

Основы обработки изображений

В

видеоинформационных
системах

ВИС

Видеоинформационные системы (ВИС) – это многофункциональные интерактивные системы, обеспечивающие высококачественное воспроизведение видеоинформации на экранах различных размеров.



Видеоинформационные системы:

- являются элементом нового средства массовой визуальной информации, дополняющего радио и телевидение, в том числе в целях оповещения;
- могут транслировать фрагменты телевизионных программ, включая ТВ рекламу, видеопрограммы, информацию, рекламу;
- могут использоваться как в стационарном, так и в мобильном (сборно-разборном) вариантах;
- существенно повышают эффективность проведения различных массовых мероприятий с привлечением большого числа зрителей и участников путем улучшения интерактивного взаимодействия поставщиков и потребителей услуг;
- могут работать практически круглосуточно с высоким качеством в разных климатических условиях.

Зрительный анализатор и его структура

Зрение человека (зрительное восприятие) – способность человека воспринимать информацию путем преобразования энергии электромагнитного излучения светового диапазона, осуществляемого зрительной системой.

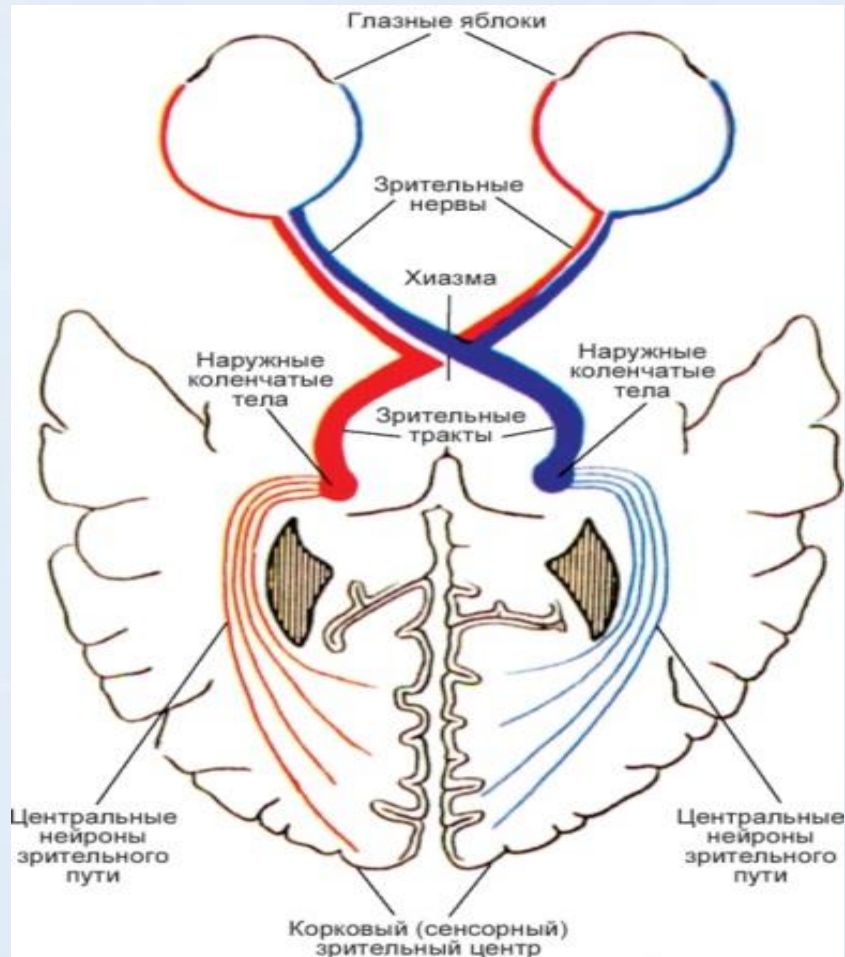
Зрение - субъективное восприятие объективного мира посредством света с помощью зрительной системы.

Зрительный анализатор

Зрительный анализатор состоит из 3-х частей:

- периферический отдел – глазные яблоки с рецепторами сетчатки глаза;
- проводниковая часть – зрительный нерв;
- центральный отдел – центр зрительного анализатора, локализованный в затылочной части головы.

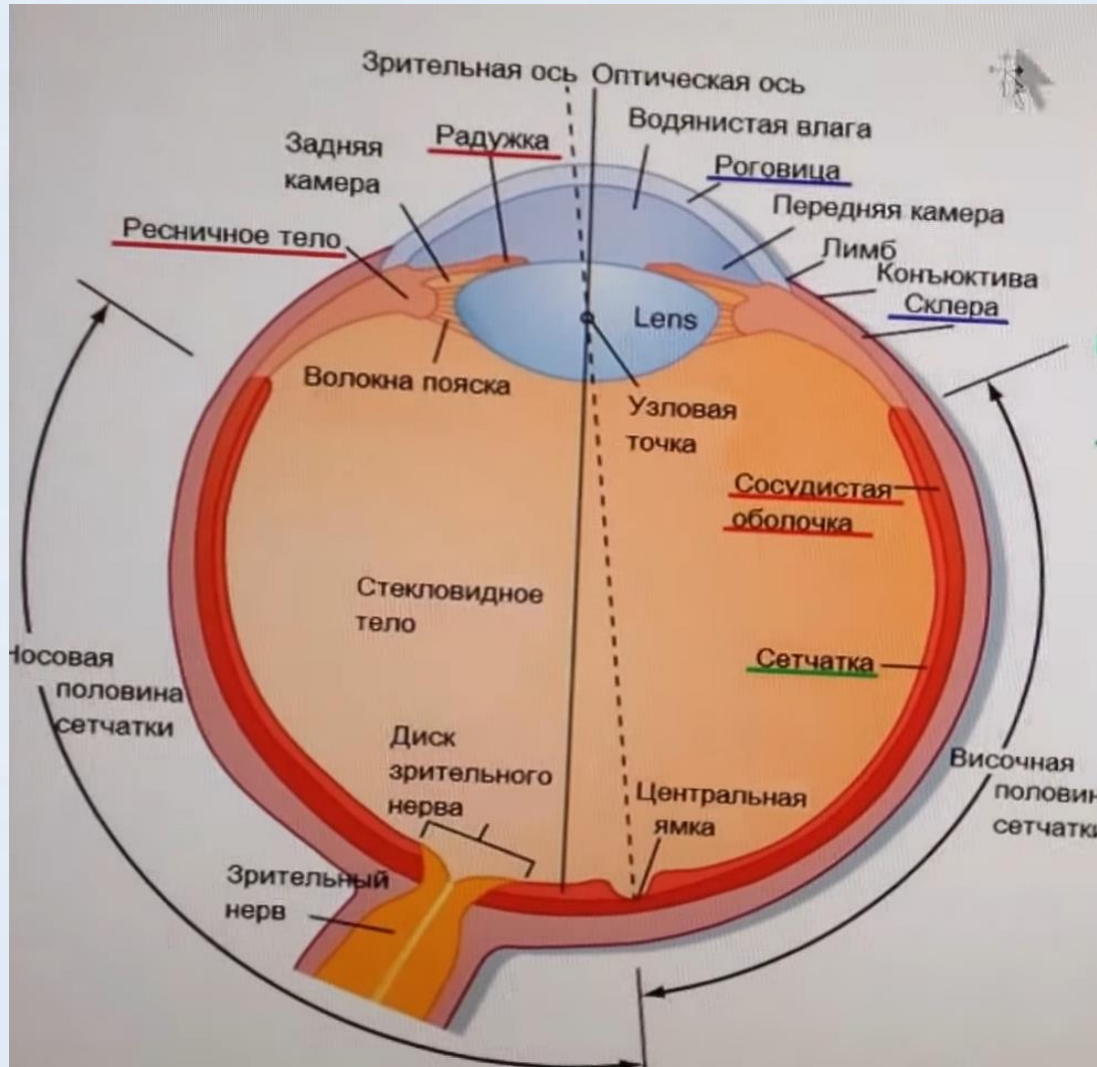
Схема строения зрительного анализатора



Результат обработки зрительной информации:

- восприятие сложных зрительных объектов, например, печатного текста в книге;
- оценка размеров, формы, удаленности предметов;
- формирование восприятия перспективы;
- различие между плоскими и объемными предметами;
- объединение всей полученной информации в целостную картинку.

Разрез глаза



Оптическая и видимая глазом области спектра

Оптическая область спектра:

λ от 10 нм до 1 мм

Спектр видимых глазом оптических излучений - видимые излучения – от 380 до 770 нм;

- ультрафиолетовые излучения – от 10 до 380 нм;
- инфракрасные излучения – от 770 до 1 мм.

Зависимость относительной чувствительности человеческого глаза от длины волны излучения

$$v_{\lambda} \equiv \frac{P(\lambda_0)}{P(\lambda)}$$

- относительная чувствительность, соответствующая длине волны λ ;
 $\lambda_0 = 555$ нм

Зависимость относительной чувствительности глаза от длины волны излучения

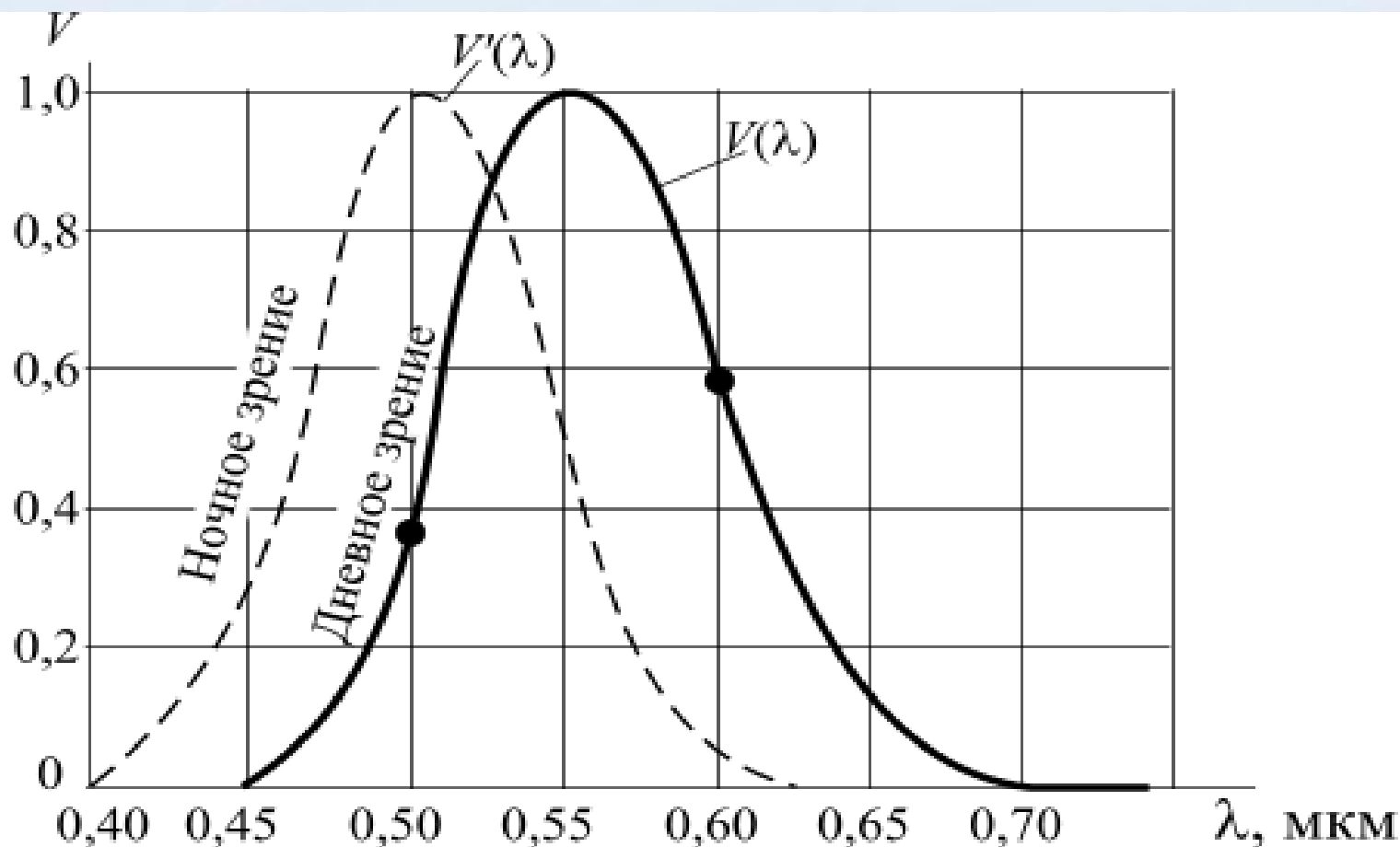
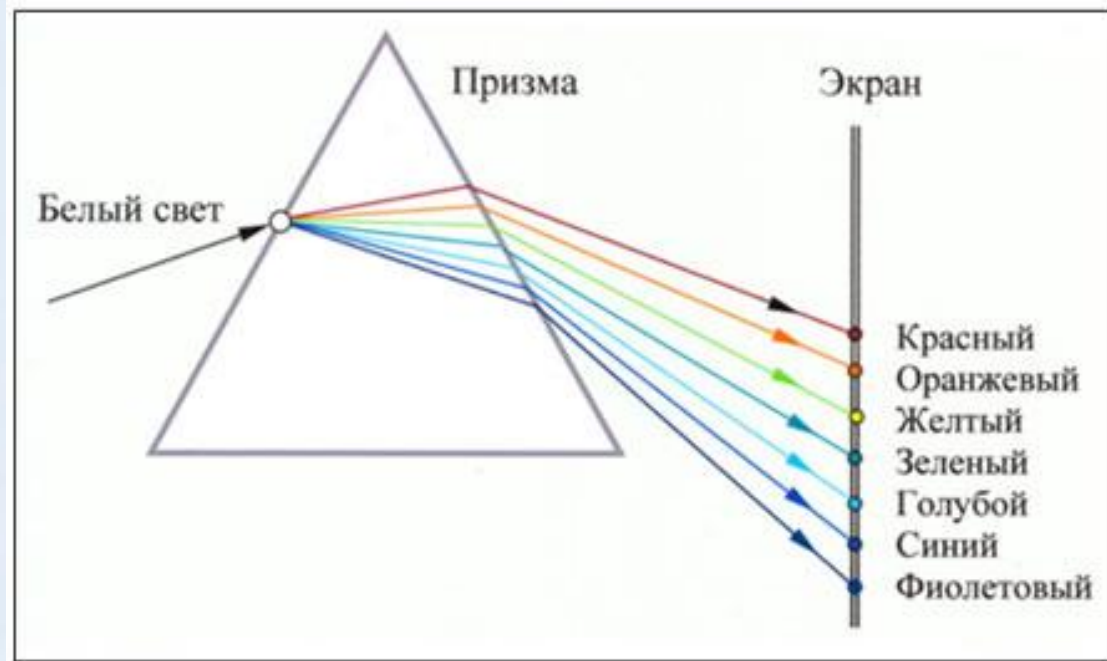


Рис. 1.1. Функция относительной спектральной чувствительности глаза (кривая видимости) в условиях дневного $V(\lambda)$ и ночного $V'(\lambda)$ зрения

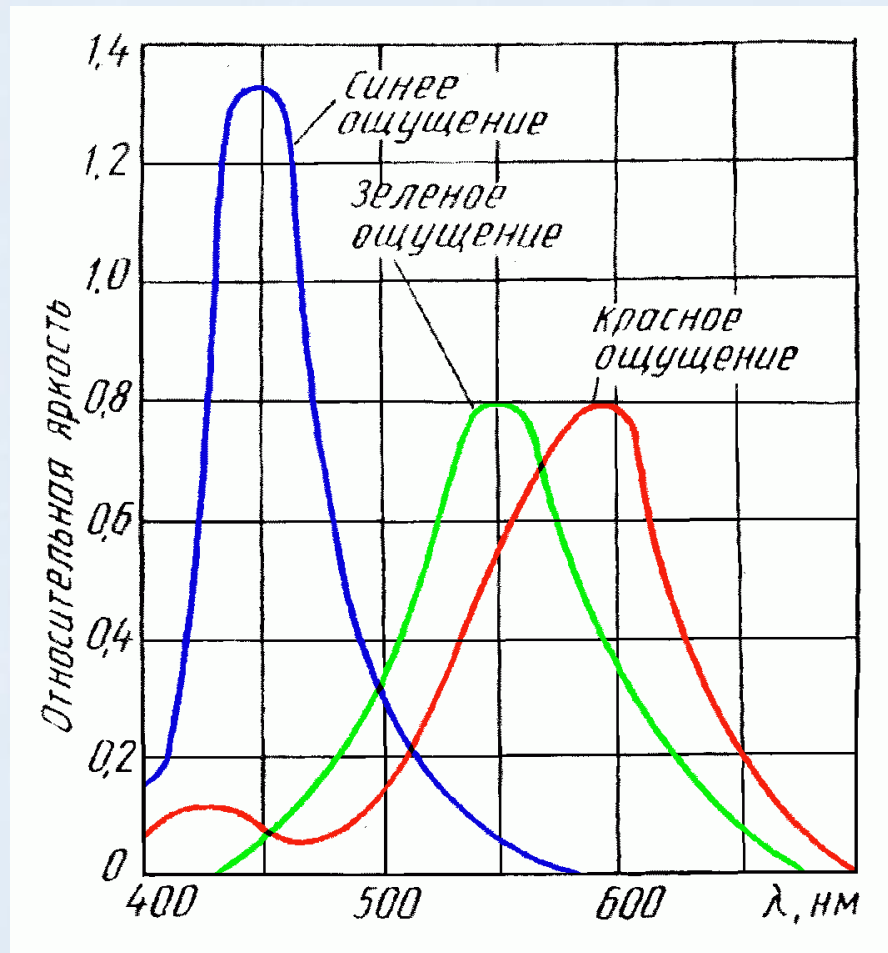
Разложение света в спектр вследствие дисперсии



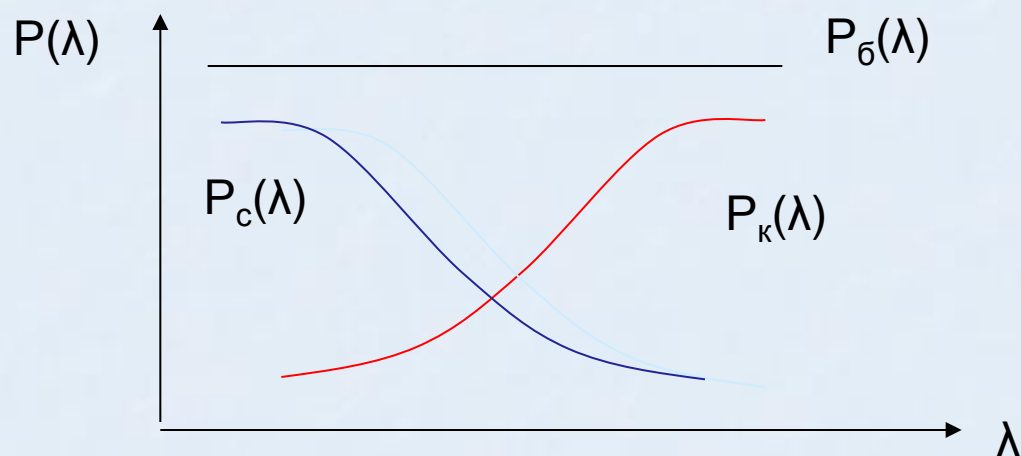
Качественные характеристики излучения

- 380–430 нм – фиолетовый,
- 430–470 нм – синий,
- 470–490 нм – голубой,
- 490–565 нм – зеленый,
- 565–595 нм – желтый,
- 595–620 нм – оранжевый,
- 620–770 нм – красный.

Кривые возбуждения рецепторов глаза



Распределение энергии излучения по спектру



Цветность

Цветовой тон (субъективный параметр) – характерное свойство цвета, позволяющее обозначать его как красный, синий, желтый и т.п.

Доминирующая (преобладающая) длина волны λ_d (физический параметр) – длина волны монохроматического излучения того же цветового тона, что и данный цвет.

Цветовой круг Ньютона

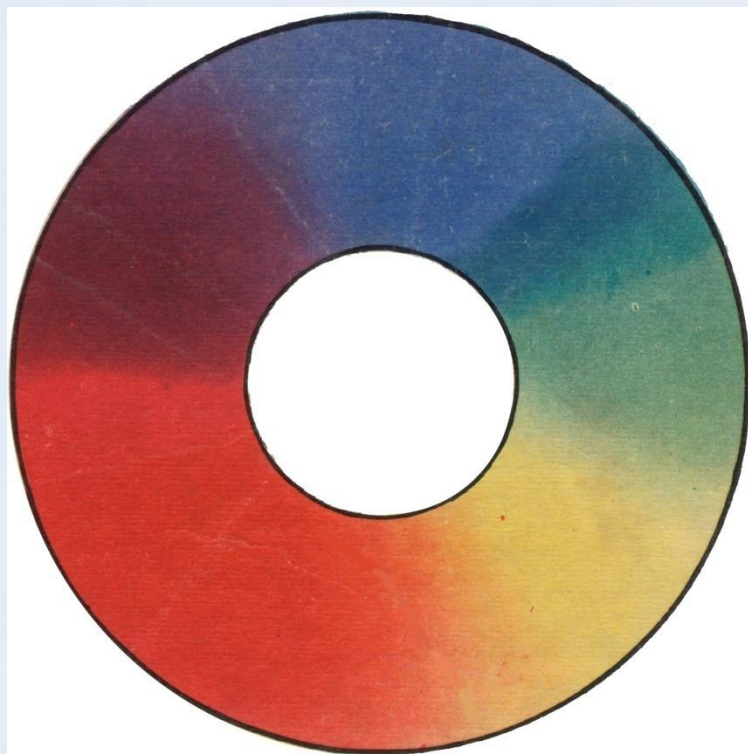


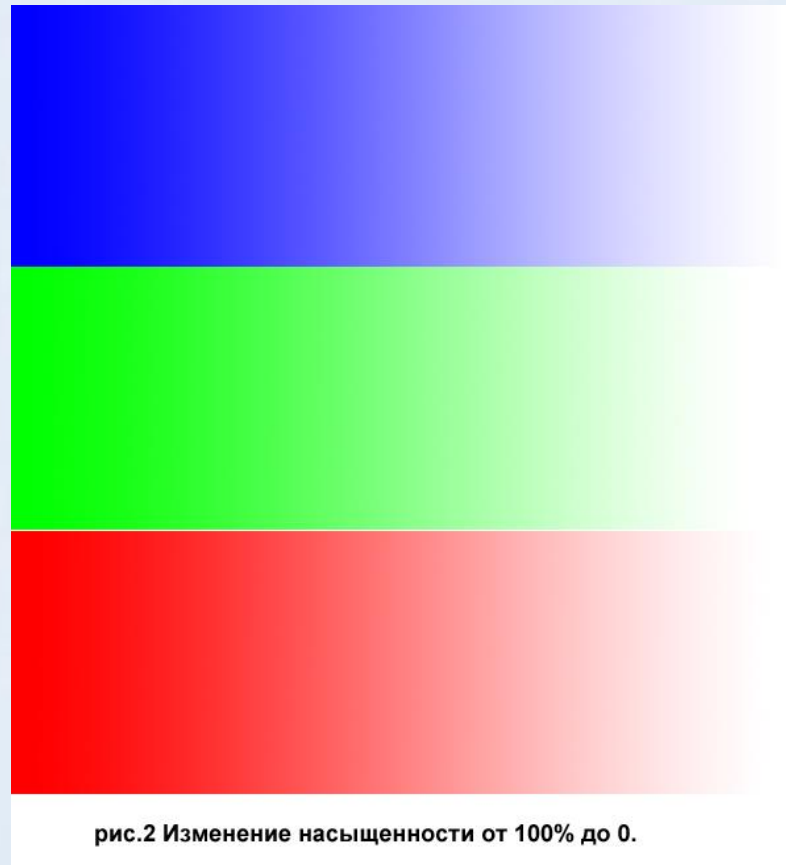
рис.3 Изменение цветового тона

Насыщенность (субъективный параметр) – свойство цветового ощущения, характеризующее степень удаленности данного цвета по зрительному восприятию от белого.

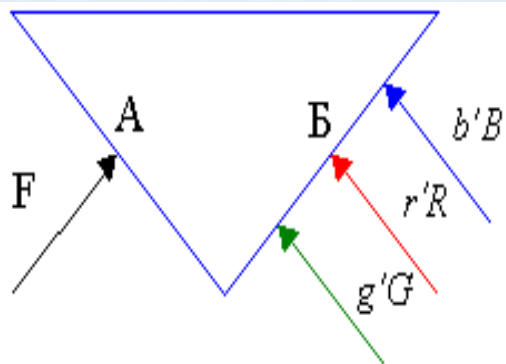
Колориметрическая чистота цвета P (физический параметр) – относительное содержание в нем спектрального цвета (монохроматического светового потока F_λ)

$$P = F_\lambda / F = F_\lambda / (F_b + F_\lambda)$$

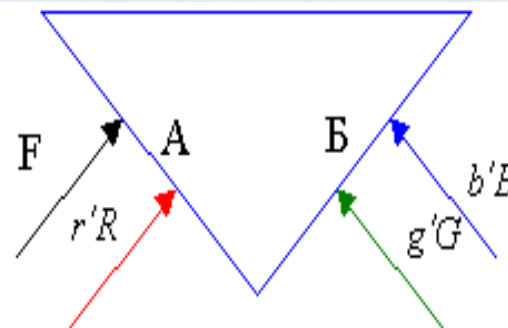
Насыщенность и чистота цвета



Получение кривых смешения цветов



a)



б)

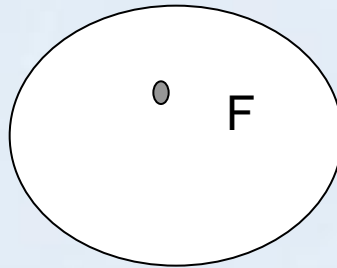
Смешение цветов. Основное колориметрическое уравнение

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

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

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

Цветное изображение – многомерная функция



$$F = f (L, \lambda, \rho, x, y, z, t)$$

Для ч/б телевидения:

$$L (x, y, t)$$

Принципы телевидения

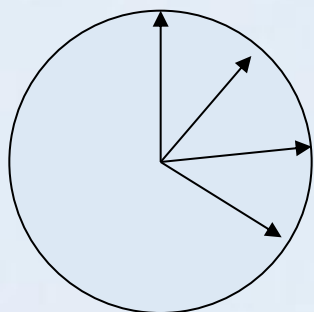
- **1 принцип ТВ** - разбиение передаваемого объекта на множество элементарных площадок (элементов)
- **2 принцип ТВ** - последовательная передача информации о яркостях всех элементов изображения – *развертка изображения*
- **3 принцип ТВ** – выбор такой скорости (частоты) передачи кадров, чтобы, благодаря инерционности зрения, обеспечивалось слитное восприятие изображения.

Основные параметры телевизионной системы

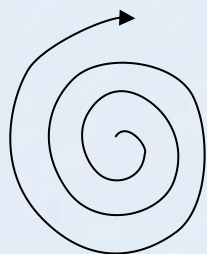
1. Вид развертки
2. Формат кадра **K**
3. Число строк разложения **Z**
4. Число кадров, передаваемых в секунду **n**

Развертка изображения

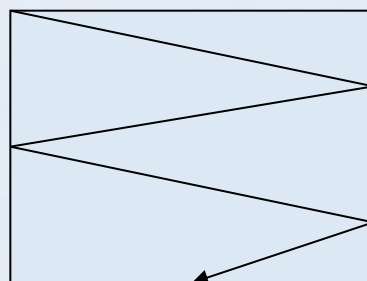
Способы развертки:



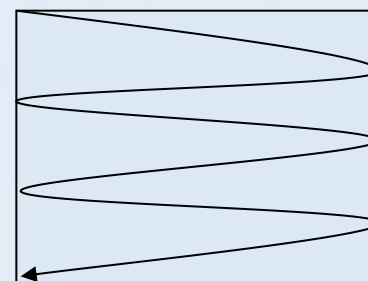
1. Радиальная



2. Спиральная



3. Зигзагообразная

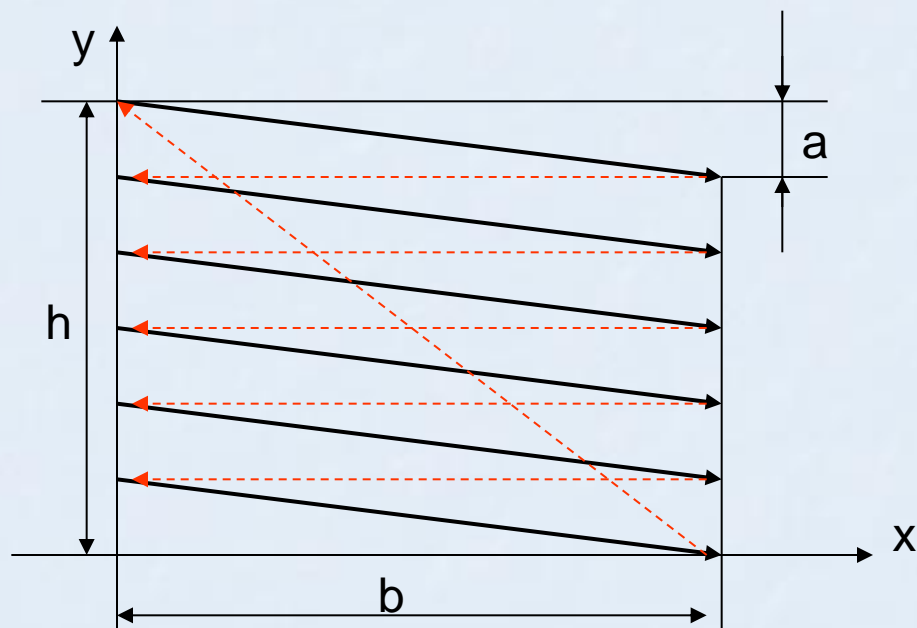


4. Синусоидальная

Линейно-строчная развертка

z, n, k – параметры развертки

Развертка вдоль оси x – строчная
вдоль оси y – кадровая

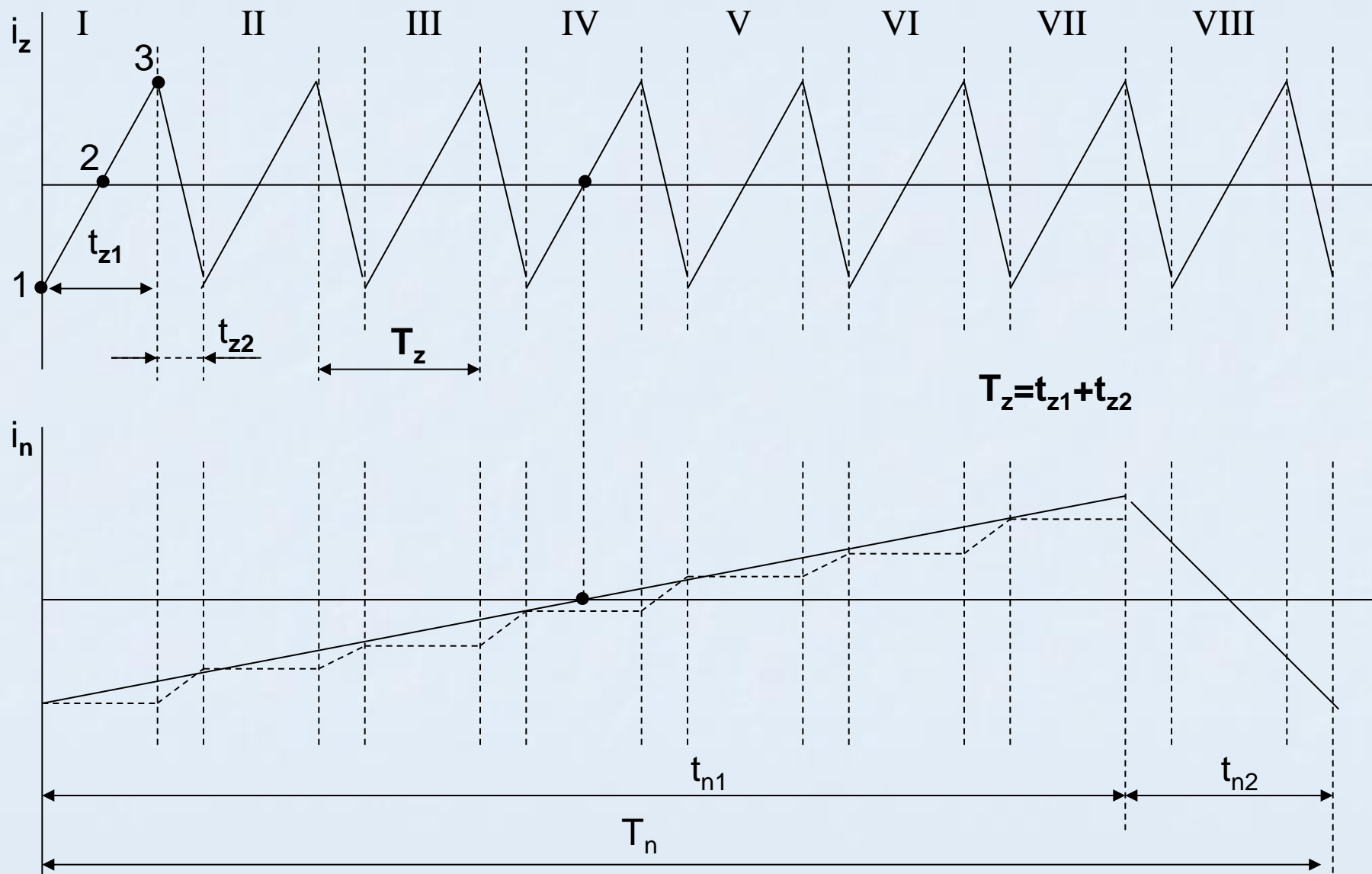


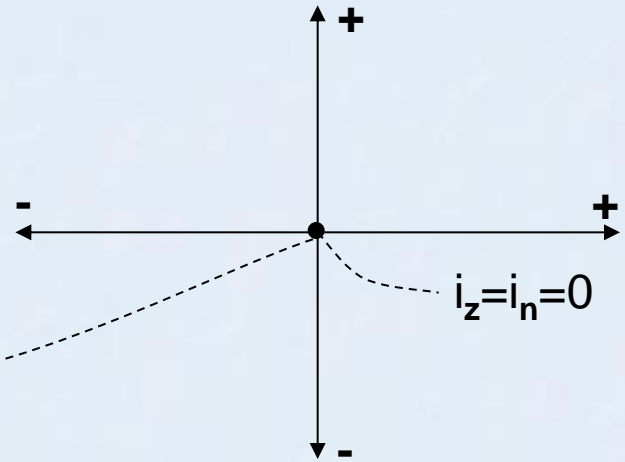
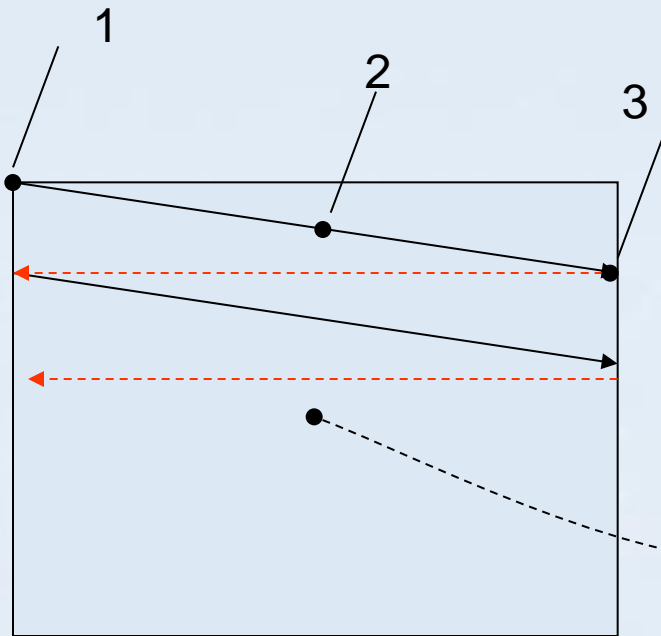
h - высота раstra
 b – ширина раstra
 $b / h = k$ - **формат кадра**

Z - число строк в кадре
 n - число кадров в секунду

$$a = h / z = 500 / 625 \leq 1 \text{ мм}$$

Форма тока строчной $-i_z$ и кадровой $-i_n$ разверток





Периоды строчной и кадровой развертки

$$T_z = t_{z1} + t_{z2}$$

$$f_z = 1 / T_z$$

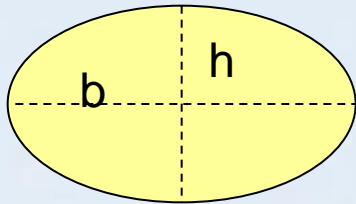
$$T_n = t_{n1} + t_{n2}$$

$$f_n = 1 / T_n$$

$$Z = T_n / T_z = f_z / f_n$$

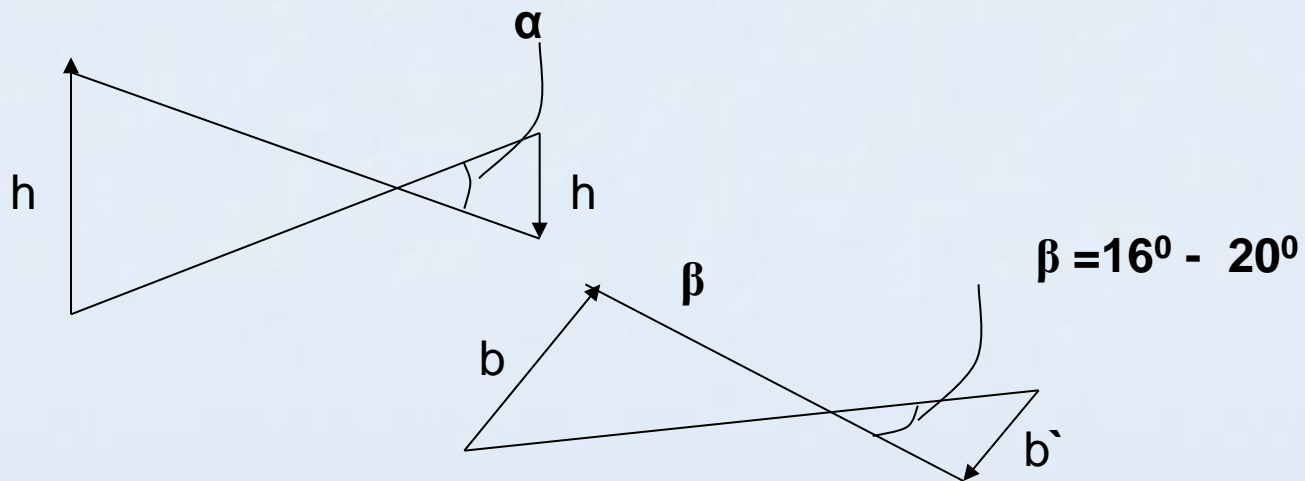
Формат кадра - К

форма желтого пятна

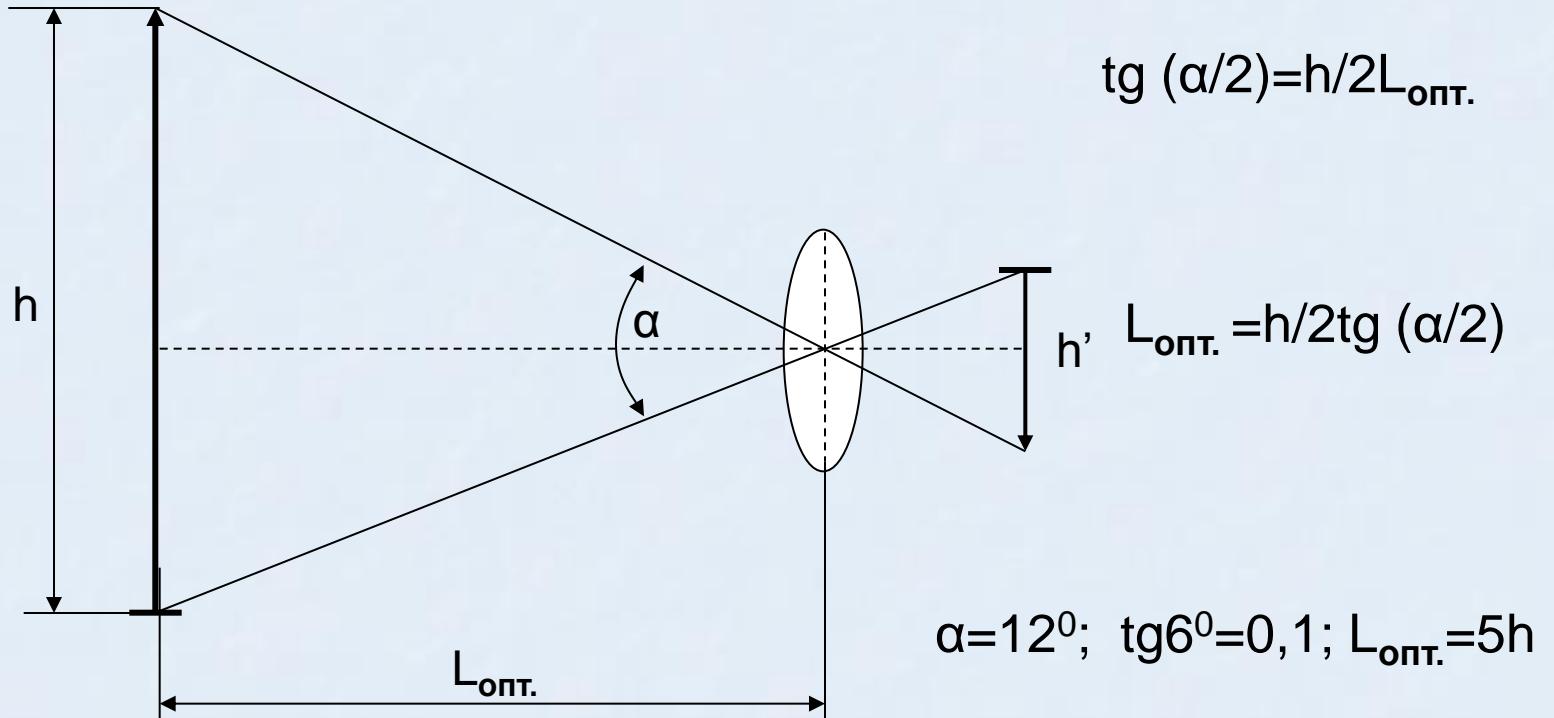


$b / h = 4 / 3 = K$ – формат кадра

$\alpha = 12^\circ - 15^\circ$

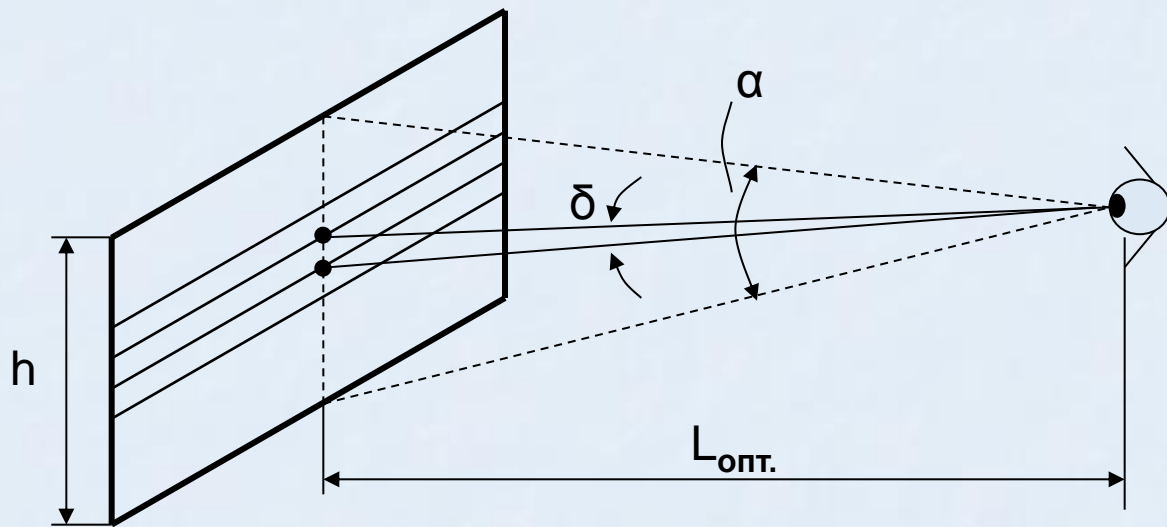


Оптимальное расстояние рассматривания ТВ изображения.

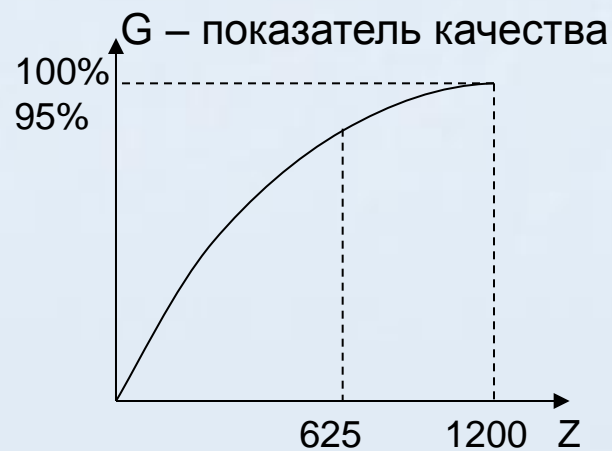


Число строк разложения – Z

$$Z = \alpha / \delta = (12^\circ - 15^\circ) / (1' - 1,5') \approx 600$$

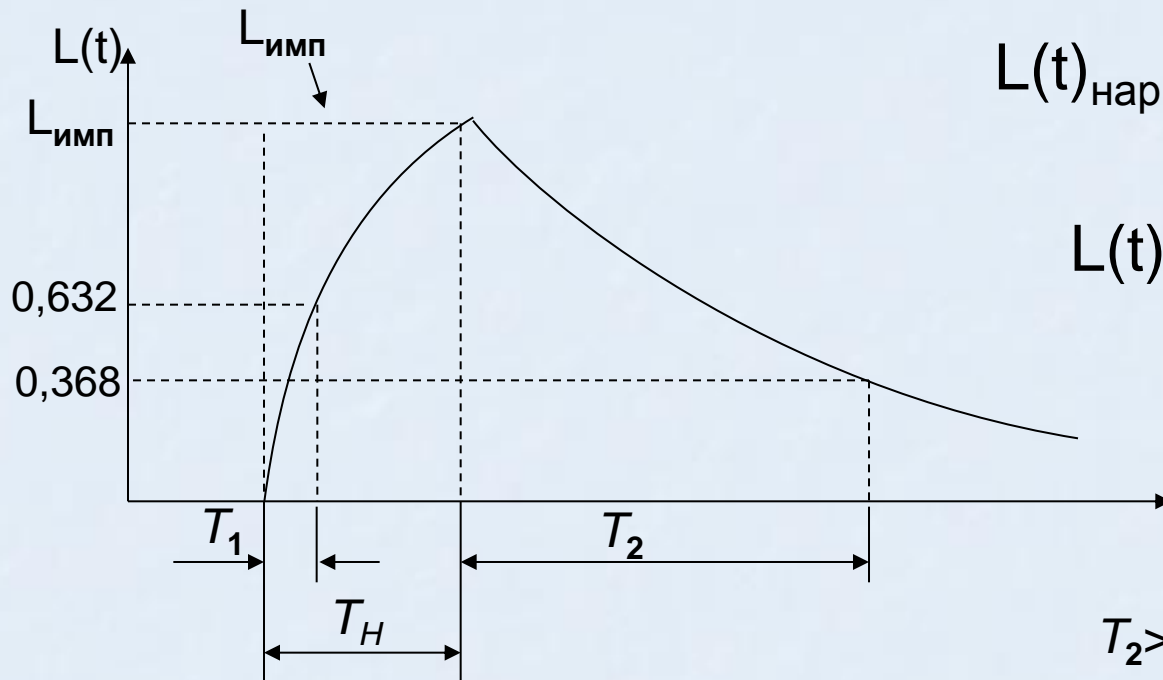


Стандарт	России	625
	США	525



Число кадров в секунду - n

Зрительная инерция



$$L(t)_{\text{нар.}} = L_{\text{имп}}(1 - e^{-t/T_1})$$

$$L(t)_{\text{спад.}} = L_{\text{имп}}e^{-t/T_2}$$

$$T_2 \gg T_1; T_2 \approx 0,1 \text{ сек}$$

$$f_{\text{кр}} = 9,6 \lg L + 30$$

$$\text{при } L=100 \text{ кд/м}^2$$

$$f_{\text{кр}} = 50 \text{ гц}$$

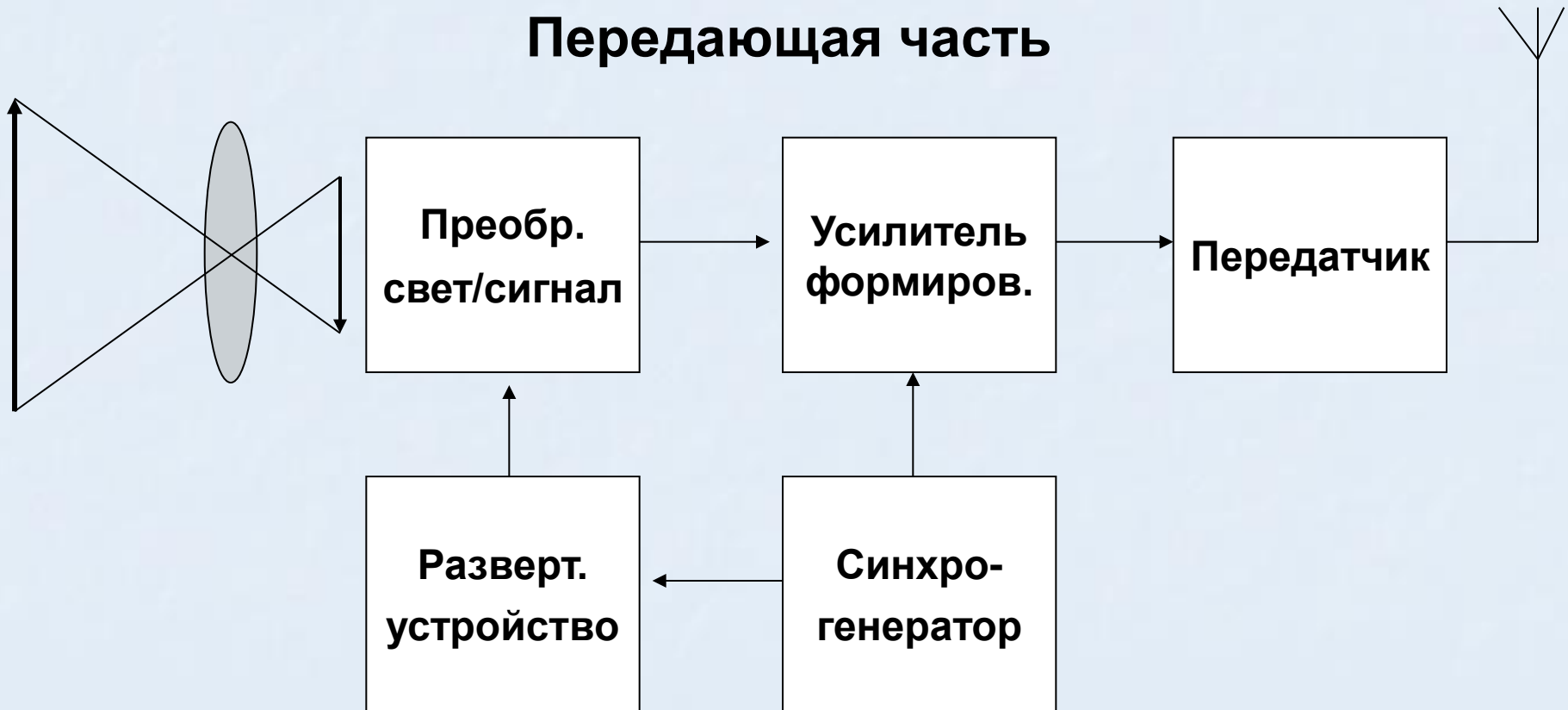
Закон Тальбота



$$L_{\text{виз}} = \frac{1}{T} \int_0^T L(t) dt$$

Обобщенная структурная схема телевизионной системы

Передающая часть

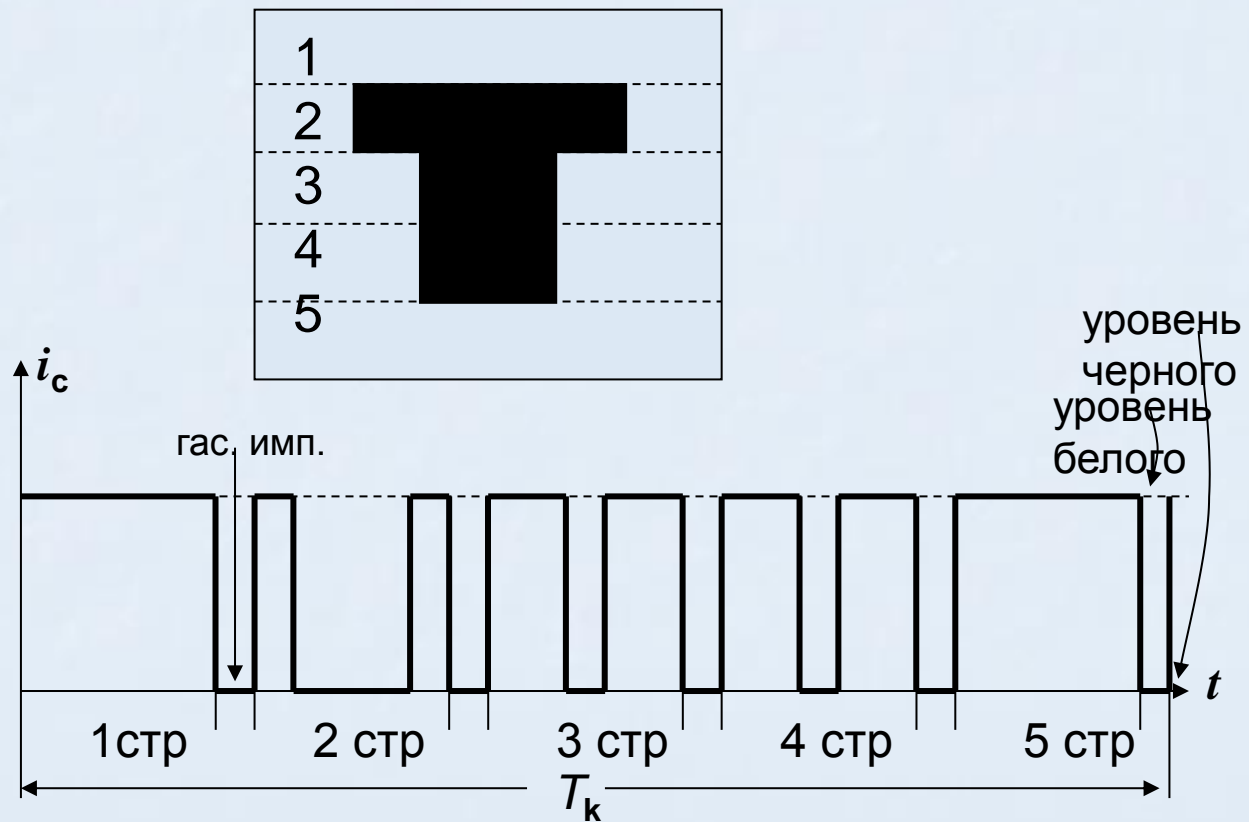


Приемная часть



Форма и свойства телевизионного сигнала.

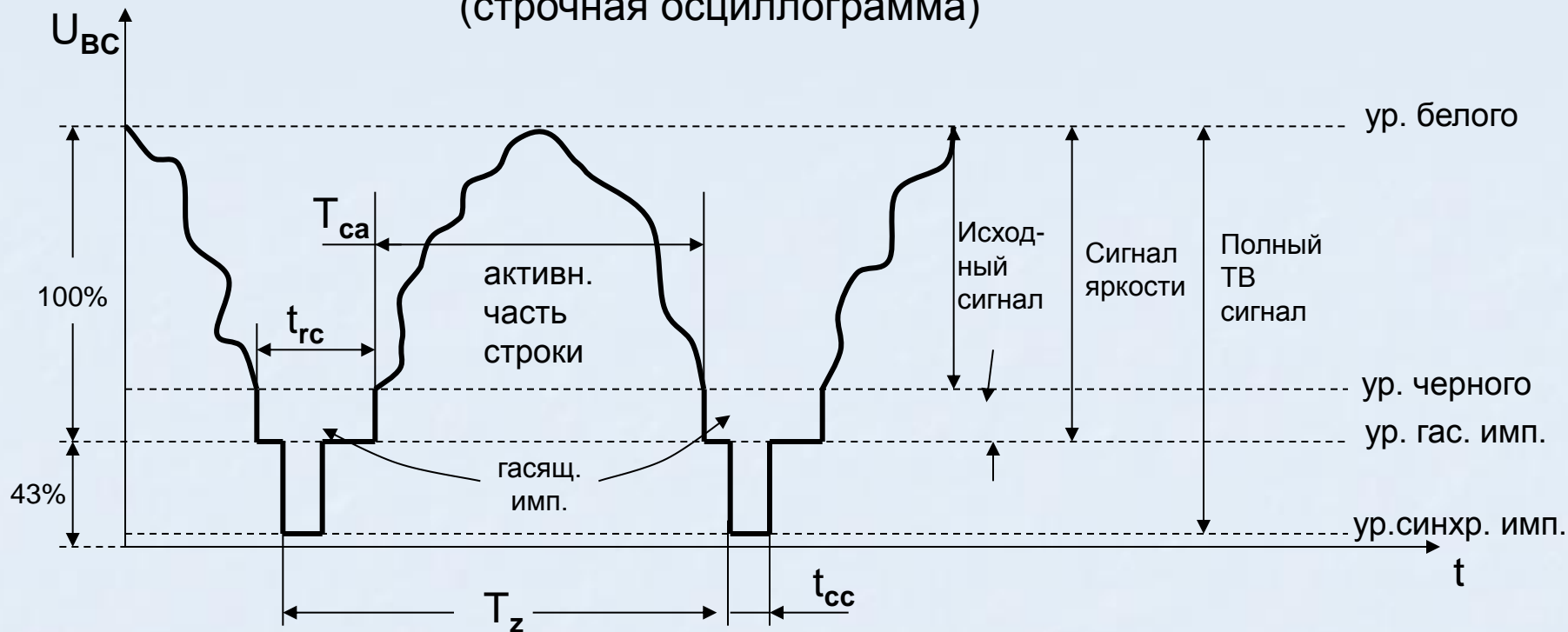
$$L(x,y) \Rightarrow i_c(t)$$



Основные особенности телевизионного сигнала

1. Сигнал имеет импульсный характер.
2. Телевизионный сигнал является периодическим.
3. Сигнал униполярен и содержит постоянную составляющую.
4. Динамический диапазон ТВ сигнала определяется уровнями черного и белого
5. Искажение формы ТВ сигнала приводит к искажению изображения.

Полный телевизионный сигнал (ПТВС) (строчная осциллограмма)



Параметры ПТВС (строчный интервал)

$$T_z = 64 \text{ мкс} = H$$

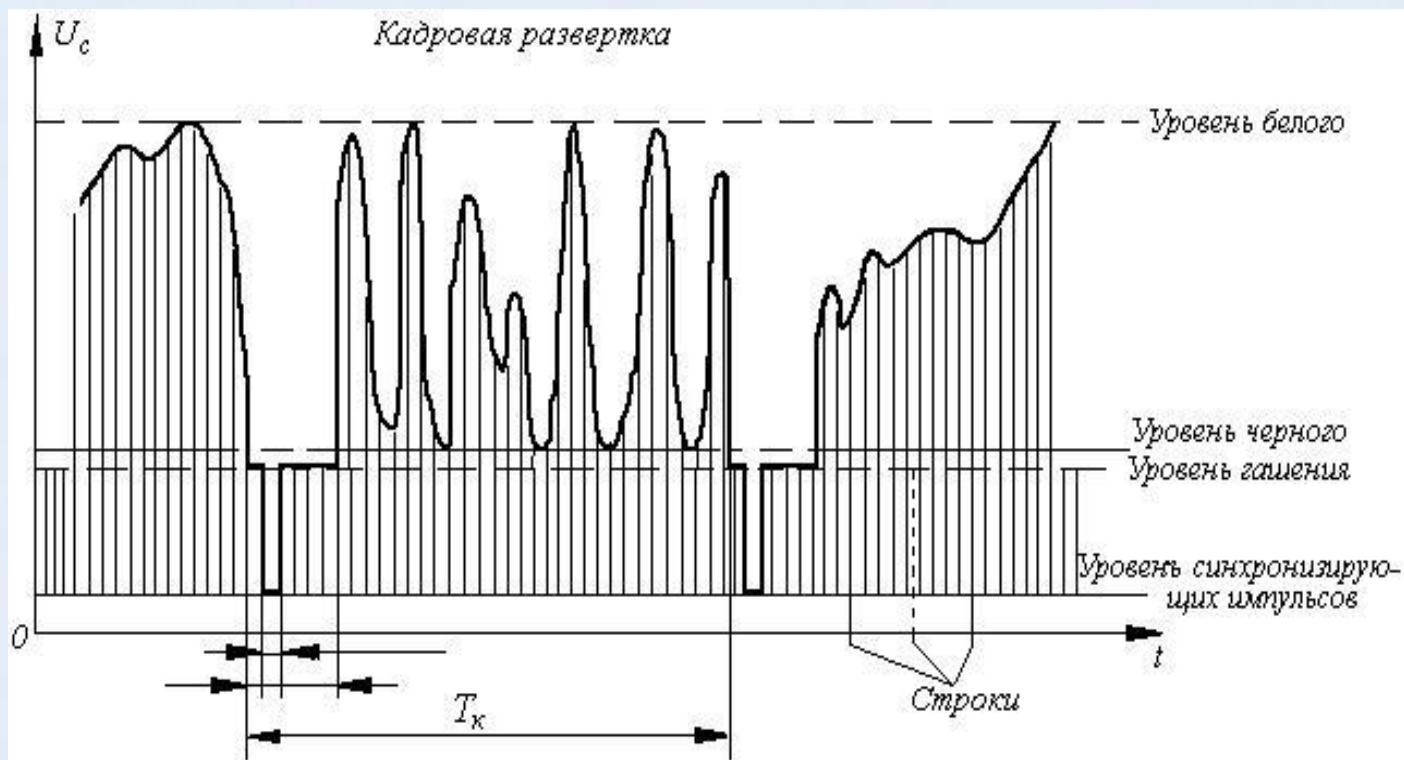
$$t_{ca} = 52 \text{ мкс}$$

$$t_{rc} = 12 \text{ мкс}$$

$$t_{cc} = 4,7 \text{ мкс}$$

$$t_y = 1,5 \text{ мкс}$$

Полный телевизионный сигнал (ПТВС) (кадровая осциллограмма)



Параметры ПТВС (кадровый интервал)

$$T_k = 20 \text{ мс}$$

$$t_{\text{ГК}} = 1,6 \text{ мс} = 25\text{Н}$$

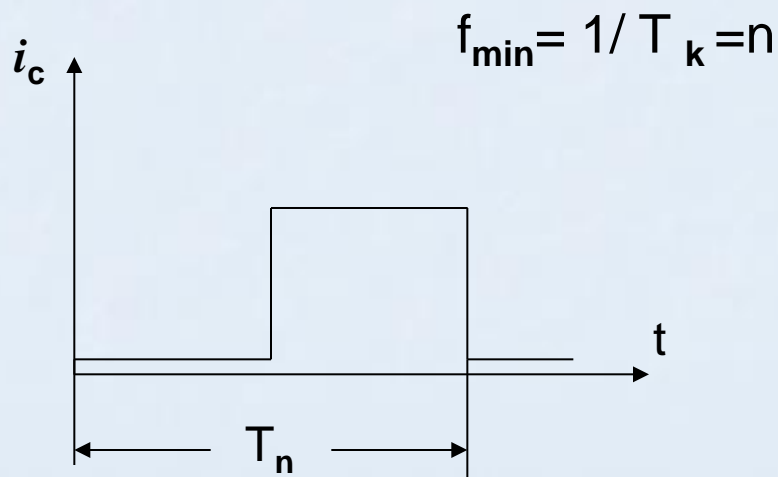
$$t_{\text{СК}} = 0,16 \text{ мс} = 2,5\text{Н}$$

Спектр частот телевизионного сигнала и его особенности

Спектр частот содержит:

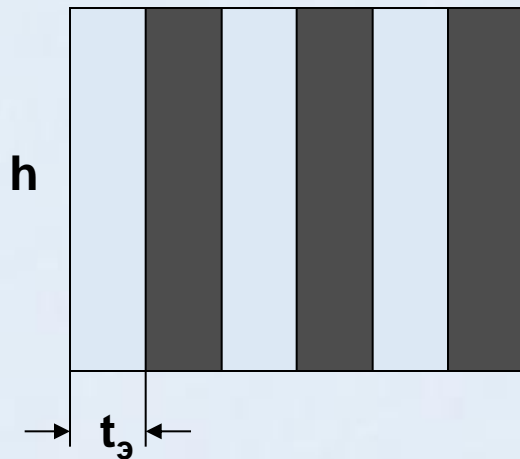
- низкие частоты Δf_0 в интервале от 0 до нескольких герц (постоянная составляющая)
- частотные составляющие в полосе от f_{\min} до f_{\max}

f_{\min} — соответствует изображению имеющему минимальное число изменений яркости.



f_{\max} – соответствует детали изображения минимального размера

b



t_9 - время развертки (длительность) одного элемента изображения.

$$f_{\max} = 1/T = 1/2 t_9$$

$$t_9 = T_k / N = 1 / n N ;$$

N – число элементов в кадре

n – число кадров в сек.

$$N = N_z Z;$$

N_z – число элементов в строке;

Z – число строк.

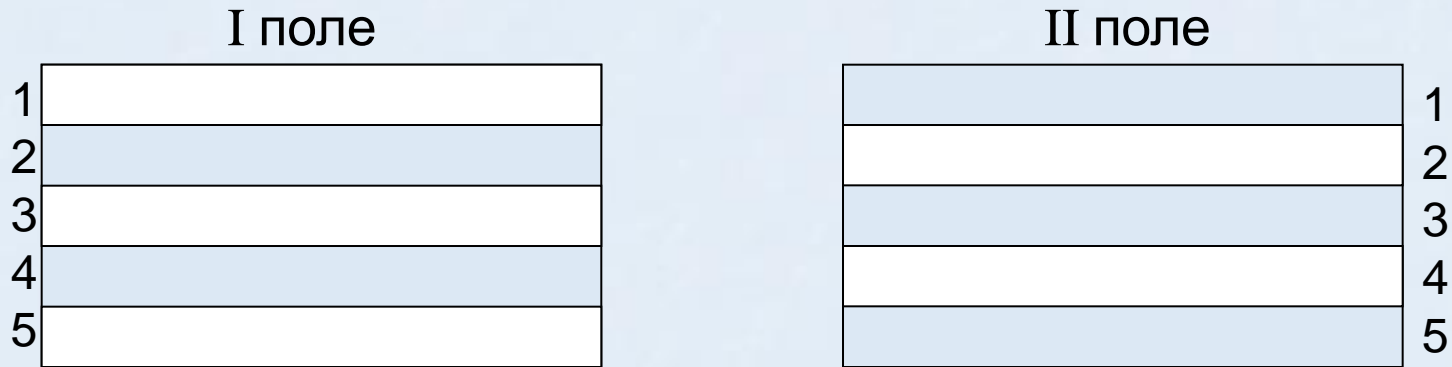
$$N_z = KZ;$$

K – формат кадра (b / h).

$$t_9 = 1 / K n Z^2$$

$$f_{\max} = K Z^2 n / 2$$

Чересстрочная развертка



Условия получения чересстрочной развертки

1. За время передачи одной строки, луч должен сместиться на ширину равную толщине двух строк;
2. Каждый последующий растр смещается относительно предыдущего на ширину строки.

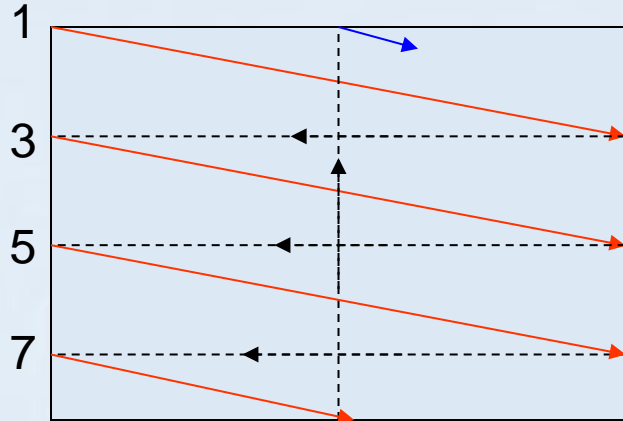
$$f_z = z f_k = (z/2) f_n$$

$$2f_z = z f_n$$

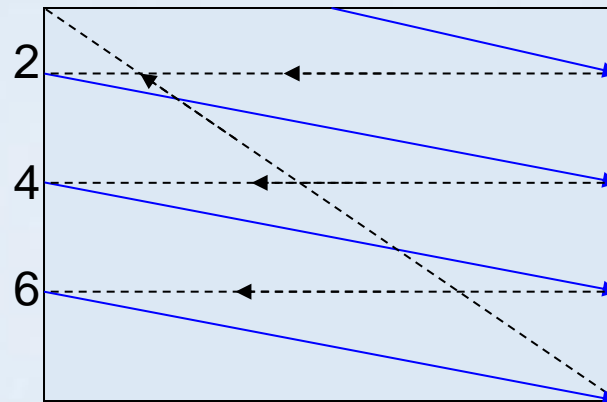
f_n - частота полей

f_z - частота строк

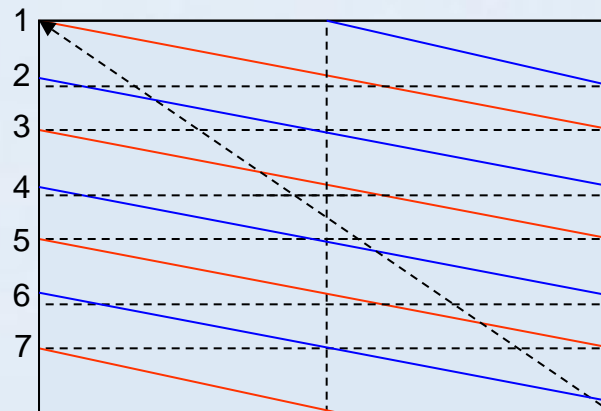
I поле

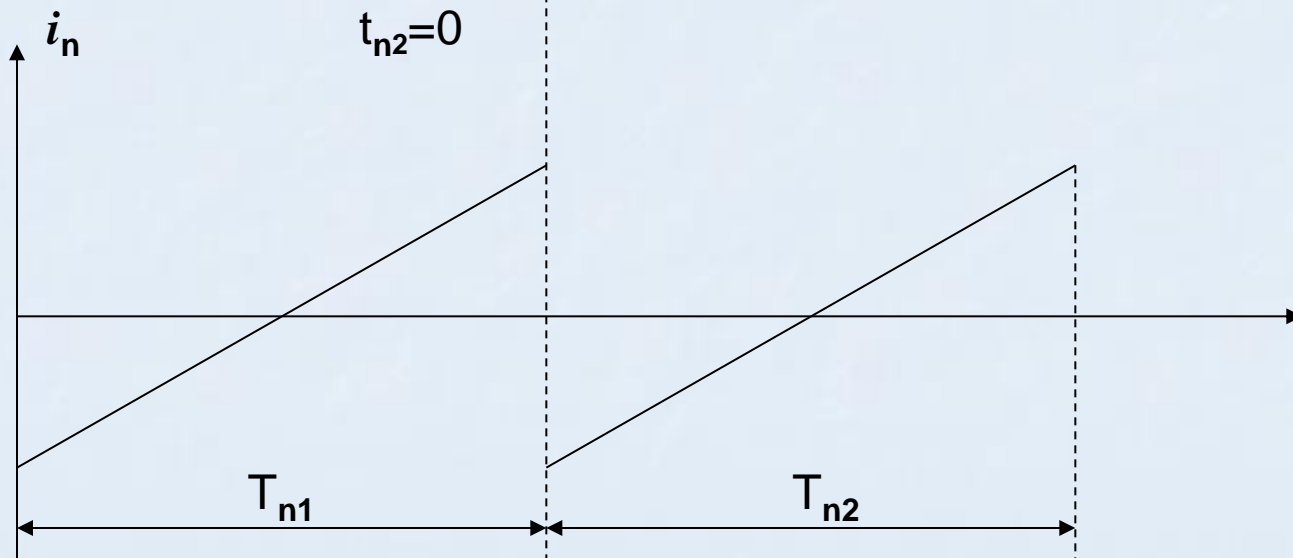
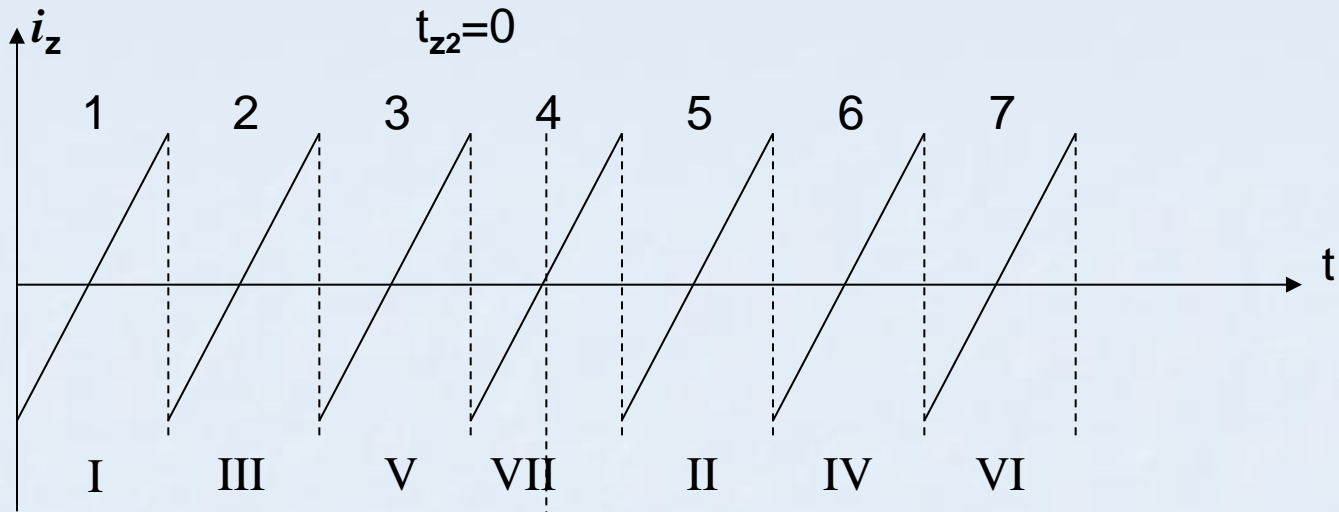


II поле



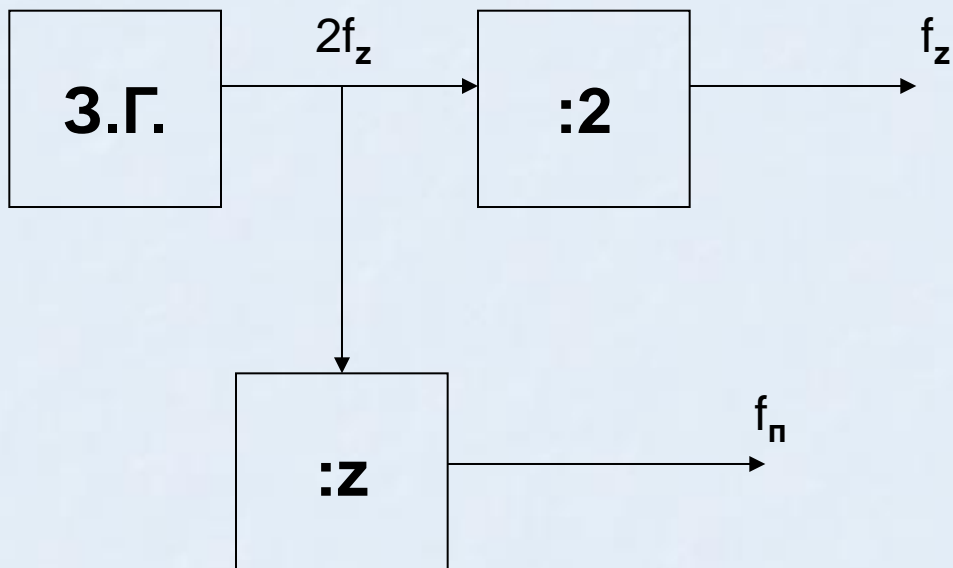
Кадр





Структура синхрогенератора для формирования чересстрочного раstra

$$f_{3r} = 2f_z = Z f_n \quad f_n - \text{частота полей}$$
$$f_z = f_{3r}/2 = (Z/2) f_n \quad f_z - \text{частота строк}$$



Параметры системы при построчной и чересстрочной развертке

Параметры	Построчная	Чересстрочная
f_k	50 Гц	25 Гц
Z	625	625
f_z	31 250 Гц	15 625 Гц
f_n	-	50 Гц
f_{\min}	50 Гц	50 Гц
f_{\max}	13 МГц	6,5 МГц

Уточнение формулы f_{\max}

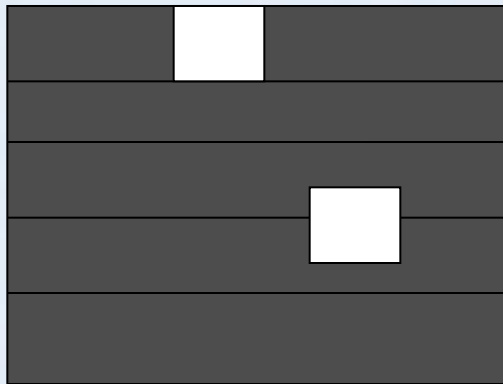
1. $Z_a = Z (1-\beta), \beta = t_{\text{ГК}} / T_{\text{К}} \quad (= 0,08)$
 $N_z = K Z (1-\beta)$
 $t_{\text{э}} = t_{\text{ca}} / N_z = T_z (1-\alpha) / K Z (1-\beta), \alpha = t_{\text{rc}} / T_z \quad (\approx 0,18)$
 $T_z = 1/f_z = 1/ Z n$
 $t_{\text{э}} = (1-\alpha) / K Z^2 n (1-\beta)$

$f_{\max} = 1/ 2 t_{\text{э}} = K Z^2 n (1-\beta) / 2 (1-\alpha) \quad (\approx 7,35 \text{ МГц})$

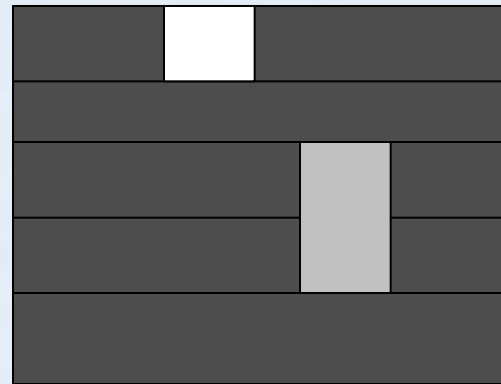
ρ – Коэффициент Келла (Келл-фактор)- учитывает дискретность развертки по кадрам

$$\rho = 0,75 - 0,84$$

передаваемый объект



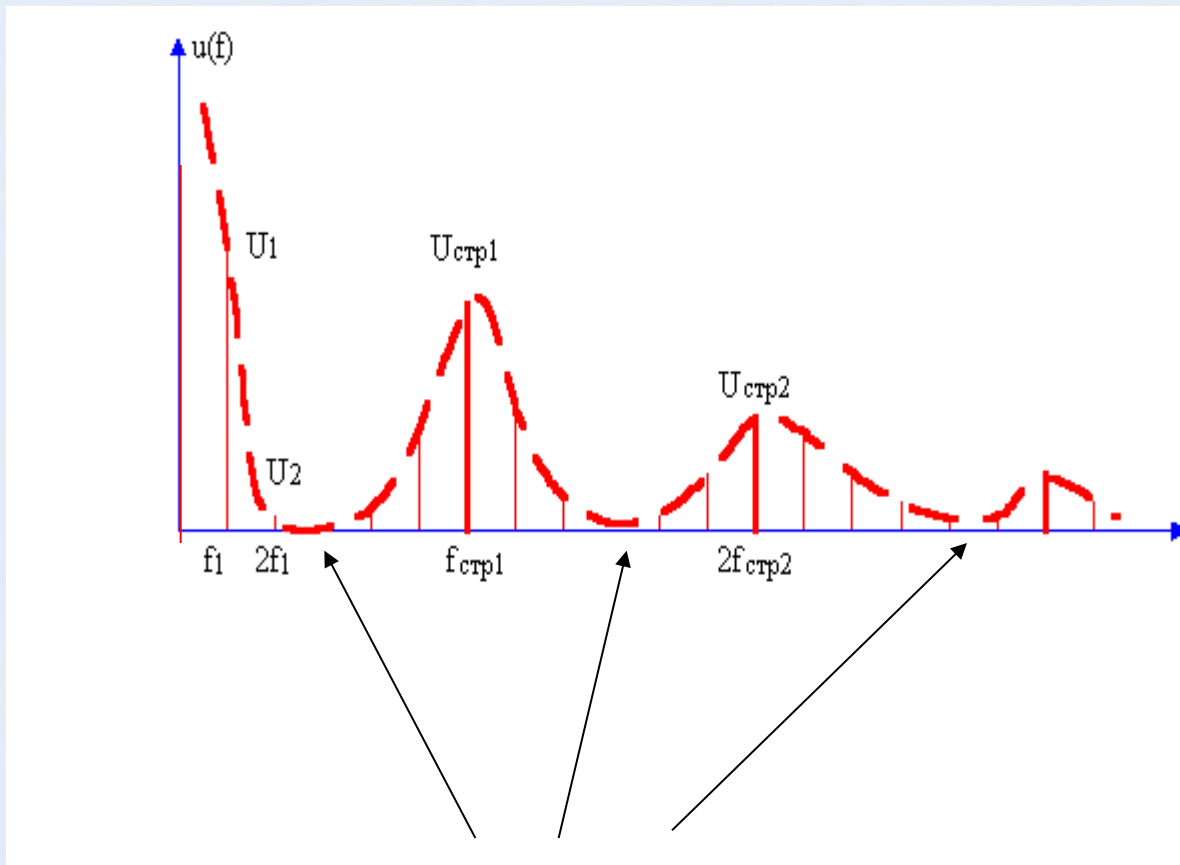
изображение



$$f_{\max} = \rho * (Kz^2n/2) * ((1-\beta)/(1-\alpha)) \quad (\approx 5,5 - 6,0 \text{ МГц})$$

Структура спектра ТВ сигнала

$$f_{lr} = |f_z \pm r f_n|$$



$$(f_z / 2) * (2l+1)$$

Цветное телевидение

Способы аддитивного смешения цветов:

- Локальное (одновременное и последовательное)
- Пространственное
- Бинокулярное

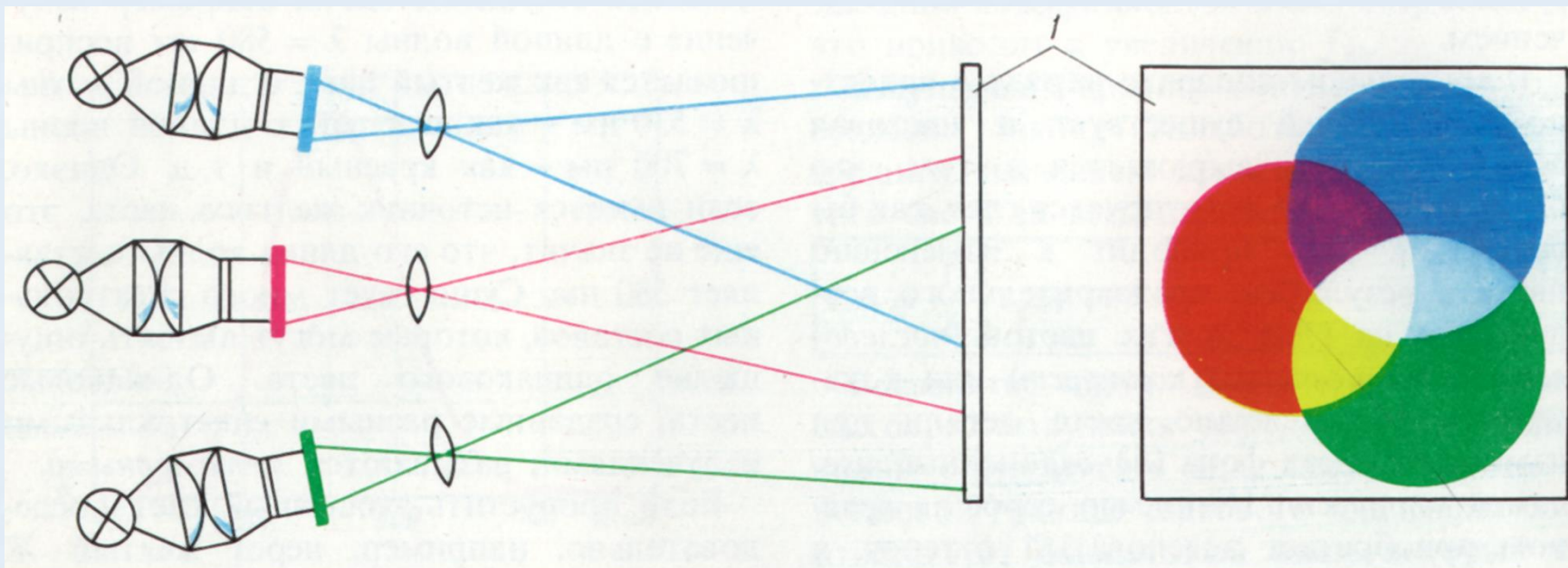
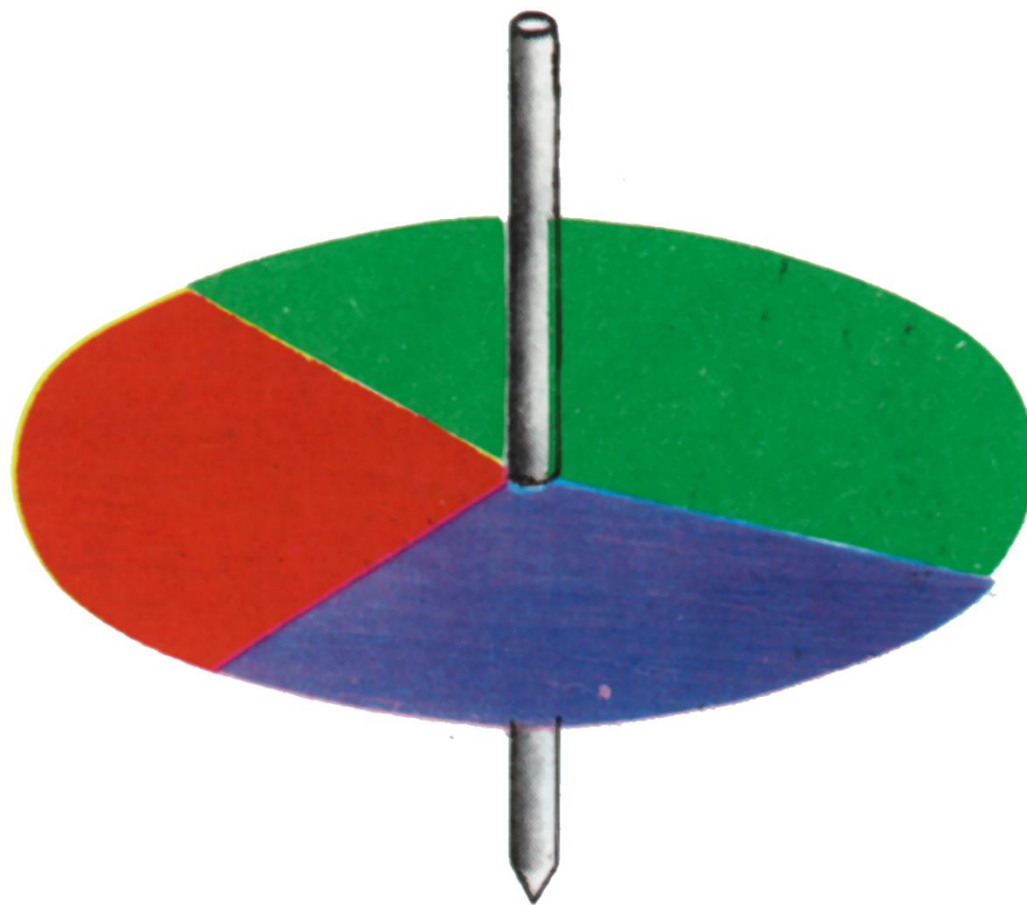


рис.4 Локальное одновременное смешение цветов



**рис.5 Диск с цветными
светофильтрами**

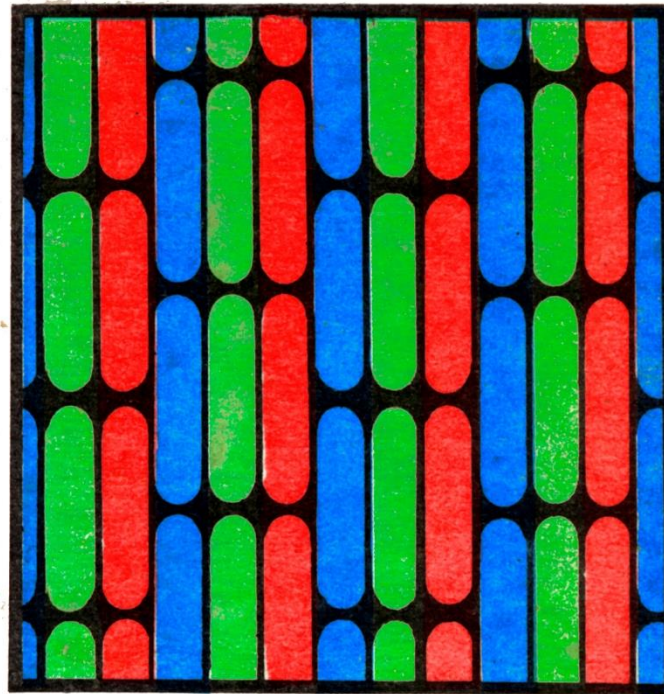
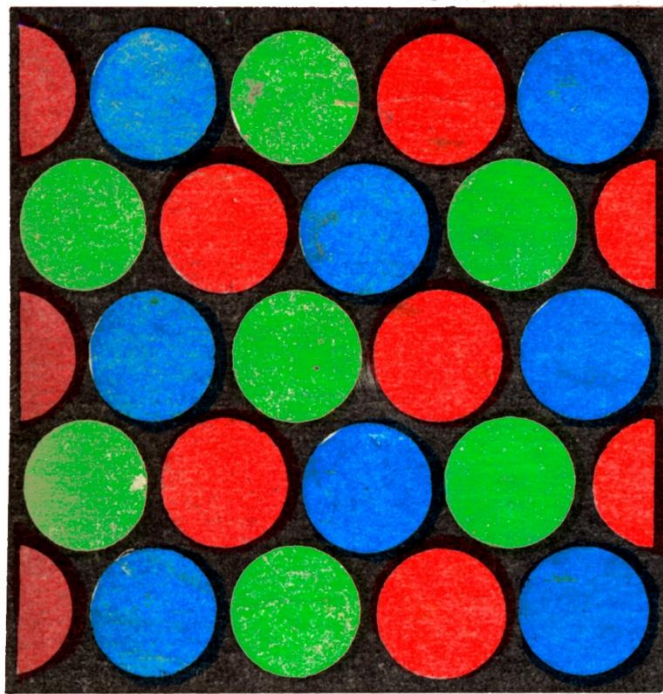
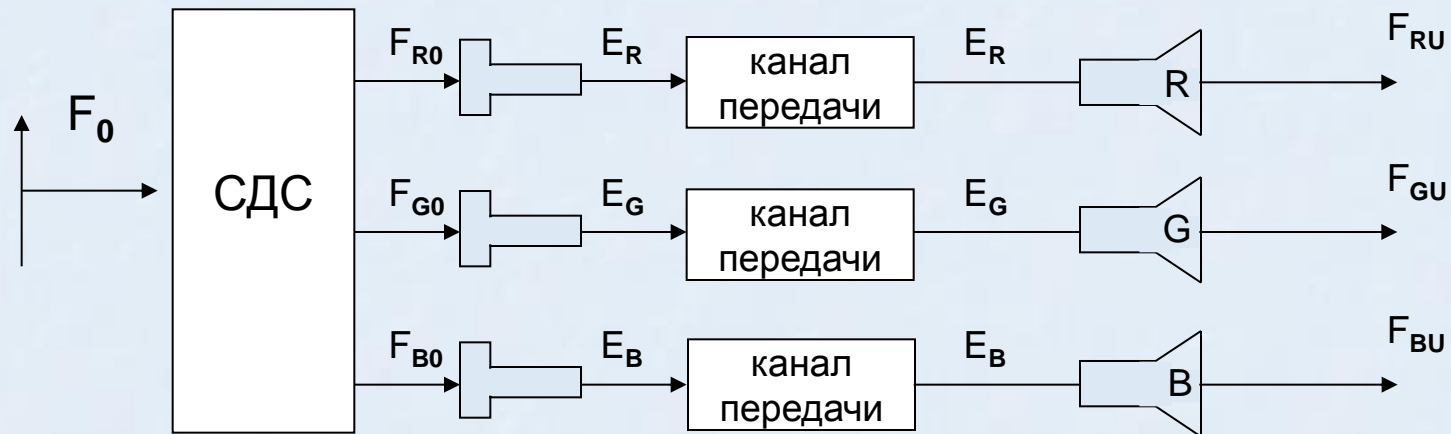


рис.6 Пространственное смешение цветов

Простейшая схема передачи цветного изображения



СДС – светоделительная система

Светоделительная система ЦТ камеры

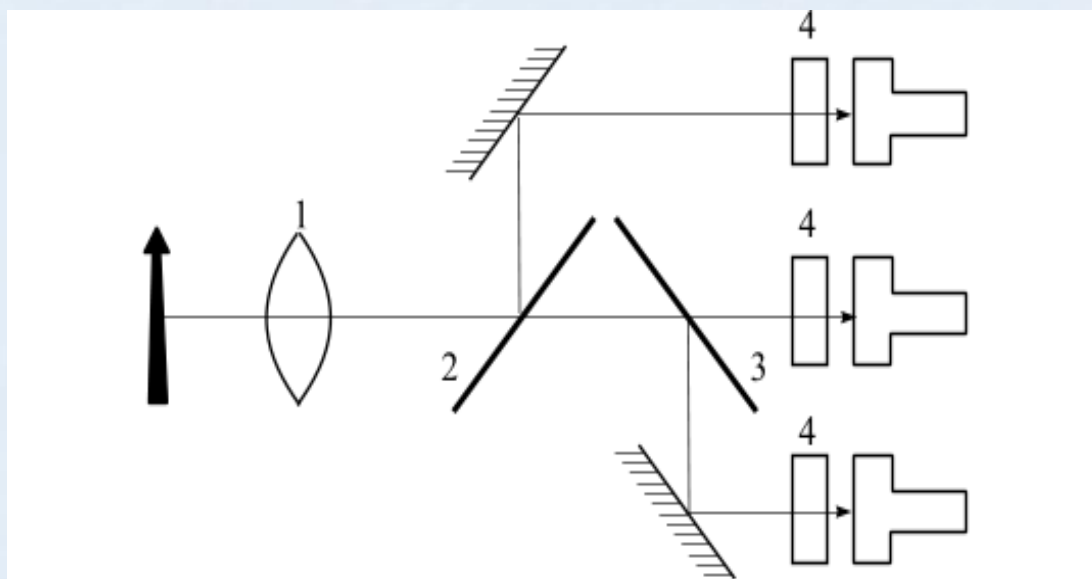
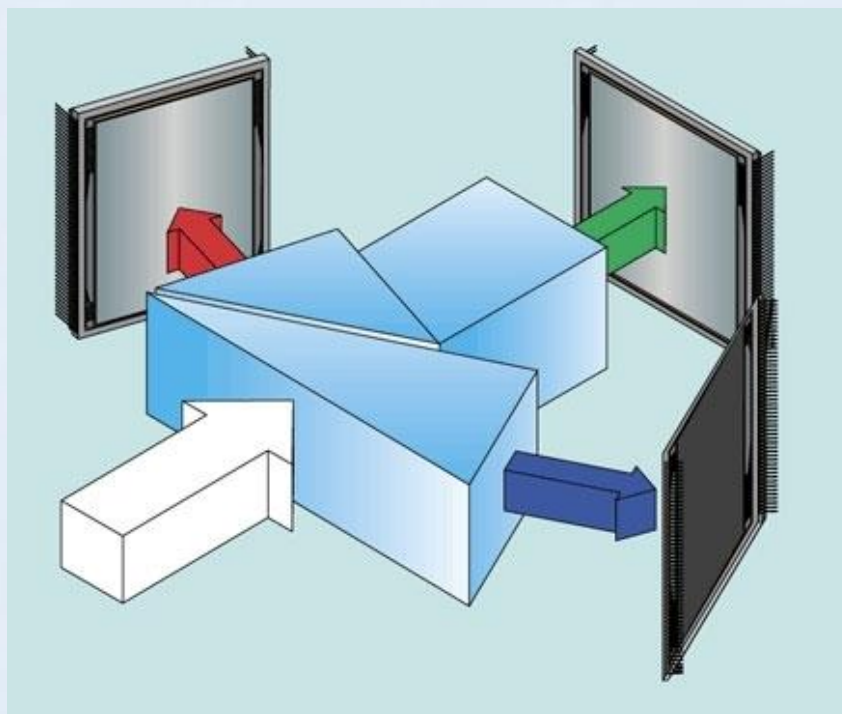


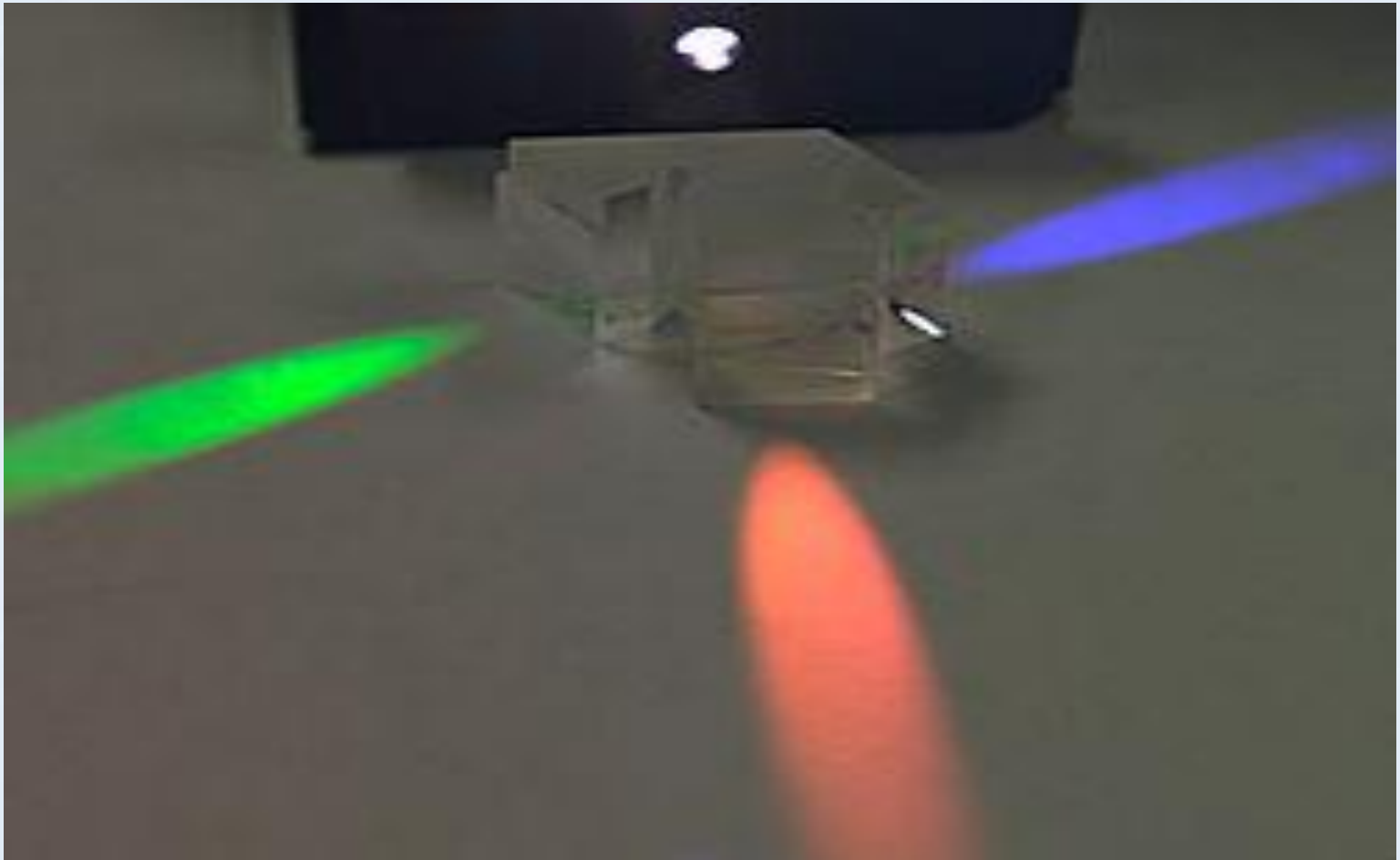
Рис. 3.23. Схема цветоделения в ЦТ камере:

1 – объектив; 2,3 – дихроические зеркала; 4 – корректирующие светофильтры

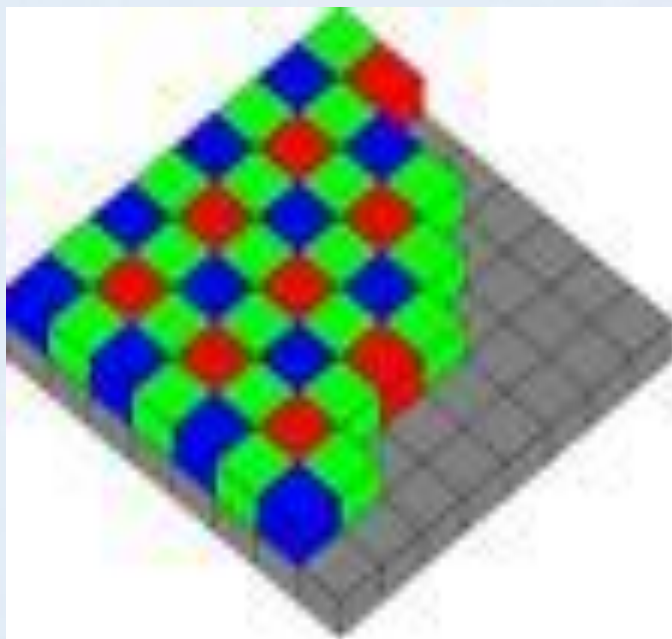
Светоделение в трехматричной камере



Разделение световых потоков дихроической призмой



Светоделение в одноматричной камере



Требования совместимости систем черно-белого и цветного ТВ

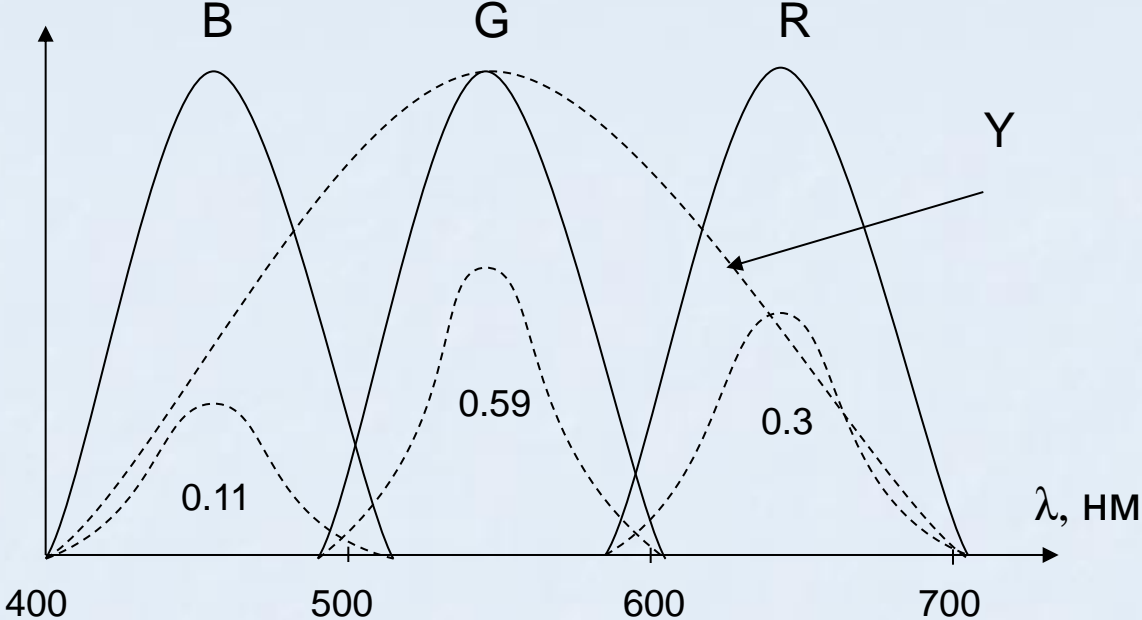
Вещательная система ЦТ должна обеспечивать **совместимость** с системой черно-белого телевидения, под которой понимается

1. возможность высококачественного приема без помех черно-белым телевизионным приемником ЦТ программ в черно-белом виде (прямая совместимость);
2. прием сигналов черно-белого телевидения на цветные телевизоры (обратная совместимость);
3. передача сигналов цветного и черно-белого телевидения по одному и тому же каналу связи.

Для обеспечения этого требования:

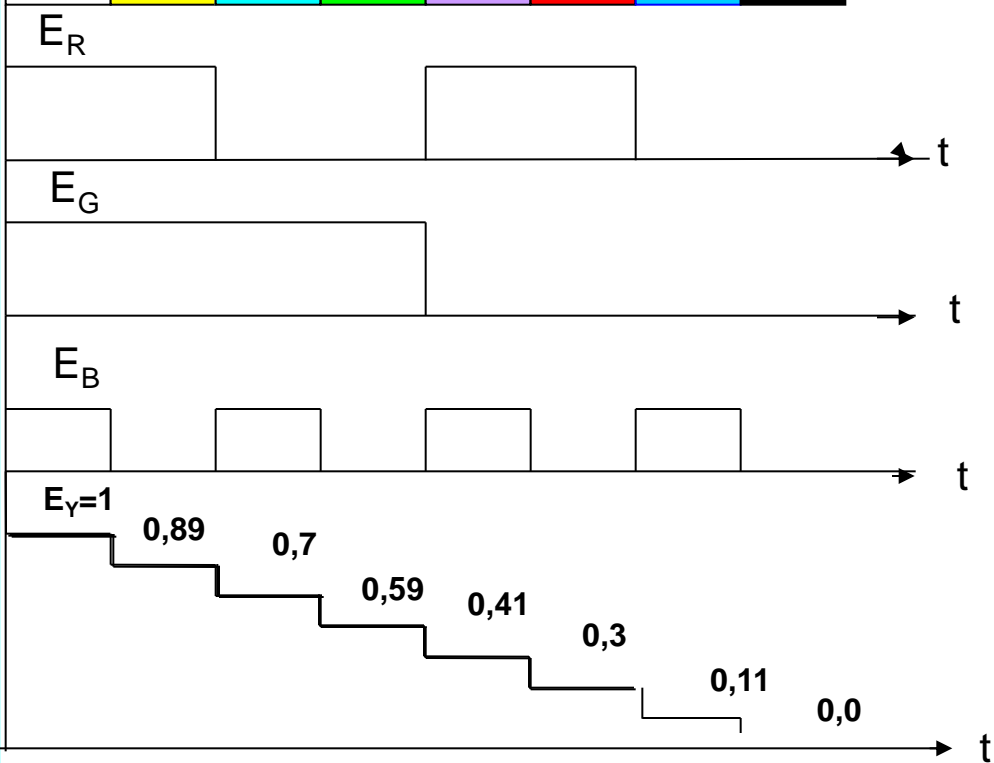
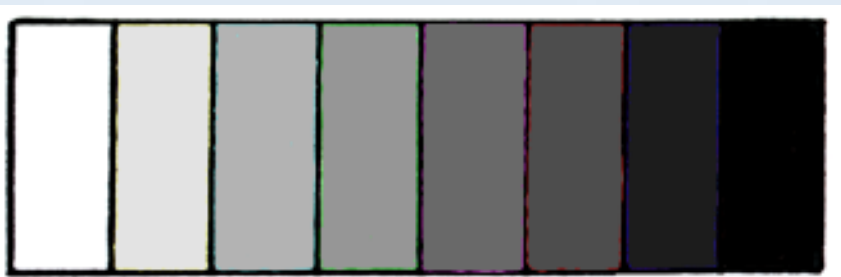
- Частоты разверток систем ЦТ И ЧБТ должны совпадать.
- Полоса частот, занимаемая сигналом системы ЦТ – 0 - 6 МГц.
- Необходимо создать сигнал яркости.

Яркостный сигнал



$$E_Y = 0,3E_R + 0,59E_G + 0,11E_B$$

К формированию сигнала яркости



Выбор сигналов цветности

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

$$1E_Y = 0,30E_Y + 0,59E_Y + 0,11E_Y$$

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

$$E_R - E_Y = E_{R-Y}$$

$$E_G - E_Y = E_{G-Y}$$

$$E_B - E_Y = E_{B-Y}$$

→ Цветоразностные сигналы

При передаче равностимульного белого:

$$E_R = E_G = E_B = 1; E_Y = 1$$

$$E_{R-Y} = E_{G-Y} = E_{B-Y} = 0$$

Свойства цветоразностных сигналов

1. На белых и серых деталях изображения цветоразностные сигналы равны 0.
2. Для малонасыщенных деталей цветоразностные сигналы имеют небольшой размах.

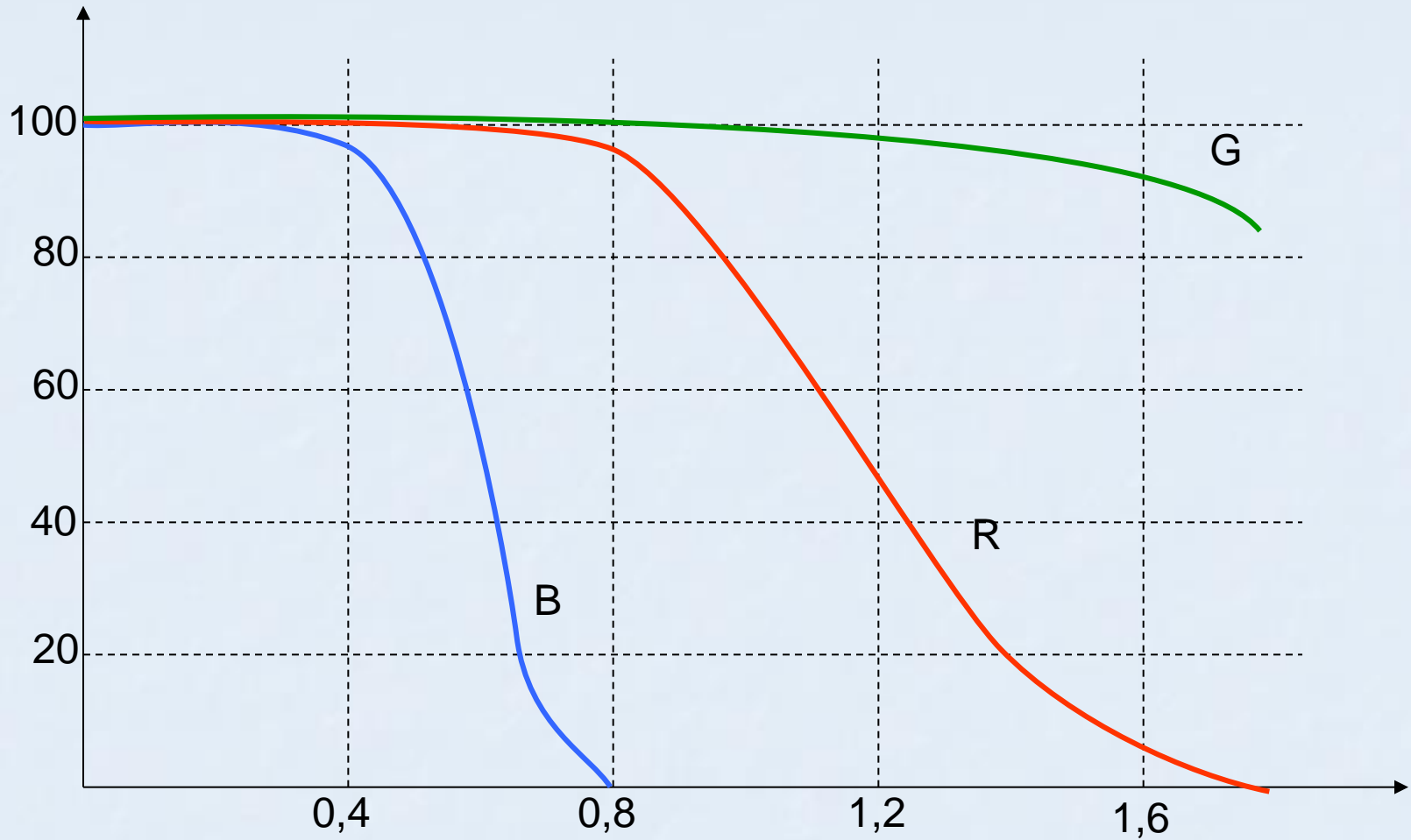
Цветоразностные сигналы

$$E_{R-Y} = -1,97 E_{G-Y} - 0,37 E_{B-Y}$$

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

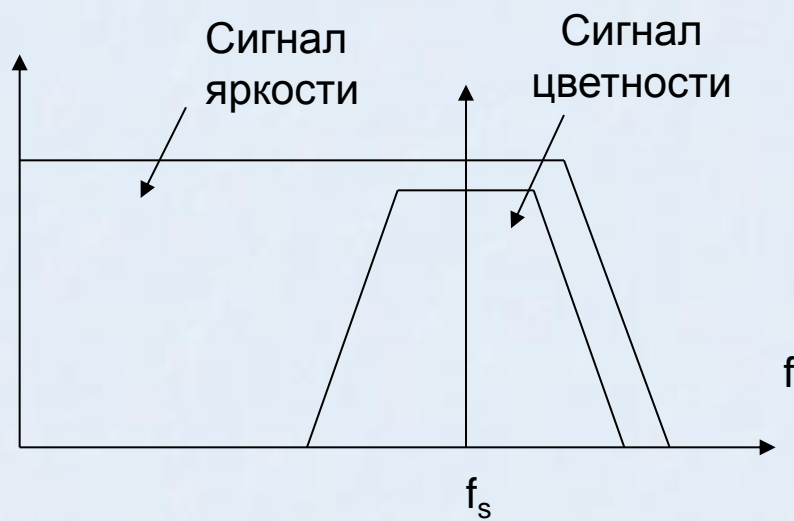
$$E_{B-Y} = -2,73 E_{R-Y} - 5,4 E_{G-Y}$$

Свойства цветного зрения

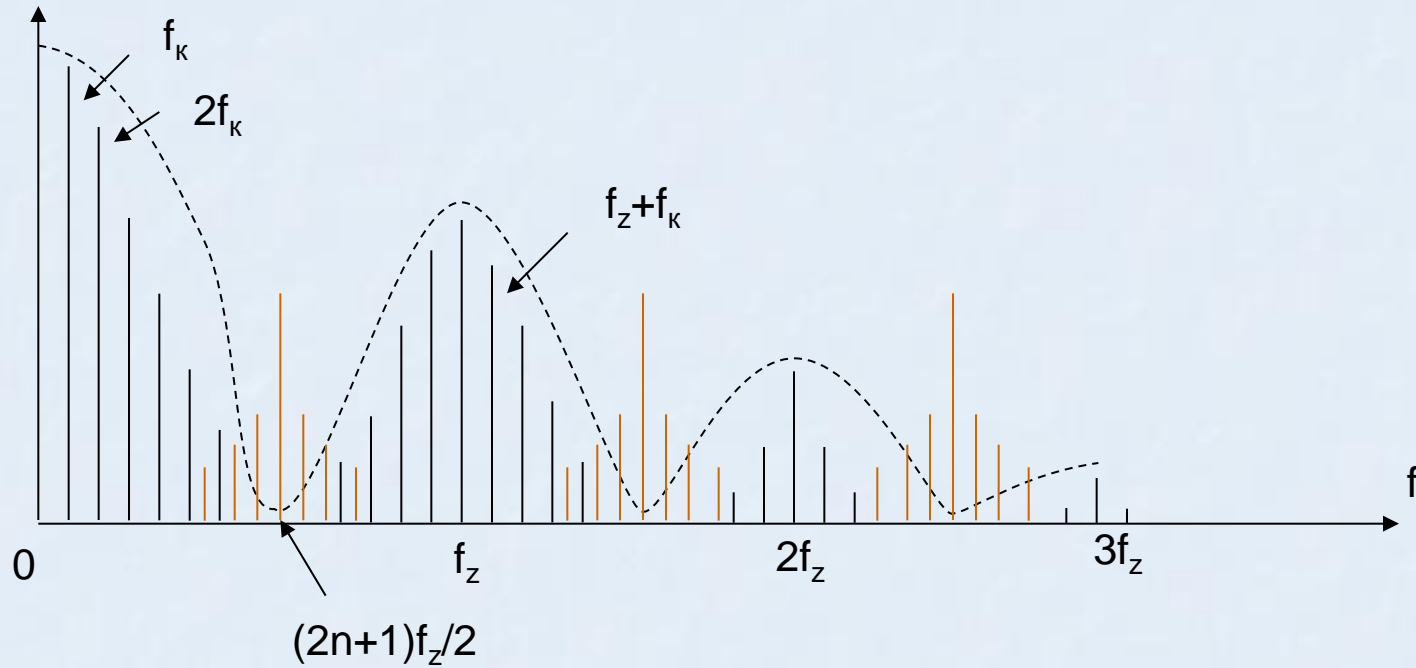


Зависимость насыщенности цветов R, G, B мелких деталей от частот, необходимой для их воспроизведения

Спектр полного цветового сигнала



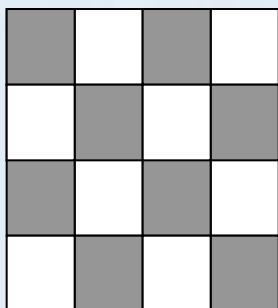
Уплотнение спектра



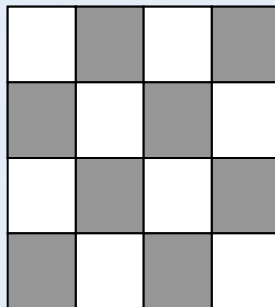
$$f_s = (2n+1)f_z/2$$

Заметность гармонической помехи

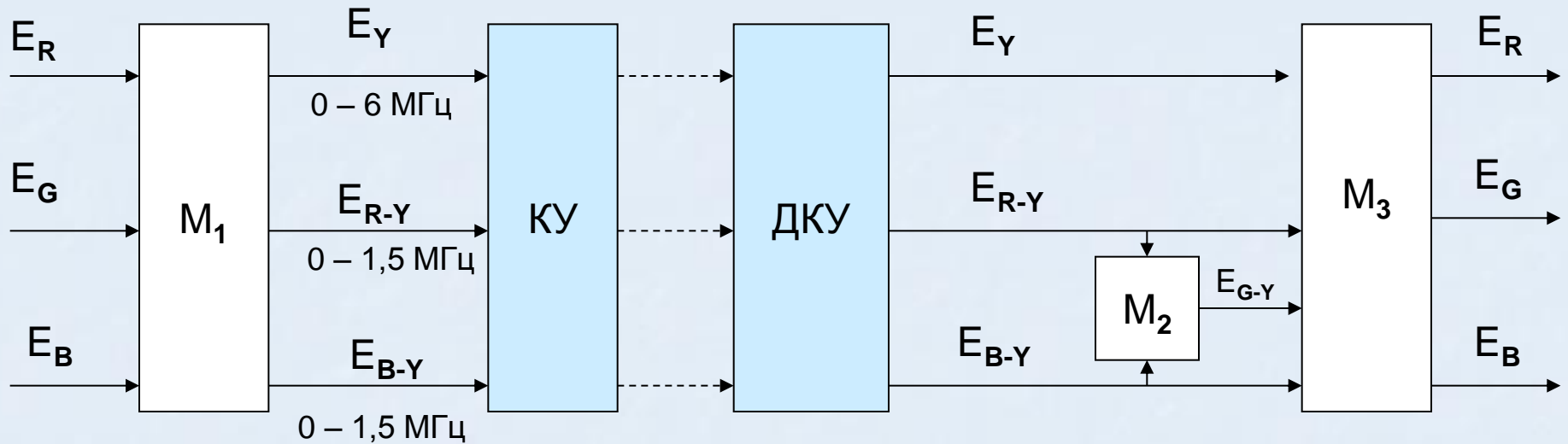
1 кадр



2 кадр



Структурная схема совместимой системы ЦТ



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

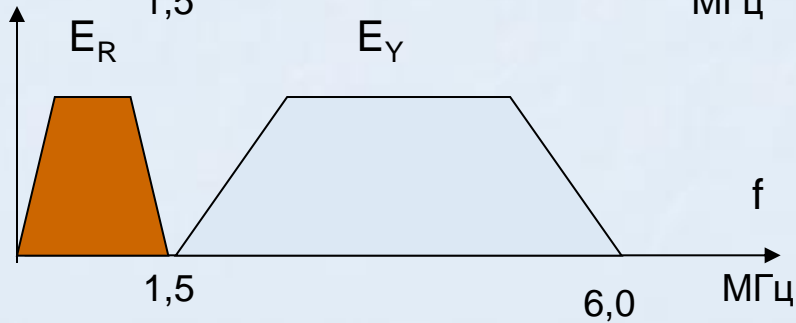
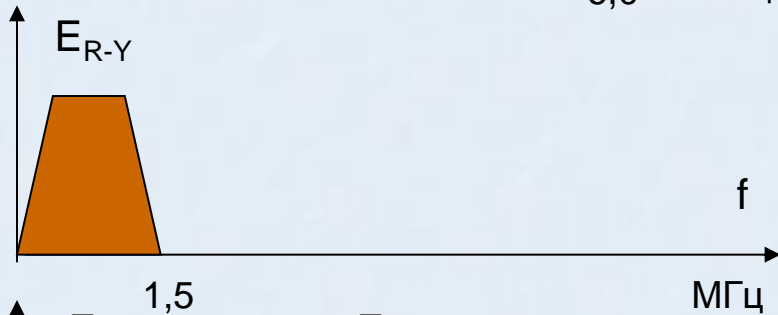
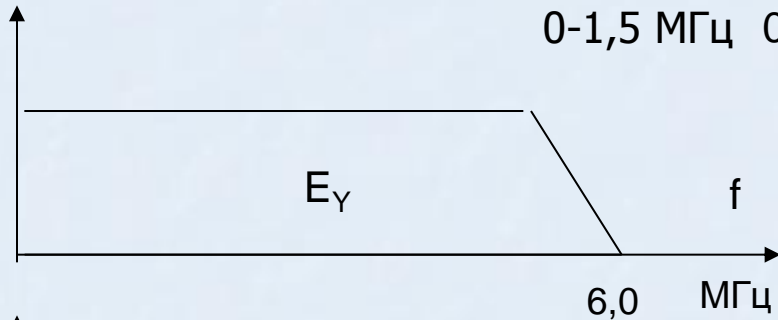
$$E_R = E_{R-Y} + E_Y = \underbrace{E_R - E_Y}_{0-1,5\text{МГц}} + E_Y \quad \begin{matrix} 0-6\text{МГц} & 0-1,5 & 1,5-6 \end{matrix} = E_R + E_Y$$

$$E_G = E_{G-Y} + E_Y = E_G - E_Y + E_Y = E_G + E_Y$$

$$E_B = E_{B-Y} + E_Y = E_B - E_Y + E_Y = E_B + E_Y$$

Восстановление сигналов основных цветов

$$E_R = E_{R-Y} + E_Y = \underbrace{E_R - E_Y}_{0-1,5 \text{ МГц}} + E_Y_{0-6 \text{ МГц}} = E_R_{0-1,5} + E_Y_{1,5-6}$$



В любой совместимой системе цветного телевидения:

- используются *три* сигнала E_Y ; E_{R-Y} ; E_{B-Y} ;
- сигналы цветности передаются в сокращенной полосе частот;
- используется частотное уплотнение сигнала E_Y сигналами цветности;
- спектр сигнала цветности размещается в ВЧ части спектра яркостного сигнала;
- используются аналогичные преобразователи свет-сигнал и сигнал-свет.

Вещательные совместимые системы цветного телевидения

