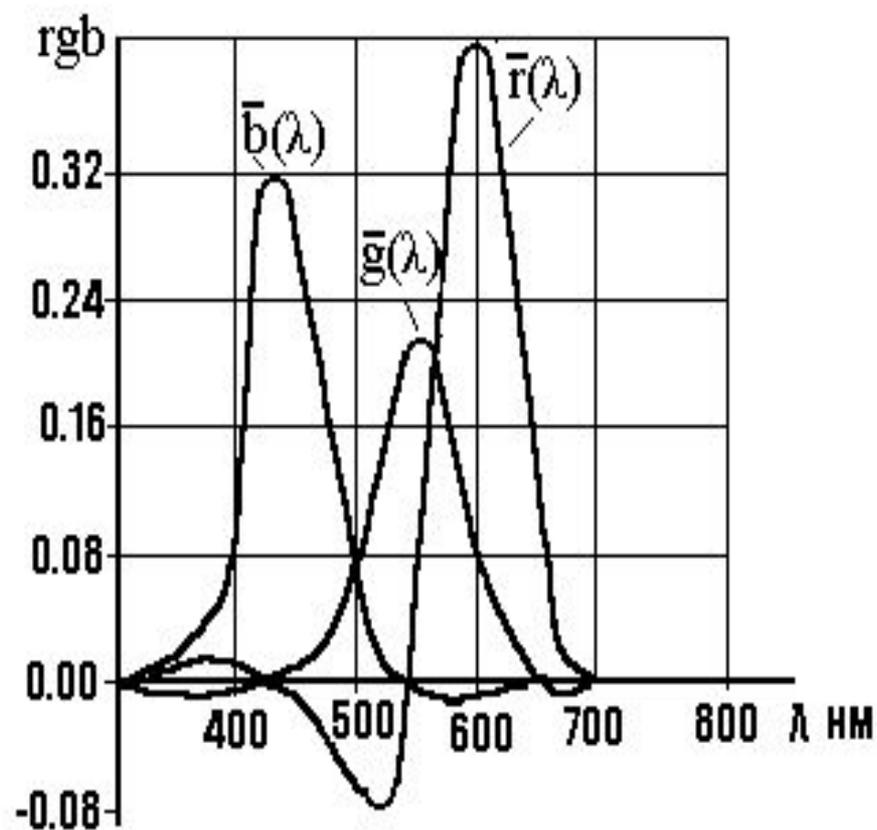
Световые излучения, которые воспринимает глаз человека, лежащий в диапазоне волн **380-780** нм принято считать видимым спектром. При этом ощущение цвета зависит от спектрального состава этого излучения. Если все составляющие спектра имеют одинаковую мощность, то мы будем ощущать белый цвет. Ощущение цвета, отличного от белого, возникает, когда излучение содержит не все длины волн либо является неравномерным. Предельный случай неравномерного излучения — **монохроматическое** (одного цвета). Монохроматические излучения разной длины волны вызывают у человека ощущение различных спектральных цветов, обладающих максимальной насыщенностью.

- **Насыщенность** - цветовой параметр, обозначающий степень разбавленности монохроматического цвета белым. **Насыщенность белого = 0**. Спектр монохроматических излучений условно разбит на **7 главных цветов (радуга)**, названия которых могут служить приблизительным обозначением **цветового тона**.
- **Цветовой тон и насыщенность** не зависят от интенсивности излучения и характеризуют качество цвета. Количество цвета связано с величиной светового потока – **светлота**. Эти три параметра – субъективные. Им соответствуют физические величины – **яркость (светлота), преобладающая длина волны (цветовой тон) и чистота цвета (насыщенность)**. Очень часто сочетание цветового тона и насыщенности, т.е. качественную характеристику цвета, называют **цветностью**.

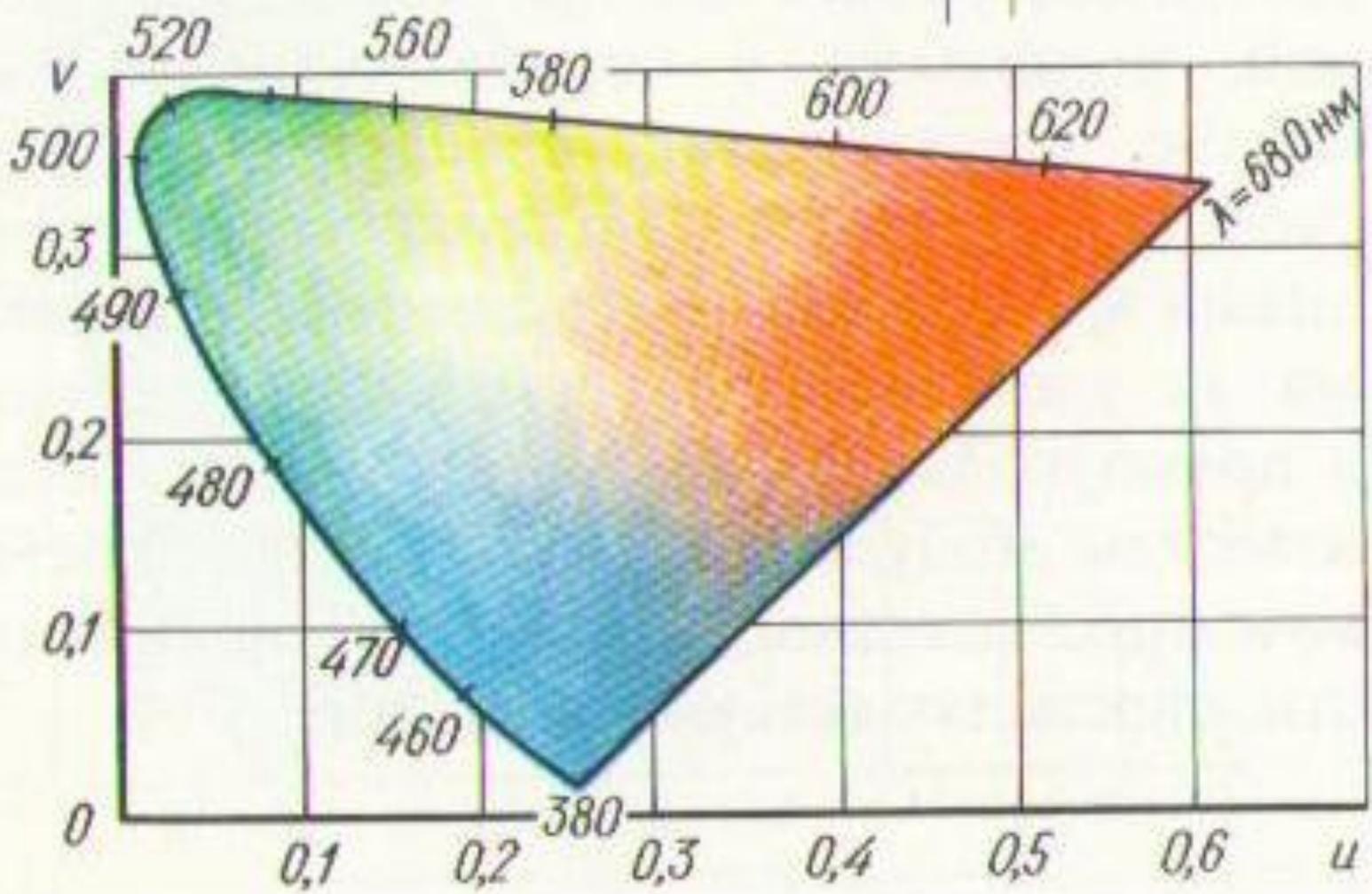
Количество различных глазом цветов велико – около 10 млн., различающихся по трем указанным параметрам. Описание такого множества оттенков невозможно без их классификации и символического обозначения. Цветовая система, позволяющая дать наиболее точное численное описание цвета, была создана на основе экспериментальных и теоретических работ многих ученых. **Наука об измерении цвета – колориметрия**, основанная на теории трехкомпонентного зрения и трехмерном цветовом пространстве.

Физиологические основы цветового зрения базируются на теории трехкомпонентного зрения, выдвинутой М.В. Ломоносовым в 1756 г. и развитой через 150 лет Г. Гельмгольцем. Согласно этой теории в сетчатке глаза имеется три вида колбочек, обладающих различной спектральной чувствительностью. Изолированное возбуждение одного из этих видов дает ощущение одного из трех насыщенных цветов – красного, синего, зеленого. Обычно воспринимаемое нами излучение содержит весь спектр видимого диапазона волн, но с разной спектральной интенсивностью. Это приводит к раздражению не одного, а двух или трех видов колбочек одновременно, но в разной степени. Различное соотношение возбуждений вызывает ощущение определенного цвета.

Колориметрическая система RGB использует координаты трех основных цвета **R,G,B**, и при графическом представлении цвета образует равносторонний **цветовой треугольник RGB**. Внутри него лежат все цвета, которые могут быть правильно воспроизведены смешением этих основных. С помощью треугольника можно наглядно представить себе количественные и качественные соотношения колориметрии и по нему удобно изучать законы смешения цветов. При перемещении по сторонам треугольника будут меняться цвета, в центре будет находиться точка белого цвета, и при перемещении от сторон к центру будет меняться насыщенность, т.е. разбавление цвета белым.



Удельные координаты цвета в системе RGB



Любой цвет в системе описывается

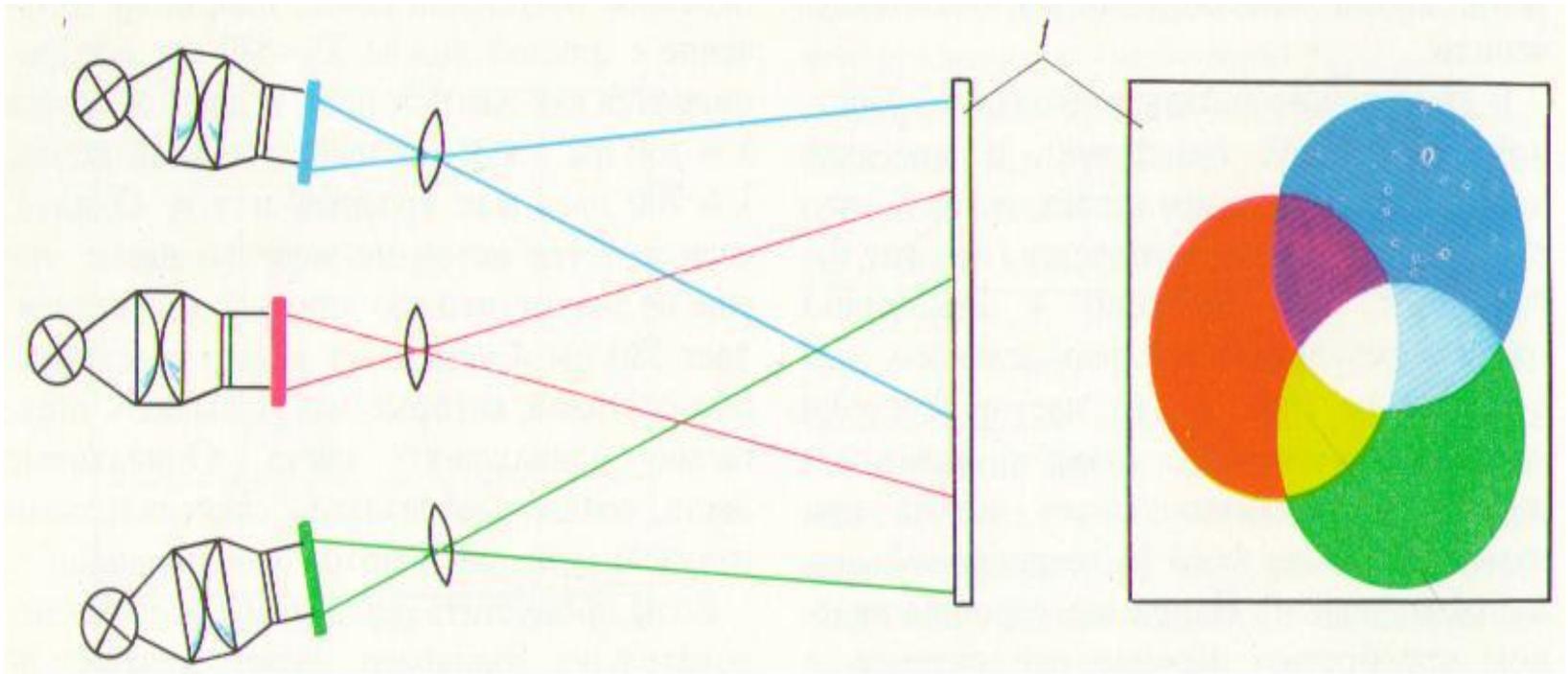
$$f'F = r'R + g'G + b'B.$$

Где величины представляют собой цветовые свойства среднего наблюдателя, фиксирующего достижения цветового равенства - удельных цветовых коэффициентов или удельных координат от длины волны (кривые смещения), которые были стандартизированы в 1931 г. МКО на основе экспериментальных результатов.

Отрицательные участки кривых показывают, что в цветовом уравнении величины коэффициентов имеют отрицательное значение, т.е. не все цвета могут быть получены смешением основных реальных цветов системы.

МЕТОДЫ СМЕШЕНИЯ ЦВЕТОВ

Локальное может быть **одновременным (оптическим)**, когда на одну поверхность проецируется два или несколько излучений, вызывающих каждый в отдельности ощущение разных цветов, и **последовательным**, когда излучения воздействуют на глаз одно за другим. При быстрой смене излучений в зрительном аппарате возникает ощущение единого результирующего цвета.



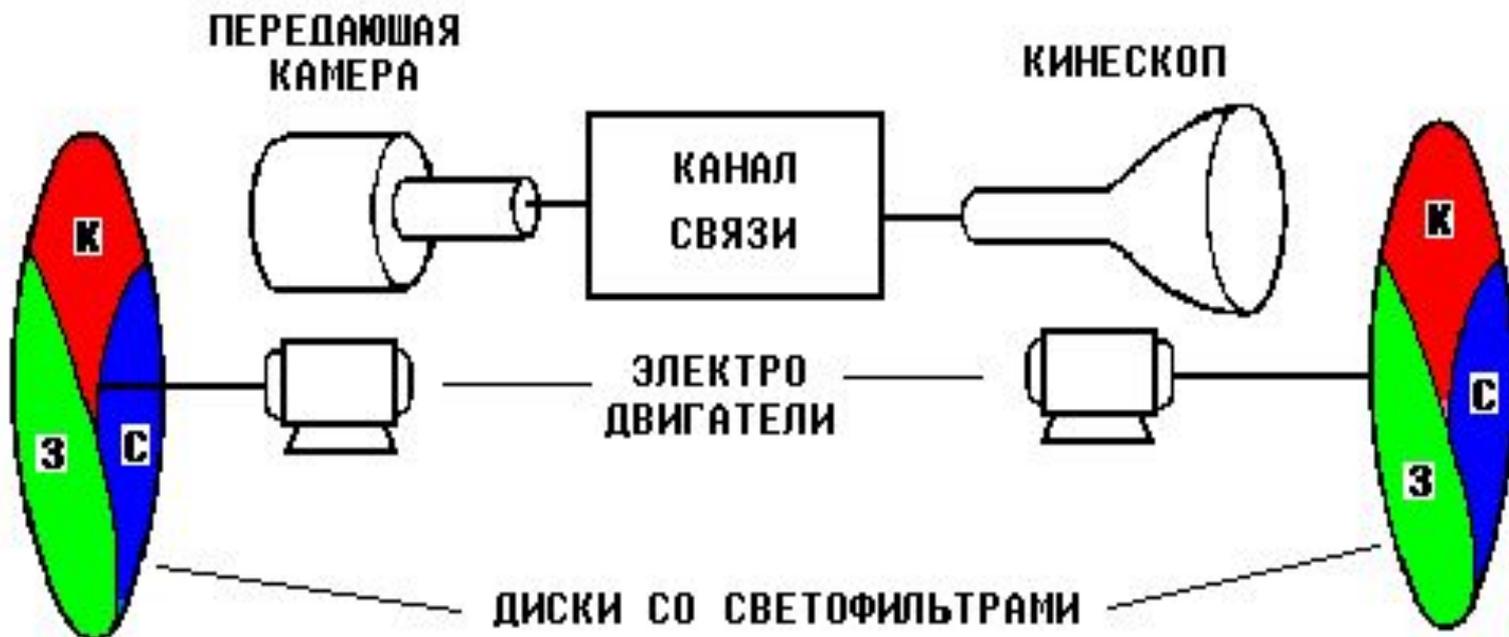
Биноккулярное смешение – смешение двух или нескольких цветов путем раздельного раздражения левого и правого глаза разными цветами, в результате чего возникает ощущение нового цвета. Для получения цветного ТВ изображения датчики ТВ сигналов должны не только осуществлять поэлементный анализ, но и спектральное разделение воздействующего излучения на три составные части, аналогично нашему зрительному аппарату. На приемном конце требуется обратное действие.

Основной закон смешения цветов:
любые 4 цвета находятся в линейной зависимости, т.е. любой цвет может быть выражен через любые 3 взаимнонезависимых цвета: $f'F = r'R + g'G + b'B$. Здесь F, R, G, B – единицы излучения произвольного и трех основных цветов, а f' , r' , g' , b' – множители, указывающие количество этих излучений, - **модули** этих цветов или **цветовые коэффициенты**.

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЦВЕТНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Системы ЦТ по принципу передачи и воспроизведения цветов разделяются на 2 класса:
**последовательные (поочередные) и
одновременные.**

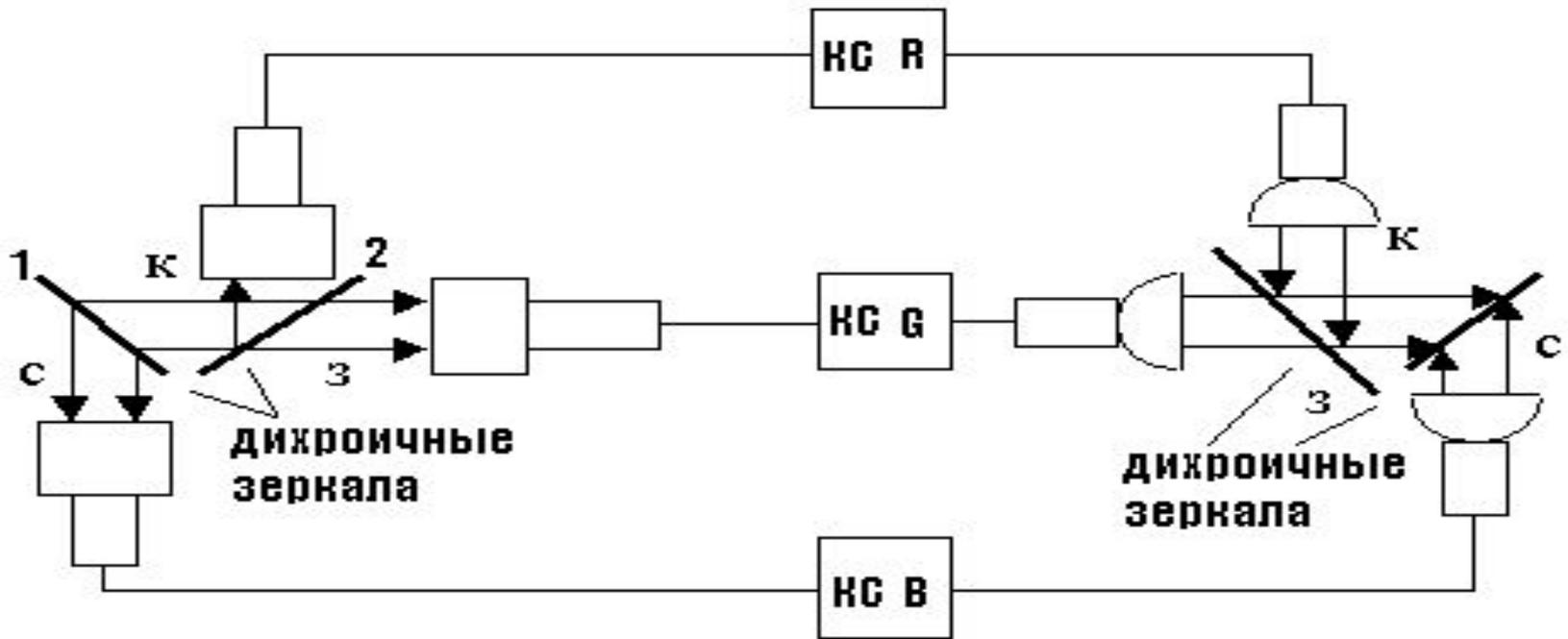
Последовательные системы. Принцип действия такой системы, заключается в последовательной передаче цветных полей, строк или элементов.



С помощью вращающегося диска с тремя цветными светофильтрами изображение превращается в последовательное чередование отдельно красного, синего и зеленого, а на приемном конце опять проходит через такой же диск. При синфазном вращении дисков зритель видит три цветных изображения и благодаря инерционности восприятия возникает впечатление изображения в натуральных цветах. Для незаметности мельканий необходимо, чтобы смена всех трех цветных изображений прошла за время смены кадра, т.е. требуется в 3 раза повысить частоты развертки и ширину спектра сигнала. Недостатки: - несовместимость с вещательной системой черно-белого ТВ из-за разности параметров развертки и ширины спектра сигнала;

- при быстром перемещении объектов на изображении появляется цветная «бахрома», т.к. следующие друг за другом изображения в трех основных цветах оказываются не совмещенными;
- применение дисков со светофильтрами ограничивает размеры экрана кинескопа.

Одновременная система. В общем случае может быть создана путем механического соединения трех стандартных черно-белых ТВ систем.



Данный способ передачи и воспроизведения основных цветов требует точного оптического и электрического совмещения трех растров передающих и приемных трубок, так как нарушение совмещения может привести к потере четкости и появлению цветных окантовок.

ЦВЕТОПЕРЕДАЧА В ТВ

При выборе параметров отдельных звеньев ЦТ системы важно установить, к какому идеалу точности цветопроизведения следует стремиться.

Существует три критерия точности:

- **физический** – когда одинаковы спектральные составы и мощности излучений;
- **физиологический** – когда зрительные ощущения от оригинала и репродукции идентичны;
- **психологический** – когда изображение оценивается как высококачественное.

В ТВ стремиться к **физической точности** нет смысла, т.к. одинаковые ощущения цвета могут быть получены при воздействии излучения разного состава, **физиологическую точность мы не получим**, т.к. из-за выбора треугольника основных цветов мы не можем воспроизвести часть реальных цветов, и диапазон воспроизводимых яркостей не может быть столь велик, как яркости реально существующих объектов. Поэтому при разработке вещательных систем ЦТ имеют в виду, что ТВ изображение имеет меньшие размеры деталей, чем объекты, заключено в ограничивающую рамку, яркость фона обычно мала. При этих условиях надо учитывать адаптацию глаза и относительность наших зрительных ощущений, что позволяет не воспроизводить абсолютное значение яркостей, а сохранить лишь соотношения между яркостями отдельных элементов и их цветности.

К вещательным системам ЦТВ предъявляются следующие требования:

- Совместимость с системой черно-белого ТВ, под которой понимается возможность приема без помех черно-белым приемником ЦТ программ в черно-белом виде. Этот принцип обеспечивает возможность одновременного функционирования цветных и черно-белых приемников. В связи с этим при разработке принципов построения систем ЦТВ должны быть учтены параметры стандартов черно-белого ТВ. Основные параметры – это частота строчной и кадровой разверток и полоса частот, занимаемая спектром.
- Высокое качество цветовоспроизведения, которое оценивается степенью соответствия ТВ изображения оригиналу. Это означает, что цветность каждого элемента изображения не должна отличаться от соответствующего элемента оригинала.
- Относительная простота цветного ТВ приемника при его надежности при его экономической доступности.
- Перспективность ЦТВ системы с точки зрения ее дальнейшего развития, включающее повышение качества преобразования, обработки и передачи изображения, а также передачу зрителю дополнительной информации с выводом ее на ТВ экран.
- Совместимость стандартов для обеспечения возможности обмена программами с другими странами.

ЯРКОСТНОЙ И ЦВЕТОРАЗНОСТНЫЕ СИГНАЛЫ

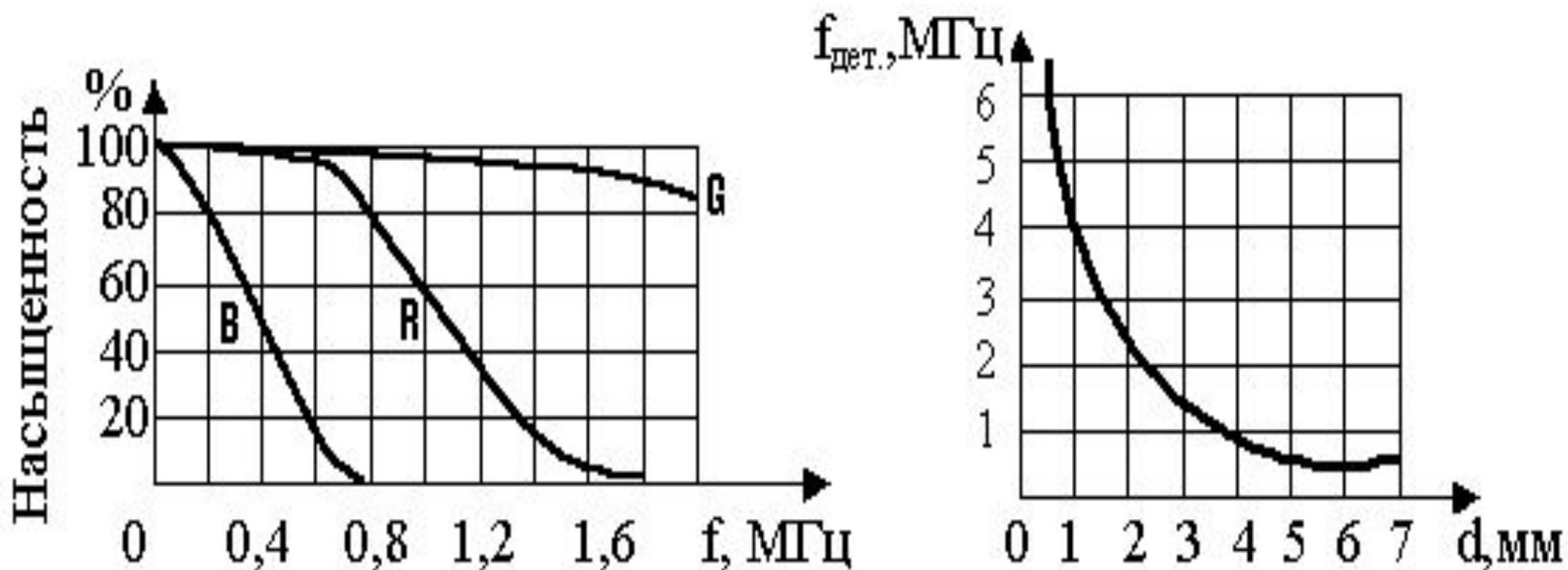
Для обеспечения совместимости необходимо передавать сигнал, обеспечивающий, на экране монохромного ТВ черно-белое изображение – **сигнал яркости или яркостной**. Т.е., надо или ставить еще одну трубку с люминофором, соответствующим кривой относительной видимости глаза, и передавать 4 сигнала одновременно, или формировать его схемными способами, суммированием сигналов основных цветов в соотношении, определяемом спектральной чувствительностью глаза к основным цветам люминофоров. Приведенные расчеты показали, что для цветов R,G,B относительное содержание основных цветов в яркостном описывается выражением:

$$EY = 0,30ER + 0,59EG + 0,11EB.$$

Для создания такого сигнала используется **матрица**.

При наличии сигнала яркости нет необходимости передавать по каналу связи сигналы трех основных цветов. Достаточно передавать два из них, а третий можно будет получить в декодирующей матрице, вычитая их из яркостного.

Человеческий глаз плохо воспринимает цвета мелких деталей. Многочисленные опыты показали, что с уменьшением размеров деталей их видимая цветовая насыщенность становится меньше, причем для разных цветов эти размеры различны. Подобное явление потери цветового зрения связано с различной спектральной чувствительностью глаза (наибольшая для зеленого цвета, средняя для красного и малая для синего).



Зеленые мелкие детали сохраняют различимость цвета почти до верхней границы ТВ спектра, в то время как для **красных** различимость падает около **1,4-1,6 МГц**, а для **синих** вообще на **0,6-0,8 МГц**. Это позволяет передавать цветовую информацию о двух основных цветах не в полном спектре. Кроме того, т.к. яркостной сигнал несет полную информацию о яркостных соотношениях передаваемых элементов изображения, ее можно исключить из сигналов основных цветов. Т.е. по каналу связи можно передавать **E_Y** , **E_{B-Y}** и **E_{R-Y}** . Эти два сигнала получили название **цветоразностных сигналов**.

Преимущества передачи цветоразностных сигналов:

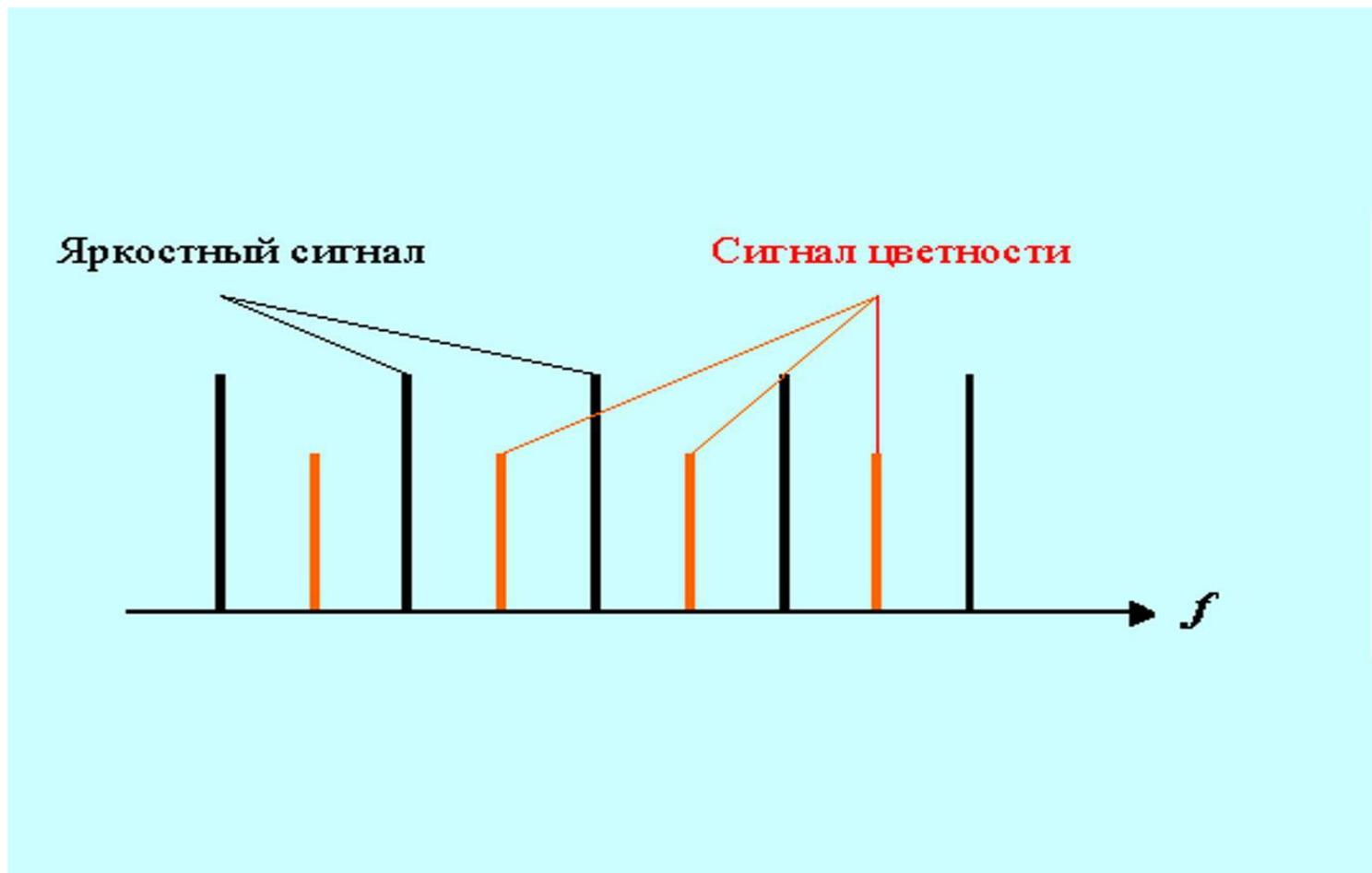
- Вследствие того, что из этих сигналов частично исключена избыточная информация о яркости, их амплитуда обращается в 0 при передаче серых и белых деталей (на белом амплитуды основных цветов равны $= E_y$) и мала на слабонасыщенных местах;
- Цветоразностные сигналы упрощают построение декодирующих устройств приемника, т.к. исходные цвета могут быть получены простым суммированием цветоразностных сигналов с яркостным. Причем, сигналы основных цветов восстанавливаются сразу в полной полосе частот (высокочастотная часть спектра из яркостного), что упрощает схему декодирования.
- В приемном устройстве цветоразностный сигнал получают из первых двух в соответствии с выражением

$$E_{G-Y} = -0,51E_{R-Y} - 0,19E_{B-Y}$$

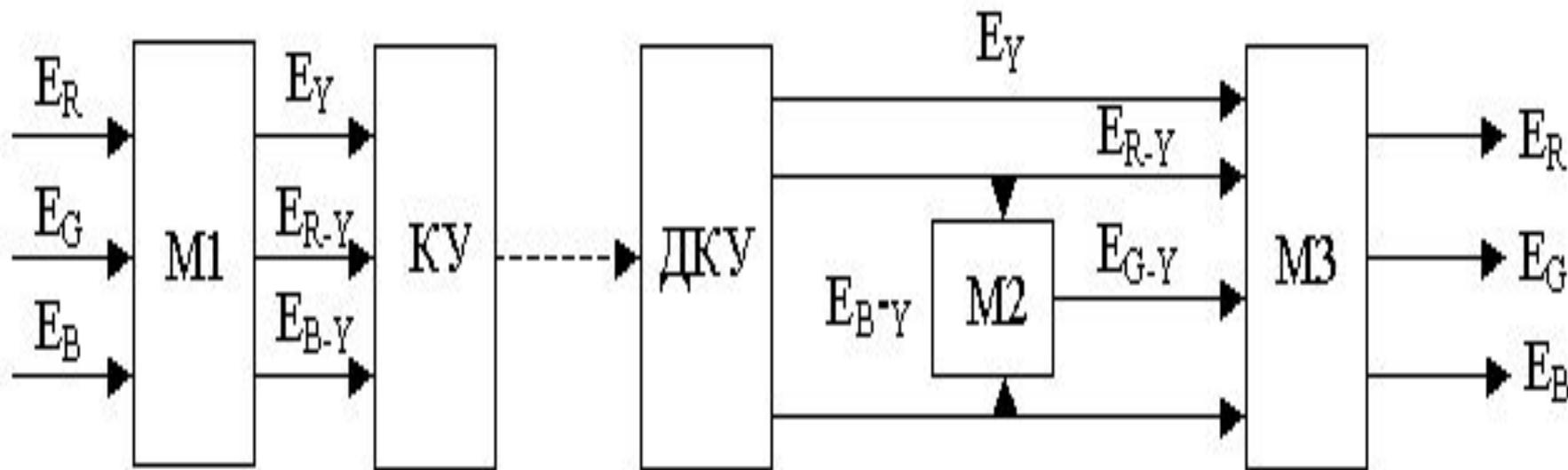
Уплотнение ТВ спектра. Хотя ограничение спектров цветоразностных сигналов и дает выигрыш по спектру, но все еще сумма полос частот трех сигналов больше, чем одного яркостного. А это не отвечает условию совместимости. Дальнейшая возможность сокращения полосы частот основывается на специфической особенности спектра ТВ сигнала – его линейчатости. Т.к. составляющие яркостного сигнала не заполняют всю ось частот, в промежутках можно разместить спектры цветоразностных сигналов.

Амплитуды цветоразностных сигналов заметно меньше основных сигналов (разность), но все равно на экране черно-белого ТВ будут видны дополнительные шумы и мелькания. Чтобы устранить, или хотя бы снизить эту заметность, спектры цветоразностных сигналов помещают на **поднесущих частотах** как можно ближе к верхней границе ТВ спектра, где в области мелких деталей восприимчивость глаза снижена.

Уплотнение спектров сигналов основных цветов



Структурная схема совместимой системы ЦТ. Структурная схема преобразования и передачи трех сигналов основных цветов по одному каналу связи, является общей для всех современных совместимых систем ЦТ. Различие между системами заключается в методах передачи информации о цветности в спектре яркостного сигнала.



На вход декодирующей матрицы М1, подаются прошедшие обработку и коррекцию в камерном канале сигналы основных цветов. Матрица преобразует их в сигналы первичных цветов передачи – яркостной и два цветоразностных, в соответствии с выражениями:

$$E_Y = 0,30E_R + 0,59E_G + 0,11E_B$$

$$E_{R-Y} = 0,70E_R - 0,59E_G - 0,11E_B$$

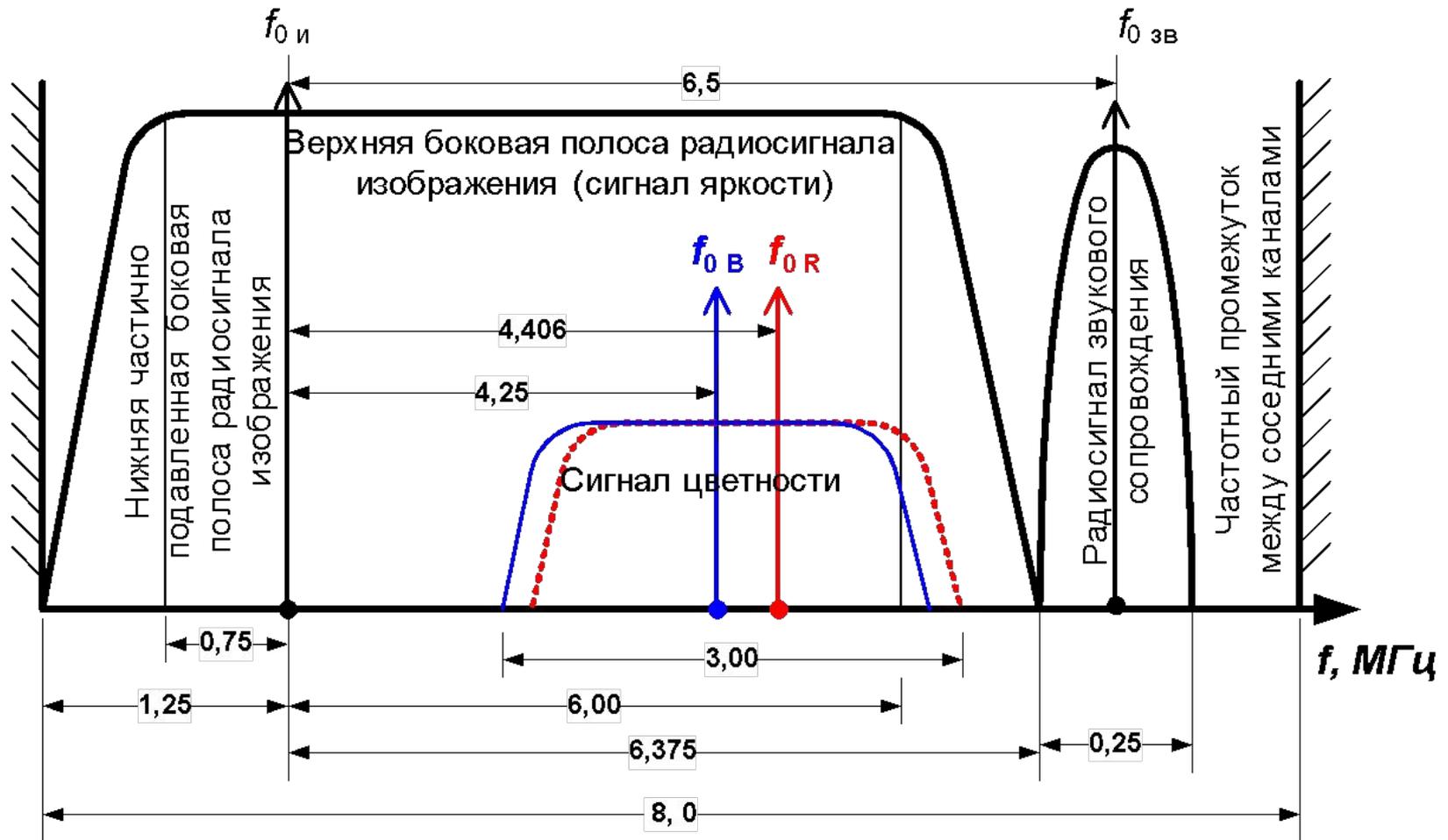
$$E_{B-Y} = -0,30E_R - 0,59E_G + 0,89E_B$$

Сформированные сигналы трех первичных цветов поступают в кодирующее устройство КУ, где формируется полный цветной ТВ сигнал.

Полный цветной ТВ сигнал (ПЦТВС) содержит:

1. Яркостной сигнал в полной полосе частот;
2. 2 цветоразностных сигнала (R-Y и B-Y) в ограниченной до **1.5 МГц** полосе частот, которые посредством модуляции одной или двух поднесущих частот, для уплотнения спектра яркостного сигнала размещаются в его высокочастотной части;
3. Сигналы синхронизации приемника;
4. Сигналы цветовой синхронизации.

Спектр ТВ сигнала цветного изображения



С выхода кодирующего устройства ПЦТВС через канал связи поступает на декодирующее устройства телевизора, где производится обратная операция выделения из общего спектра яркостного сигнала цветowych поднесущих частот, их детектирования для получения двух цветоразностных сигналов с помощью которых в матрице M2 формируется третий цветоразностный сигнал G-Y. Затем при помощи матрицы M3 из яркостного и 3 цветоразностных сигналов формируются исходные RGB сигналы.

Обобщенная структурная схема кодирующей матрицы

