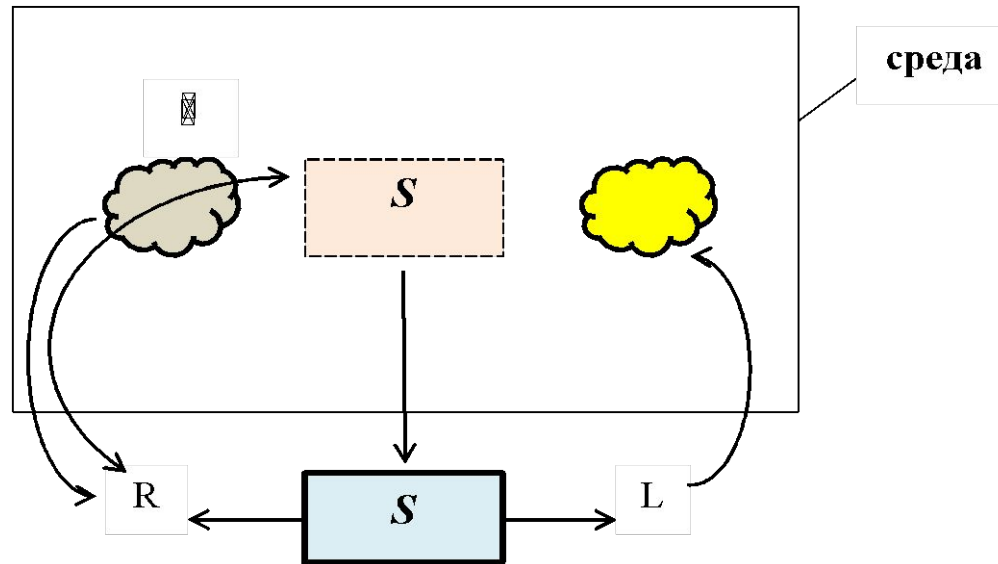


# Схема общего подхода к оценке эффективности системы



## Показатели оценки эффективности

$$\text{☒} = \frac{C_{\text{П}}}{C_{\text{☒}}}$$

☒ > 1 – обогащение;

☒ = 1 – стабильность;

☒ < 1 – убыток (невоспроизводимый расход ресурсов (кризис))

$$\text{☒} = \frac{C_{\text{☒}}}{C_{\text{ц}}} - \text{расход ресурсов на единицу продукции.}$$

## Участники процесса оптимизации системы при её проектировании

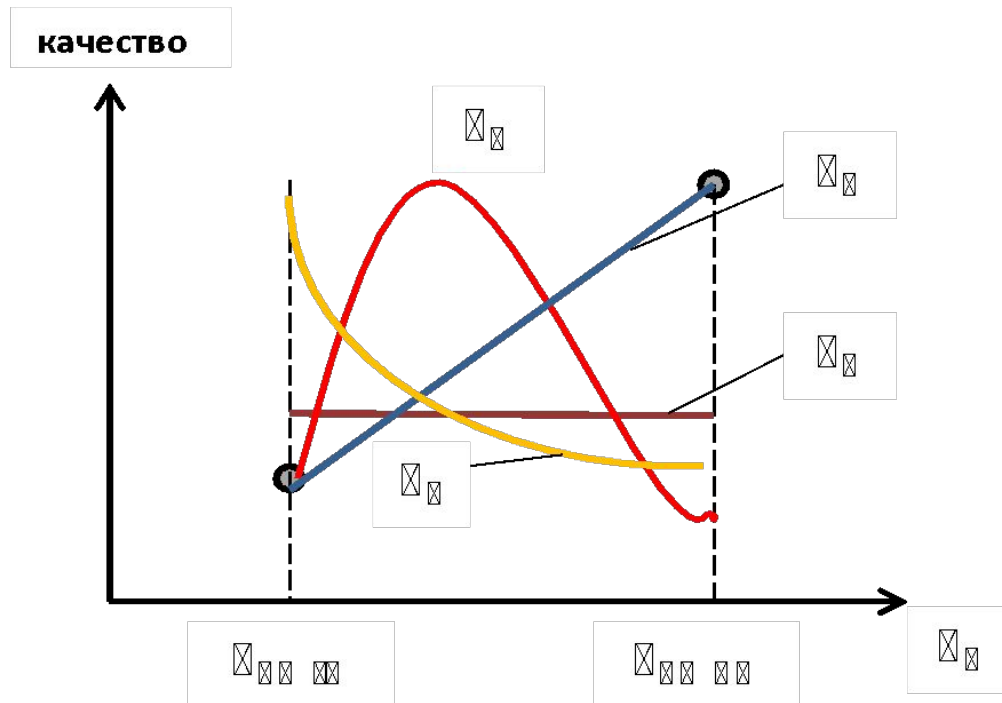
- заказчики – разрабатывают требования к системе;
- разработчики – проектируют систему, создают опытные образцы;
- производители – промышленные предприятия – изготовители системы;
- эксплуатационщики – обеспечивают хранение и сбережение системы;
- пользователи.

### Формализованные требования к проектируемой системе

- условия
- ограничения
- показатели качества
- ограничения на показатели качества

$$G = \{Y; O; \vec{K}; O_{\vec{k}}\}.$$

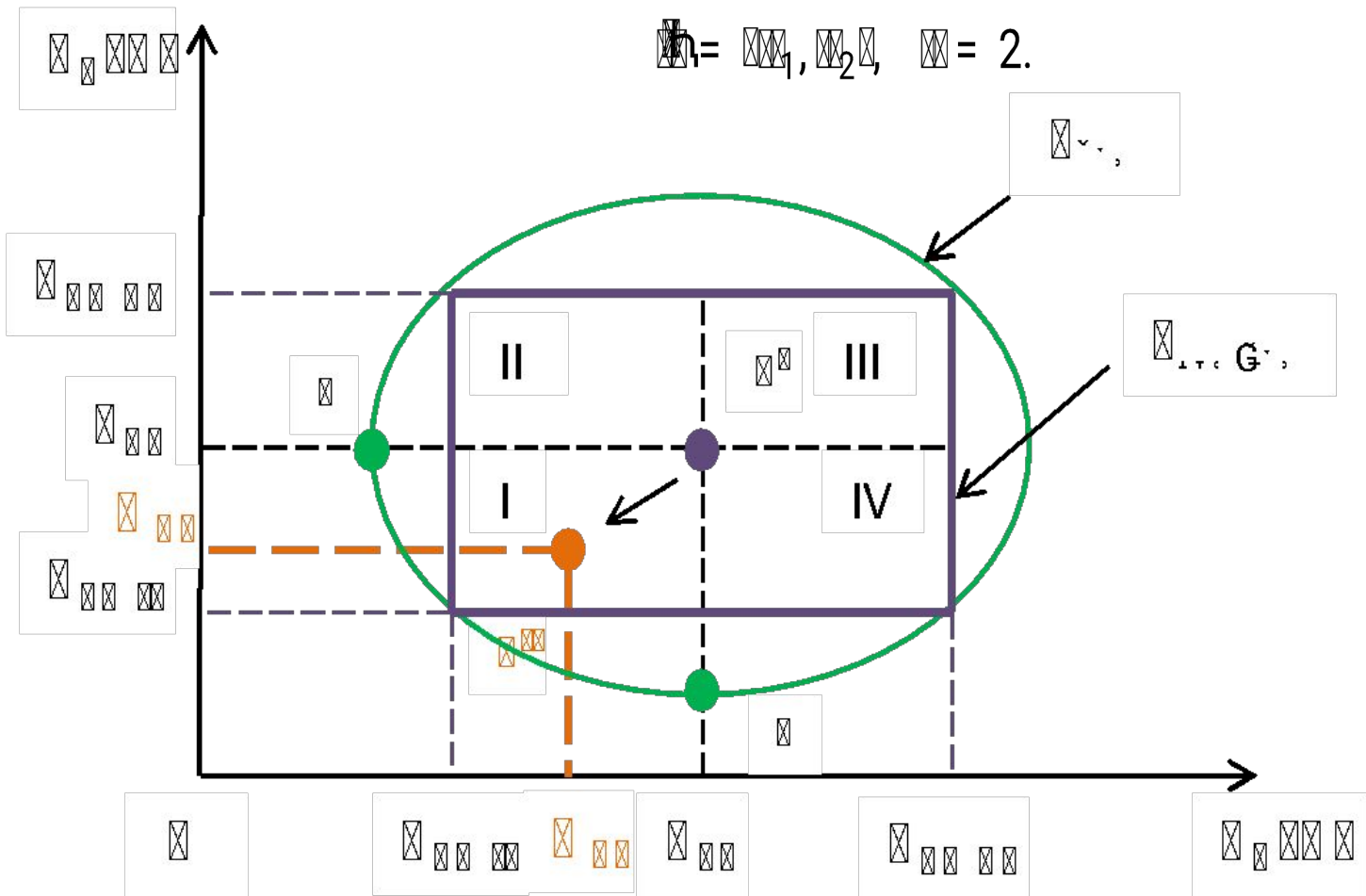
# Показатели качества системы



$\boxtimes_1$  – при  $\boxtimes_2, \boxtimes_3, \dots, \boxtimes_n = \boxtimes_{\text{норм}}$ ,  $\boxtimes_1 = \boxtimes_1$ ;  
 $\boxtimes_2$  – при  $\boxtimes_1, \boxtimes_3, \dots, \boxtimes_n = \boxtimes_{\text{норм}}$ ,  $\boxtimes_2 = \boxtimes_2$ ;  
 $\boxtimes_3, \boxtimes_4$  – варьируемые переменные.

# Метод оценки «эффективность- стоимость» (принцип Парето)

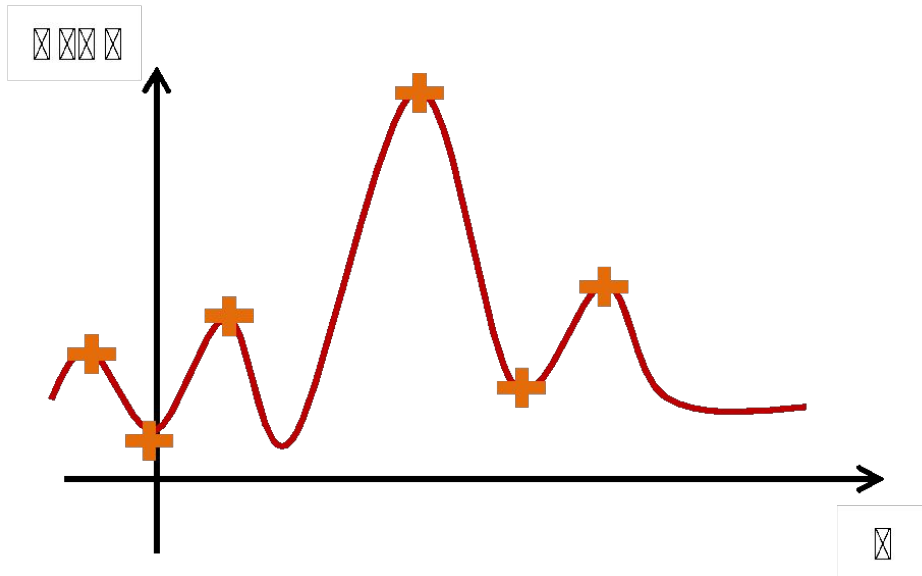
$$n = \{x_1; x_2; x_3; \dots; x_i; \dots; x_n\}$$



# Скалярная оптимизация

$$\mathbf{h} = (h_1; h_2; h_3; \dots; h_n; \dots; h_m) \quad \mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_m) = (x_1, x_2, \dots, x_m)$$

## Необходимое условие



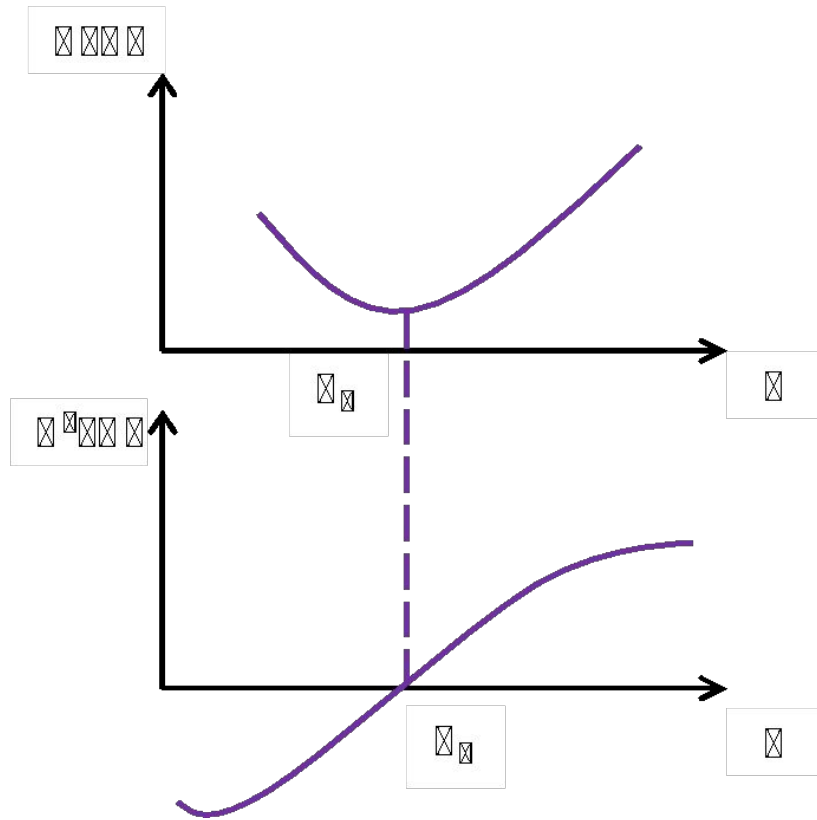
$$\frac{\partial f}{\partial x} = 0 \quad \frac{\partial f}{\partial x_j} = 0 \quad \mathbf{x} = \frac{\partial f}{\partial x_1} \mathbf{e}_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} \mathbf{e}_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_m} \mathbf{e}_m = 0,$$

где:

$$\mathbf{x} = \frac{\partial f}{\partial x_1} \mathbf{e}_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} \mathbf{e}_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_m} \mathbf{e}_m;$$

$\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \dots, \mathbf{e}_m$  — единичные векторы по осям  $x_1, x_2, \dots, x_m$  соответственно.

# Достаточное условие



$$\frac{\sum_{i,j} x_i^2 x_j^2}{\sum_{i,j,k,l} x_i x_j x_k x_l} = 0$$

Для случая многих переменных имеем:

$$\frac{\sum_{i,j} x_i^2 x_j^2}{\sum_{i,j,k,l} x_i x_j x_k x_l} > 0.$$

# Объективный метод перехода к скалярному показателю качества

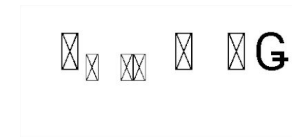
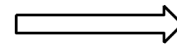
$$\mathbf{h} = \{h_1; h_2; h_3; \dots; h_m; \dots; h_n\}$$

$$\mathbf{h} = \{h_1; h_2; h_3; \dots; h_m; \dots; h_n\}$$

$$h_i = h_{i1}; \min_{\mathbf{h}} h_i = h_i; 0; h_i; 0; 0; \dots; 0$$

$\mathbf{h}_1$  - задача внешнего проектирования;

$\mathbf{h}_2$  - задача внутреннего проектирования;



$$\mathbf{h} = \{h_1; h_2; h_3; \dots; h_m; \dots; h_n\}$$

# Субъективный метод перехода к скалярному показателю качества

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i; \quad (1.1)$$

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i; \quad (1.2)$$

где:

$Q_i$  – частные (единичные) показатели качества;

$Q_i$  – весовые коэффициенты.

$$Q = Q_1 Q_{1n} + Q_2 Q_{2n} + \dots + Q_n Q_{nn} + \dots + Q_n Q_{nn},$$

$$Q_{in} = \frac{Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}.$$

$Q_i$

$$\sum_{i=1}^n Q_i = 1.$$

$Q_i$

$H = (H_1; H_2; H_3; \dots; H_n; \dots; H_n)$  – вектор пожеланий заказчика;

$h = (h_1; h_2; h_3; \dots; h_n; \dots; h_n)$  – вектор частных показателей;

$Q = Q^T h = \sum_{i=1}^n Q_i h_i$ , когда  $H$  и  $h$  – ортогональны.

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i \ln Q_i.$$

$Q_i$



# **Требования, предъявляемые к показателю эффективности**

- **должен иметь определенный физический смысл, т.е. допускать содержательную трактовку (например, относительная частота наступления событий в серии испытаний);**
- **должна существовать принципиальная возможность количественной оценки ПЭ, т.е. он должен иметь простую и удобную форму, пригодную для того, чтобы на его основе сформулировать суждения об эффективности системы;**
- **пользователь должен иметь ясное представление об алгоритме оценки данного показателя («прозрачность» математической модели);**
- **должен отражать какую-то из значимых сторон функционирования СИ;**
- **инструмент оценки показателя должен обеспечивать необходимую чувствительность (т.е. выходной результат должен отражать варьирование входных данных в заданных пределах)**

# Группы показателей эффективности

## 1. Единичные (частные) показатели :

- показатели, характеризующие развитие конфликтной ситуации в системе ( $P_{обн}$  — вероятность обнаружения вторжения злоумышленника в ИС,  $P_{нейтр}$  — вероятность обеспечения системой защитных функций с момента вторжения злоумышленника в ИС и др.);
- стоимостные показатели ( $S$ ) (затраты на проектирование, монтажные и пусконаладочные работы, эксплуатационные затраты, и др.)

## 2. Комплексные (обобщенные):

$P_{прес} = P_{обн} \cdot P_{нейтр}$  — вероятность пресечения НСД злоумышленника в ИС;  
 $P_{прес}/S$  — показатель вида «эффективность — стоимость», характеризующий экономическую эффективность СЗИ.

**3. Дифференциальные:**  $P_{ij}$  отражают эффективность функционирования СЗИ в конкретной ситуации (т.е. при  $i$ -ой угрозе, реализуемой нарушителем  $j$ -го типа).

## 4. Интегральные:

$P_j$  — характеризует способность СЗИ противостоять действиям нарушителя  $j$ -го типа;  
 $P_i$  — характеризует способность СЗИ противостоять угрозе  $i$ -го типа из принятого перечня угроз;  
 $P_{\Sigma}$  — характеризует эффективность СЗИ в целом.

# Оптимизация системы по критерию «эффективность - стоимость»

**1 вариант.** Оптимизация по цене  $C_c$  при наложении ограничений на вероятность пресечения  $P_{пр}$ :

$$P_{пр} = P_{обн} \cdot P_{нейтр} \geq P_{пр \text{ зад}}$$

$$C_c = C_{обн} + C_{нейтр} \Rightarrow \min$$

**2 вариант.** Оптимизация по вероятности пресечения  $P_{прес}$  при наложении ограничений на цену  $C_c$ :

$$P_{прес} = P_{обн} \cdot P_{нейтр} \Rightarrow \max$$

$$C_c = C_{обн} + C_{нейтр} \leq C_c \text{ зад}$$

## Частные критерии оценки экономической эффективности функциональных подсистем СЗИ

- критерий максимума среднегодового предотвращенного ущерба Г. Е. Шепитько;
- критерий экономии от ущерба Э. И. Абалмазова;
- критерий минимальных суммарных затрат на оснащение и эксплуатацию СЗИ.

# Формирование обобщённого показателя эффективности

1. Взвешенное среднее арифметическое (аддитивная синтезирующая функция)

$$\begin{aligned} & \bar{E} \\ & \bar{E}_1, \bar{E}_2, \dots, \bar{E}_n = \bar{E} \quad \bar{E}_1, \bar{E}_2, \dots, \bar{E}_n \\ & \bar{E}_i = 1 \end{aligned}$$

2. Взвешенное среднее геометрическое (мультипликативная синтезирующая функция)

$$\begin{aligned} & \bar{E} \\ & \bar{E}_1, \bar{E}_2, \dots, \bar{E}_n = \bar{E} \quad \bar{E}_1, \bar{E}_2, \dots, \bar{E}_n, \\ & \bar{E}_i = 1 \end{aligned}$$

где:

$\bar{E}_1, \bar{E}_2, \dots, \bar{E}_n$  — единичные показатели эффективности;

$\bar{E}_1, \bar{E}_2, \dots, \bar{E}_n$  — весовые коэффициенты

# Оценка качества цифровой связи

$$\eta_1 = \eta^2 \times \frac{c}{0} \text{ при } \eta = \text{шум},$$

$$\eta^2 = \frac{c}{\text{шум} \times 0} = \frac{\text{шум} \times \text{шум}}{\text{шум} \times 0} = \frac{\text{шум}}{\text{шум} \times 0},$$

$$\eta_2 = \text{шум} \times \frac{\Delta_{\text{пр}}}{\text{шум}},$$

$$\eta = \Delta_{\text{пр}} \log_2\left(\frac{c}{\text{шум}} + 1\right) \text{ формула Шеннона}$$

$$\frac{\eta}{\Delta_{\text{пр}}} = \log_2\left(\frac{c}{\text{шум}} + 1\right),$$

$$\frac{1}{\text{шум}} = \log_2\left(1 + \frac{\eta^2}{\text{шум}^2}\right),$$

так как  $c = \eta^2 \times \text{шум} \times 0$ ;  $\text{шум} = \Delta_{\text{пр}} \times \text{шум} \times 0$   $\frac{c}{\text{шум}} = \frac{\eta^2 \times \text{шум} \times 0}{\Delta_{\text{пр}} \times \text{шум} \times 0} = \frac{\eta^2}{\text{шум}^2}$ .

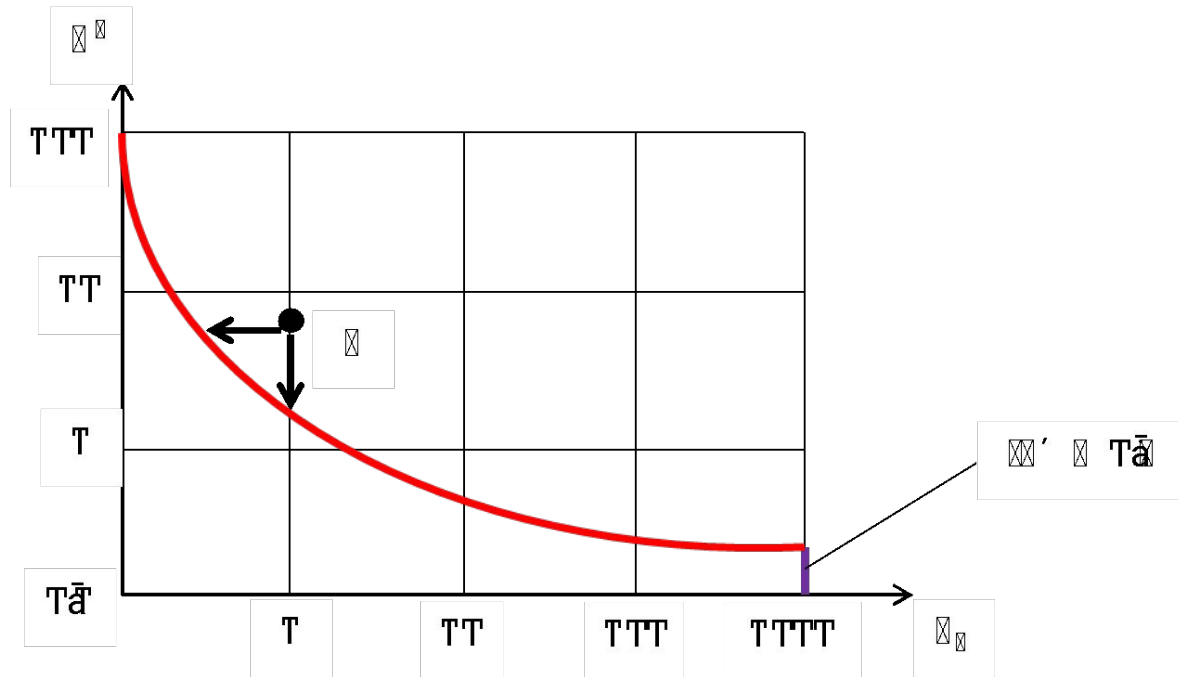
$$2^{\frac{1}{\text{шум}}} = 1 + \frac{\eta^2}{\text{шум}^2} \quad \frac{\eta^2}{\text{шум}^2} = 2^{\frac{1}{\text{шум}}} - 1,$$

$$\eta^2 = \text{шум}^2 \times 2^{\frac{1}{\text{шум}}} - 1.$$

# График кривой Шеннона

$$\beta^2 = \alpha_f \left( 2^{\frac{1}{\alpha_f}} - 1 \right).$$

$\alpha_f$	0,1	1	2	4
$\beta^2$	102,3	1	0,82	0,8



$\beta^2 \approx 0,7$  – предел Шеннона в системе координат  $\frac{T^2}{T^2}$ .