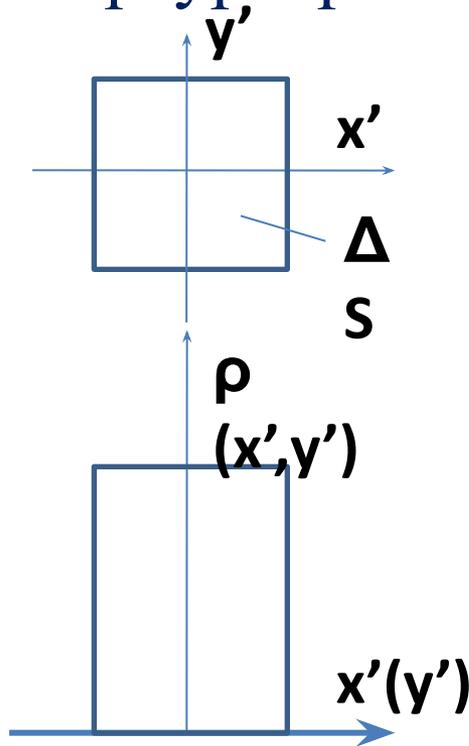


# **АПЕРТУРНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ**

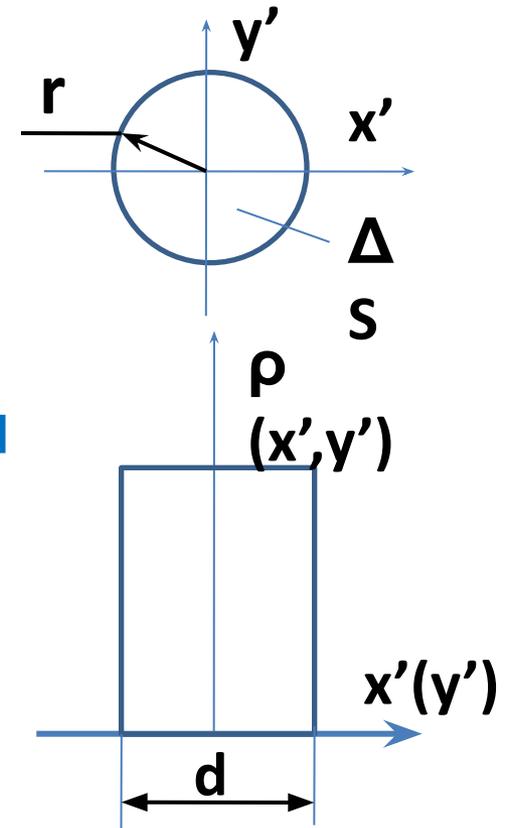
# Форма и функция прозрачности развертывающего элемента

- Эффективность преобразования свет-сигнал и сигнал свет зависит от площади и прозрачности апертуры развертывающего элемента.



**Функция  
прозрачности**  
 $\rho(x', y')|_{\Delta S} = 1$

(диск Нипкова,  
ПЗС матрица)



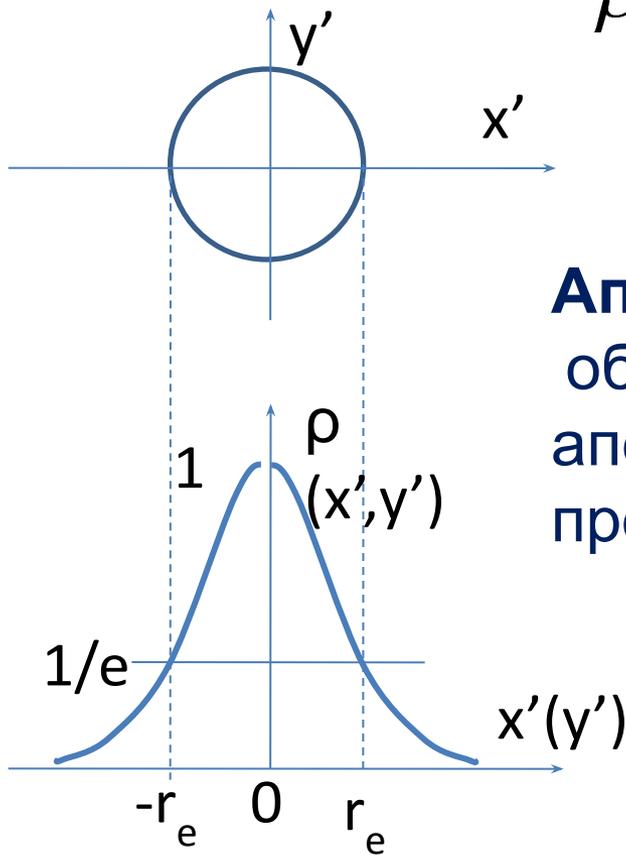
# Функция прозрачности для электронно-лучевых ФЭП

$$\rho(x', y') = \exp \left\{ - \left[ \left( \frac{x'}{r_e} \right)^2 + \left( \frac{y'}{r_e} \right)^2 \right] \right\}$$

$r_e$  – эффективный радиус

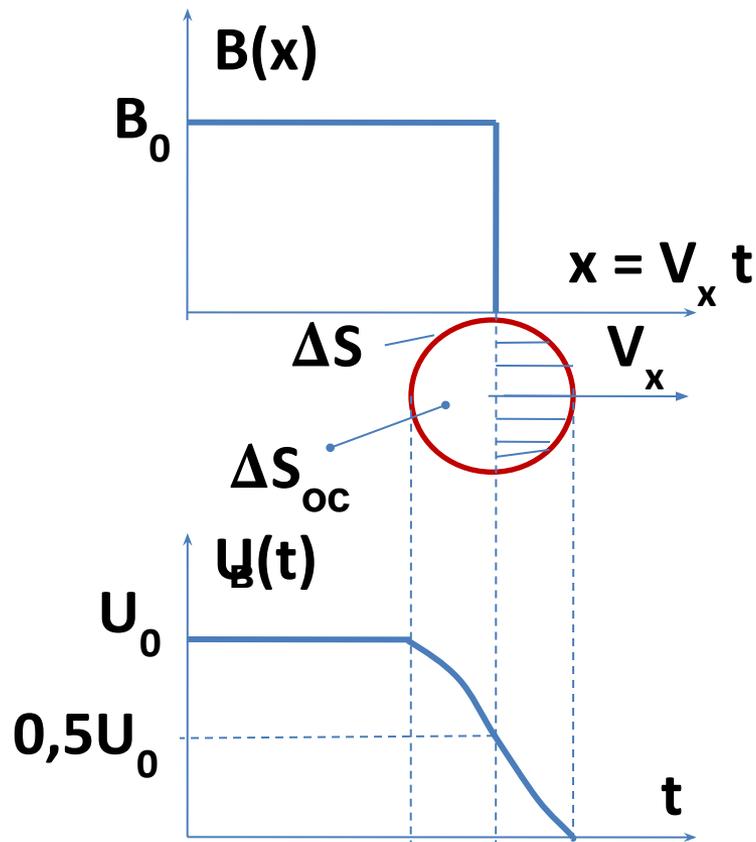
**Апертурные искажения** – искажения, обусловленные конечными размерами апертуры и формой функции прозрачности.

Различают апертурно-временные и апертурно-частотные искажения.

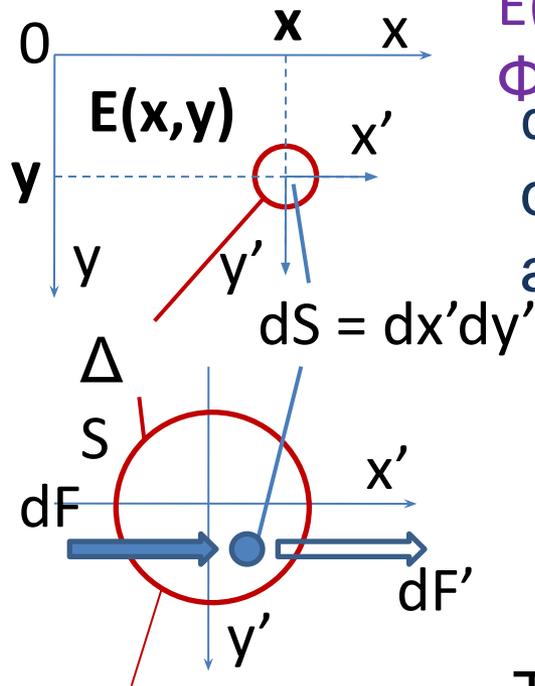


# Апертурно-временные искажения.

В процессе преобразования свет-сигнал скачка яркости  $V(x)$  за счет движения апертуры (развертки изображения) формируется сигнал  $U(t)$  с **пологим склоном**, т.к. сигнал  $U(t)$  в каждый момент времени пропорционален «**усредненной**» в пределах апертуры



# Апертурно-временная (переходная) характеристика.



$\rho(x', y')$  -  
прозрачность  
апертуры

$E(x, y) = dF/dS$  – освещенность мишени

ФЭП

$dF = E dS = E_{dS}(x+x', y+y') dx' dy'$  –  
световой поток, падающий на  $dS$   
апертуры.

$dF' = \rho(x', y') dF$  – световой поток,  
прошедший через  $dS$  апертуры.

Составляющая фототока,  
вызванная световым потоком  $dF'$ :  $di$   
 $= \epsilon dF'$ ,

Тогда, ток ФЭП определяется

выражением

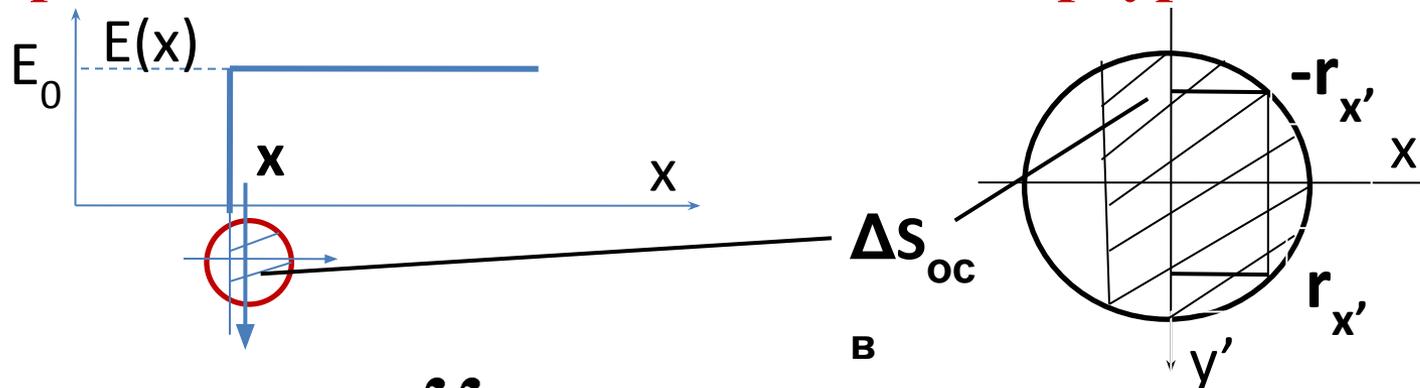
$$i = \epsilon \iint_{\Delta S} E_{dS}(x+x', y+y') \rho(x', y') dx' dy'$$

- Пусть  $E = E_0 = \text{const}$  (освещенность постоянна).  
Тогда ток на выходе ФЭП также постоянен:

$$i_0 = \varepsilon E_0 \iint_{\Delta S} \rho(x', y') dx' dy' = \varepsilon E_0 P_0$$

$P_0$  – интегральная

- При скачке освещенности в направлении  $\mathbf{x}$  ток ФЭП определяется освещенной частью апертуры:



$$i(x) = \varepsilon E_0 \iint_{\Delta S_{осв}} \rho(x', y') dx' dy' = \varepsilon E_0 P(x)$$

$P(x)$  – интегральная прозрачность освещенной части апертуры.

- Переходная характеристика:

$$H(x) = i(x)/i_0 = P(x)/P_0$$

- Распределение прозрачности в сечении  $x' = \text{const}$

$$R(x') = \int_{-r_{x'}}^{r_{x'}} \rho(x', y') dy'$$

- Тогда

$$P(x) = \int_{-r_{x'}}^r R(x') dx', \quad P_0 = \int_{-r}^r R(x') dx'$$

И учитывая симметрию апертуры получаем:

$$H(x) = P(x) / P_0 = \frac{1}{2} \left[ 1 + \frac{2}{P_0} \int_0^x R(x') dx' \right]$$

- Для нормальной ТВ системы с квадратной апертурой:  $\rho(x', y') = 1$  в пределах квадрата.
- Тогда площадь сечения функции прозрачности  $R(x') = d$ , а интегральная прозрачность  $P_0 = d^2$ .

- Учитывая, что 
$$\int_0^x R(x') dx' = \int_0^x d \cdot dx' = d \cdot x,$$

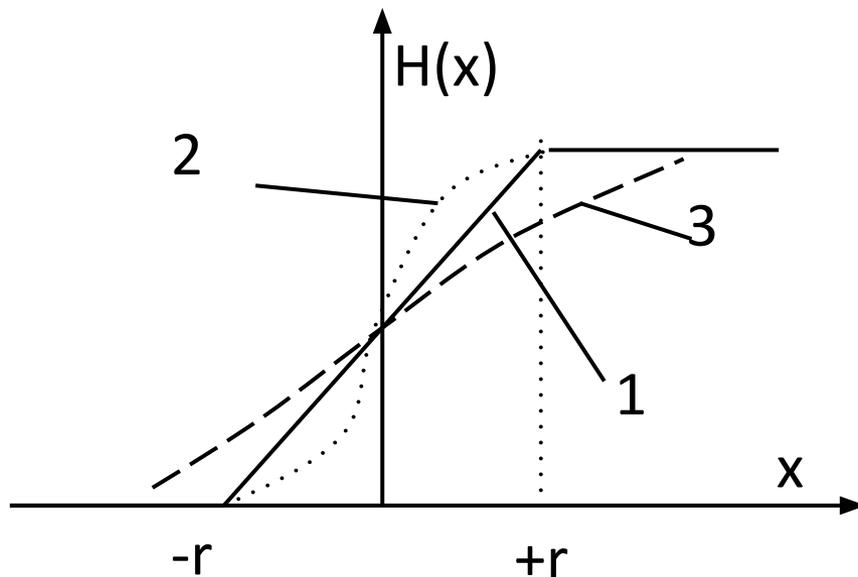
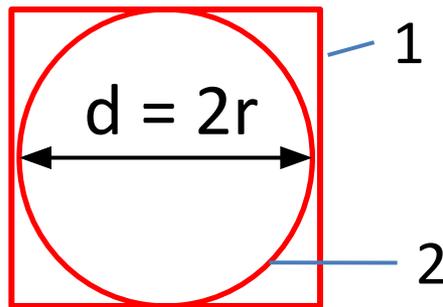
получаем 
$$H(x) = \frac{1}{2} \left(1 + 2 \frac{x}{d}\right) \quad (\text{при } -r < x < r)$$

Так как  $x = vt$ ,  $d = v\tau$ , то

$$h(t) = \frac{1}{2} \left(1 + 2 \frac{t}{\tau}\right) \quad (\text{при } -\tau/2 < t < \tau/2)$$

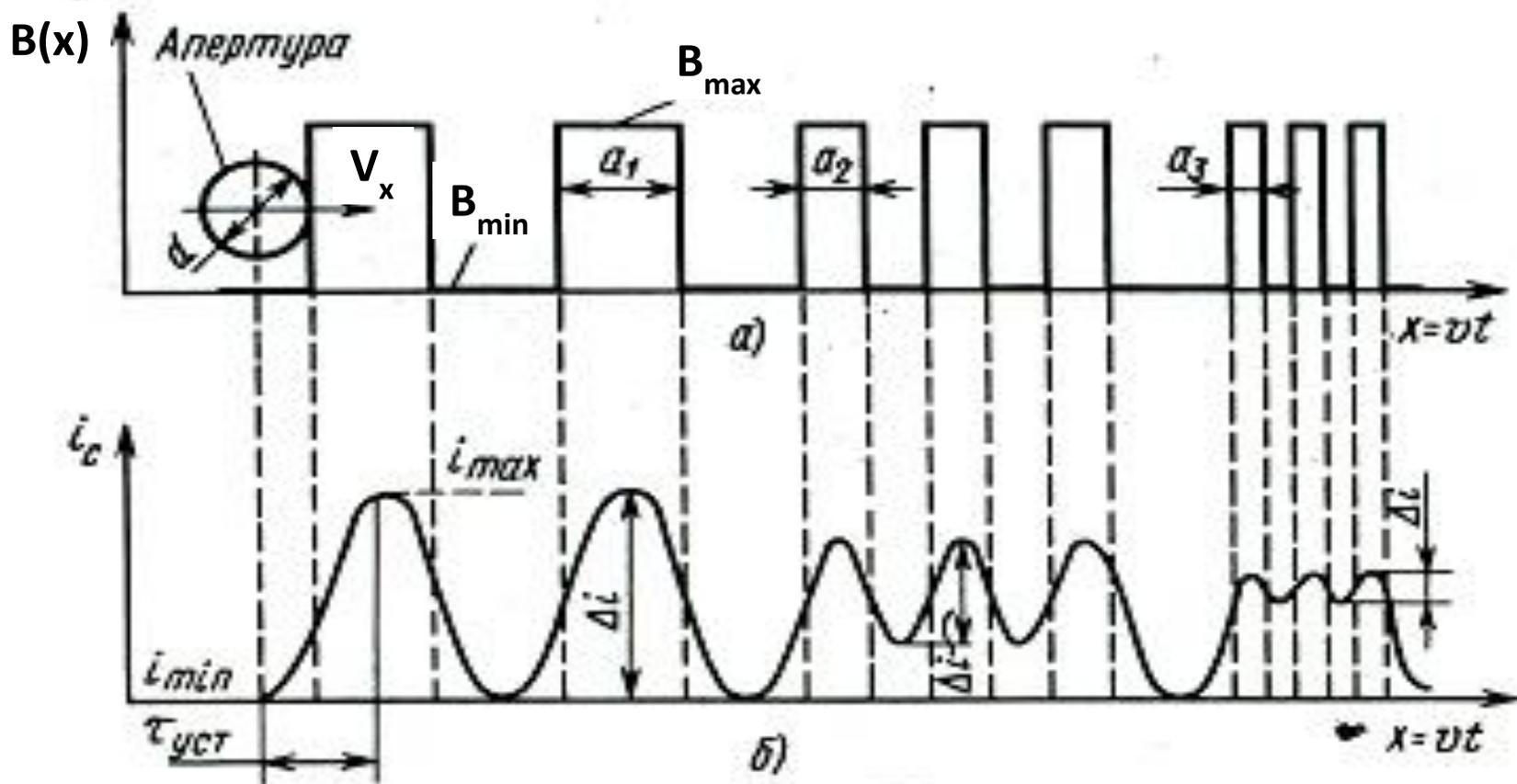
- Крутизна переходной характеристики:

$$S = dh/dt = 1/T \text{ или } S = 1/d$$



- 1 – прямоугольная апертура;
- 2 – цилиндрическая;
- 3 – гауссова.

# Апертурно-частотная характеристика ФЭП



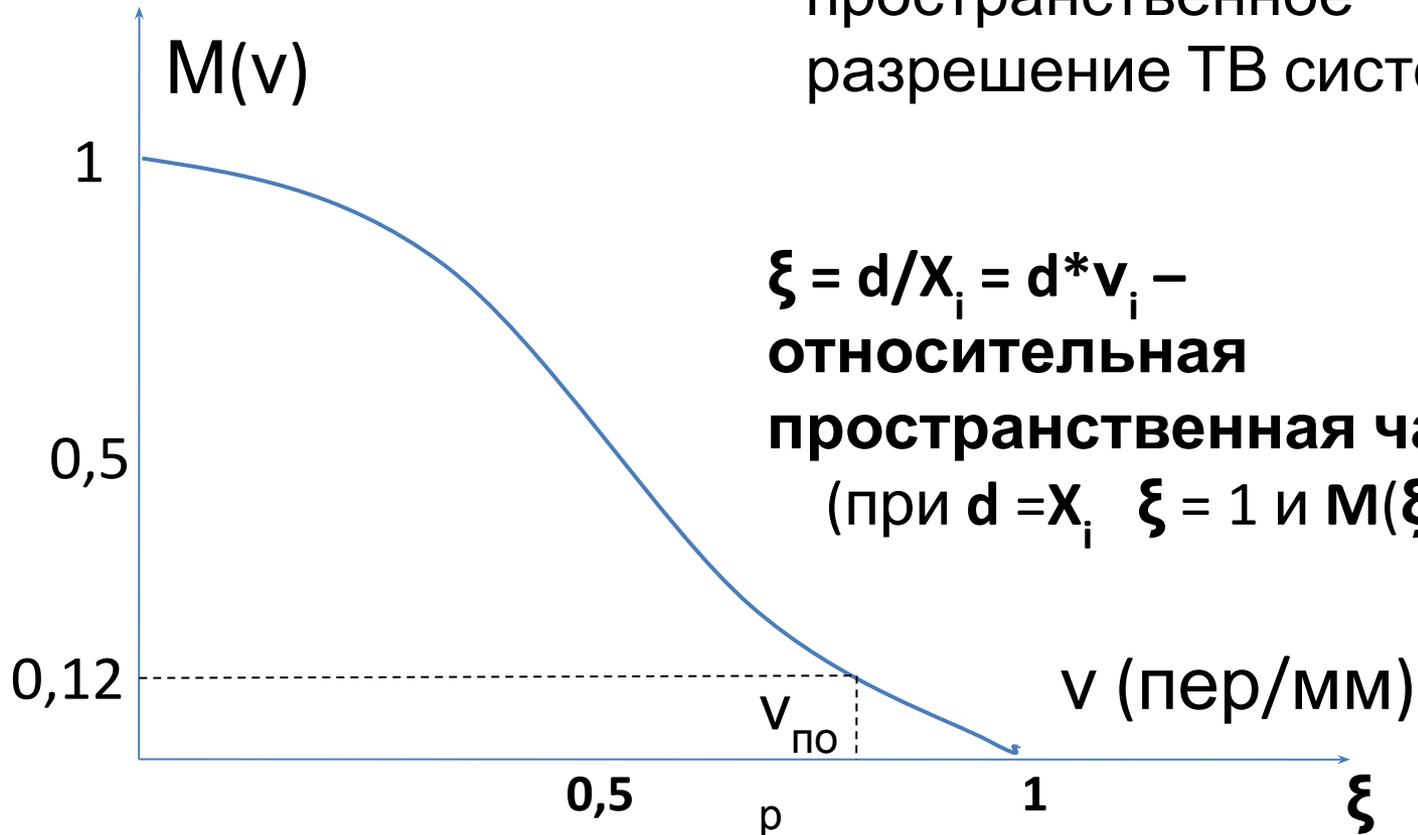
- $d$  – размер развертывающей апертуры;
- $X_i = 2d_i$  – переменный шаг штриховой миры;
- $v_i = 1/X_i$  – пространственная частота миры;
- Глубина модуляции видеосигнала

$$M = \frac{i_{\max} - i_{\min}}{i_{\max} + i_{\min}}$$

- Если изображение представляет собой вертикальную штриховую миру с переменным шагом, то при увеличении пространственной частоты миры увеличивается частота сигнала и **уменьшается** глубина модуляции  $M$  (при  $X_i/2 < d$ ).

## АЧХ ФЭП

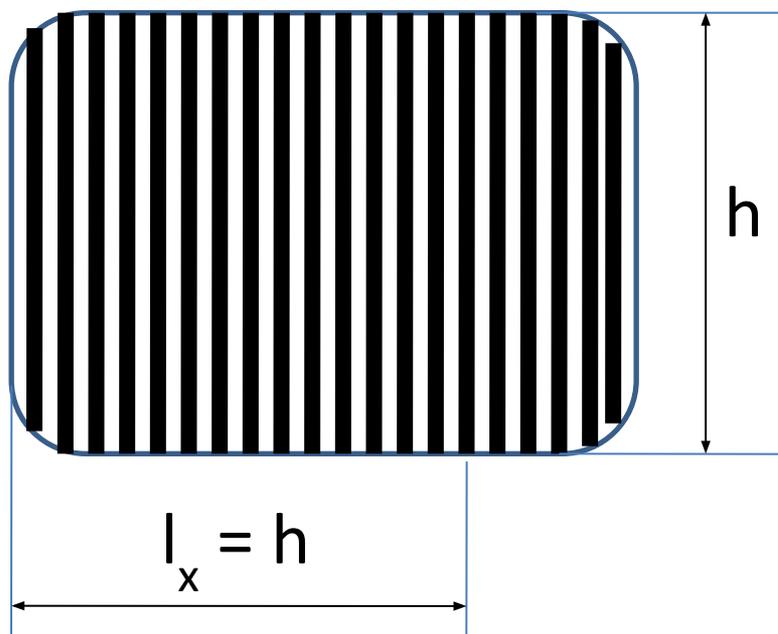
**$M = 0,12$  – отчетный уровень** – определяет пространственное разрешение ТВ системы



**$\xi = d/\lambda_i = d \cdot v_i$  – относительная пространственная частота**  
(при  $d = \lambda_i$   $\xi = 1$  и  $M(\xi) = 0$ )

## Пространственное разрешение ТВ системы в телевизионных линиях (ТВЛ)

- ТВЛ – количество различаемых черных и белых штрихов штриховой миры, приходящихся на длину строки (вдоль X), равную высоте экрана:



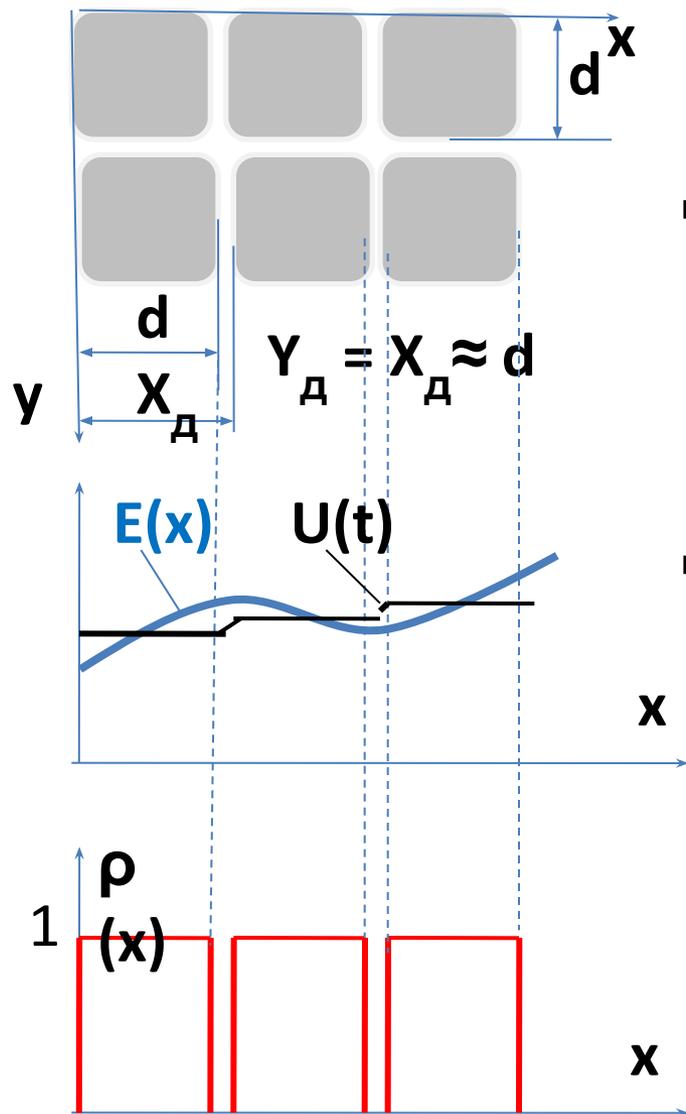
$N_б$  – количество белых  
полосок  
 $N_ч$  – количество черных  
полосок

$$N = N_б + N_ч -$$

ТВЛ

В ТВ системах 625  
строк ТВЛ = 500...650

# Особенности АЧХ ПЗС матрицы



ПЗС матрица производит дискретизацию изображения  $E(x, y)$  с шагом  $X_D$  ( $Y_D$ ), что соответствует частоте дискретизации  $\nu_D = 1/X_D$ .

**АЧХ** - как при АИМ1





