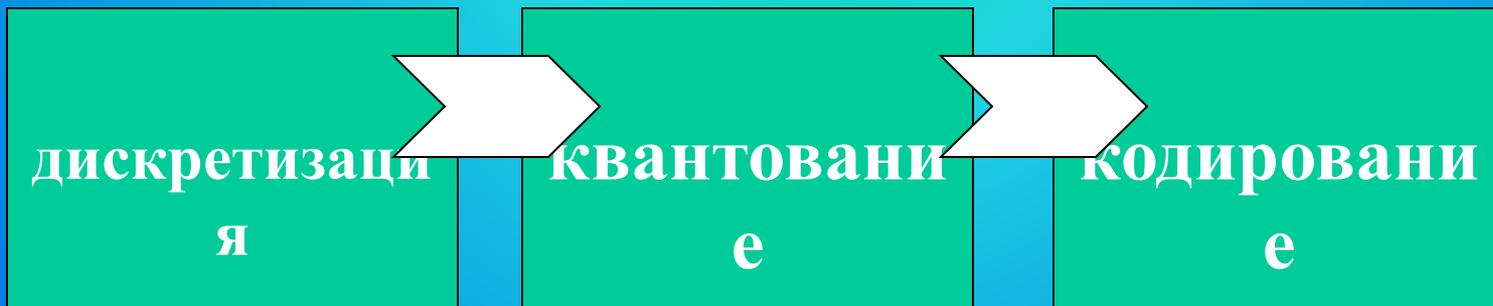


# Аналого-цифровое преобразование ТВ-сигнала



## Исходный сигнал после дискретизации:

$$u(nT) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} u(t) \delta(t - nT), \text{ где}$$

$\delta(t)$  - дельта -функция;

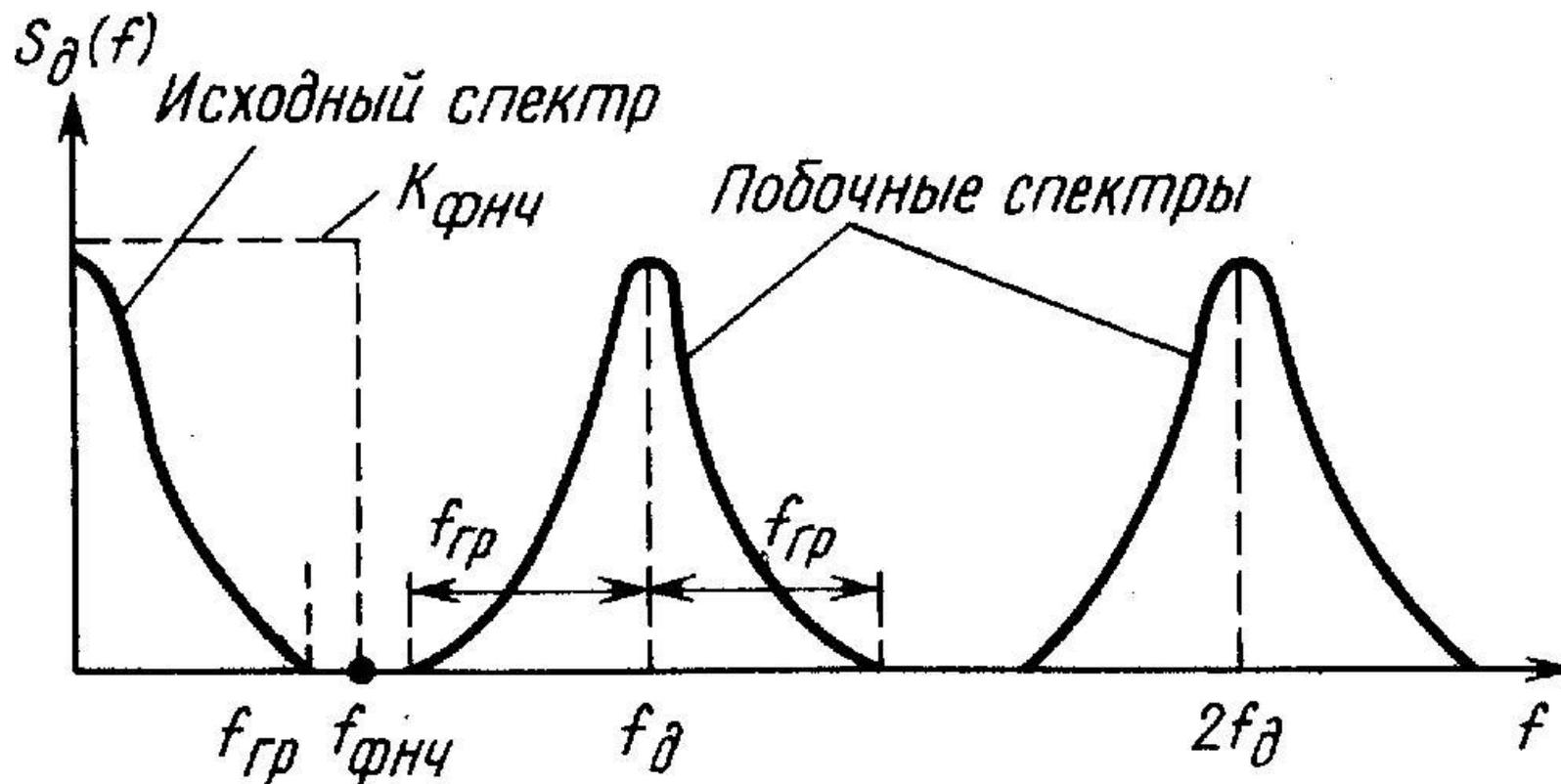
$T$  - период дискретизации

## После преобразования Фурье

$$S_{\text{д}}(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} S(f - nf_{\text{д}}), \text{ где } S(f) \text{ и } S_{\text{д}}(f) -$$

спектры исходной и дискретизированной функций

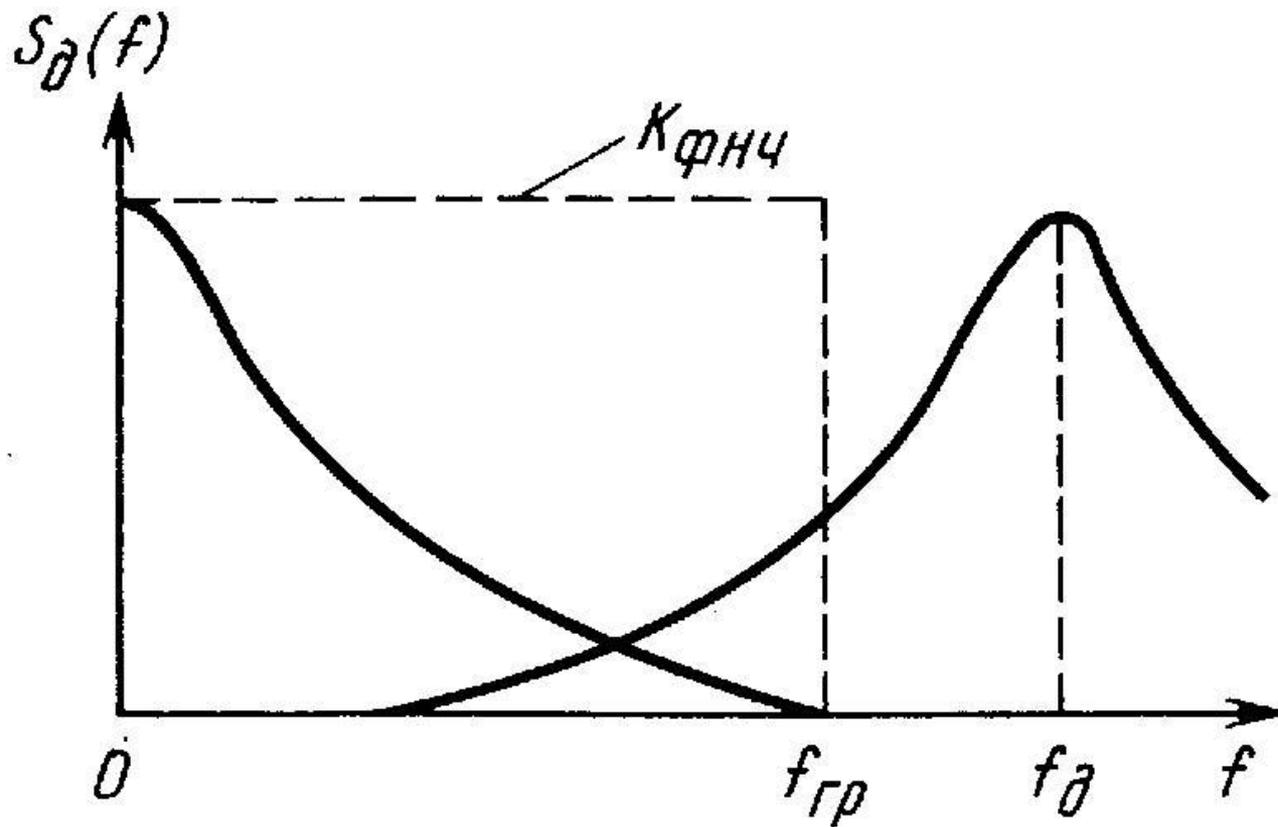
# Спектр дискретизированного сигнала



При

$$\begin{cases} f_d \geq 2f_{\text{гран}} \\ f_{\text{гр}} < f_{\text{фнч}} < f_d - f_{\text{гр}} \end{cases}$$

При  $f_{\partial} < 2f_{гр}$  спектры перекрываются



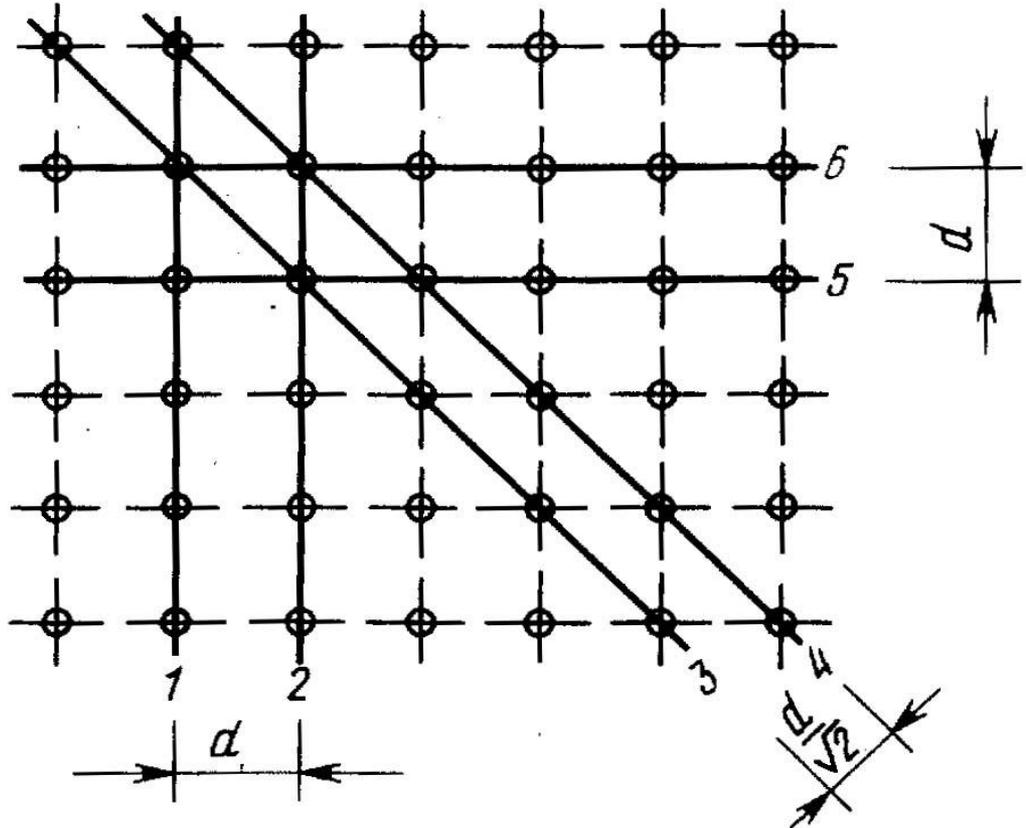
Если  $f_{\text{отсч}} = n f_{\text{строк}}$ , то

## Ортогональная структура дискретизации

Если  $f_{\text{д}} = 2f_{\text{гран}}$ , то

число отсчетов =

= числу элементов.





$f_d(E_Y) = 13,5 \text{ МГц}$  (по т. Котельникова),

$f_d(E_{R-Y}; E_{B-Y}) = 6,75 \text{ МГц}$

Данный формат обозначается-

4:2:2.

В каждой строке есть оба цветоразностных сигнала.

Число отсчетов:

-  $E_Y$  в строке - 864 (Тса- 720);

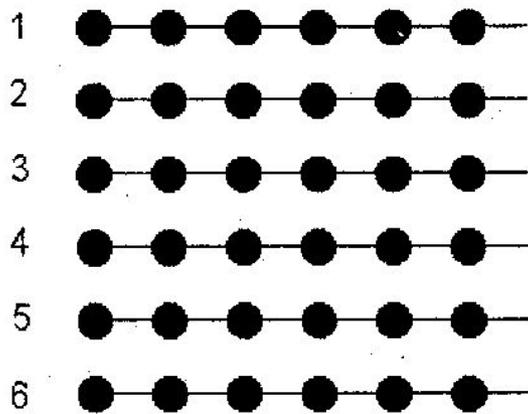
-  $E_{R-Y}; E_{B-Y}$  по 432 (Тса-360).

Эти количества - промежуточные между *SECAM* и *NTSC* т. о., при разработке

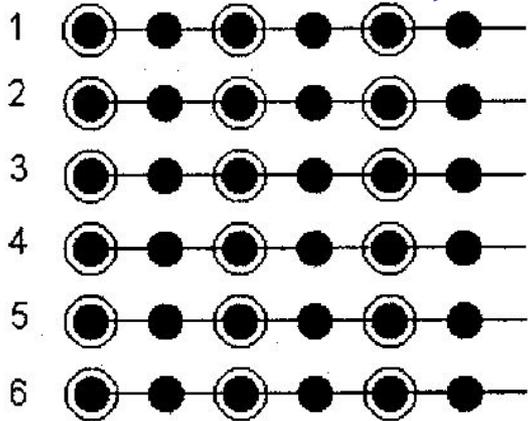
Рекомендации 601 ITU - компромисс:

$Z_A$  (для SECAM- 625) = 576.

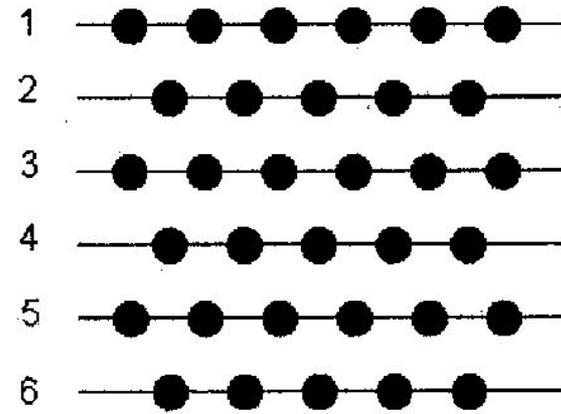
$N_k = 414720$ .



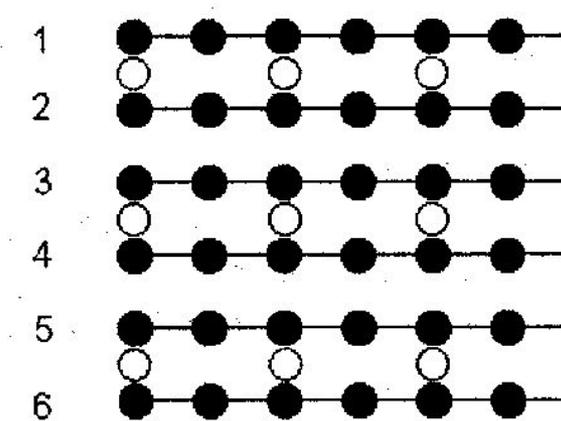
4:2:2;



в)



4:2:0



г)

● - отсчёты сигнала яркости  
○ - отсчёты цветоразностных сигналов

## 4:2:0

$f_{\text{д}}$  цветоразностных сигналов в 2 раза ниже  $f_{\text{д}}$  яркостного сигнала, они передаются в каждой 2-ой строке.

Отсчеты цветоразностных сигналов- матрица 360x288 эл.

## 4:1:1

оба цветоразностных сигнала передаются в каждой строке, их частоты дискретизации в 4 раза меньше частоты дискретизации сигнала яркости, и равны 3,375 МГц. Число элементов каждого цветоразностного сигнала такое как для 4:2:0.

## 4:4:4

оба цветоразностных передаются в каждой строке и дискретизируются с частотой яркостного сигнала.

# Квантование

округление каждого отсчета до ближайшего уровня



**Ошибка квантования** - случайная величина, называется *шумом квантования*.

**Проявляется:** 1) изображения мелких деталей -  
случайные изменения яркости /цвета.

---

2) На участках с плавным изменением яркости  
- ложные контуры, где пересекается граница  
смежных интервалов квантования.

# Количество уровней квантования определяется:

Пороговым превышением яркости-  $\square B_0 \text{ пор}$

объекта над фоном,  
при котором объект различается

и подчиняется

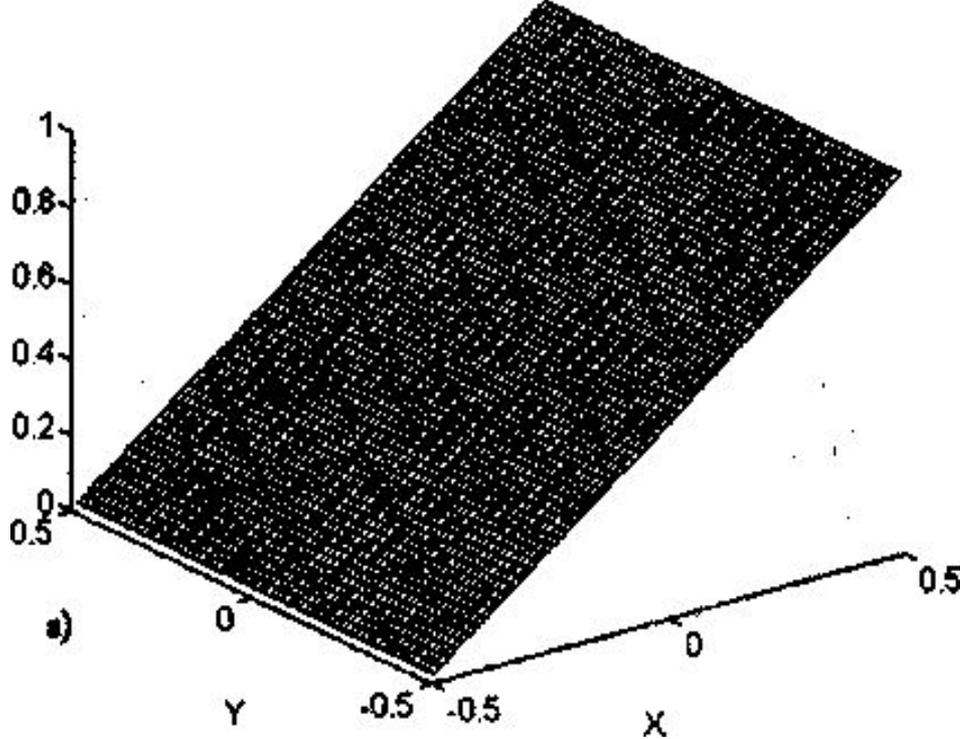
закону Вебера-Фехнера

$$\square B_0 \text{ пор} / B_0 = k,$$

где  $k = 0,015 \dots 0,02$ ;  $B_0$  - яркость фона.

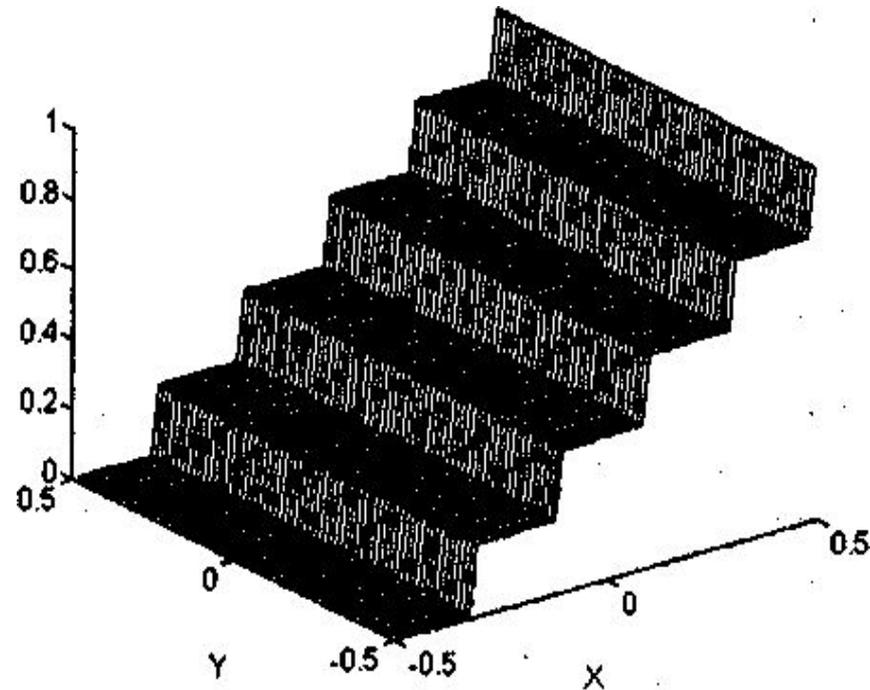
!!! с ростом яркости фона

растет и порог  $\square B_0 \text{ пор}$



Исходное  
распределение яркости

распределение яркости  
после квантования



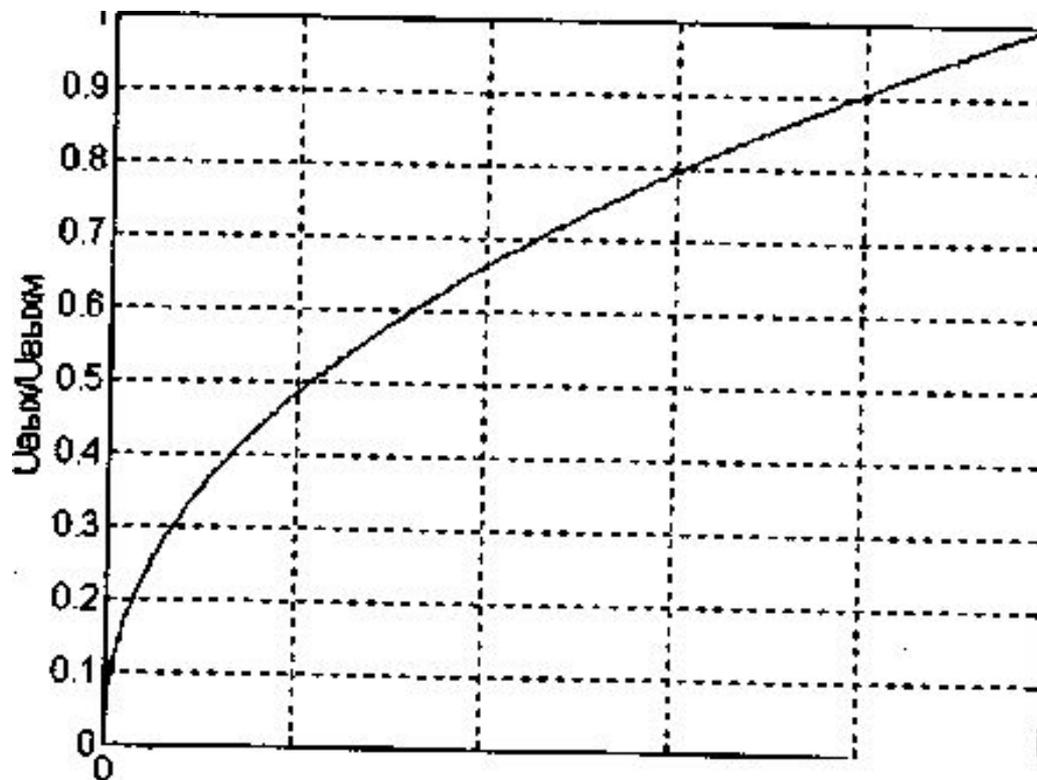
Равномерное квантование тв-сигнала **!!!не наилучшее.**

При значениях, близких к уровню черного, шаг квантования д.б меньше.

**Вместо переменного шага квантования  
выполняют -  $\gamma$ -коррекцию, т.о.:**

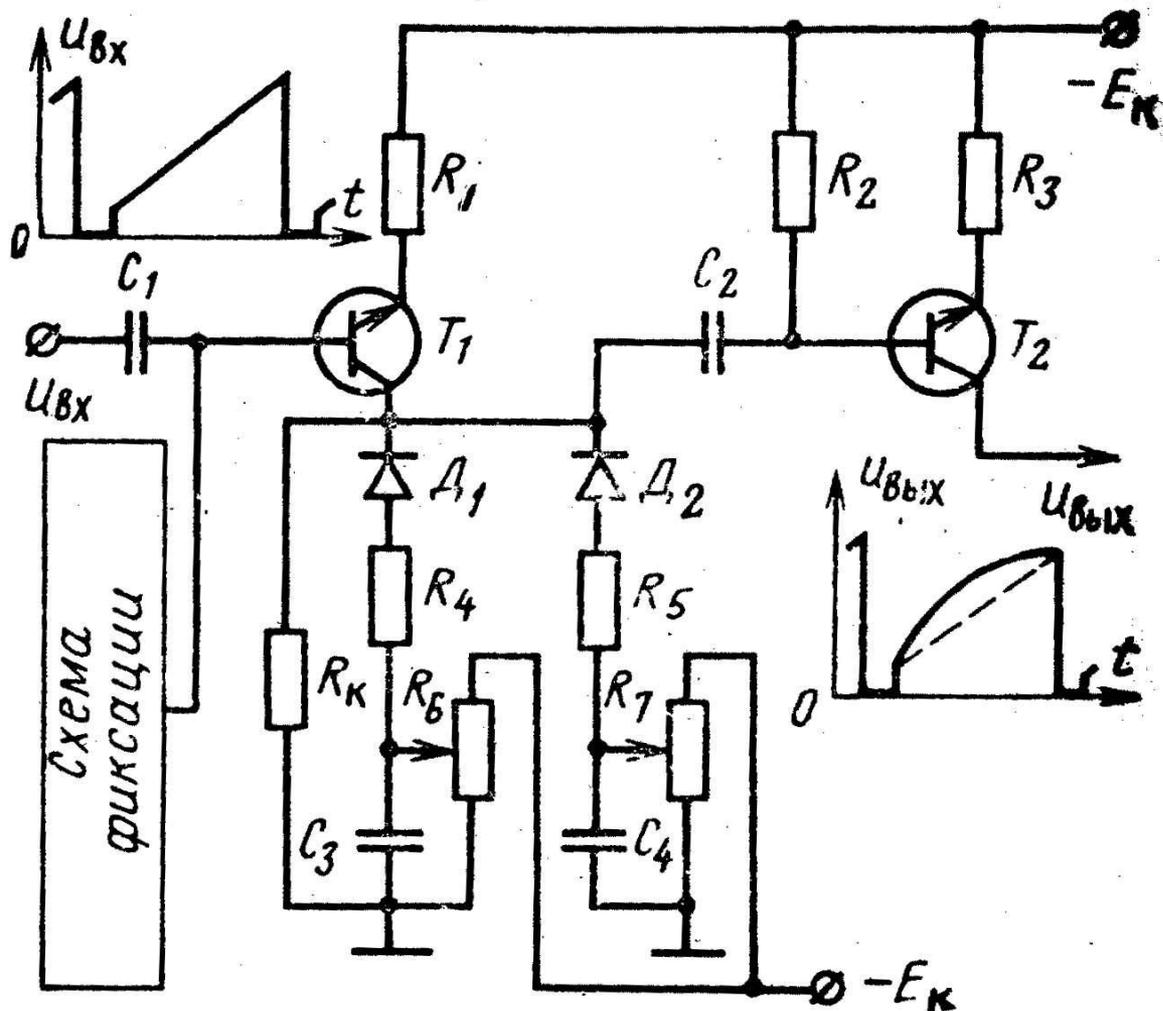
- уменьшается влияние ошибок квантования при малых уровнях яркости.
- корректируется нелинейность передаточной характеристики кинескопа и обеспечивается оптимальная характеристика всего тракта «от света до света».

$\gamma = 0,42...0,48$  - показатель гамма-коррекции.  
Передаточная характеристика для  $\gamma = 0,45$



$$\left( \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВЫХ М}}} \right) = \left( \frac{U_{\text{ВХ}}}{U_{\text{ВХ М}}} \right)^\gamma$$

# Увеличивает количество передаваемых градаций в области темных тонов



## По Рекомендации ITU 601 :

- число разрядов квантования  $n = 8$
- число уровней квантования  $N_{\text{кв}} = 2^8 = 256$ .

Уровень **черного**  $E_y$  - **16**-й уровень квантования,  
уровень **белого** **235**-й уровень.

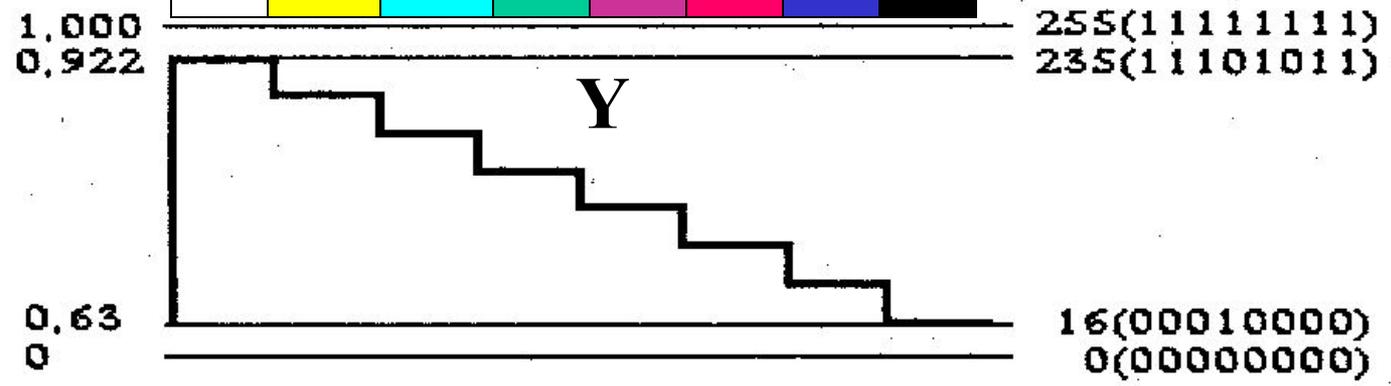
16 снизу }  
20 сверху }      уровней квантования

резервные зоны при выходе аналогового  **$E_y$**   
за пределы номинального диапазона.

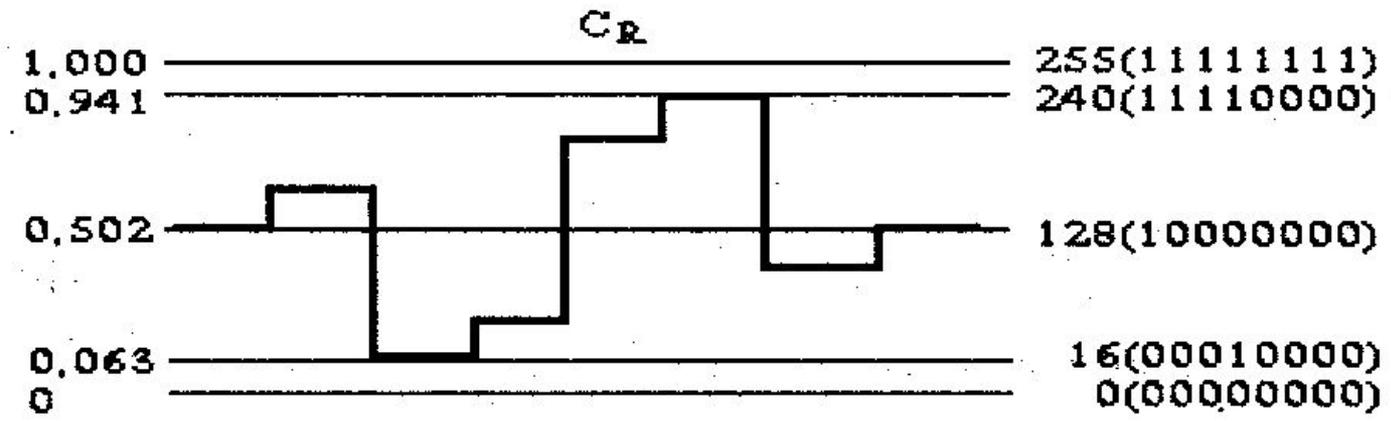
- **0**-м и **255**-м уровнях - **сигналы синхронизации**.



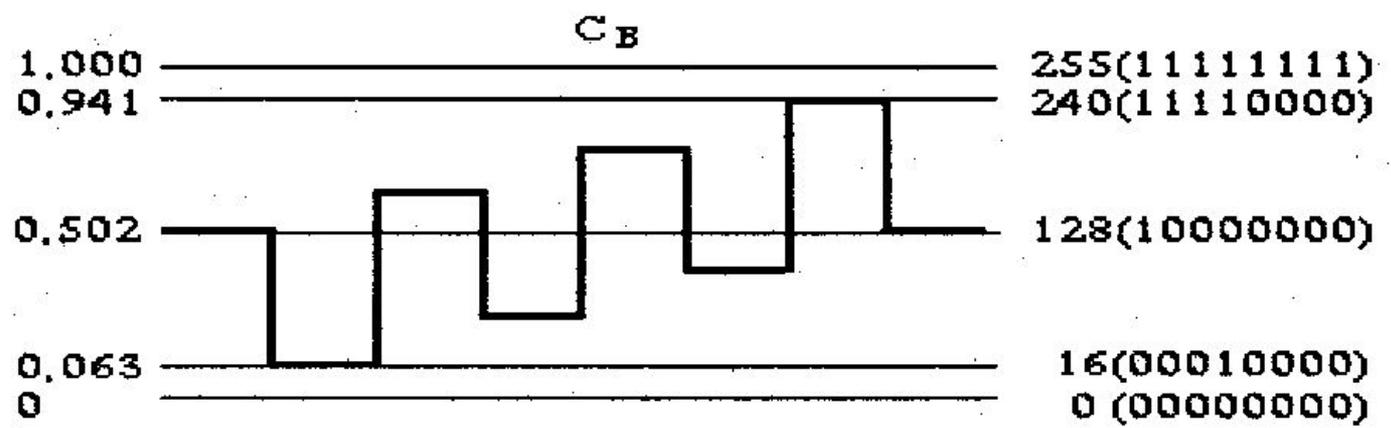
a)



b)



B)



**АЦП :**

$$Y = 219E'_y + 16, \text{ где}$$

$E'_y$  — аналоговый сигнал яркости (0 ... 1) В

$Y$  — цифровой сигнал яркости (16... 235)

У цветоразностных сигналов резервные зоны - по 16 уровней квантования сверху и снизу.

На АЦП - компрессированные цветоразностные сигналы:

$$E_{cr} = 0,713E'_{R-Y}, E_{cb} = 0,564E'_{B-Y},$$

$$C_R = 224E_{cr} + 128 \square 160 E'_{r-y} + 128;$$

$$C_b = 224 E_{cb} + 128 \square 126 E'_{B-Y} + 128$$

128-й уровень квантования - цветоразностные сигналы = 0.

# Синхронизация ЦТС

В конце СГИ - синхросигнал начала активной строки - **(НАС)**

в начале СГИ - синхросигнал конца активной строки- **(КАС)**.

## НАС и КАС содержат по 4 байта:

- Первый байт - из 8 двоичных единиц (255),
- следующие два байта = 0.
- четвертый байт - информация о поле (чет/нечет), и защита от ошибок.

**2 варианта  
формирования  
ЦТС**

# Кодирование

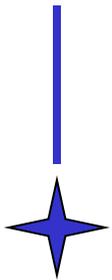
В DVB - код Рида-Соломона (внешнее кодирование),

записывается (204, 188, 8);

где 204 - байт в пакете + проверочные символы,

188 - байт в пакете транспортного потока MPEG-2,

8 - min расстояние между допустимыми кодовыми комбинациями.



**Эффективность корректирующего кода:**

$$K_{\text{кк}} = 10 \lg \left( \frac{\underline{E}_1^* / \underline{N}_0}{\underline{E}_1 / \underline{N}_0} \right) ; [\text{дБ}], \quad \text{где}$$

$\underline{E}_1$  - энергия сигнала на 1 бит информации;

$\underline{N}_0$  - мощность шума на 1 Гц полосы частот;

$\underline{E}_1 / \underline{N}_0$  и  $\underline{E}_1^* / \underline{N}_0$  - отношения при использовании кода и без него, при одинаковой частоте ошибок.

$K_{\text{кк}}$ , (обычно 3...7Дб) - ухудшение с/ш при сохранении частоты ошибок.

# *Композит или компонент*

*компонентный* (или *раздельный*):

если АЦП яркостного и цветоразностных сигналов раздельное, а затем они объединяются в единый поток.

Компонентное кодирование  
приспособлено для студийной аппаратуры.

Для АЦП ПЦТВС (NTSC, PAL или SECAM) - *компонентное кодирование*, используемое также:

- в системах цифровой записи на магнитный носитель;
- в цифровых преобразователях ТВ - стандартов;
- в блоках цифровой обработки в телевизорах.