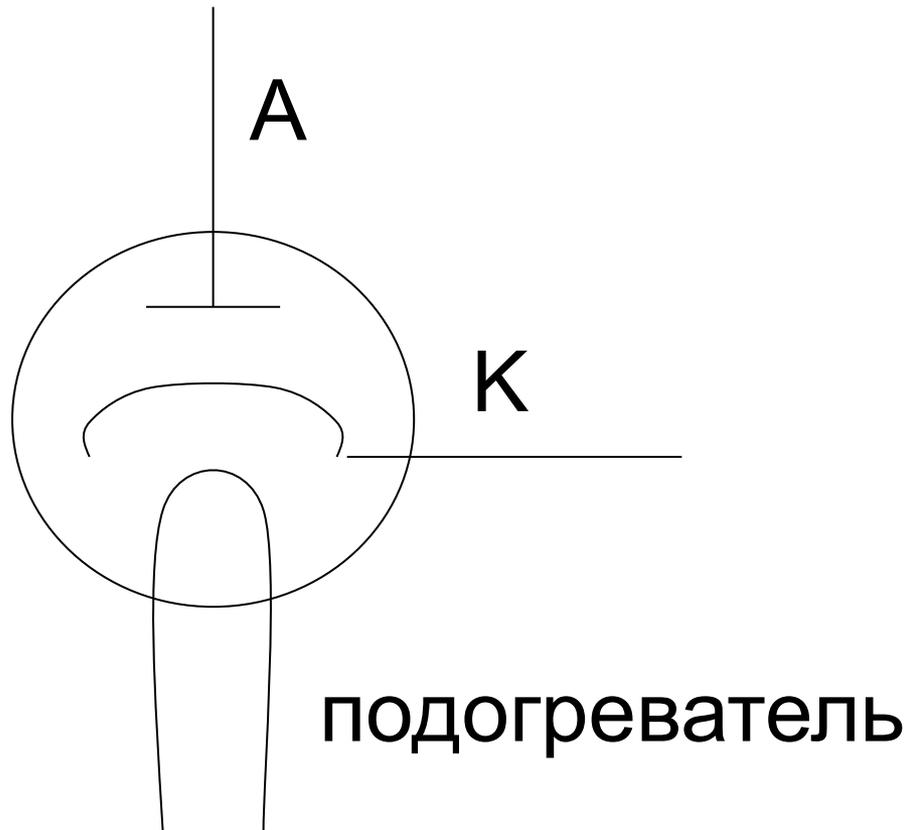
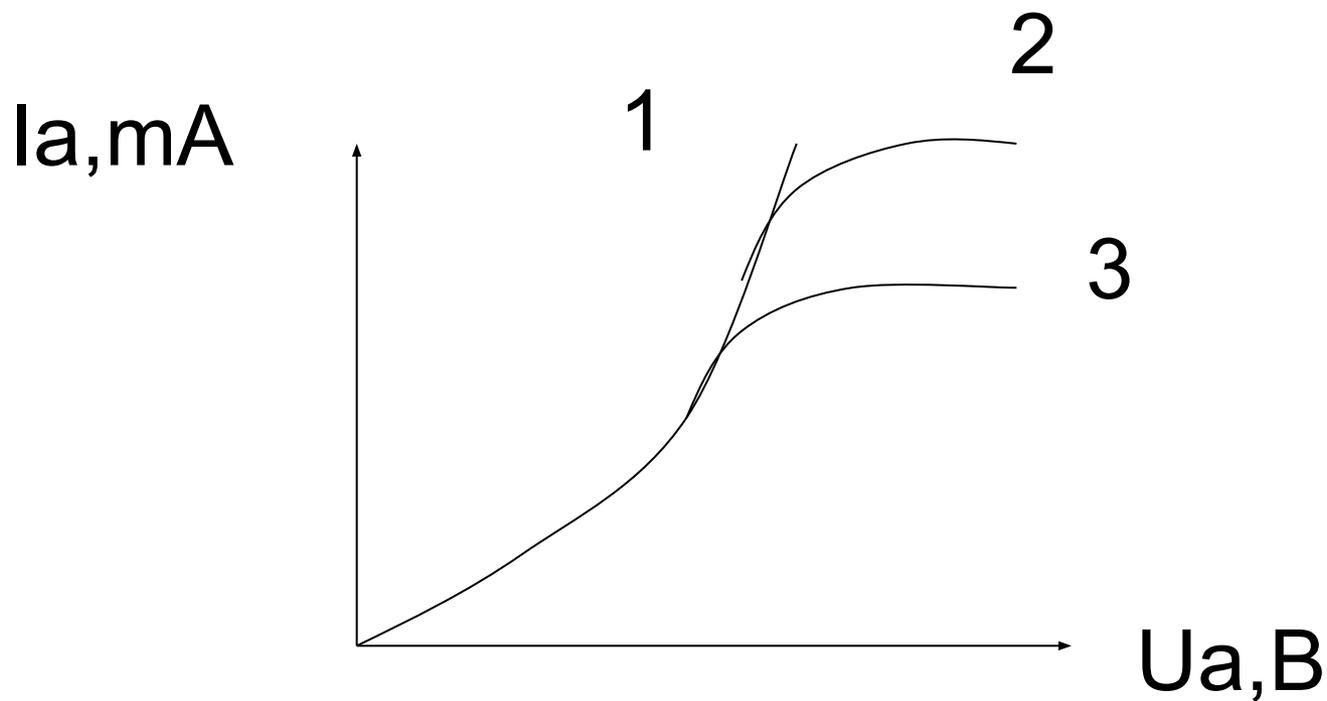


# Электровакuumный диод



# Вольтамперная характеристика диода



внутренняя проводимость или  
крутизна характеристики (А/В)

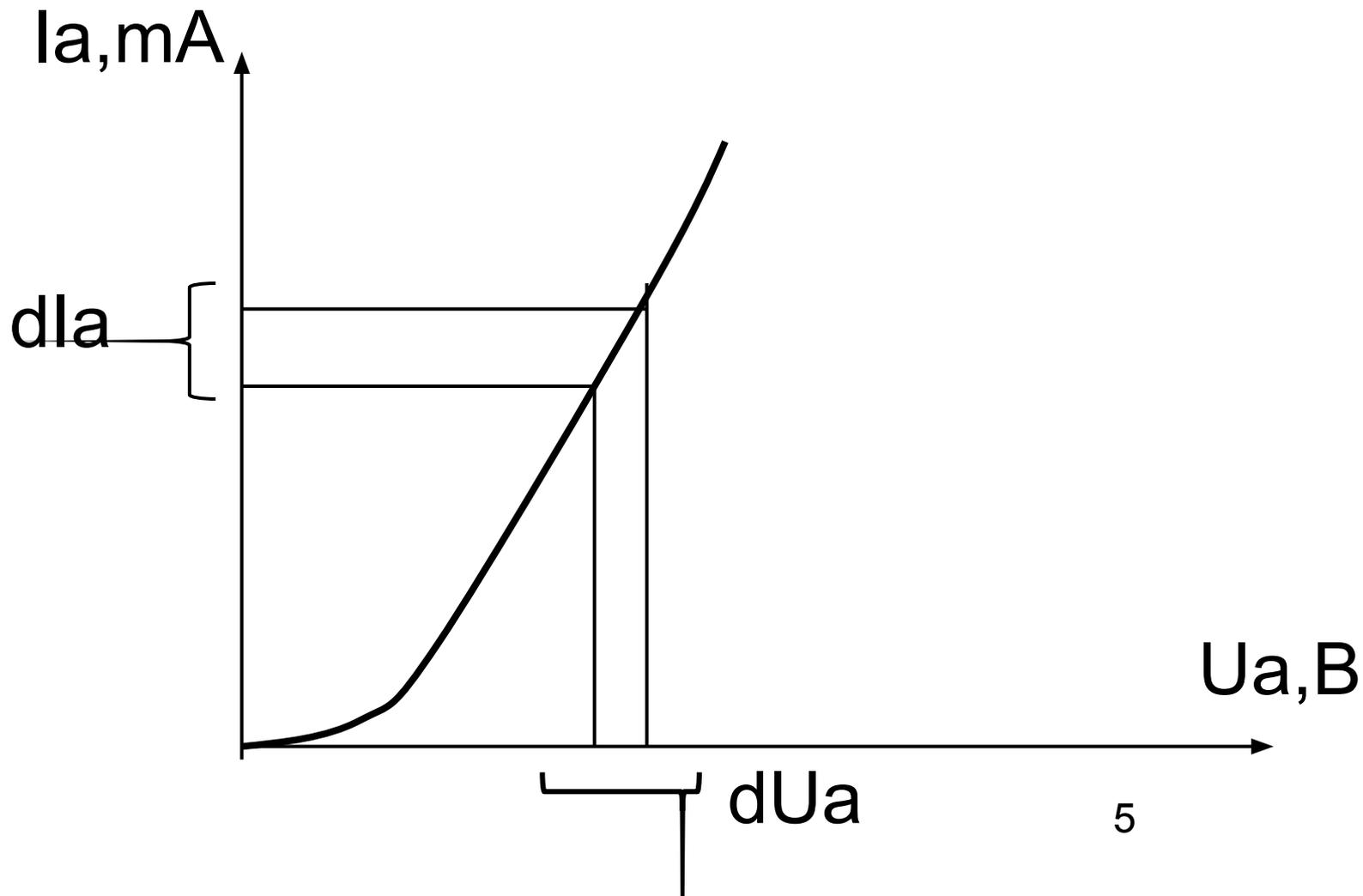
$$S = \frac{dI_a}{dU_a}, \text{ при } U_K = \text{const}$$

# внутреннее дифференциальное сопротивление диода

$$R_i = \frac{dI_a}{dU_a}, \text{ при } U_k = \text{const}$$

$$R_i = \frac{1}{S} \text{ (Ом)}$$

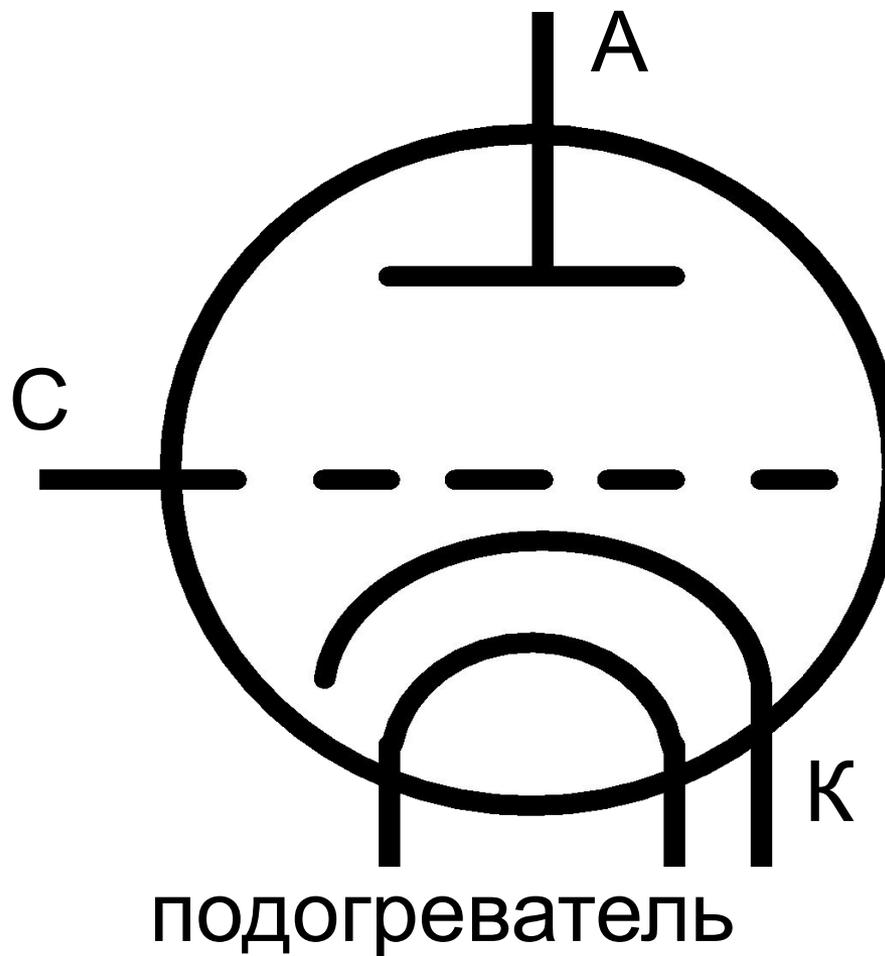
# Графическое определение параметров диода



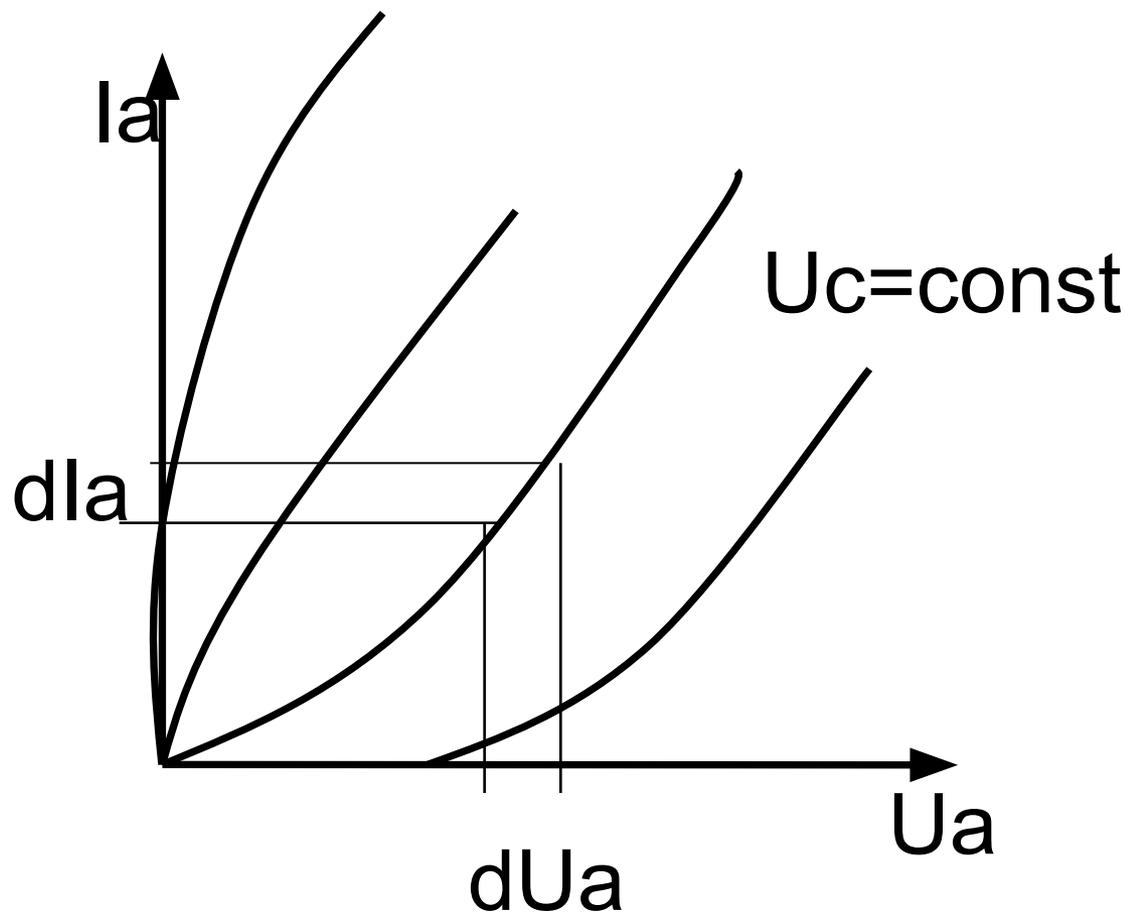
# параметрическое уравнение диода

$$S * R = 1$$

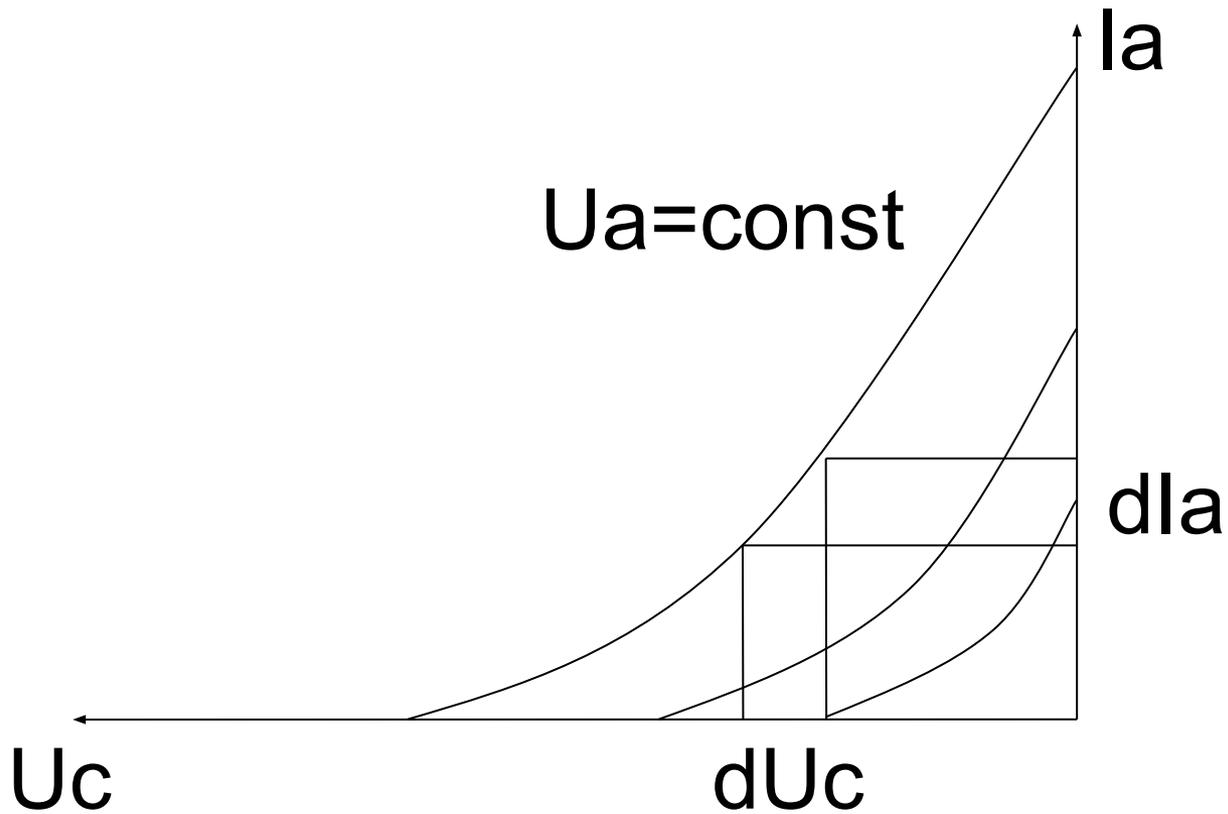
# вакуумный триод



# Анодная характеристика



# Анодно-сеточная характеристика



# Параметры триода

- первая проводимость или крутизна характеристики (А/В)

$$S = \frac{dI_a}{dU_c}; U_a = \text{const}$$

- вторая проводимость (A/V)

$$G_i = \frac{dI_a}{dU_a}; U_c = \text{const}$$

- внутреннее дифференциальное сопротивление (Ом)

$$R_i = \frac{dU_a}{dI_a}; U_c = \text{const}$$

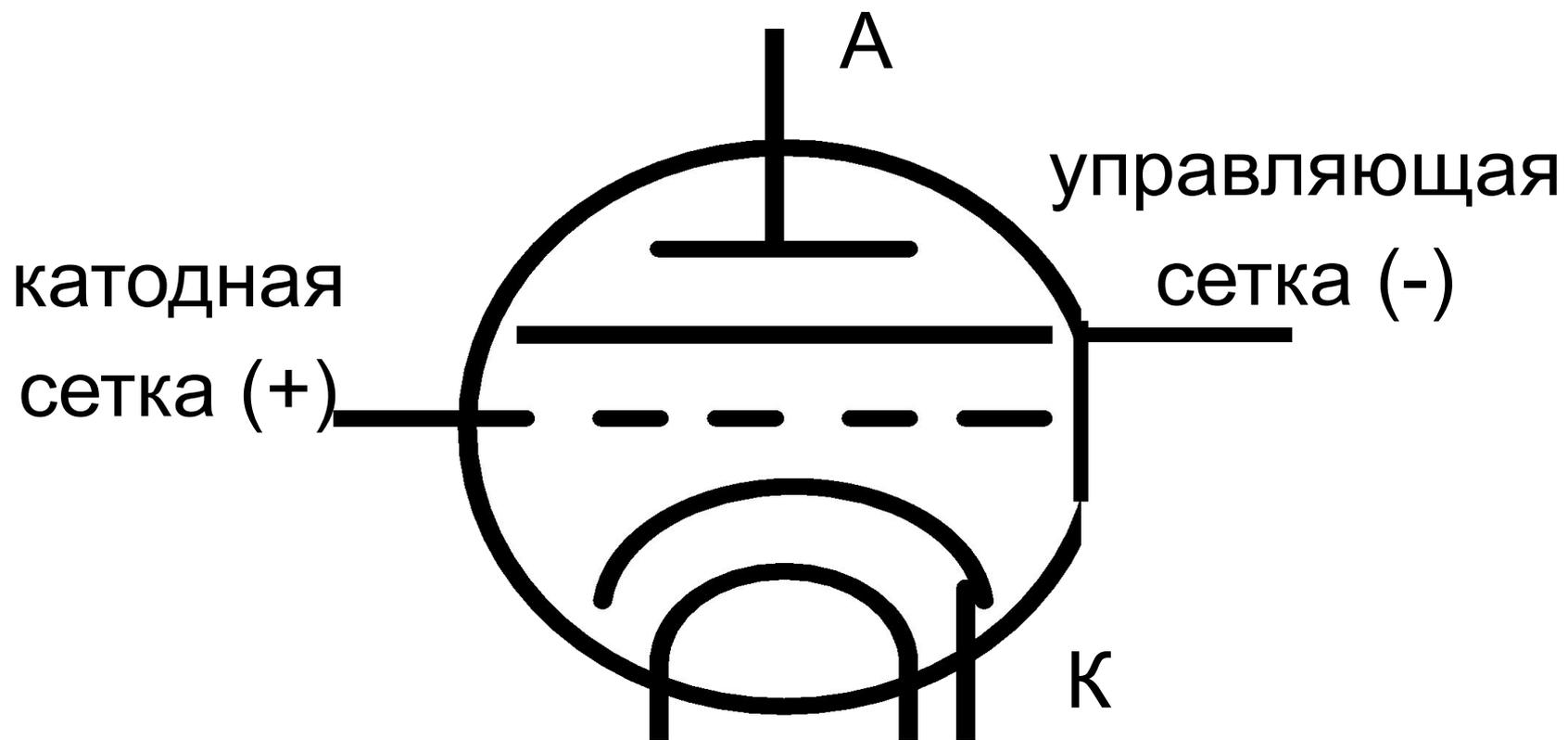
- коэффициент усиления

$$\mu = \frac{dU_a}{dU_c}, I_a = \text{const}$$

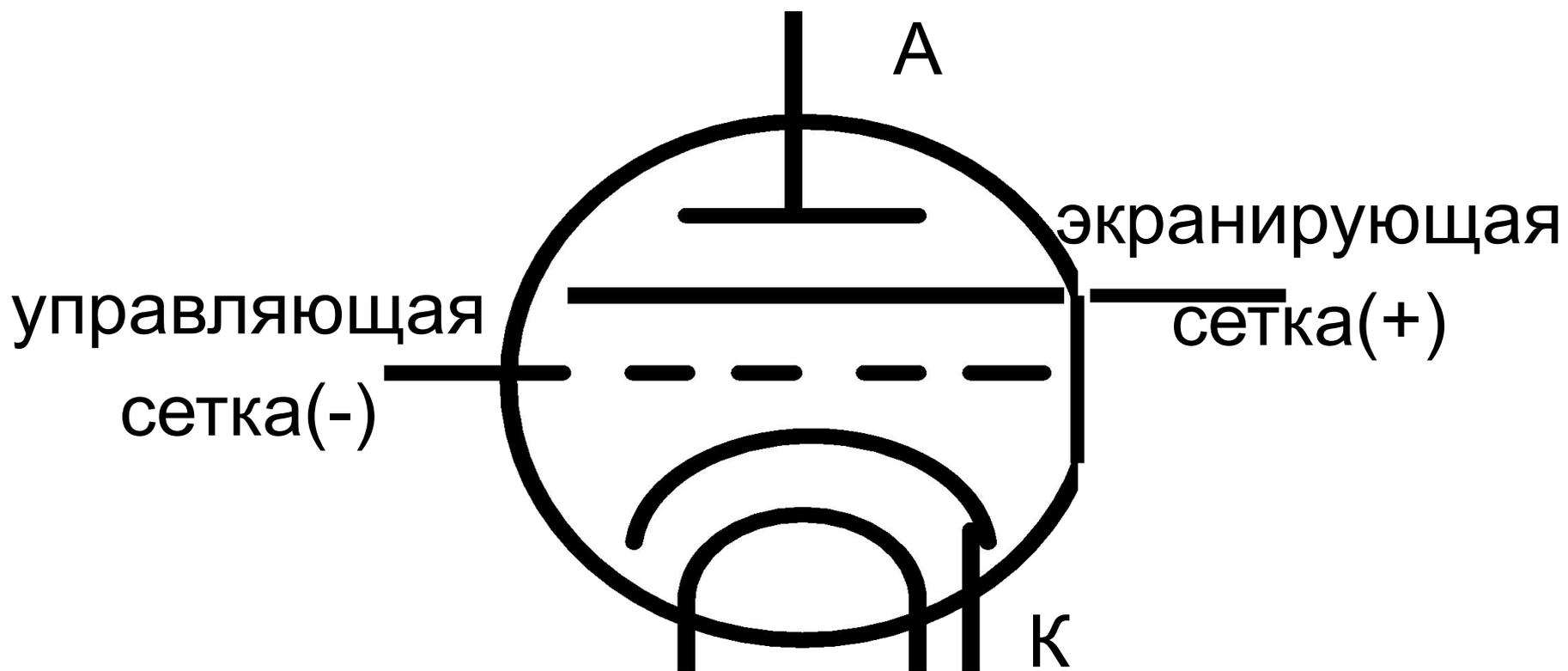
- параметрическое уравнение триода

$$SDRi = 1, \text{ где } D = \frac{1}{\mu}$$

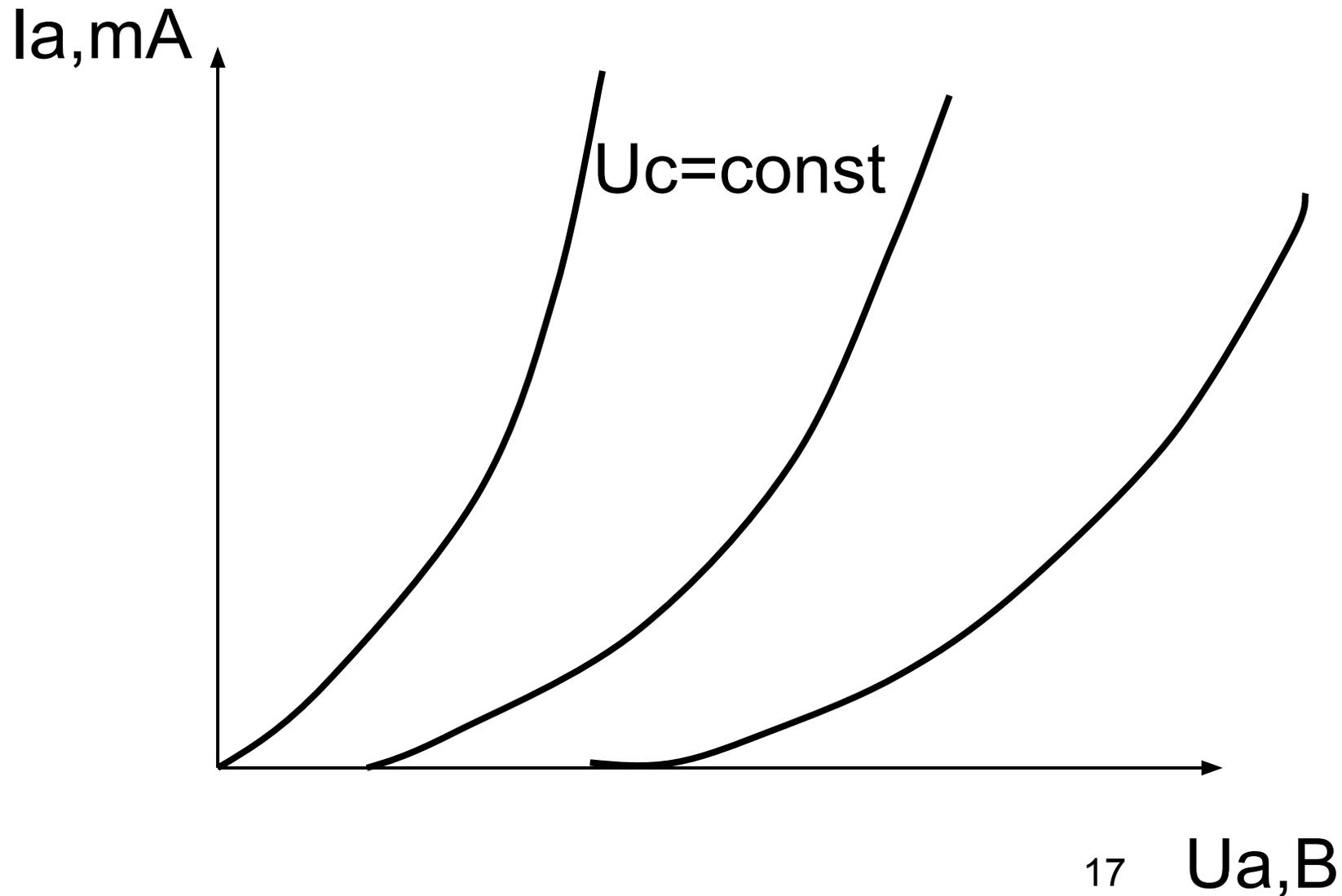
# Тетрод с катодной сеткой



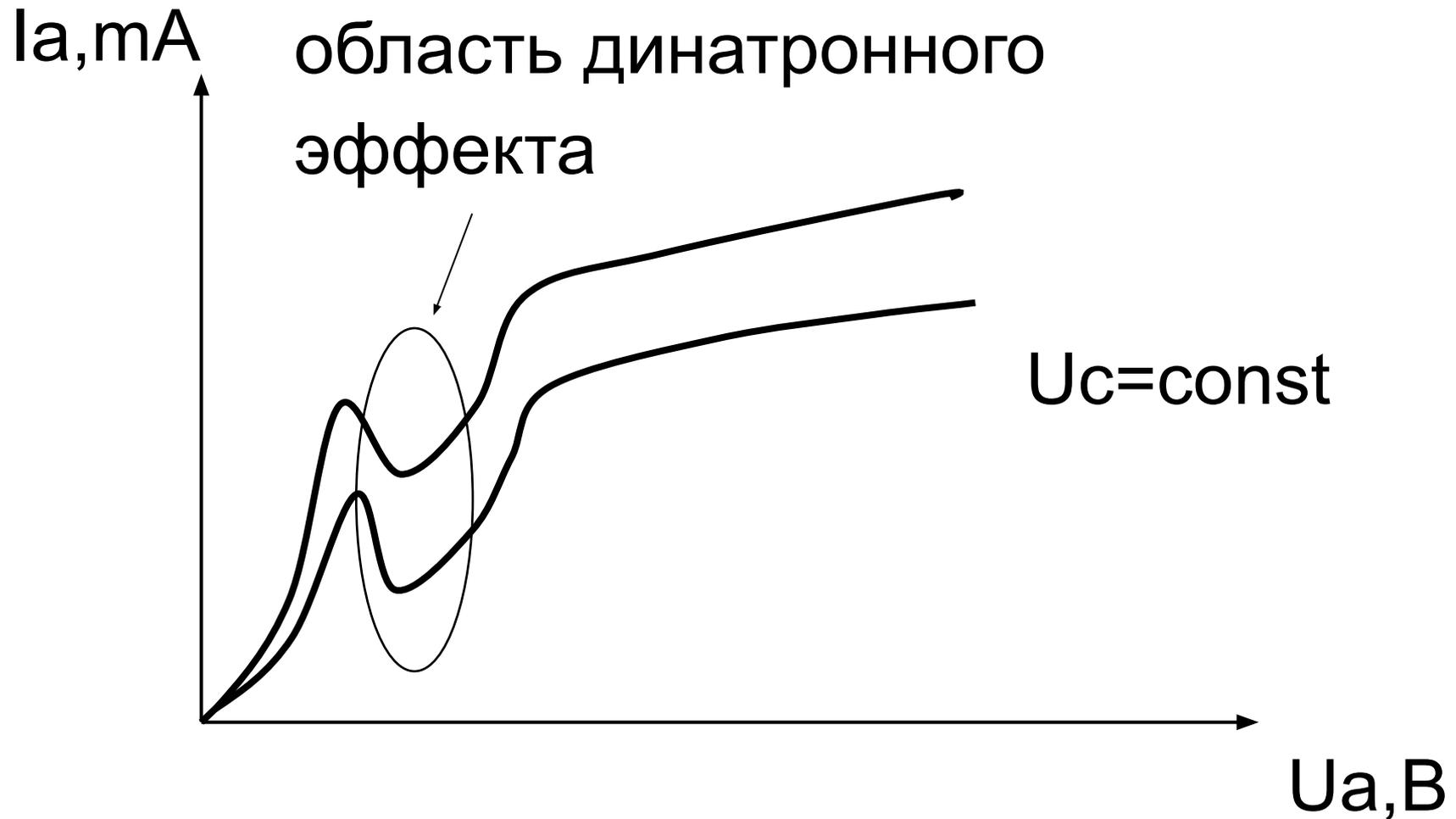
# Тетрод с экранирующей сеткой



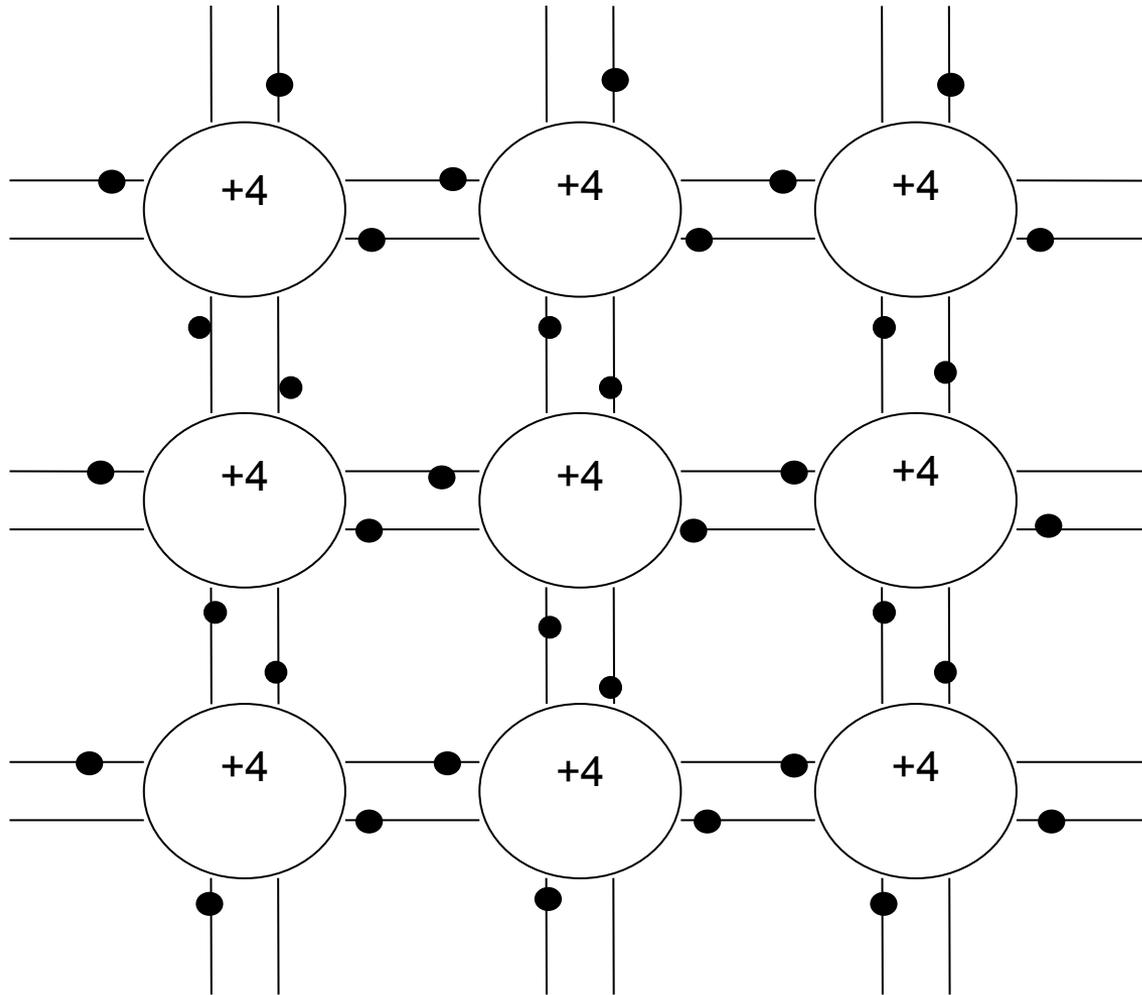
# ВАХ тетрода с катодной сеткой ( $U_{кс}=10В$ )



# ВАХ тетрода с экранирующей сеткой $U_{\text{э}}=90\text{В}$

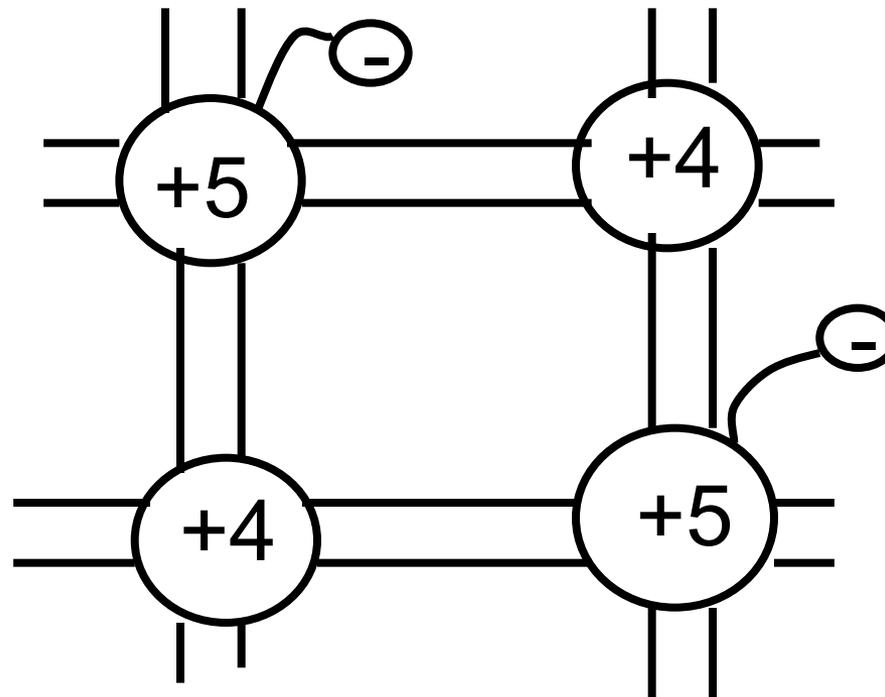


# собственный полупроводник



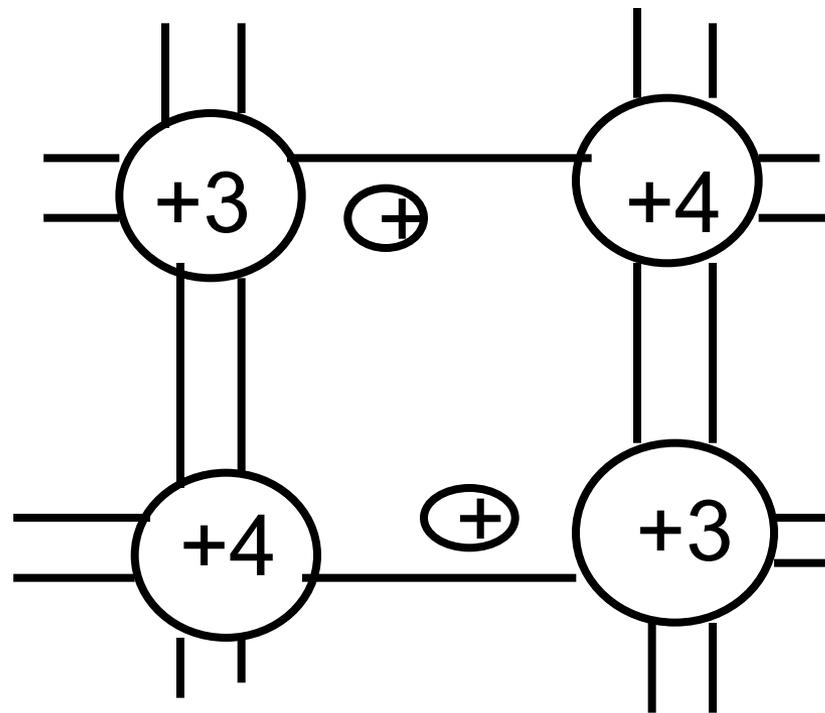
# примесный полупроводник n-типа (P, As, Sb )

фосфор, мышьяк, сурьма

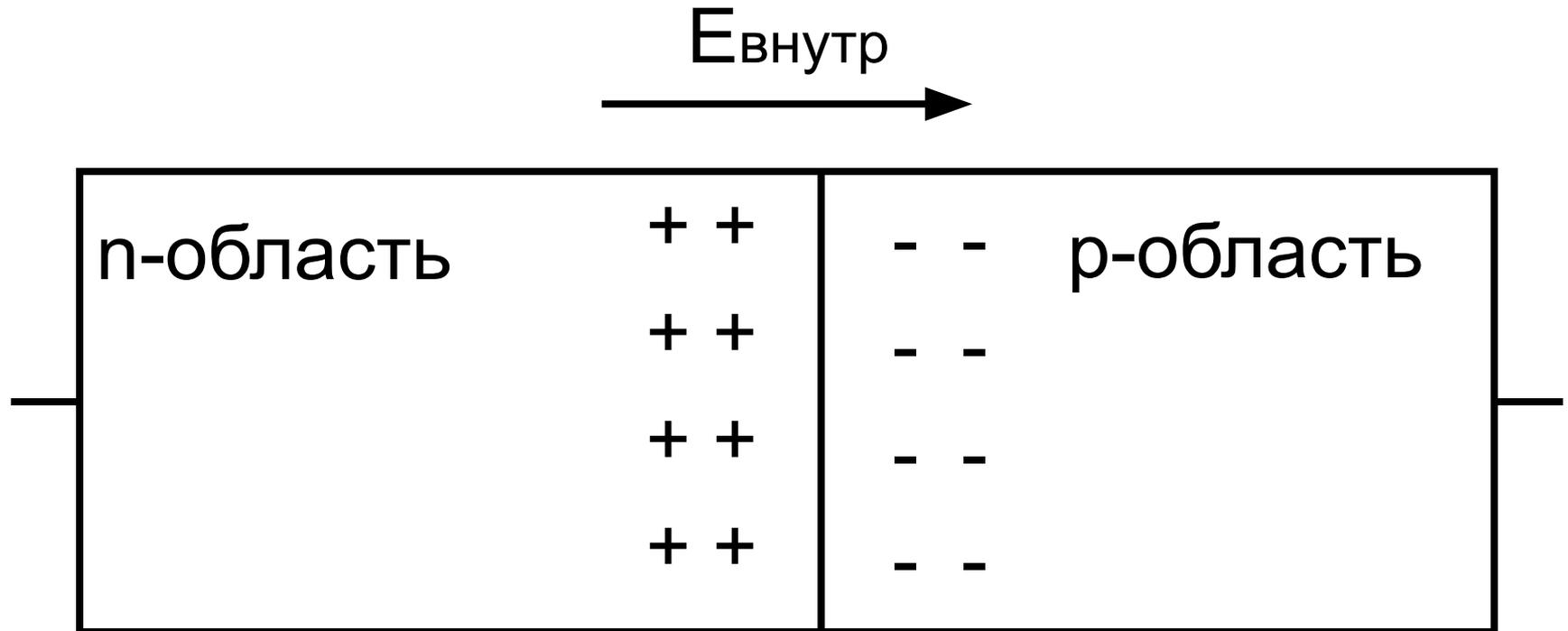


# примесный полупроводник р-типа (Al, B, In)

алюминий, бор, индий



# электронно-дырочный переход (р-n переход)



# Зависимость высоты потенциального барьера от приложенного внешнего напряжения

Рис. а

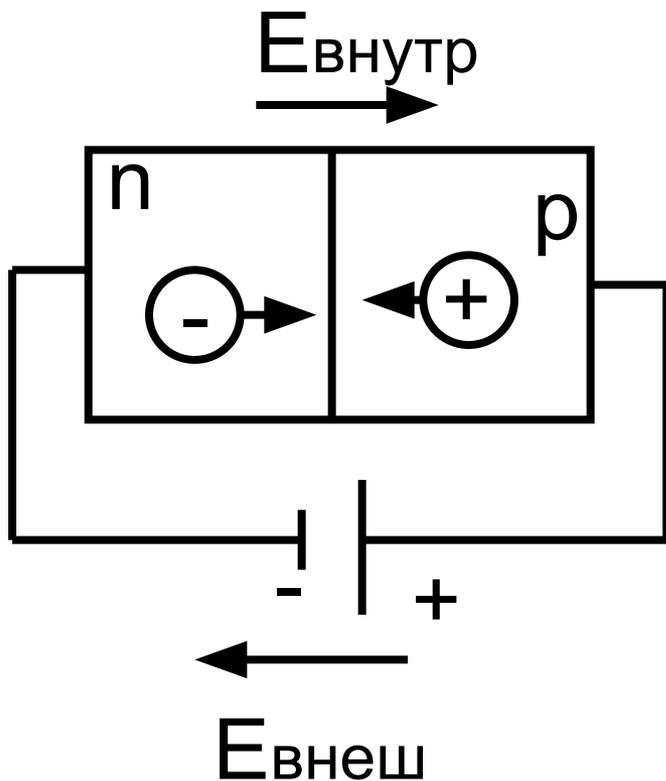
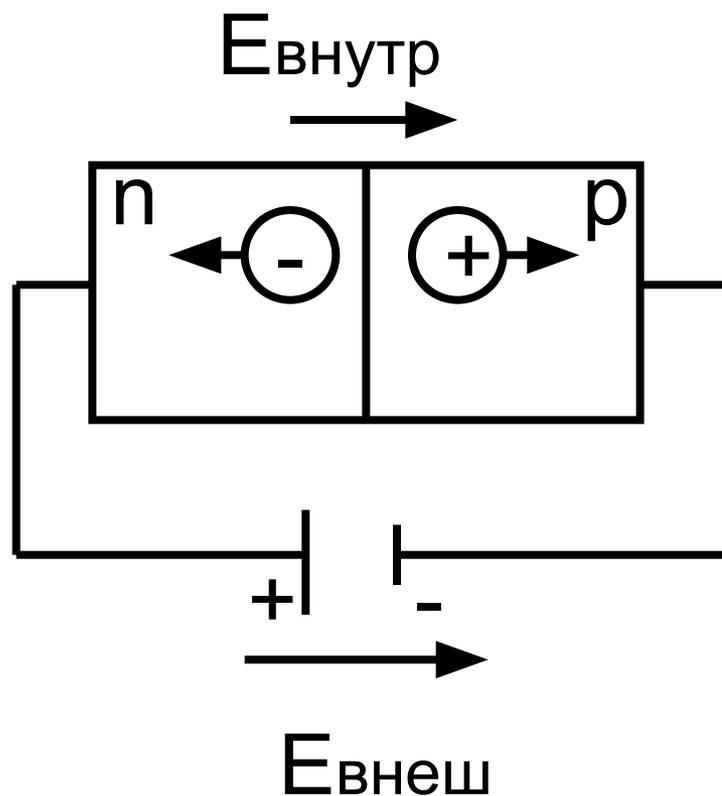
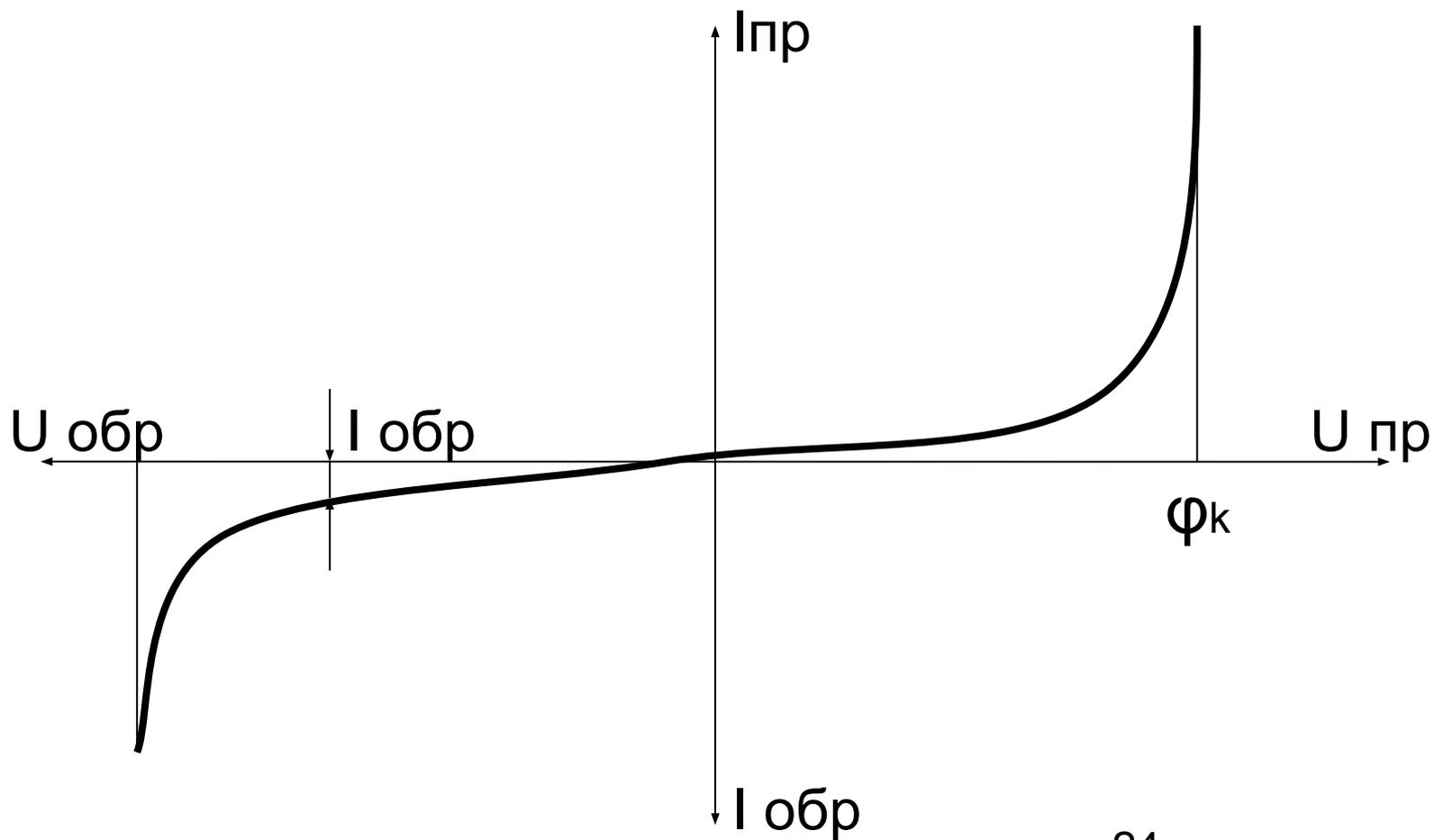


Рис. б

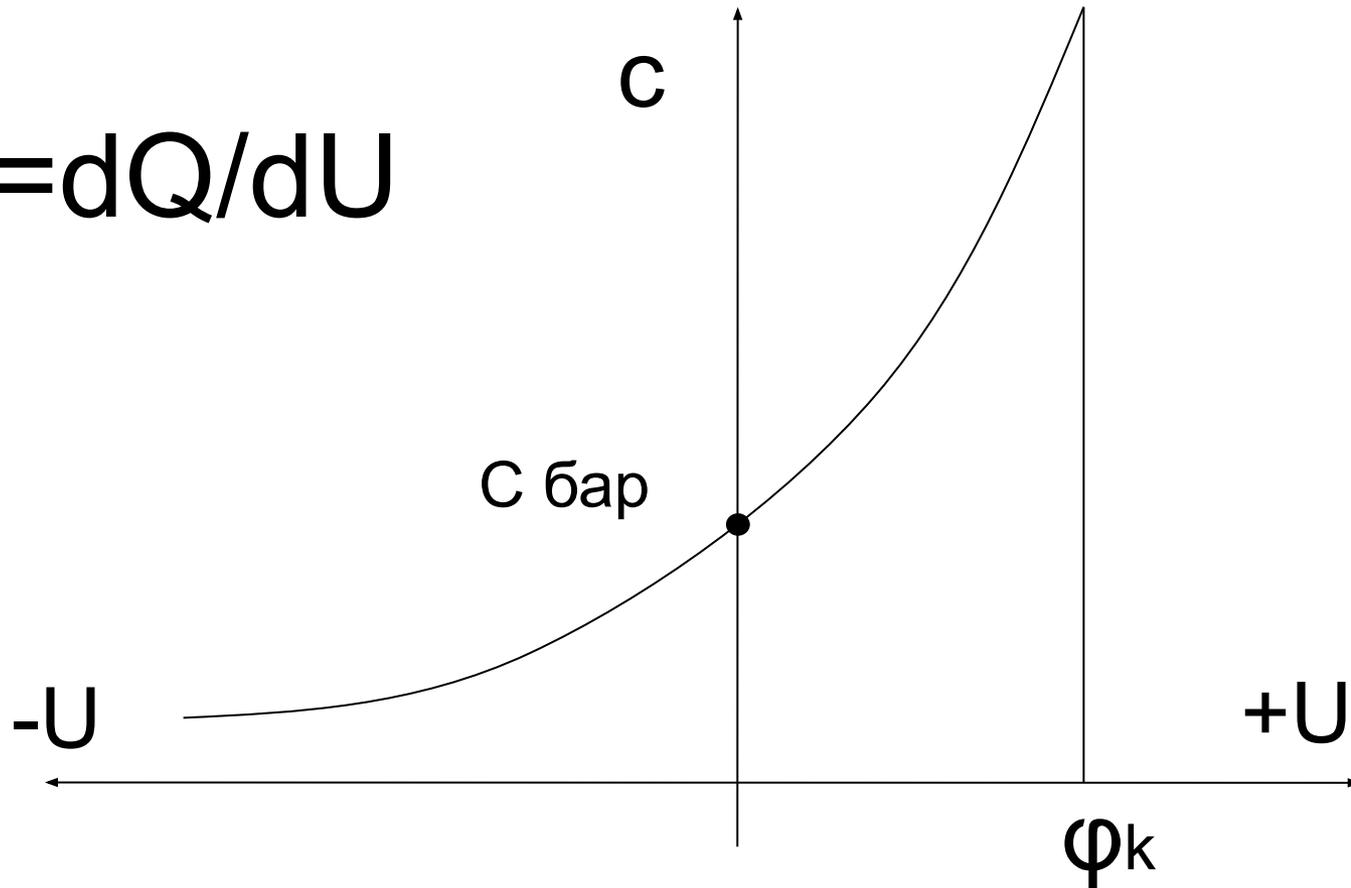


# вольтамперная характеристика р-n перехода

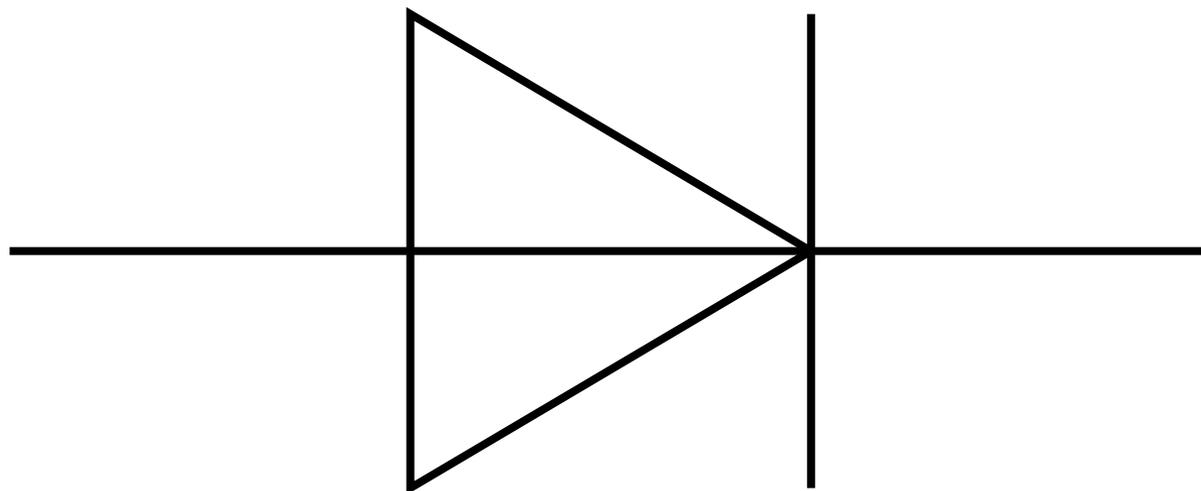


# Емкость р-п перехода

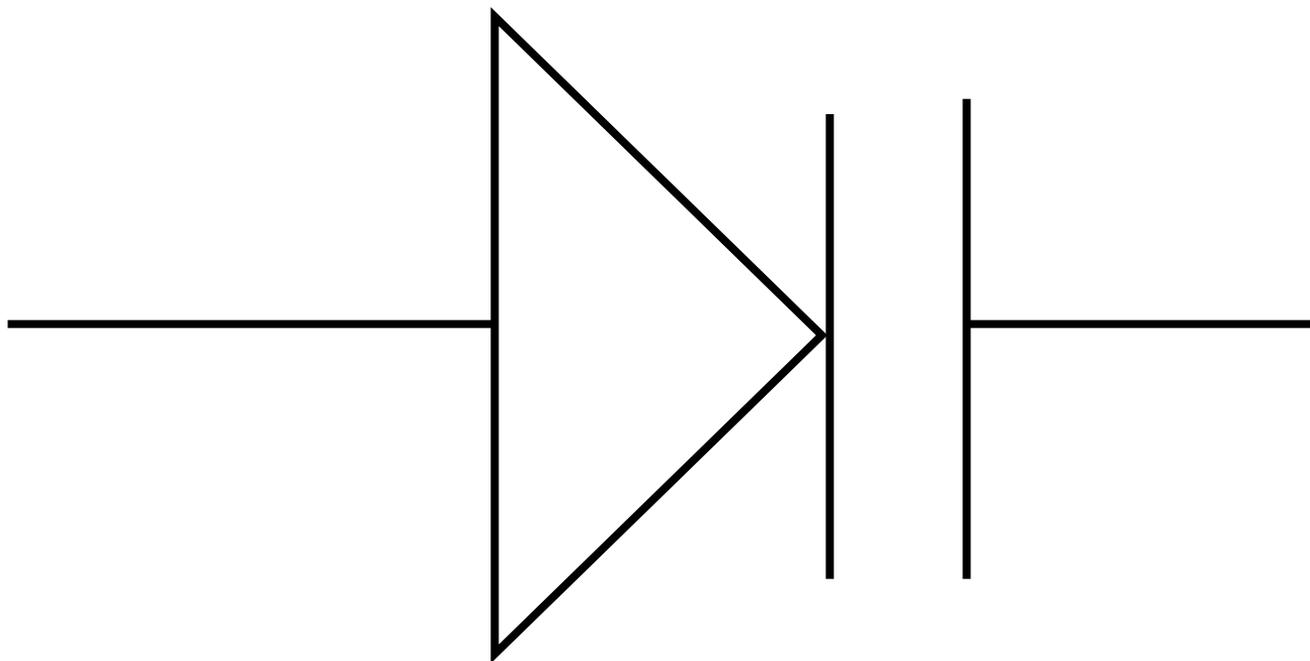
$$C = dQ/dU$$



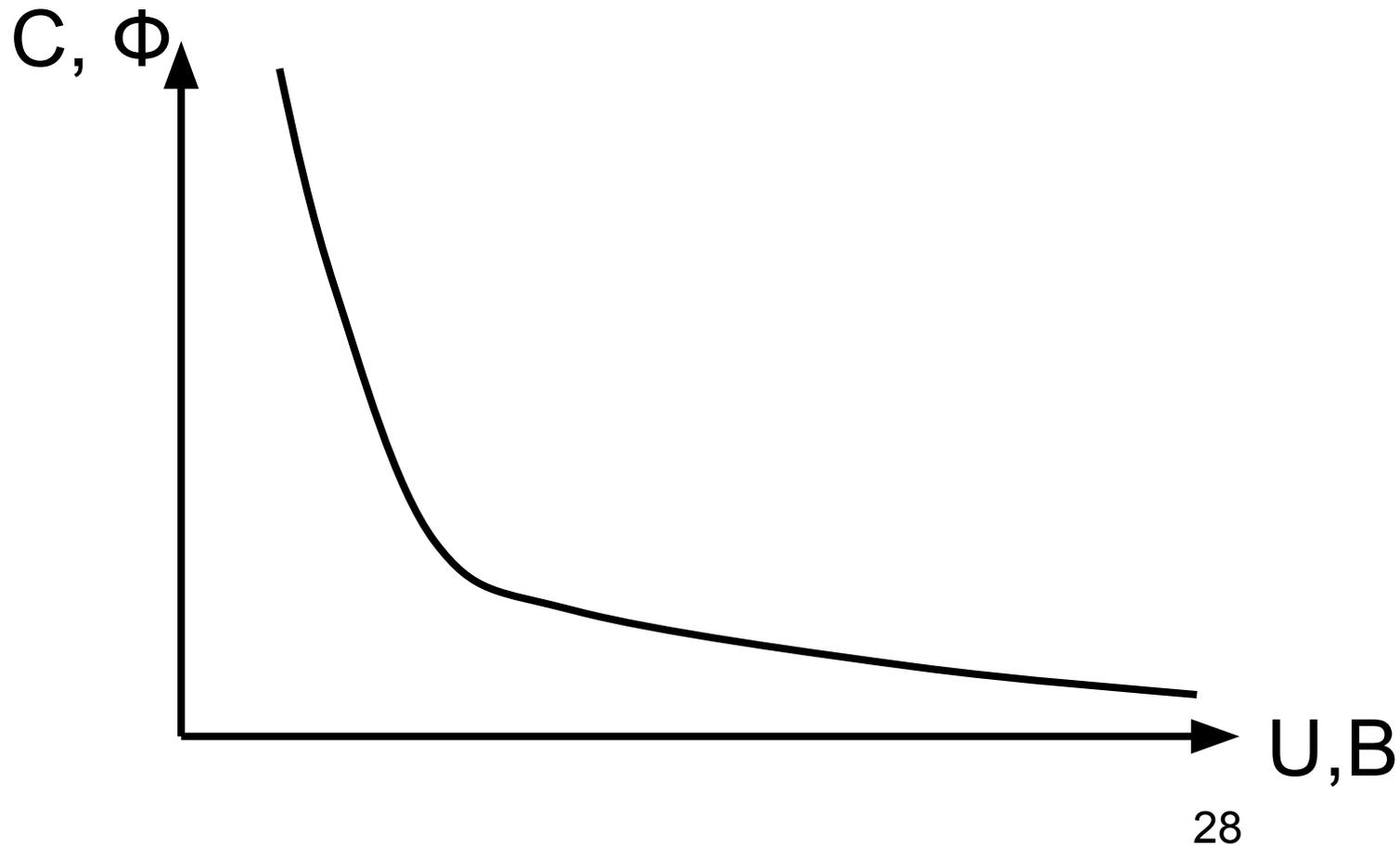
# Условное обозначение п/п диода



# варикап



# Вольт-фарадная характеристика варикапа



# Параметры варикапа

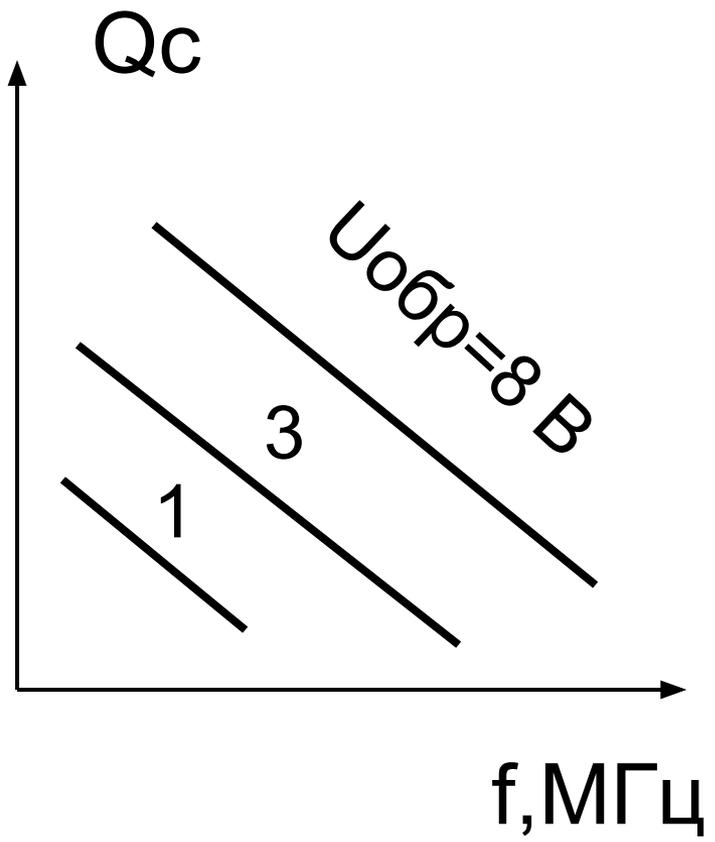
Добротность варикапа

$$Q_c = \frac{Q}{P}$$

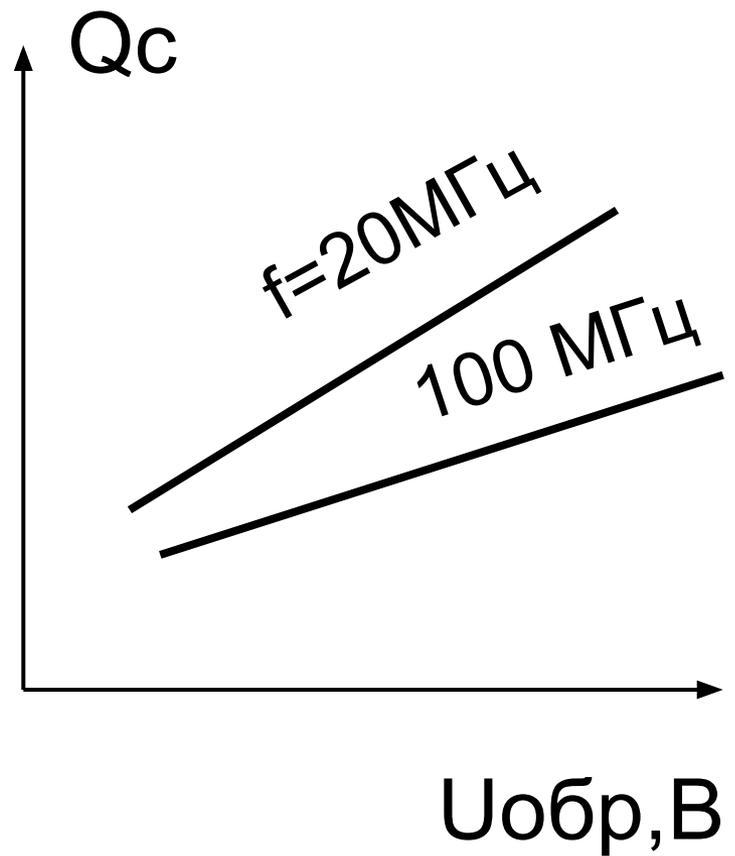
Коэффициент перекрытия по емкости

$$K_c = \frac{C_{\max}}{C_{\min}}$$

# Зависимость $Q_c$ от частоты

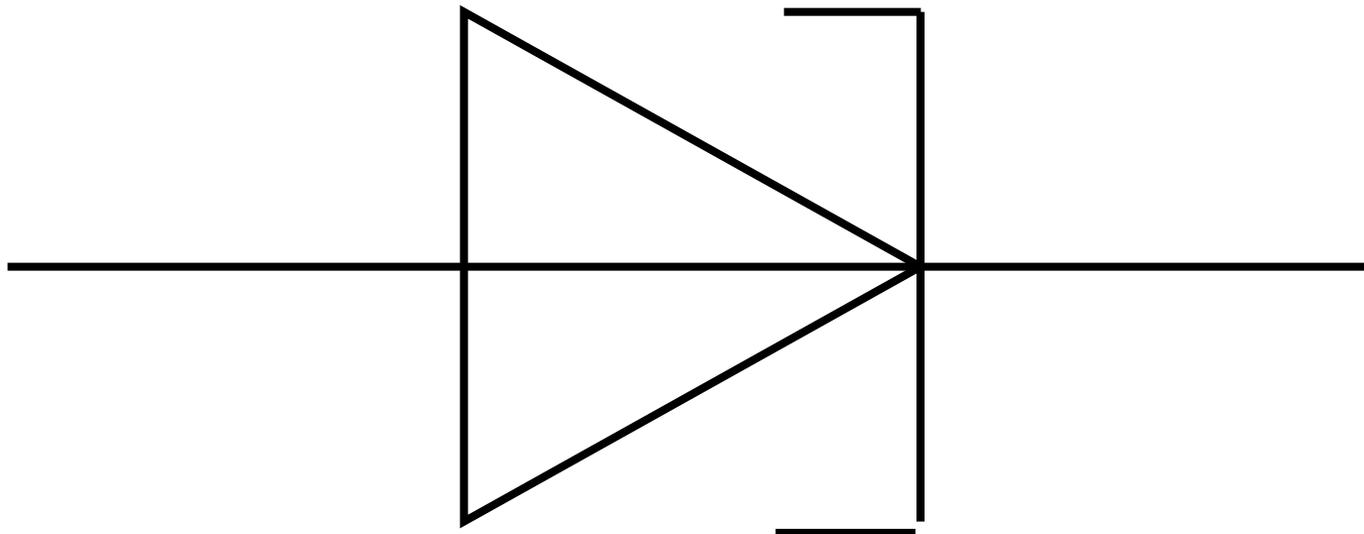


# Зависимость $Q_c$ от обратного напряжения

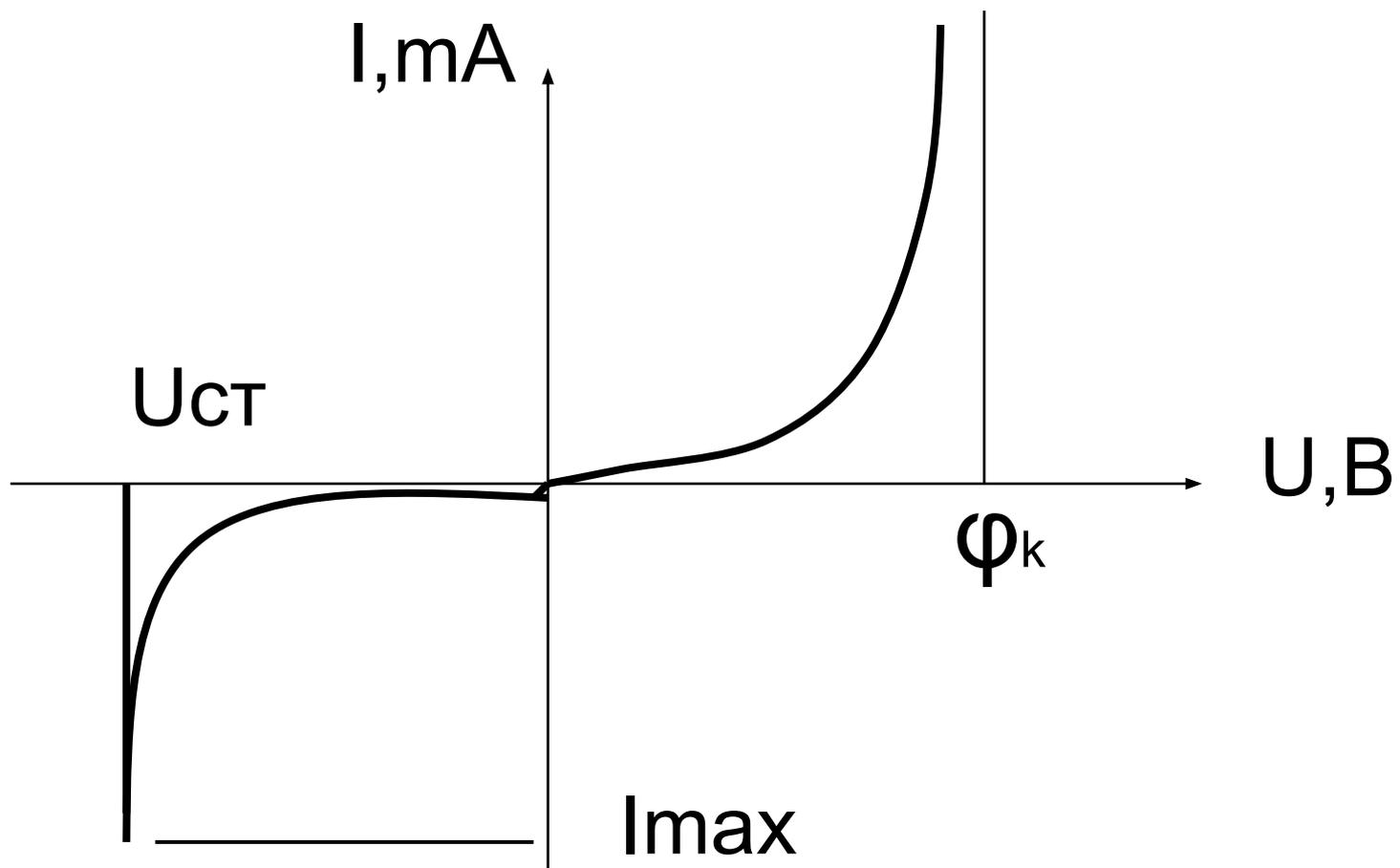


# Стабилитрон

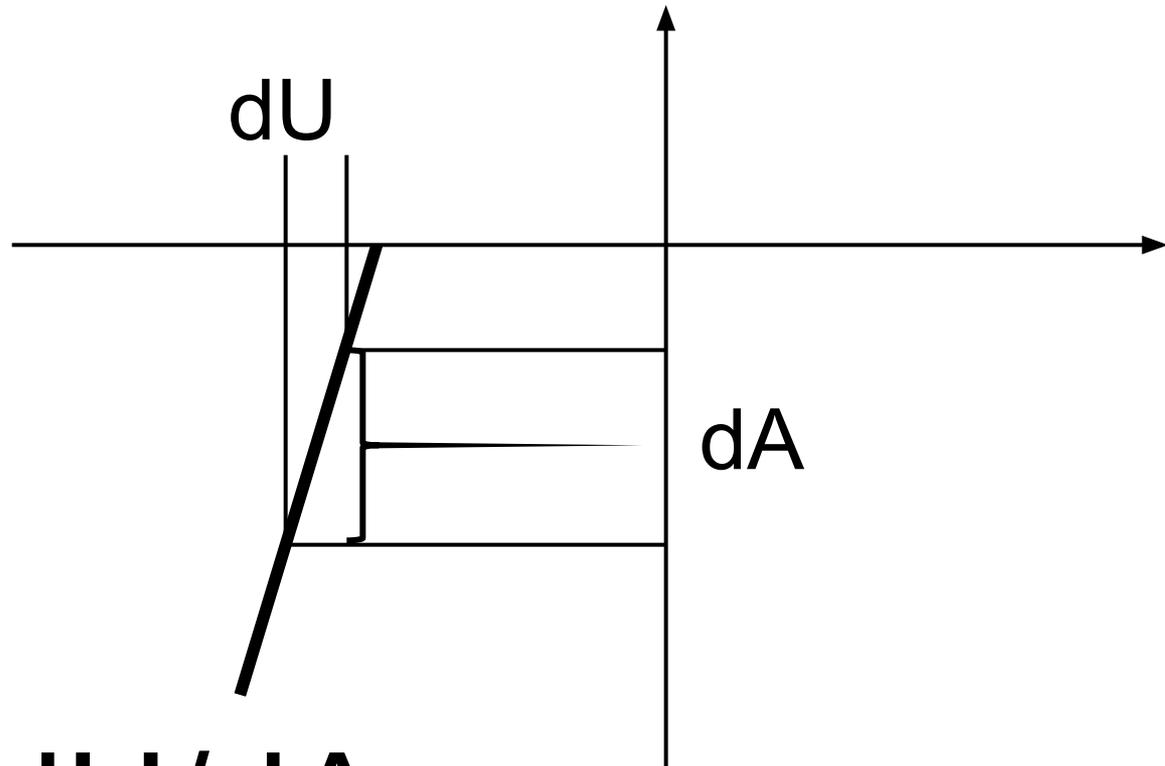
Условное обозначение



# ВАХ стабилитрона



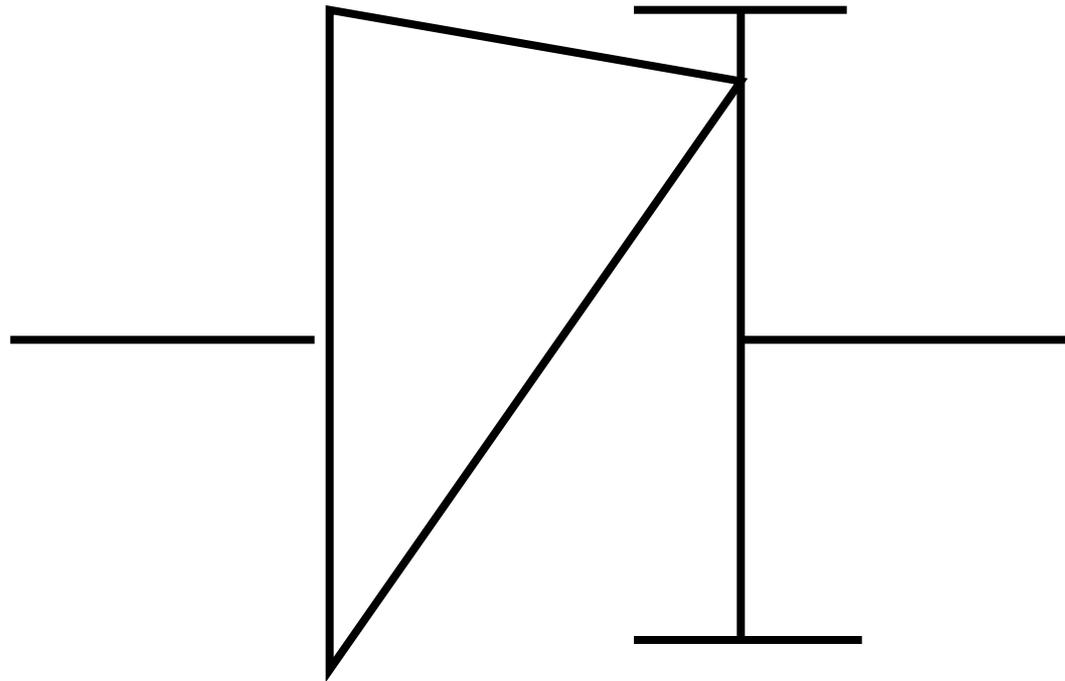
# Дифференциальное сопротивление стабилитрона



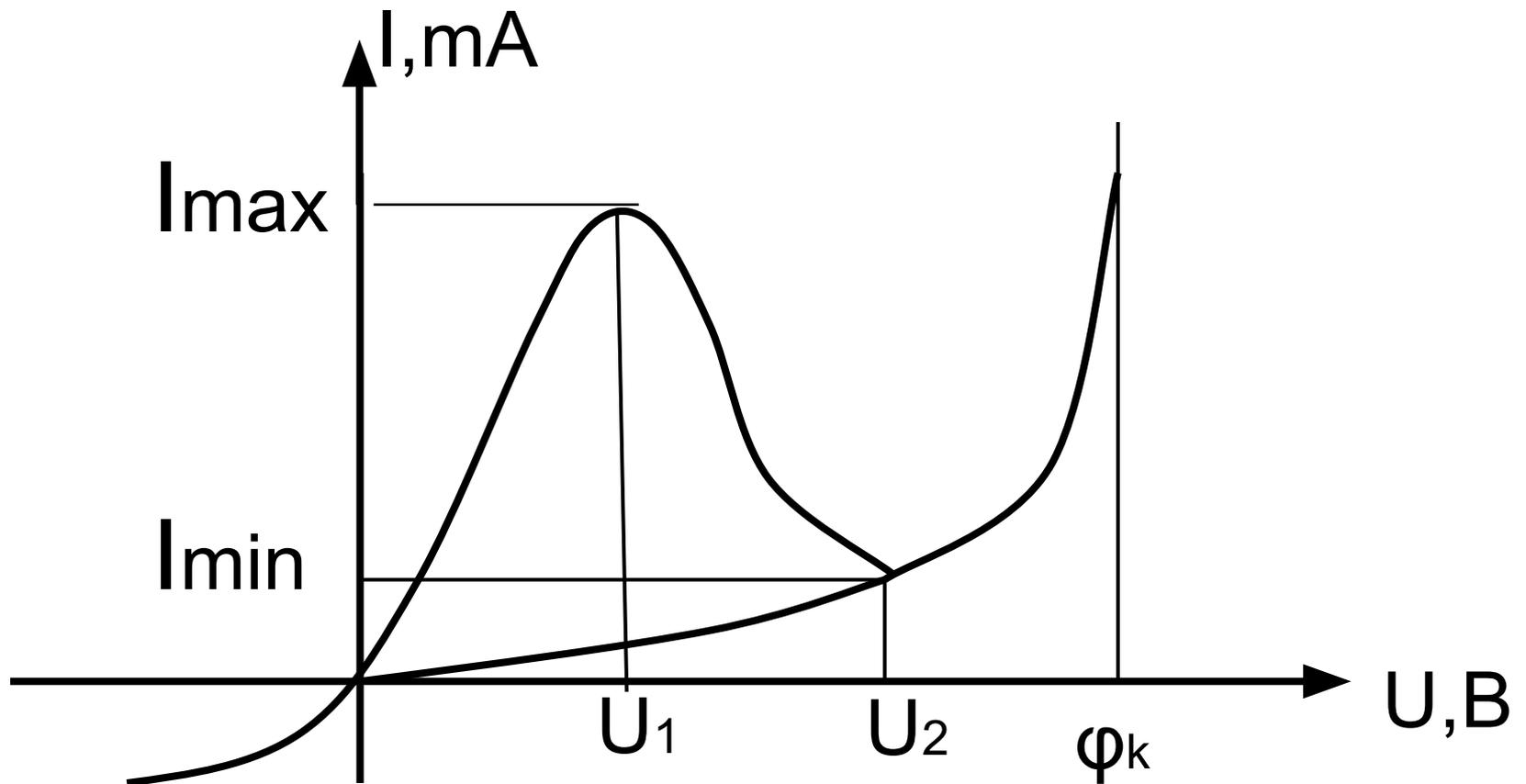
$$R_i = dU/dA$$

# Туннельный диод

Условное обозначение

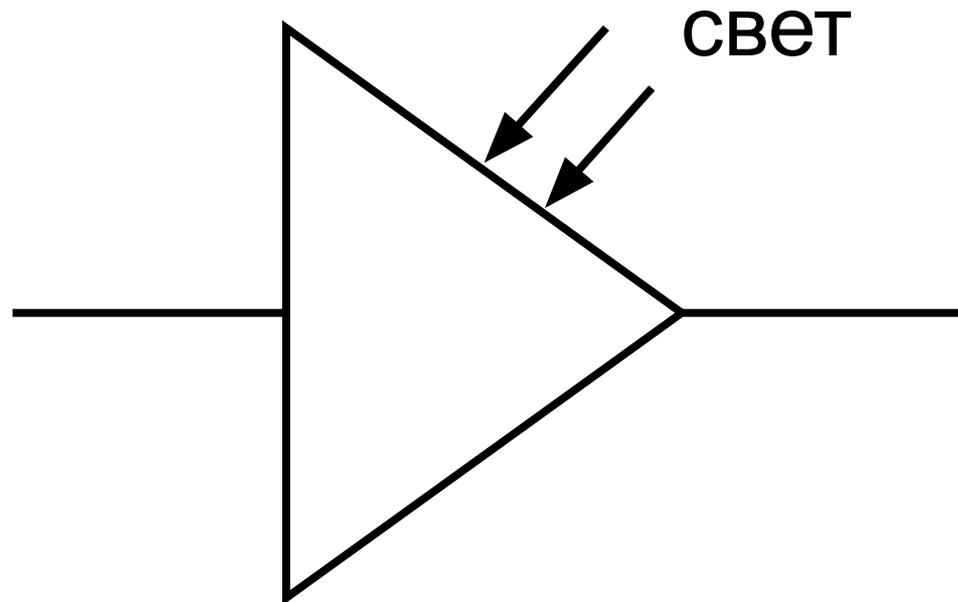


# ВАХ туннельного диода

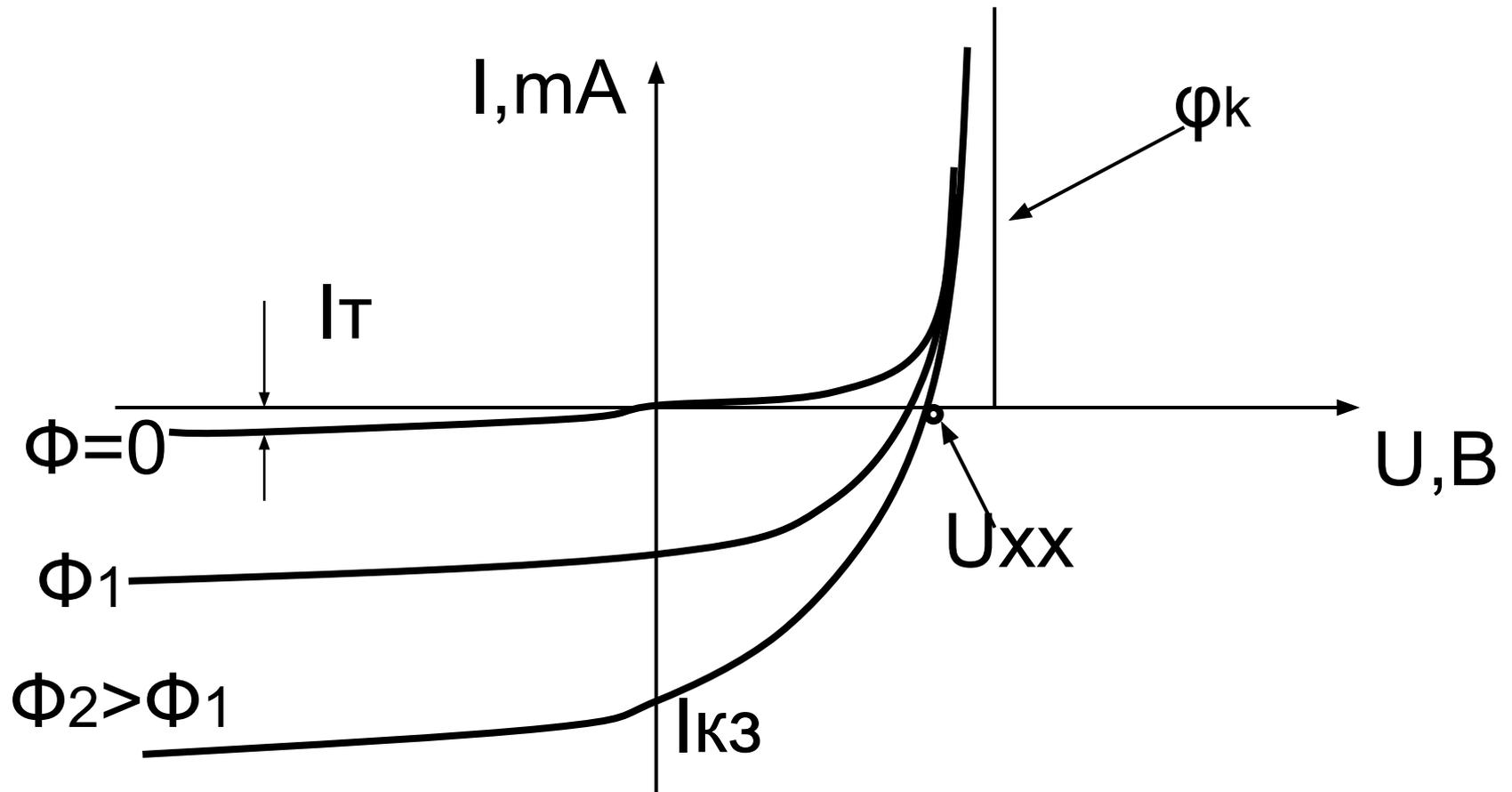


# ФОТОДИОД

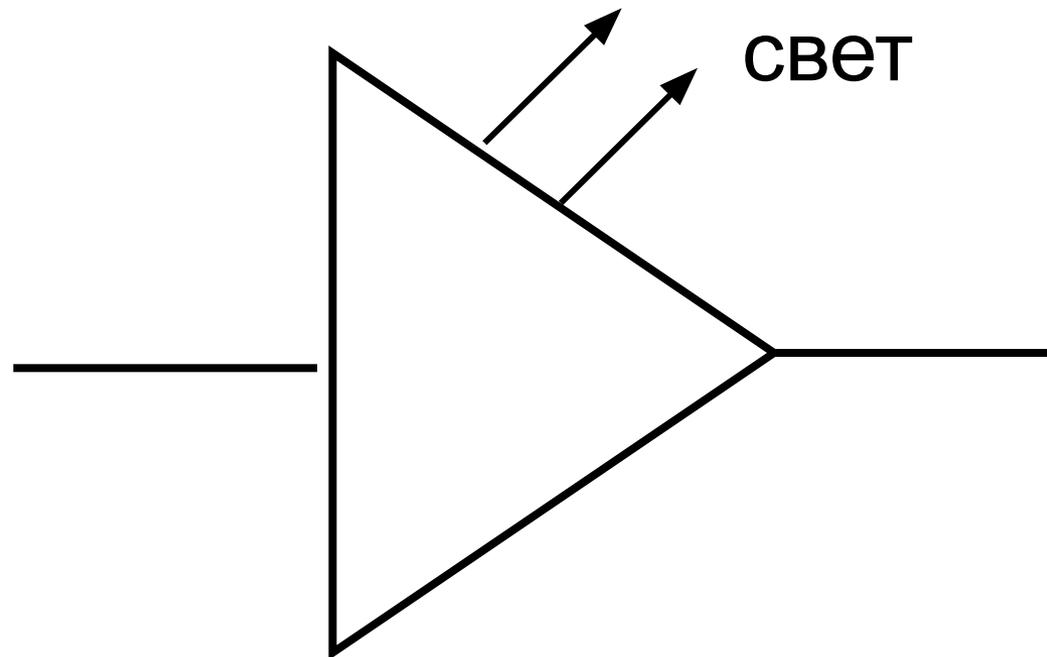
Условное обозначение



# ВАХ фотодиода

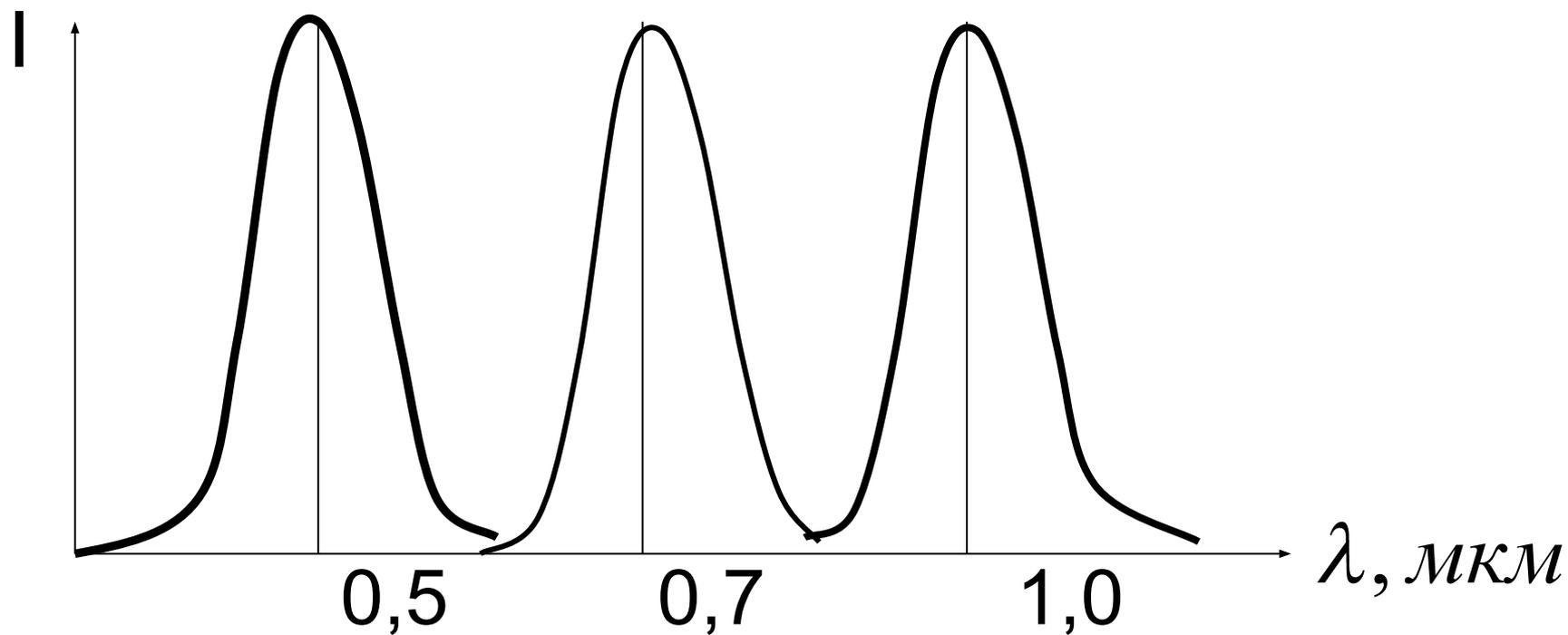


# Светодиод

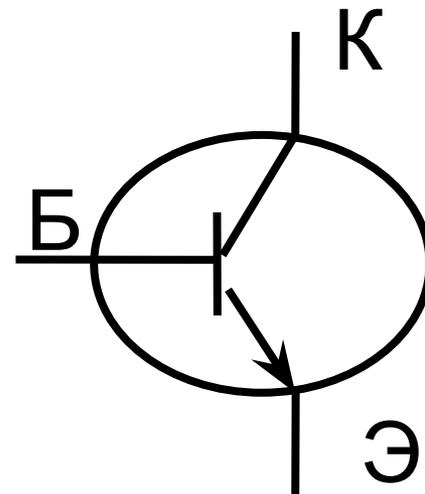
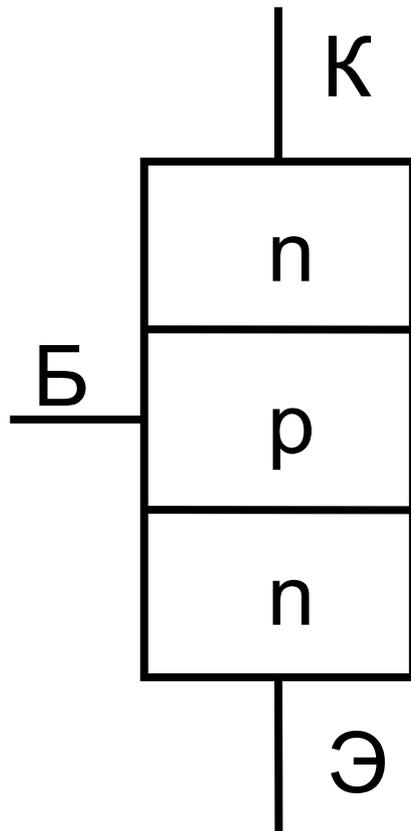


# Спектральная характеристика светодиода

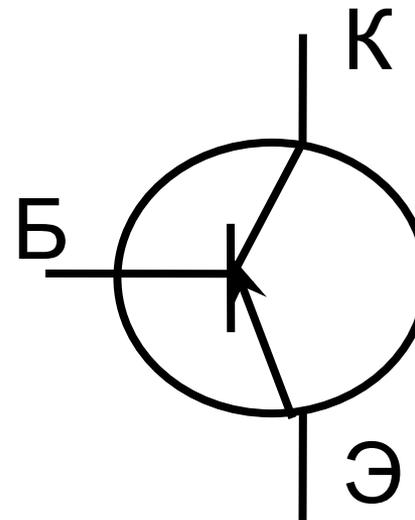
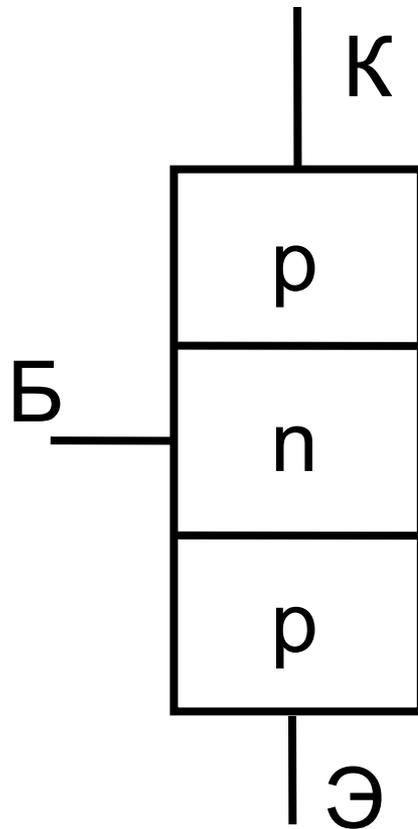
зеленый      красный      ИК



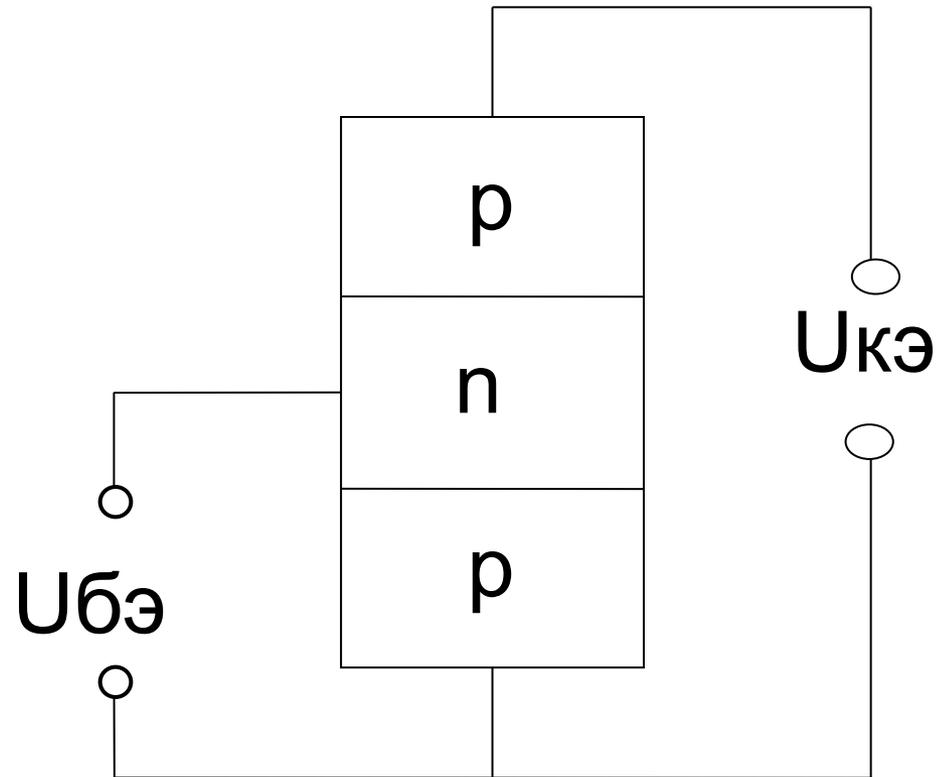
# Биполярный транзистор n-p-n



# Биполярный транзистор р-п-р



# Схема с общим эмиттером



# Коэффициент передачи тока базы

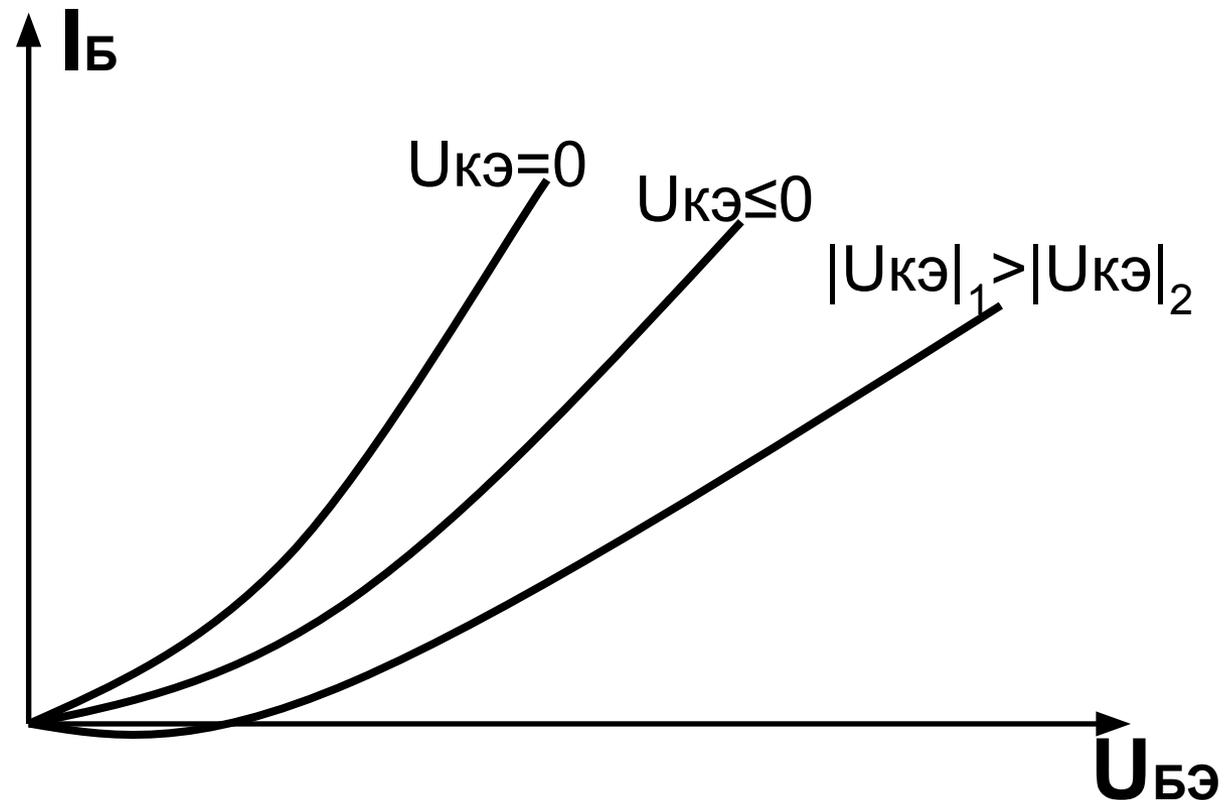
$$\beta = \frac{\Delta i_K}{\Delta i_B} \Big|_{U_{КЭ} = \text{const}}$$

# Коэффициент передачи тока эмиттера

$$\alpha = \frac{\Delta i_K}{\Delta i_E} \Big|_{U_{KЭ} = \text{const}}$$

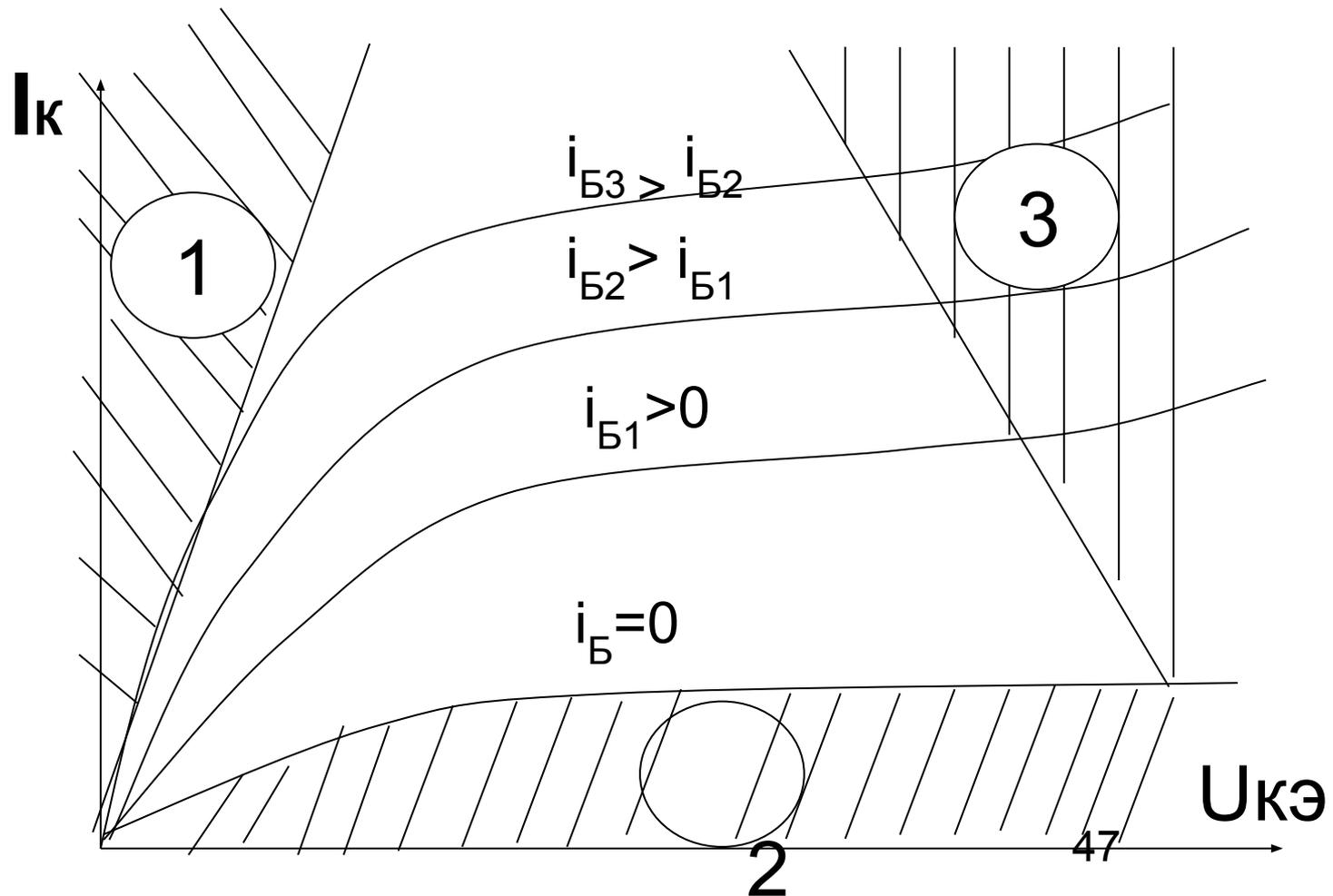
# Входные характеристики

**$I_B = f(U_{BЭ}),$  при  $U_{кэ} = const$**



# Выходные характеристики

$I_k = f(U_{кэ}), \text{ при } I_B = \text{const}$

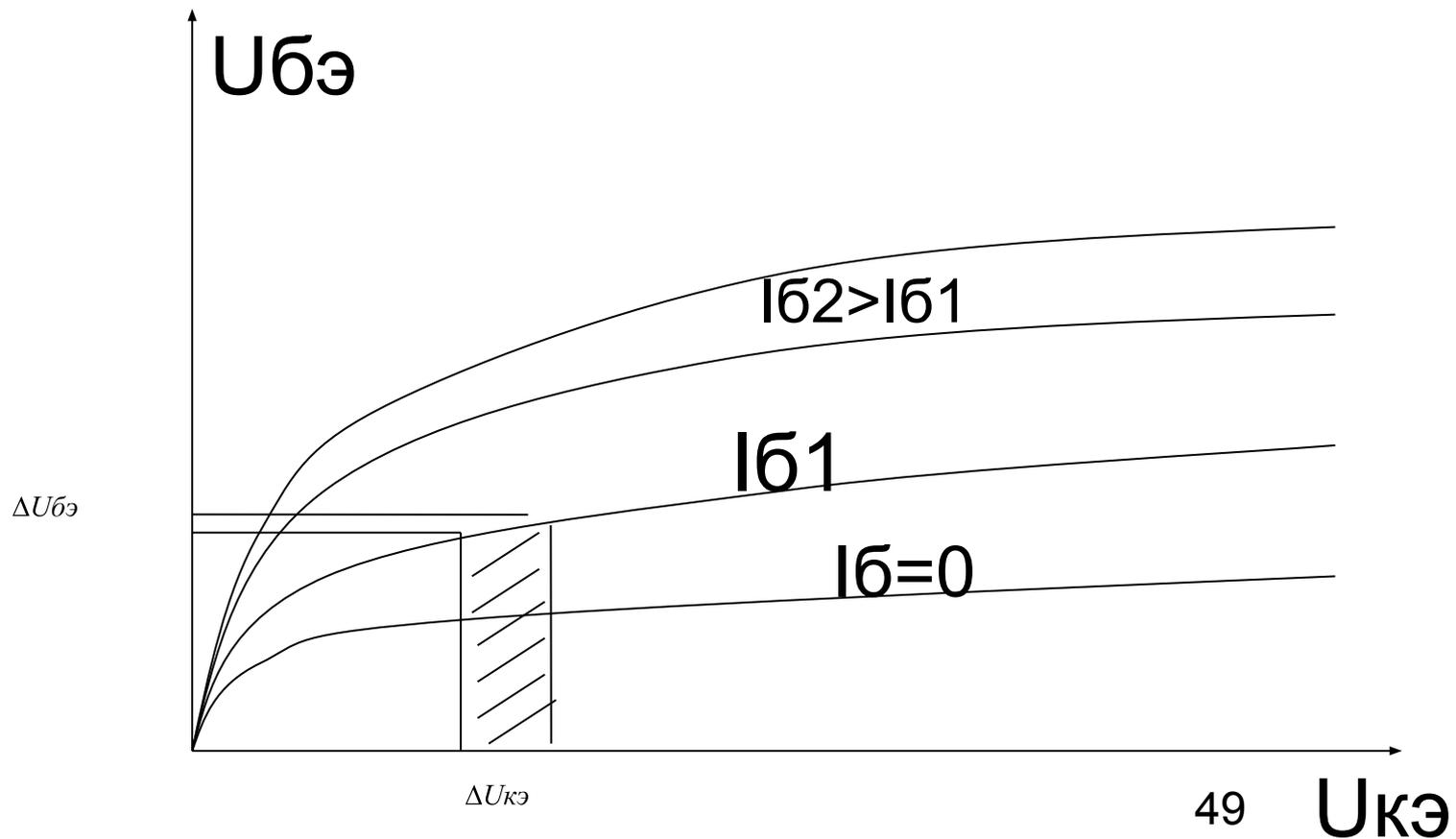


# Характеристики передачи тока

$$I_k = f(I_B), \text{ при } U_{кэ} = \text{const}$$

# Характеристики обратной связи по напряжению.

$$U_{БЭ} = f(U_{КЭ}), \text{ при } I_B \text{ const}$$



# Система h-параметров

- входное сопротивление

$$h_{11} = \frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta I_{Б}} \Big|_{U_{КЭ} = \text{const}}$$

- коэффициент обратной связи  
по напряжению

$$h_{12} = \frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta U_{КЭ}} \Big| I_B = \textit{const}$$

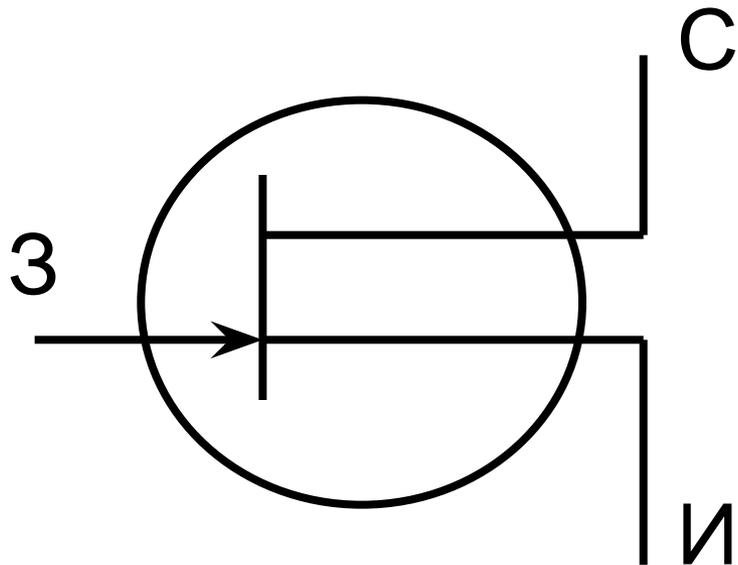
- коэффициент усиления по току

$$h_{21} = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} \Big|_{U_{KЭ} = \text{const}}$$

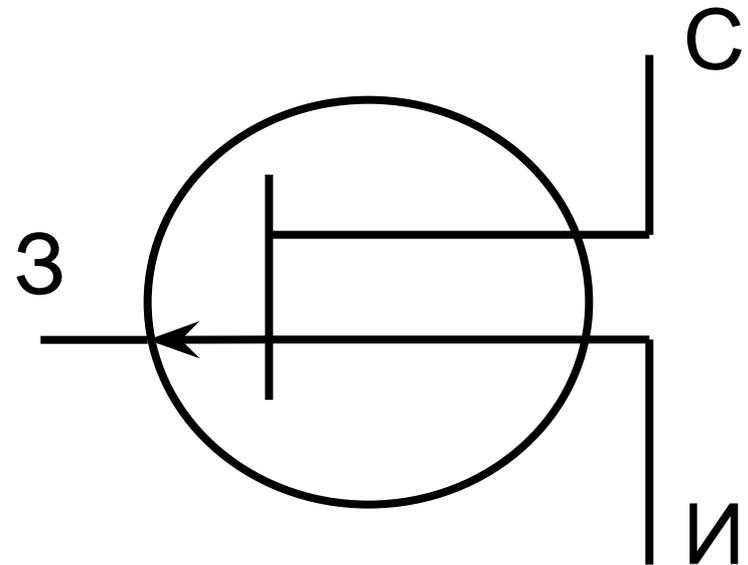
- ВЫХОДНАЯ ПРОВОДИМОСТЬ

$$h_{22} = \frac{\Delta I_K}{\Delta U_{KЭ}} \Big|_{I_B = \text{const}}$$

# Полевой транзистор

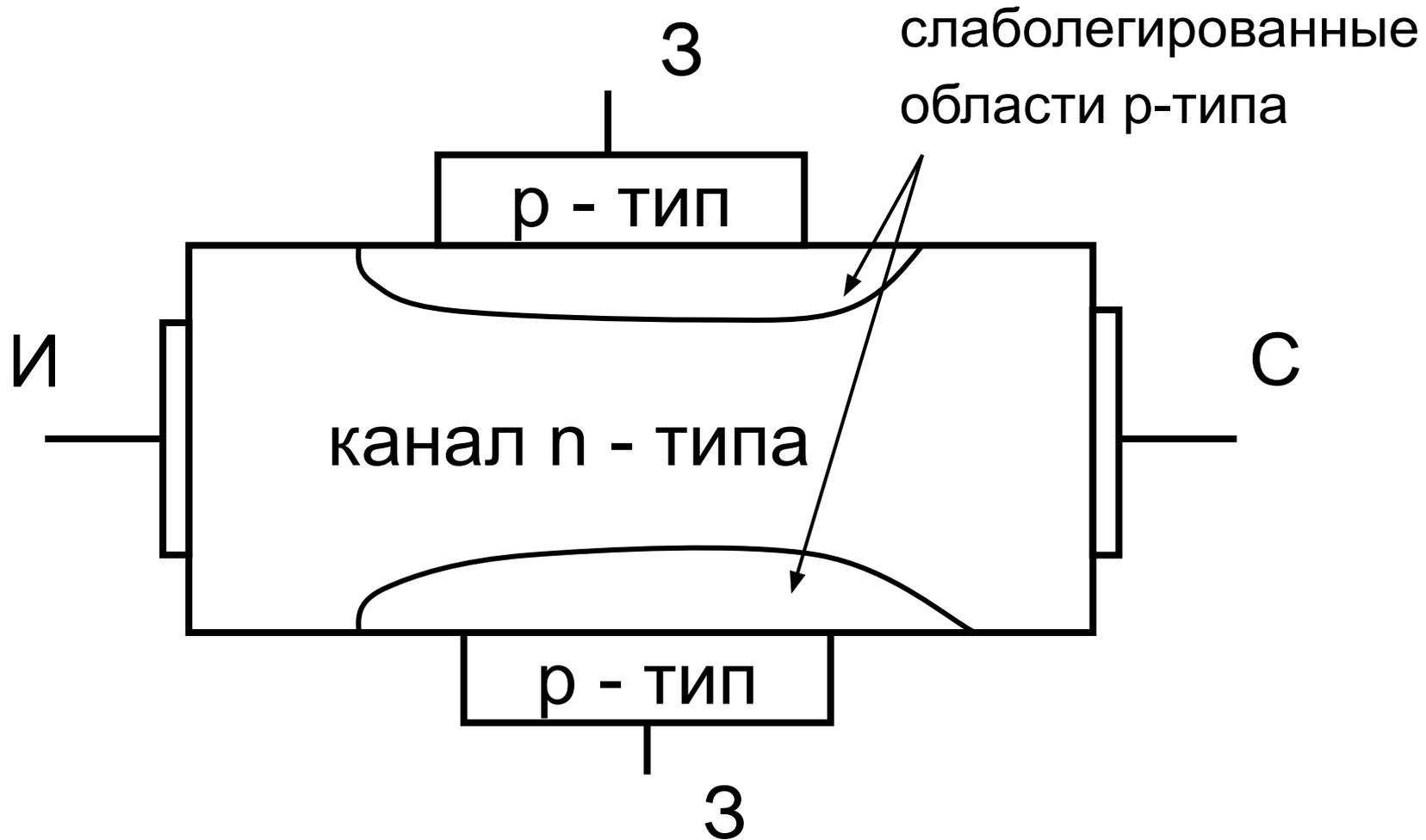


n-канал

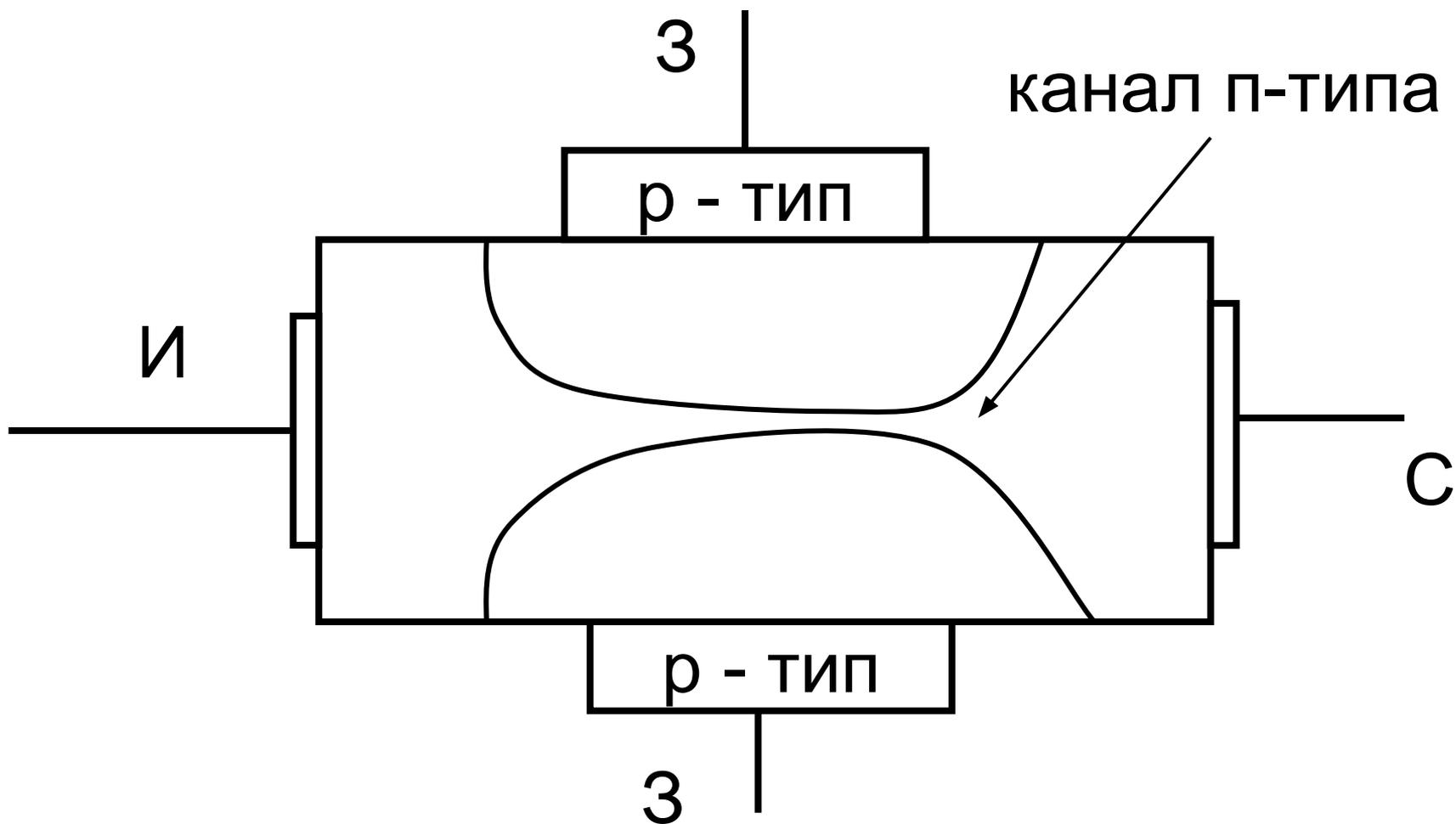


p-канал

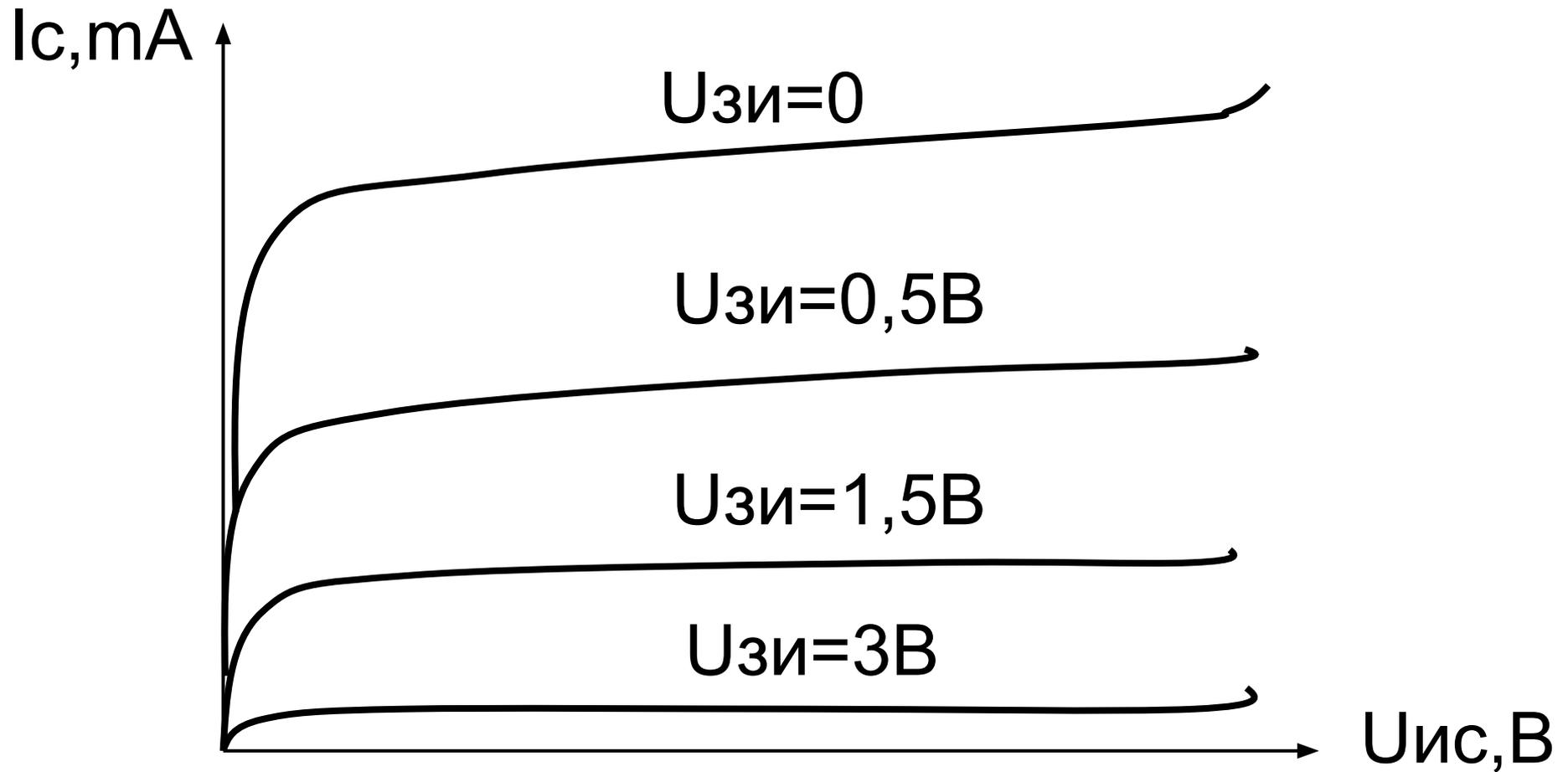
# Полевой (униполярный) транзистор



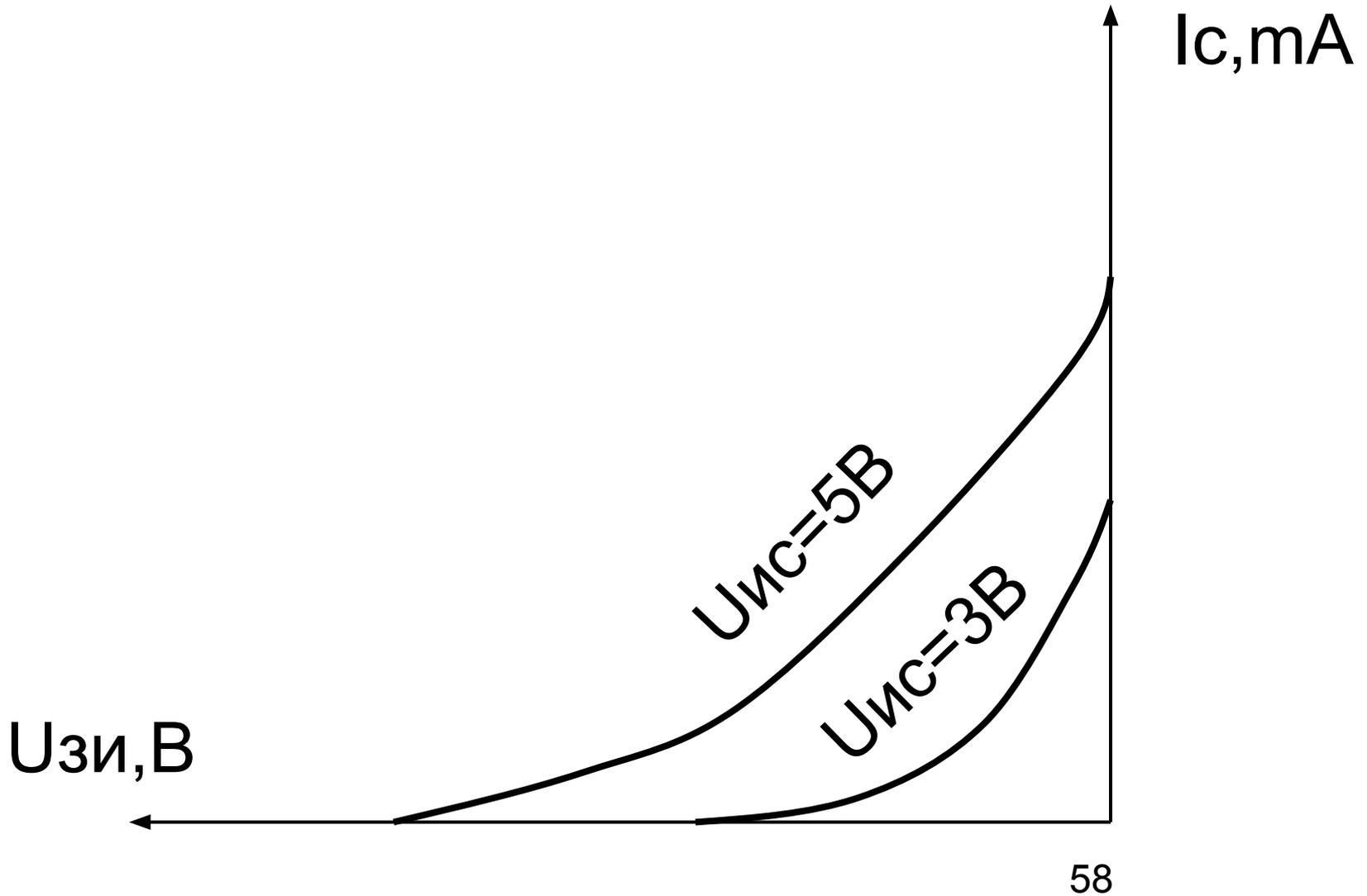
# канал почти полностью перекрыт



# Выходные (стоковые) характеристики



# Стокозатворные характеристики



- крутизна стокзатворной характеристики

$$S = \left| \frac{dI_c}{dU_{3u}} \right|, \text{ при } U_c = \text{const}$$

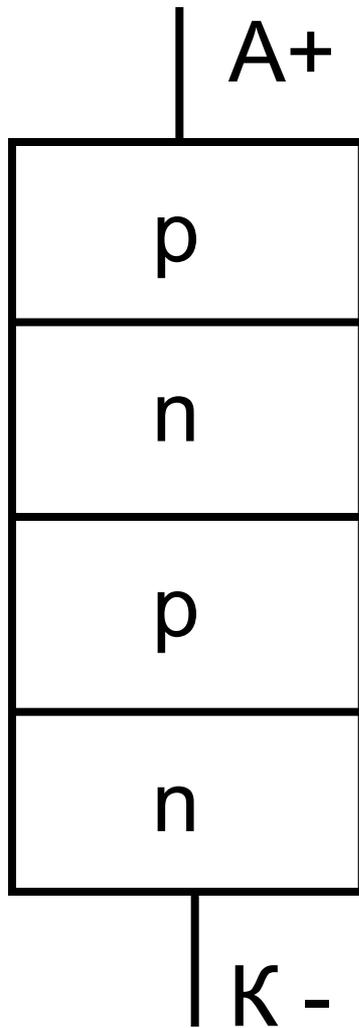
- внутреннее дифференциальное сопротивление

$$R = \frac{dU_{uc}}{dI_c}, \text{ при } U_{3u} = \text{const}$$

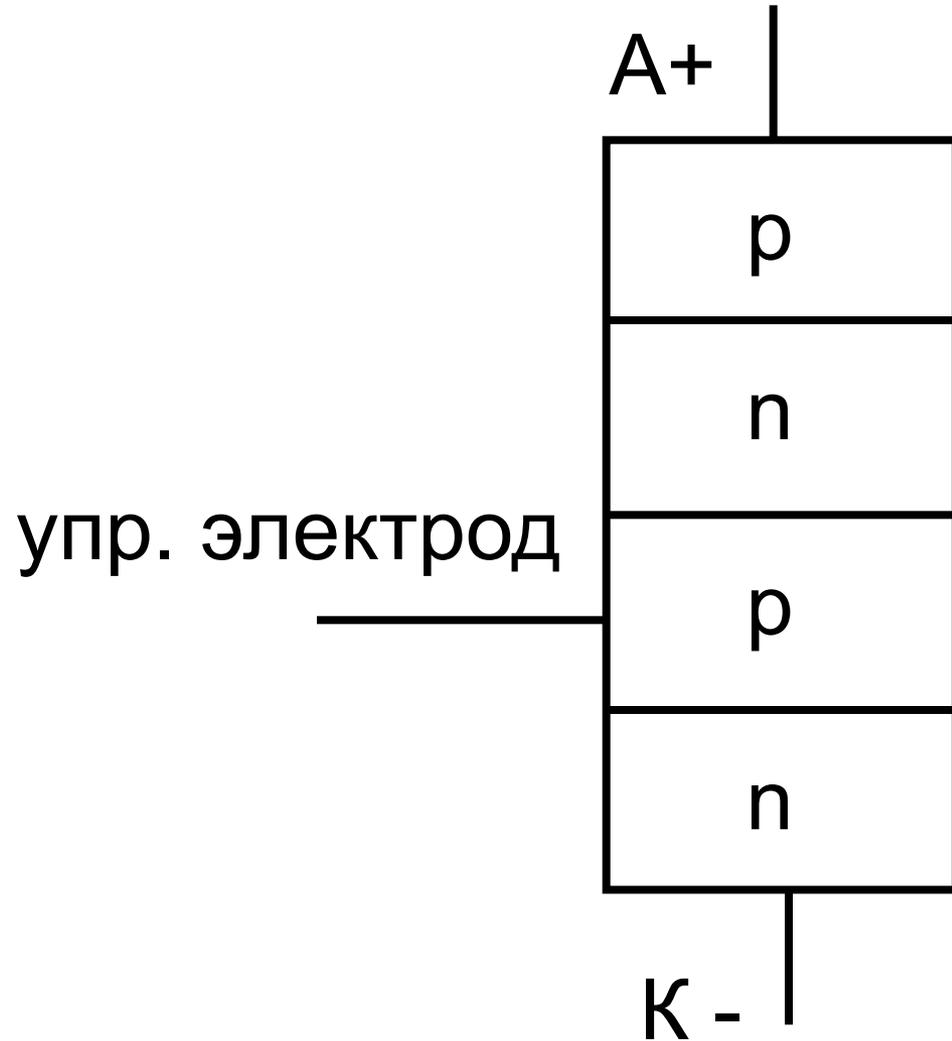
- коэффициент усиления

$$\mu = \frac{dU_{uc}}{dU_{zu}}, \text{ при } I_c = \text{const}$$

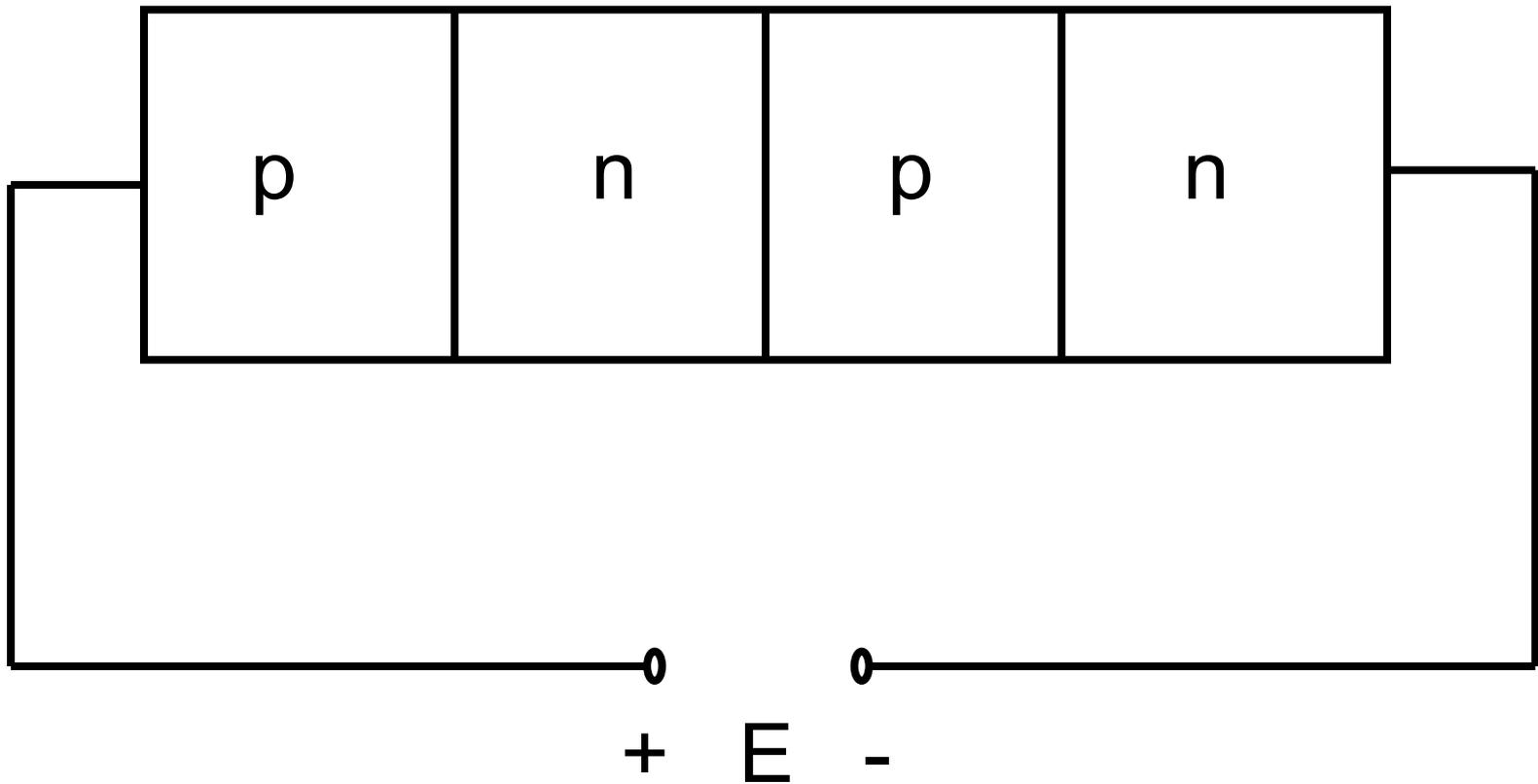
Динистор



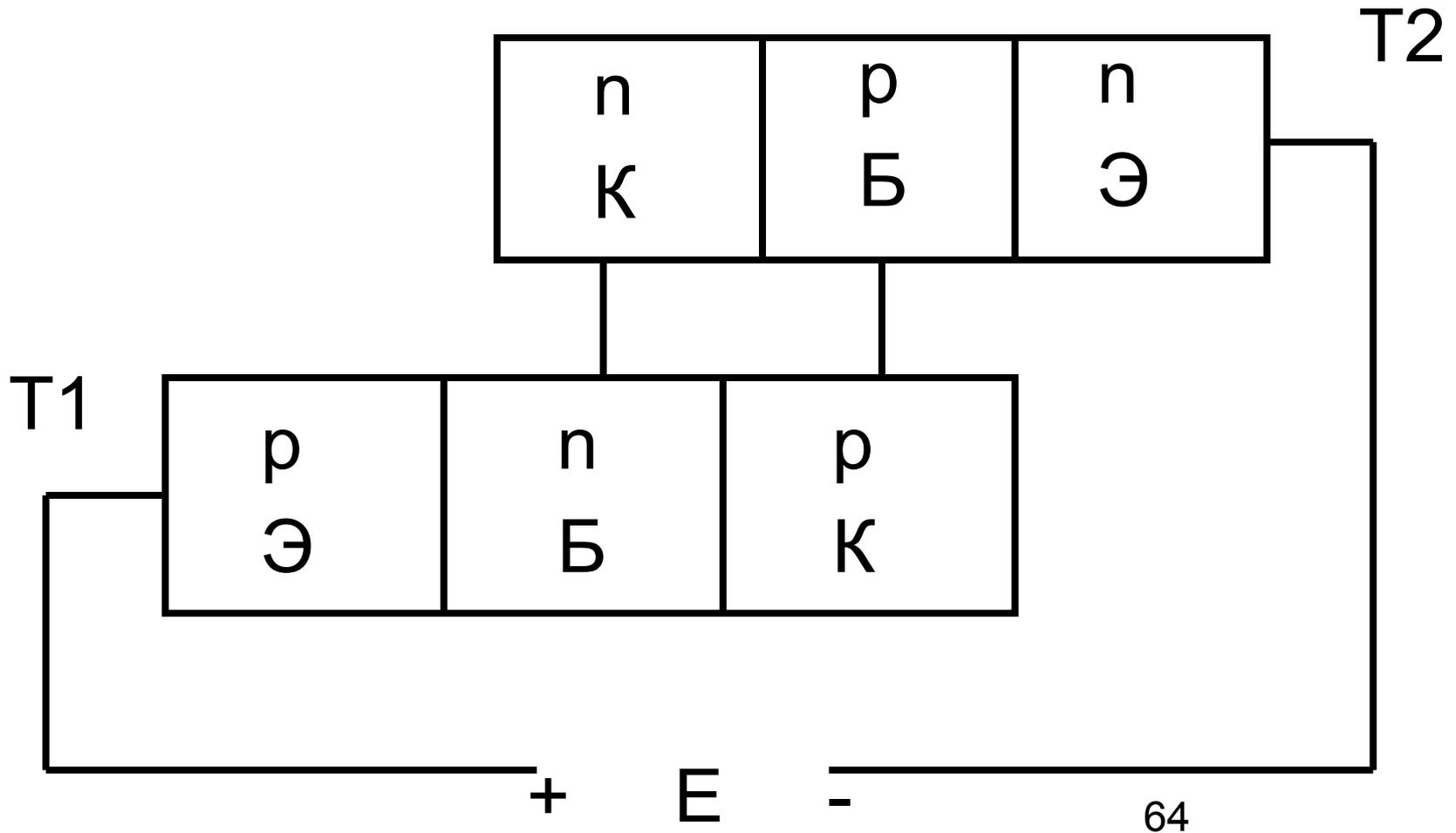
Тиристор

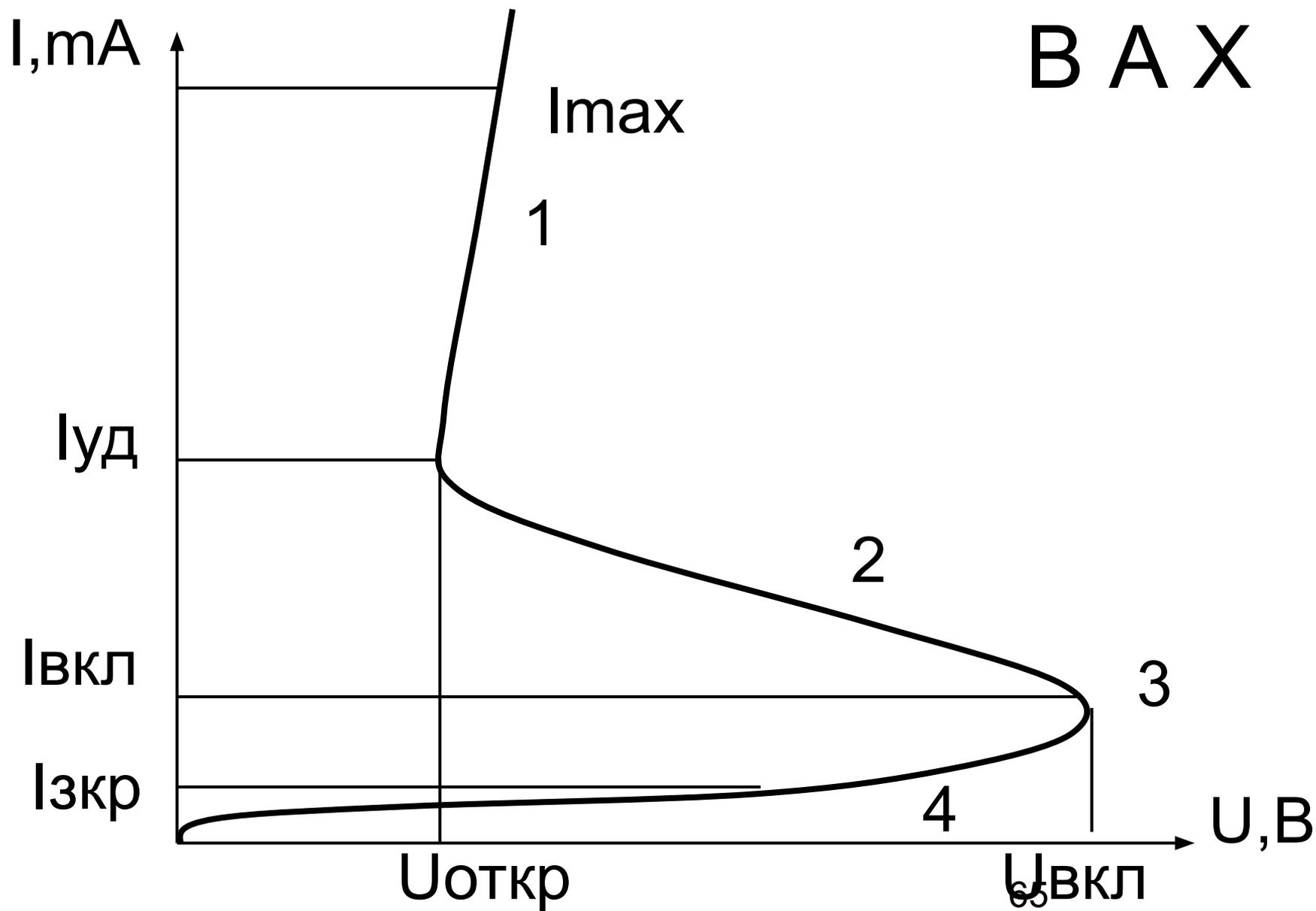


# Схема включения диодистора

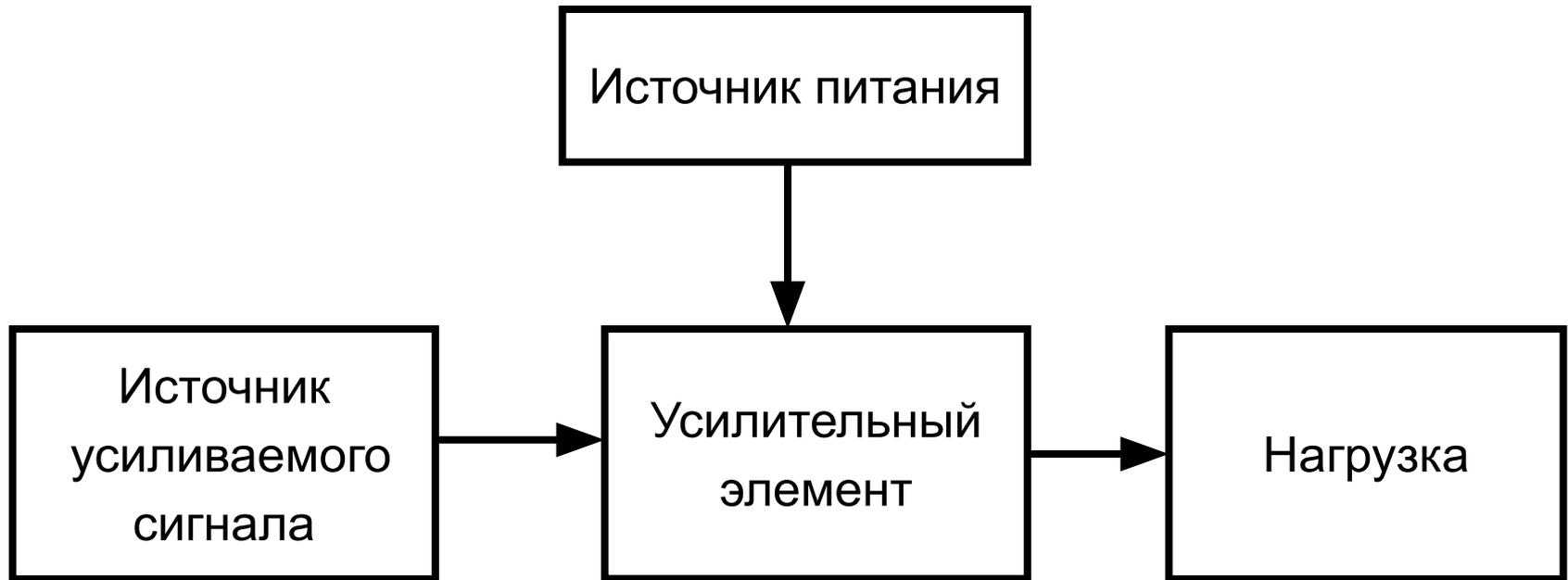


# Эквивалентная схема включения





# Блок-схема усилителя



# коэффициенты усиления

$$K_U = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} \quad ; \quad K_I = \frac{I_{вых}}{I_{вх}}$$

$$K_P = \frac{P_{вых}}{P_{вх}}$$

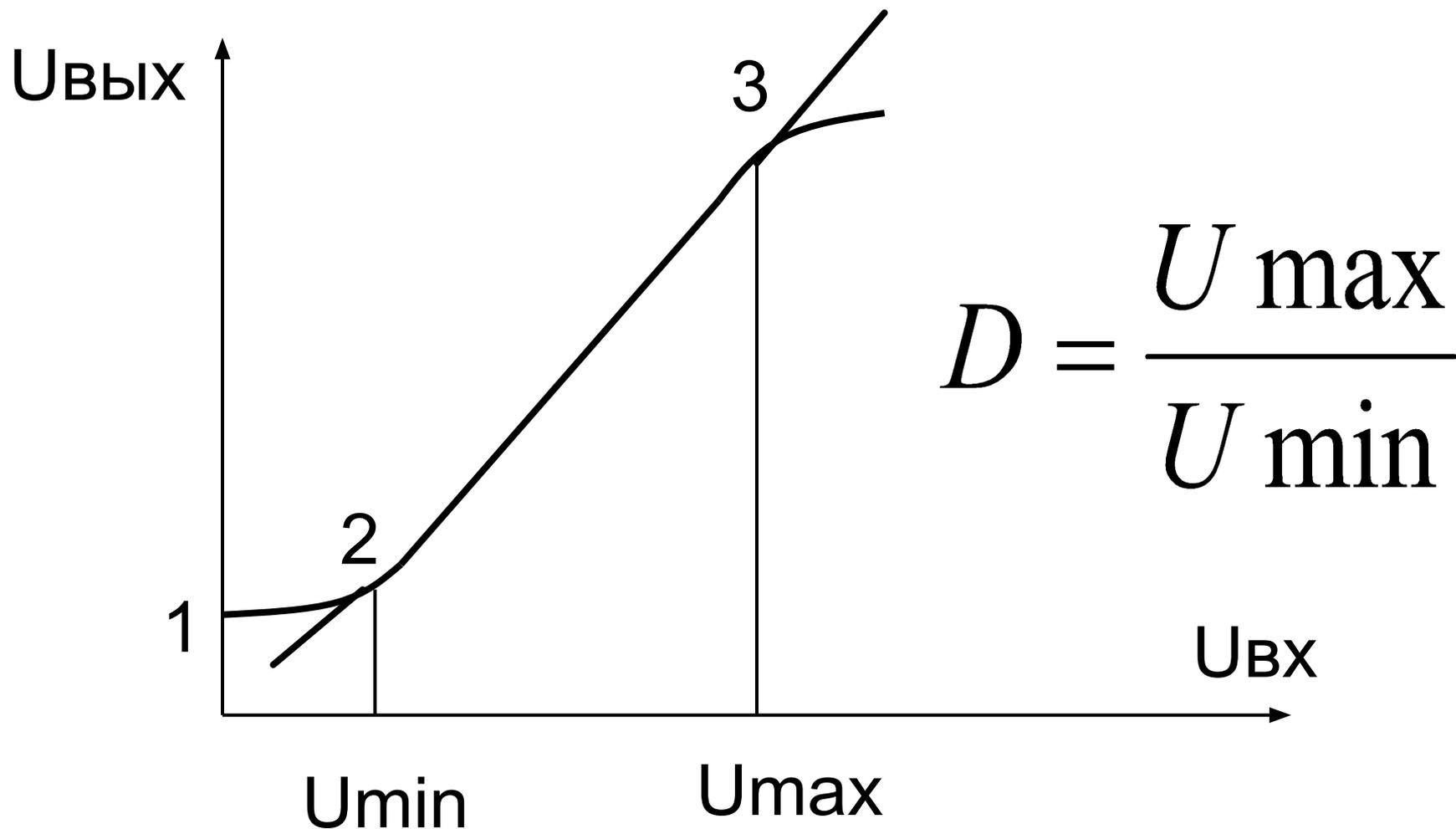
$$\eta = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{ист}}}$$

$$R_{\text{вх}} = \frac{U_{\text{вх}}}{I_{\text{вх}}} \quad ; \quad R_{\text{вых}} = \frac{U_{\text{вых}}}{I_{\text{вых}}}$$

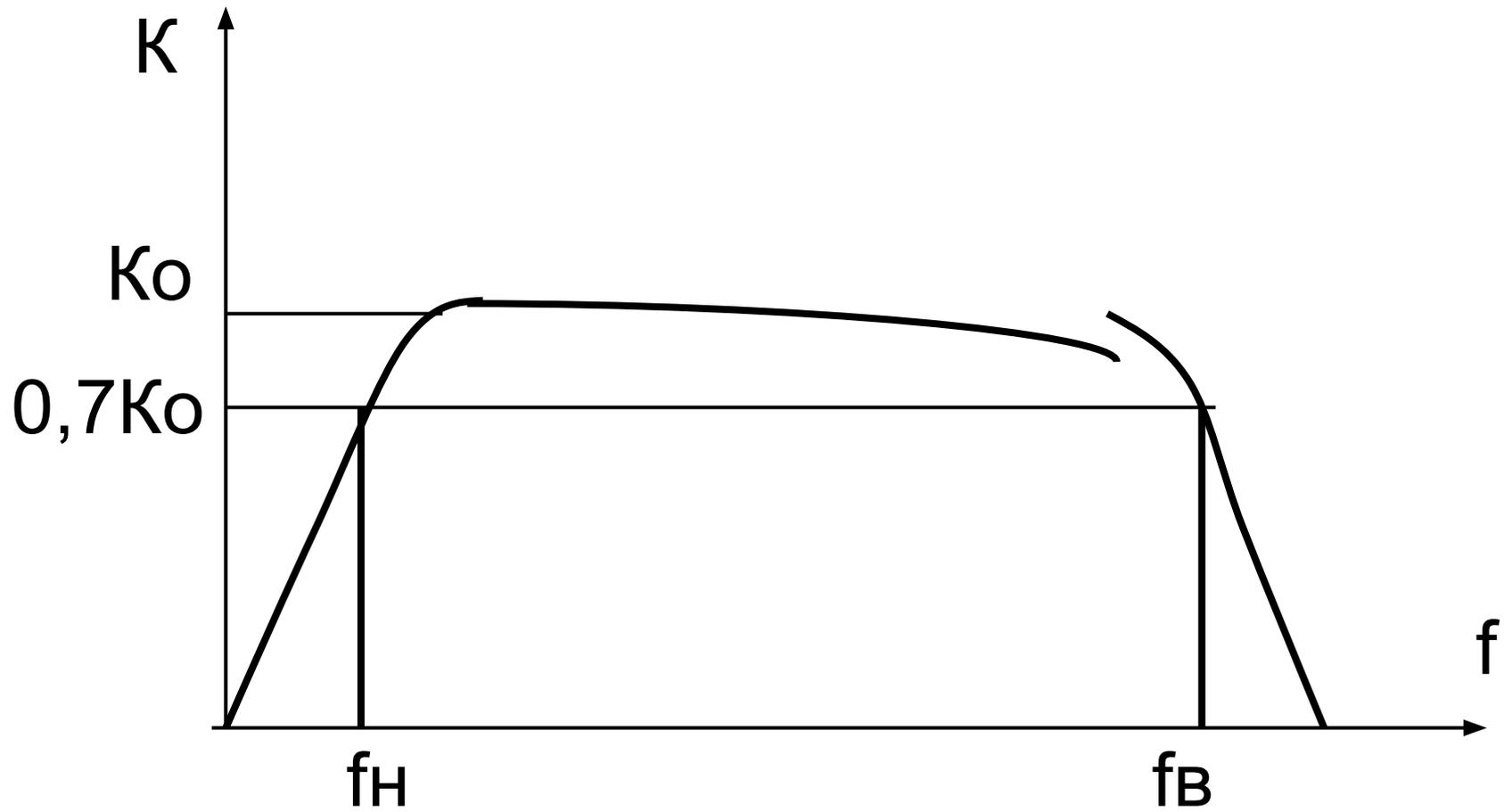
$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n$$

$$K(\partial B) = K_1 + K_2 + \dots + K_n$$

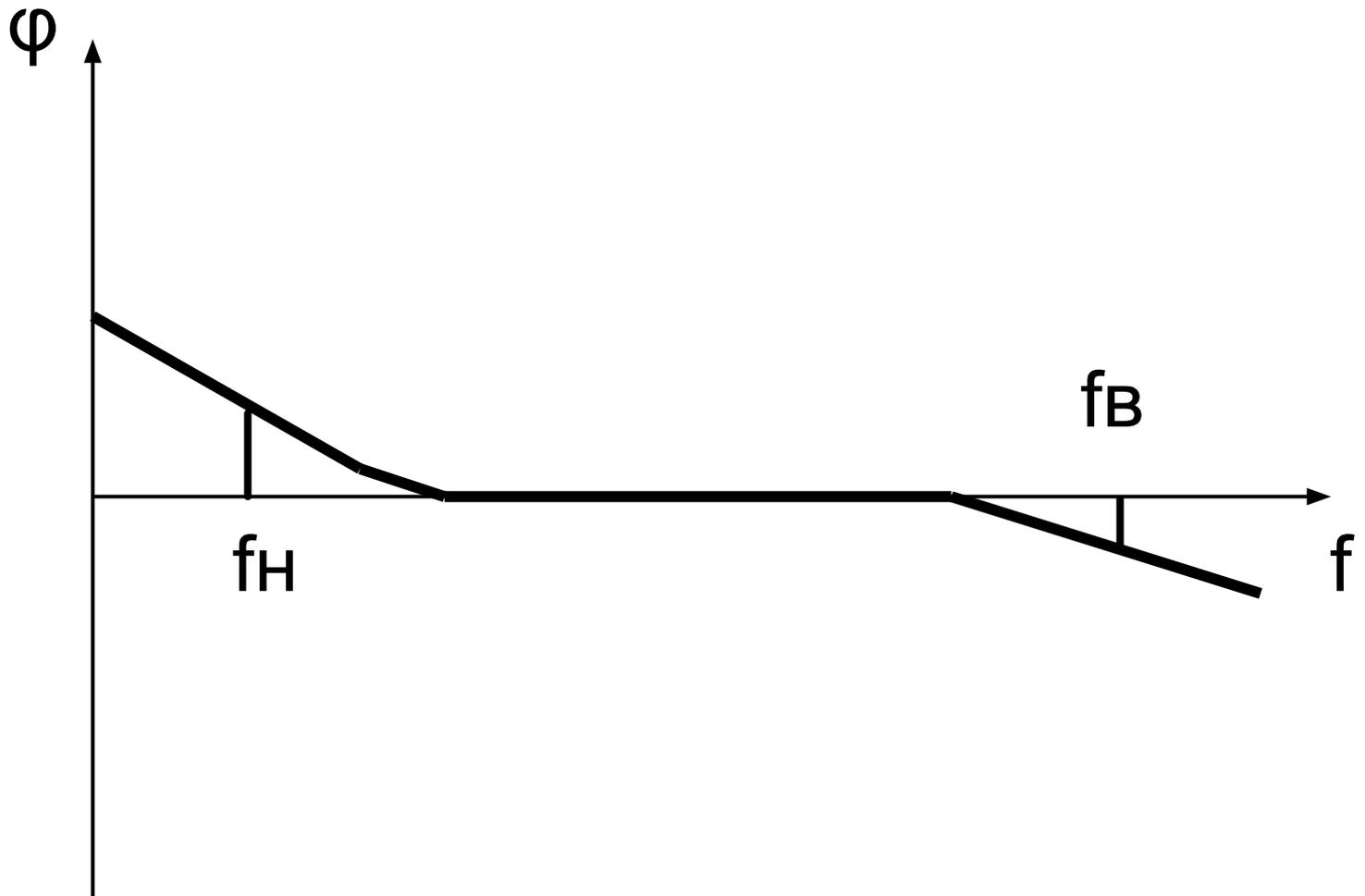
# амплитудная характеристика

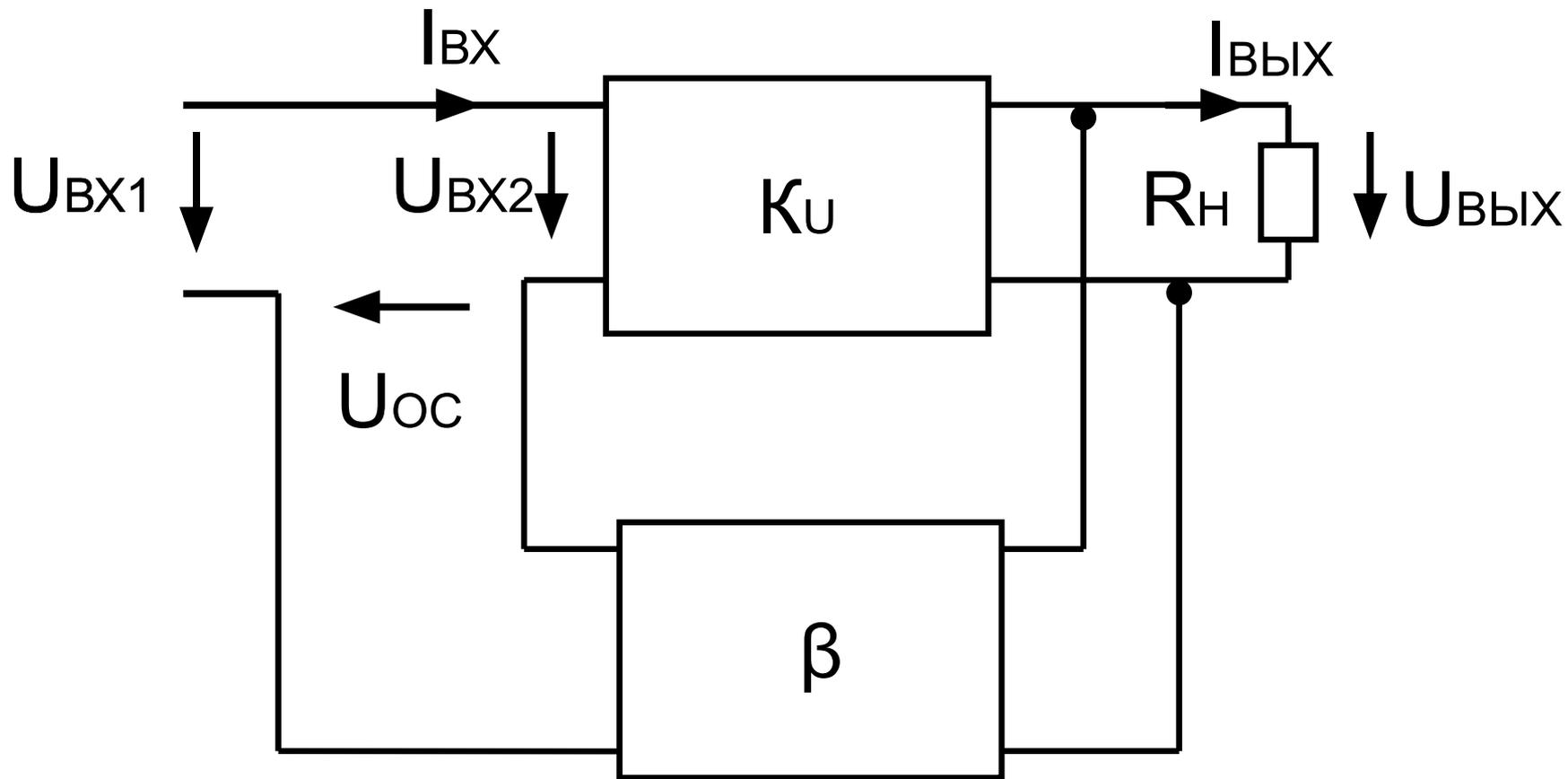


# AЧХ



$\Phi_{CH}$





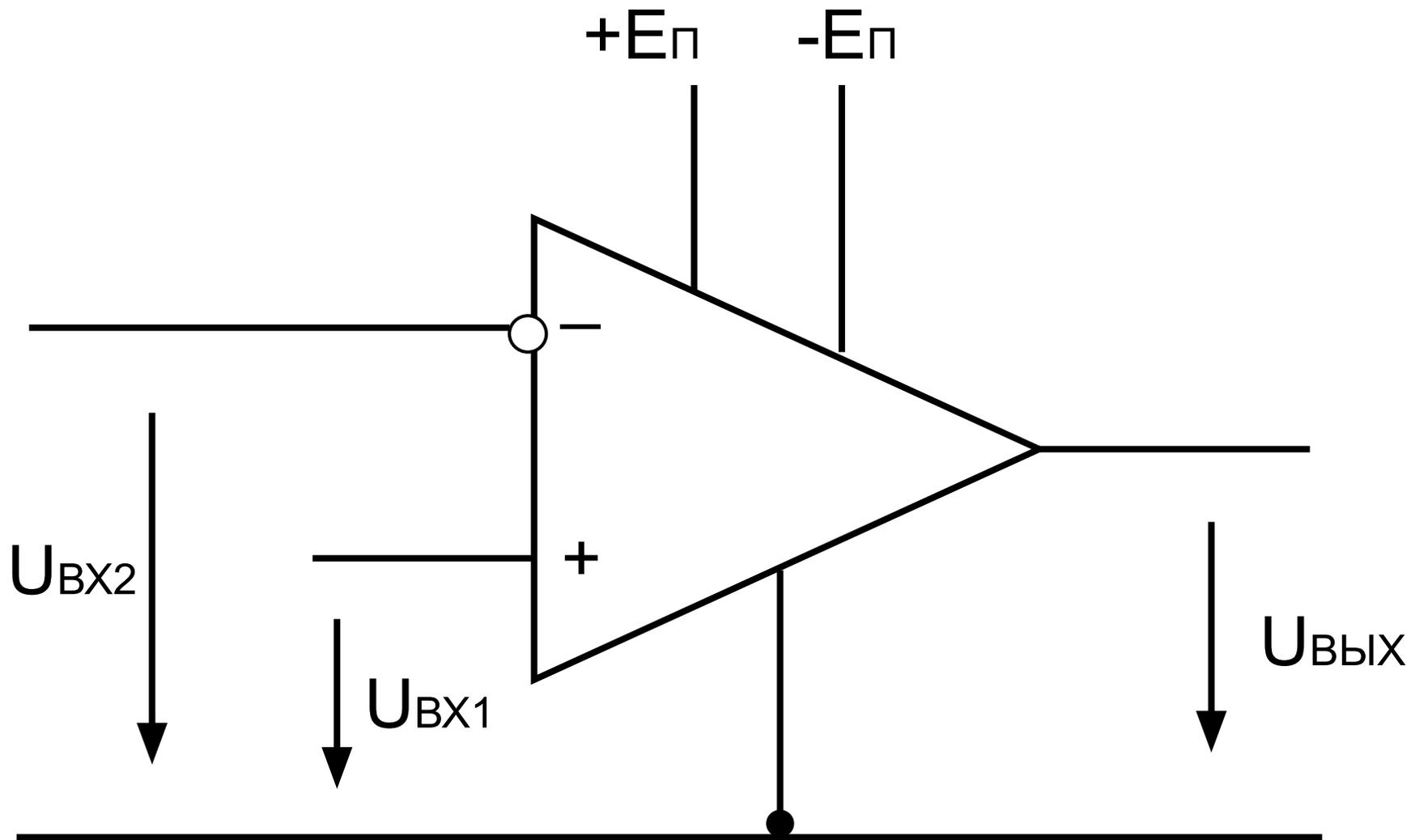
$$K_U = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ2}}}$$

$$\beta = \frac{U_{\text{ОС}}}{U_{\text{ВЫХ}}}$$

$$K_{U_{oc}} = \frac{U_{B\bar{Y}X}}{U_{BX1}}$$

$$K_{U_{oc}} = \frac{K_U}{1 + \beta K_U}$$

# Операционный усилитель

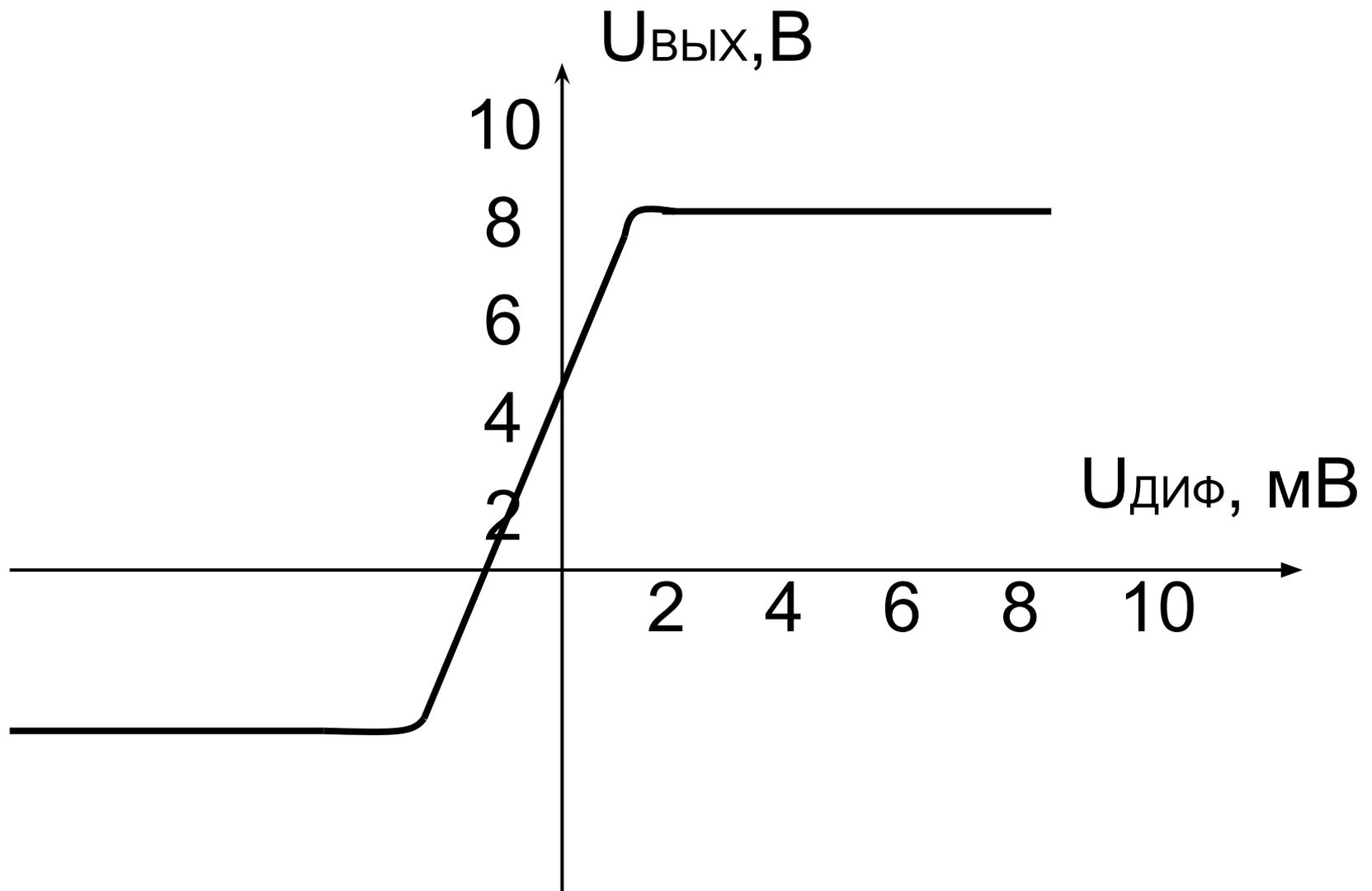


$$U_{\text{ВЫХ}} = (U_{\text{ВХ1}} - U_{\text{ВХ2}})K$$

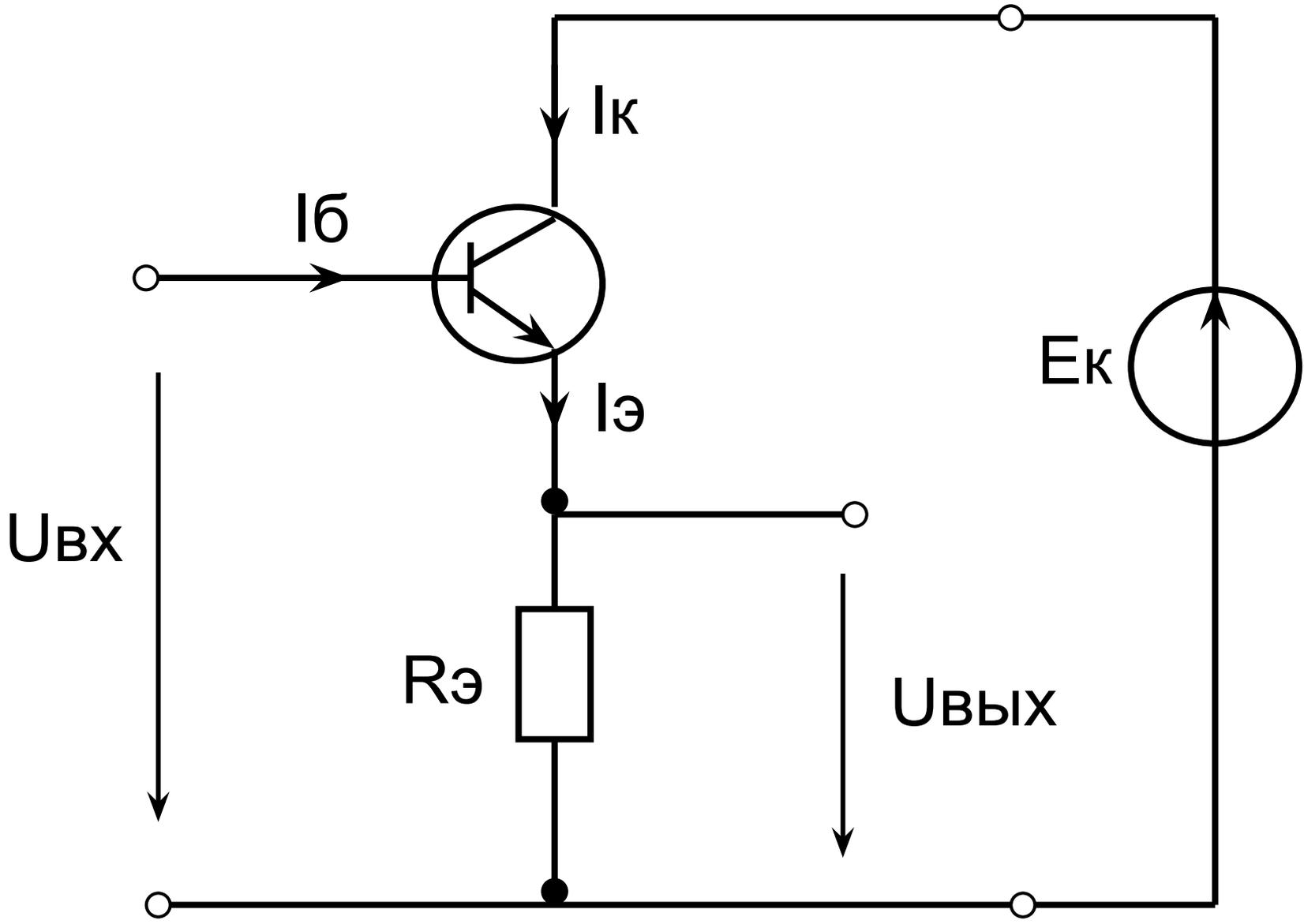
$$U_{\text{ВЫХ}} = -U_{\text{ВХ2}}K$$

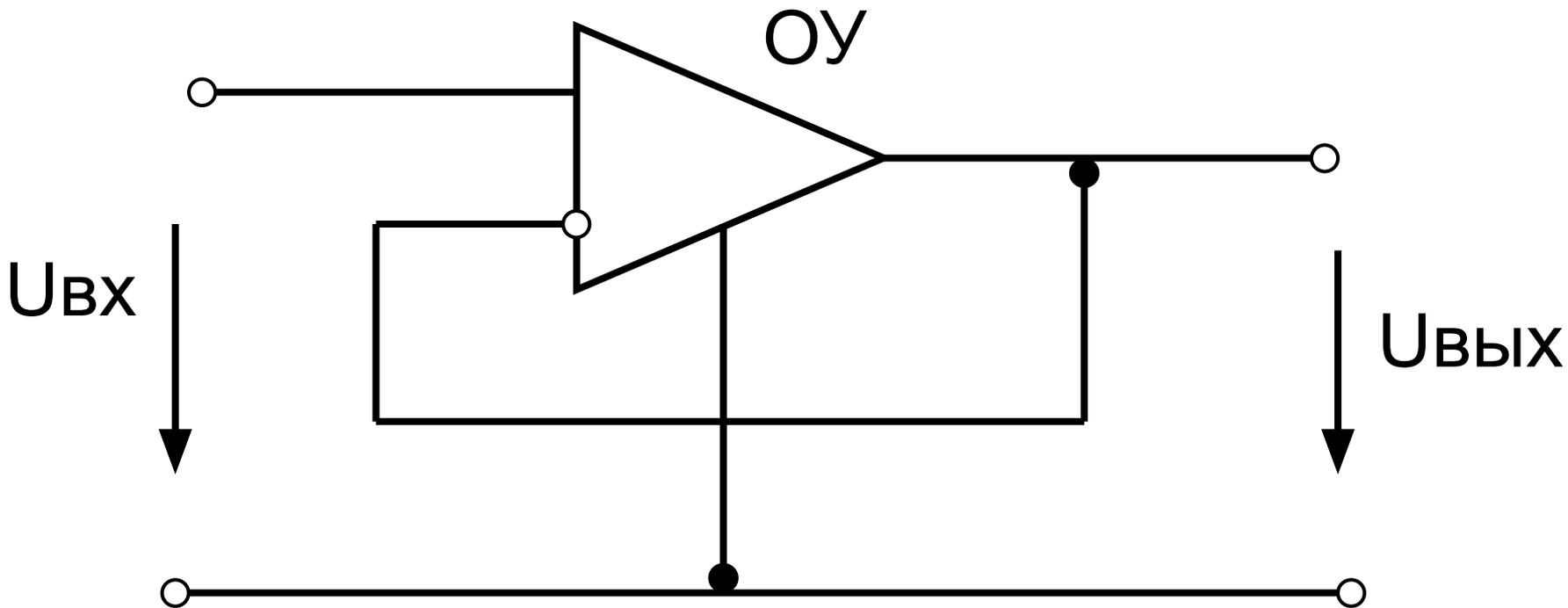
$$U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{ВХ1}}K$$

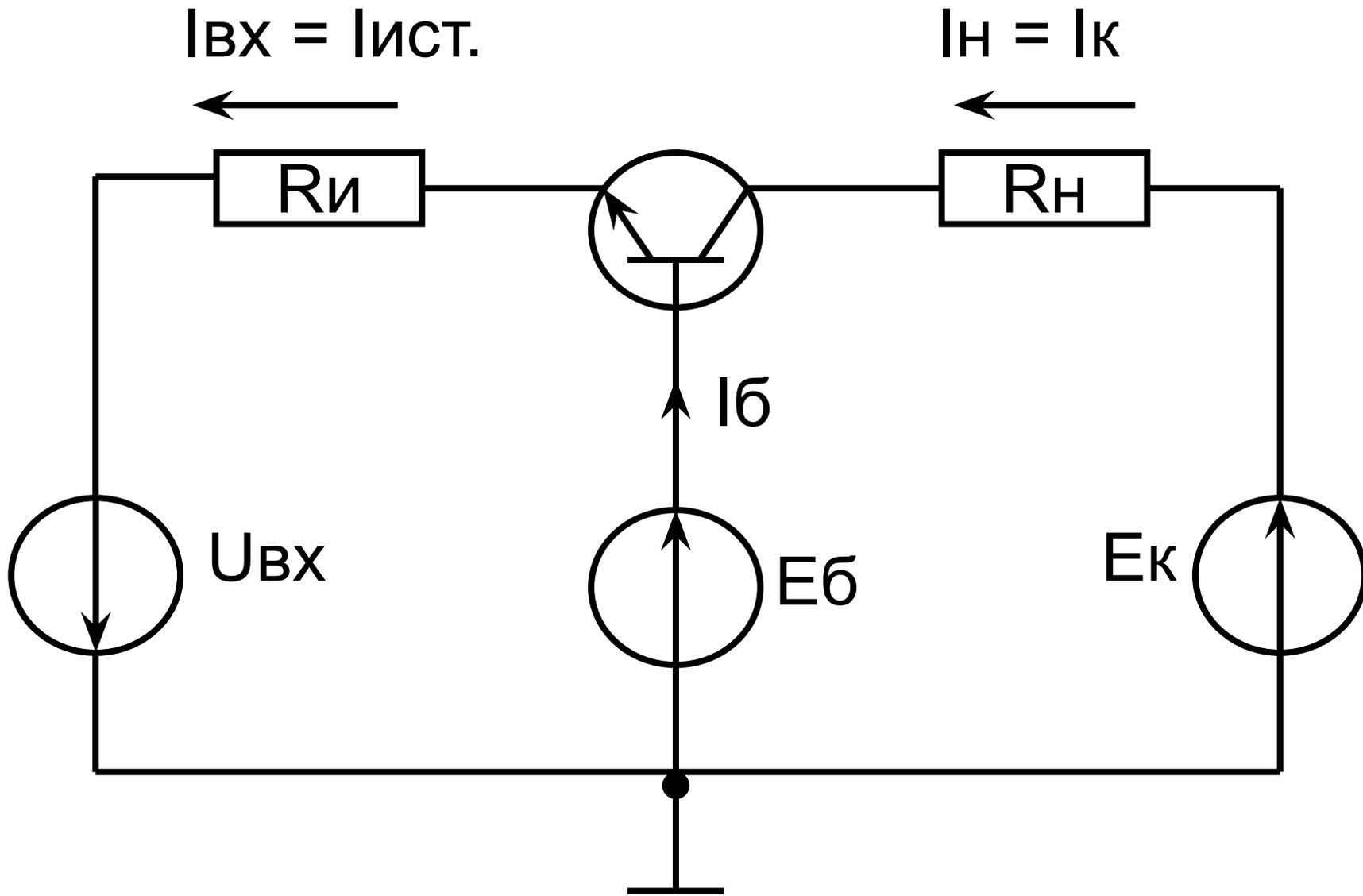
$$(U_{\text{ВХ1}} - U_{\text{ВХ2}}) = U_{\text{ДИФ}}$$

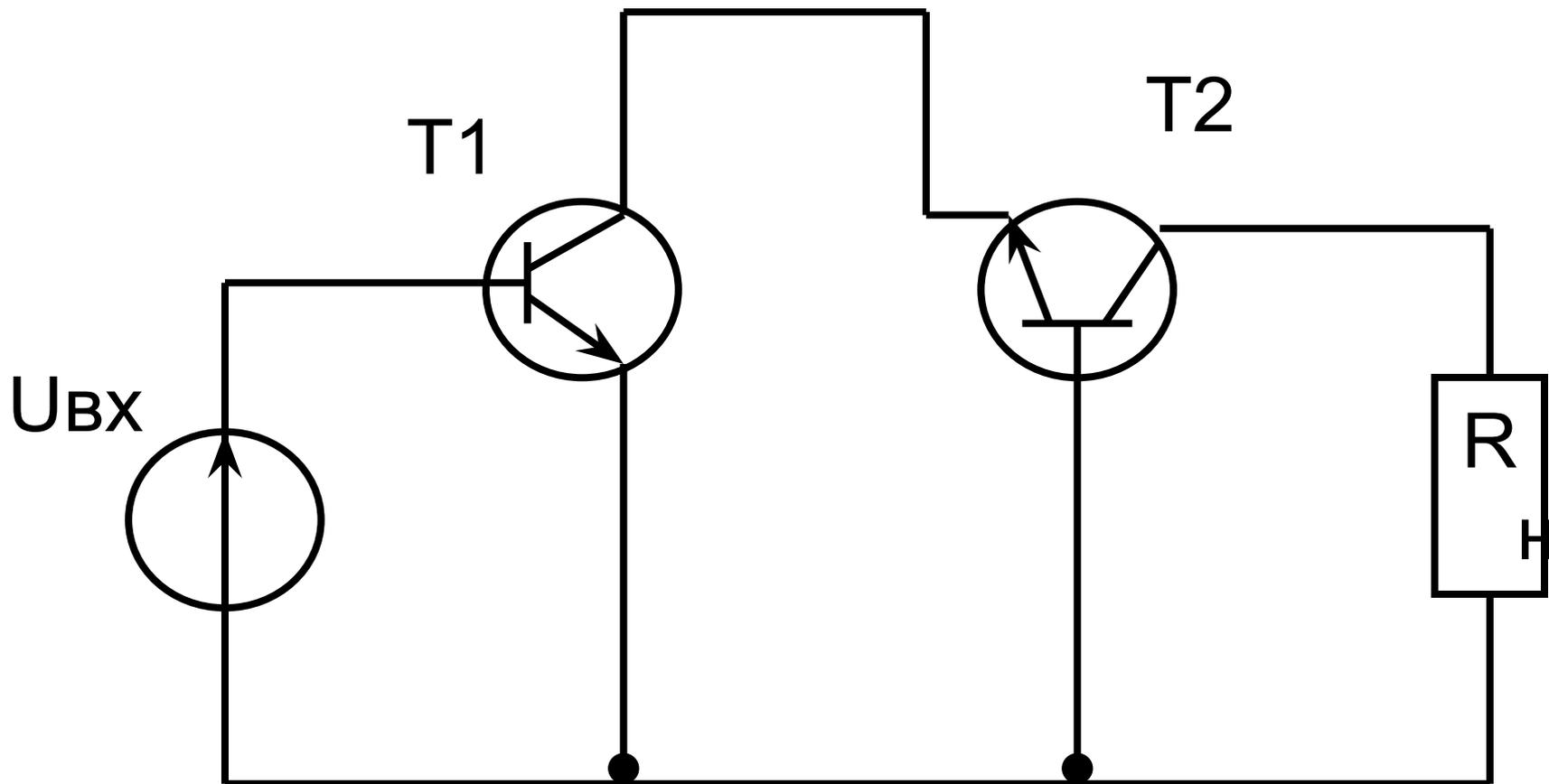


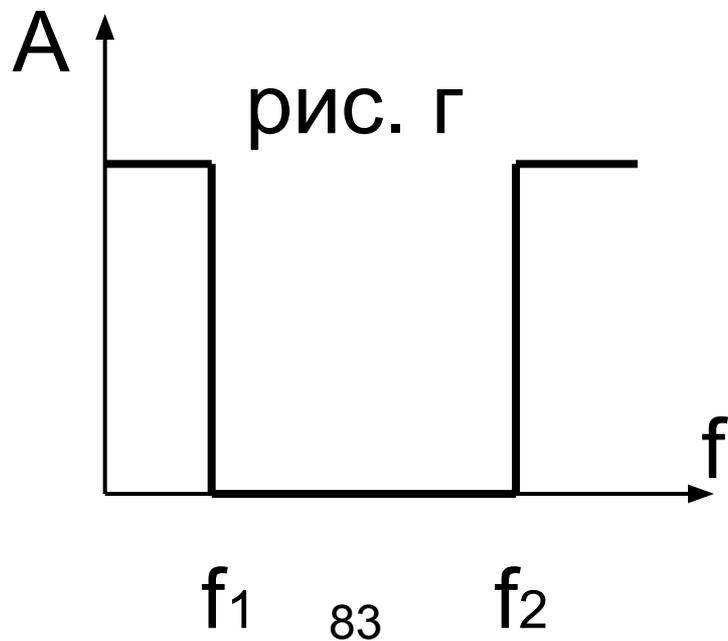
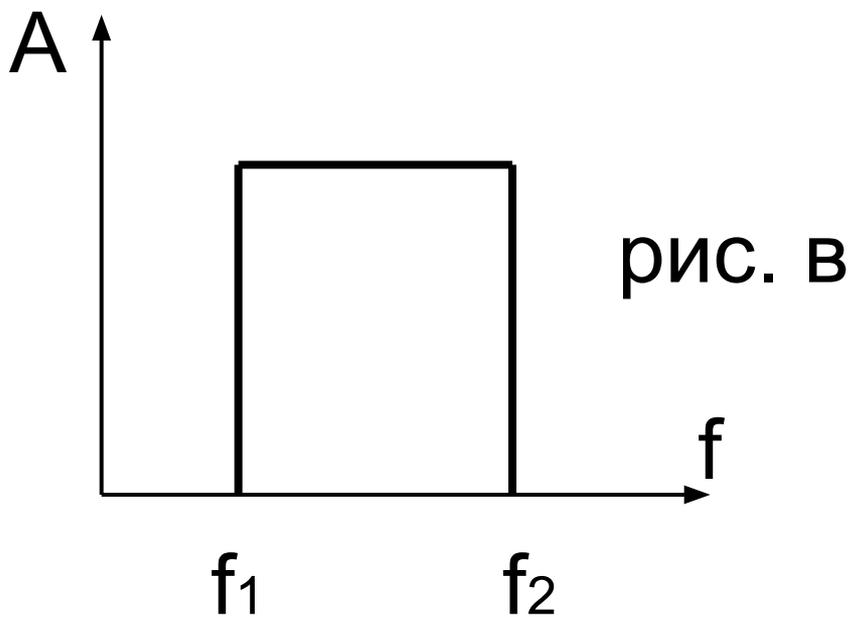
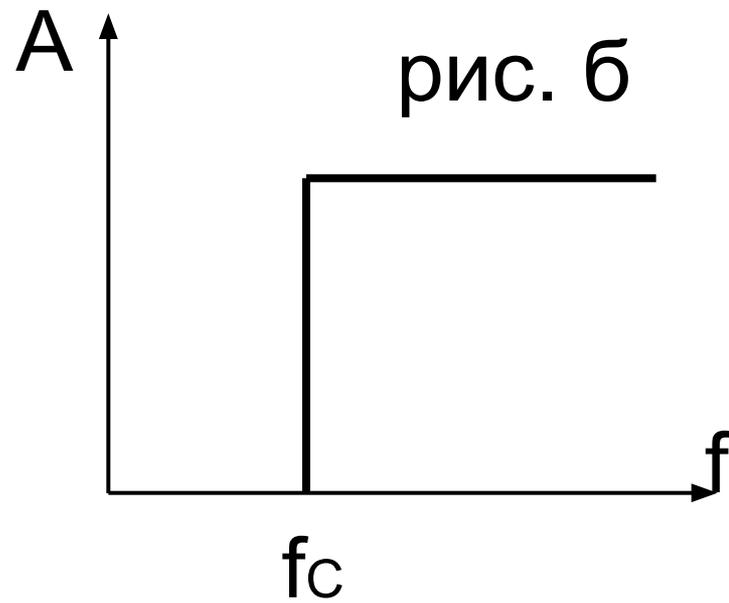
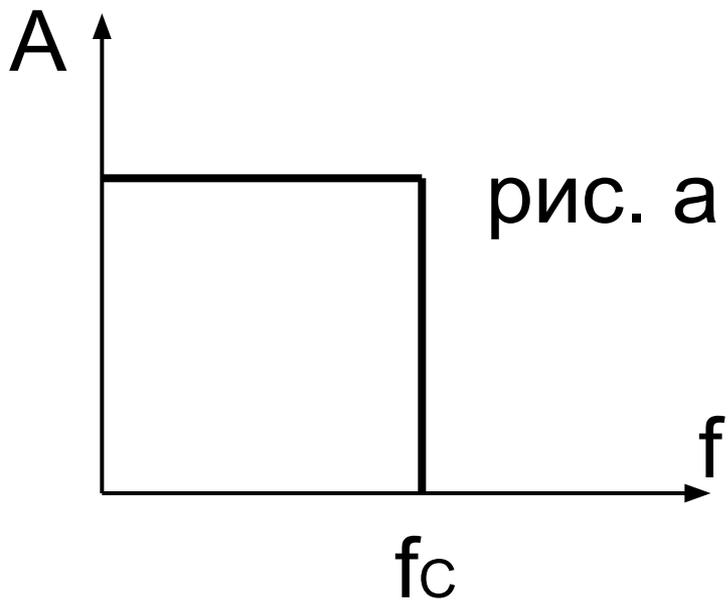
Передаточная характеристика

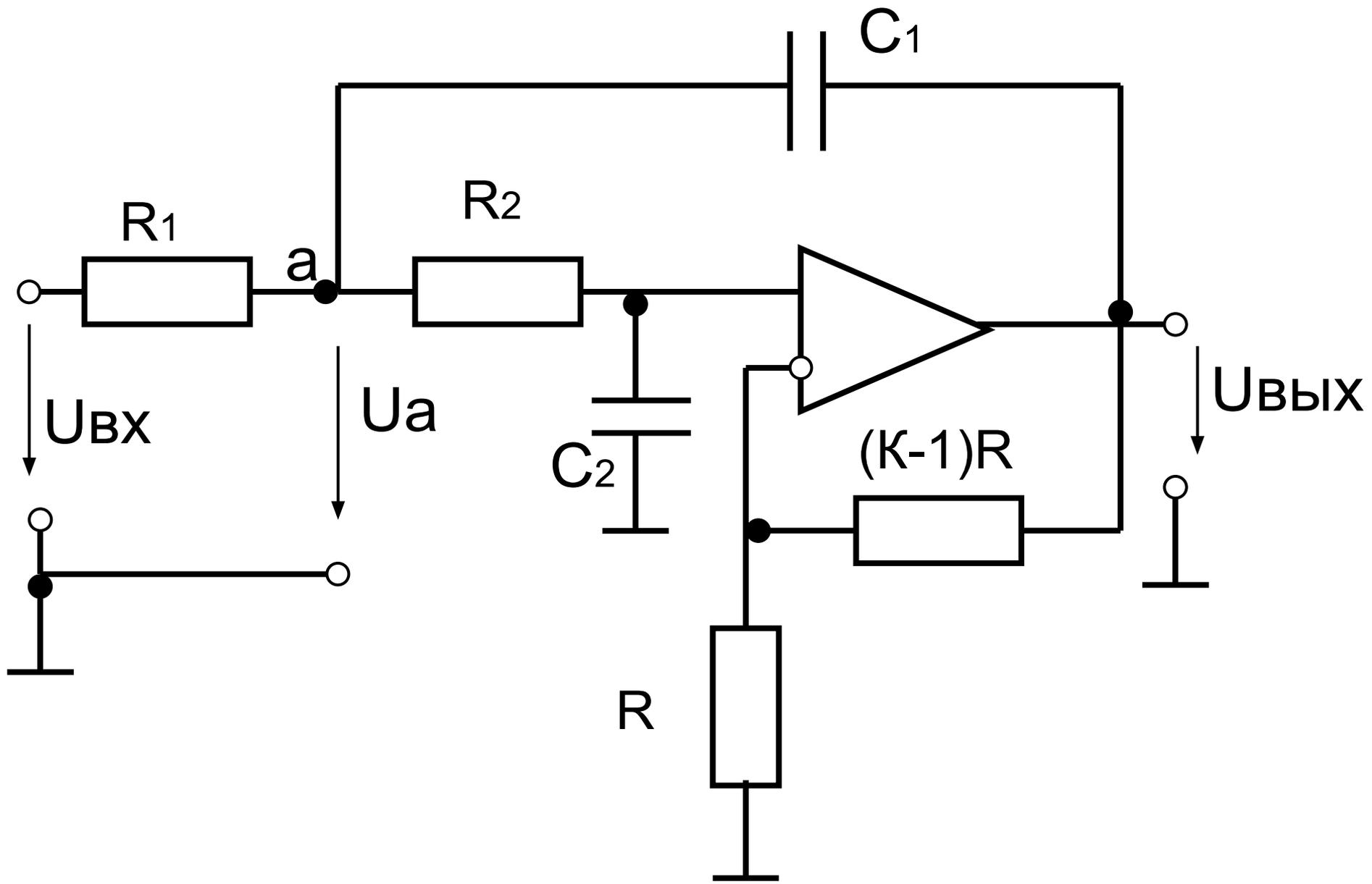




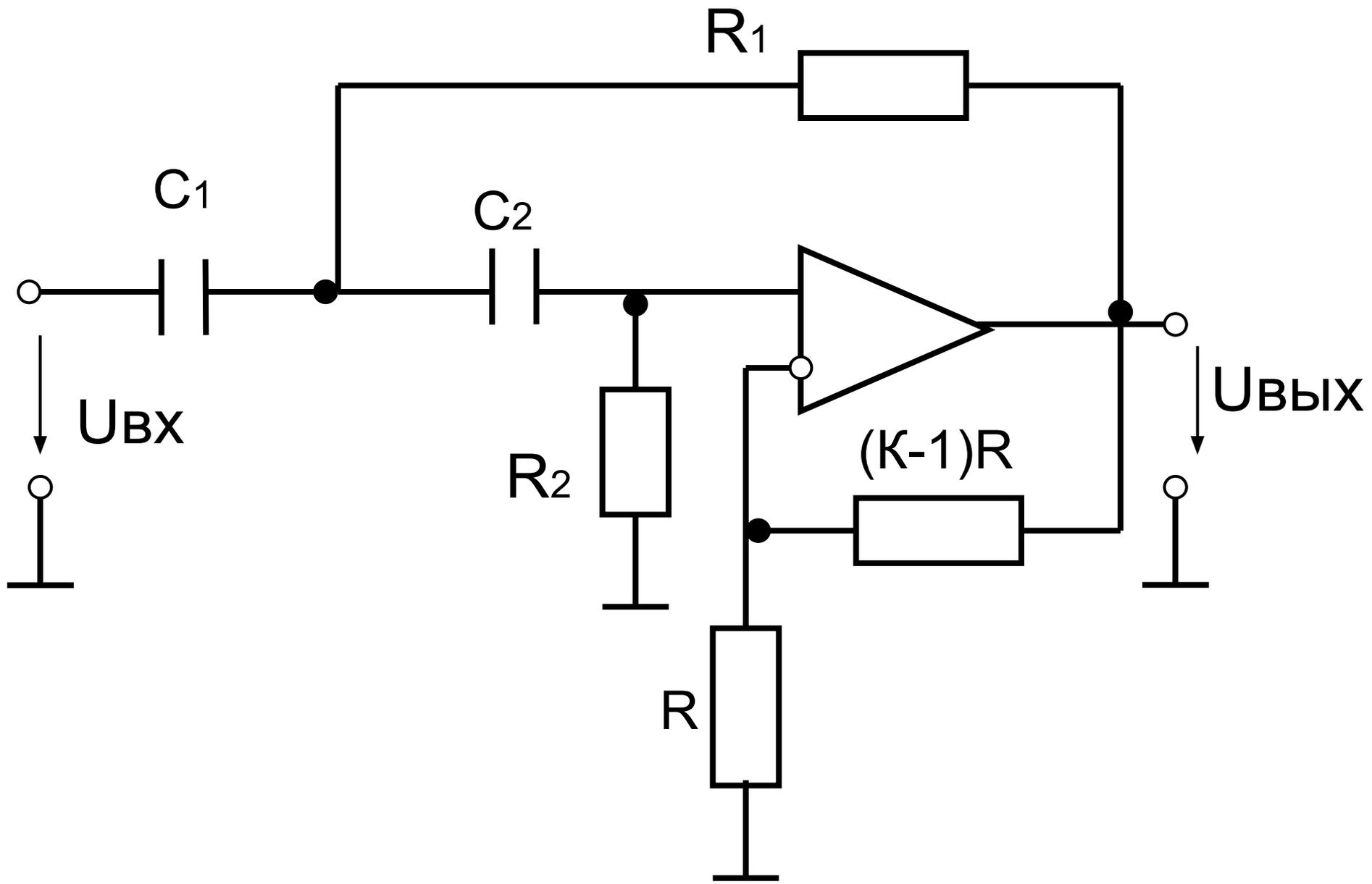


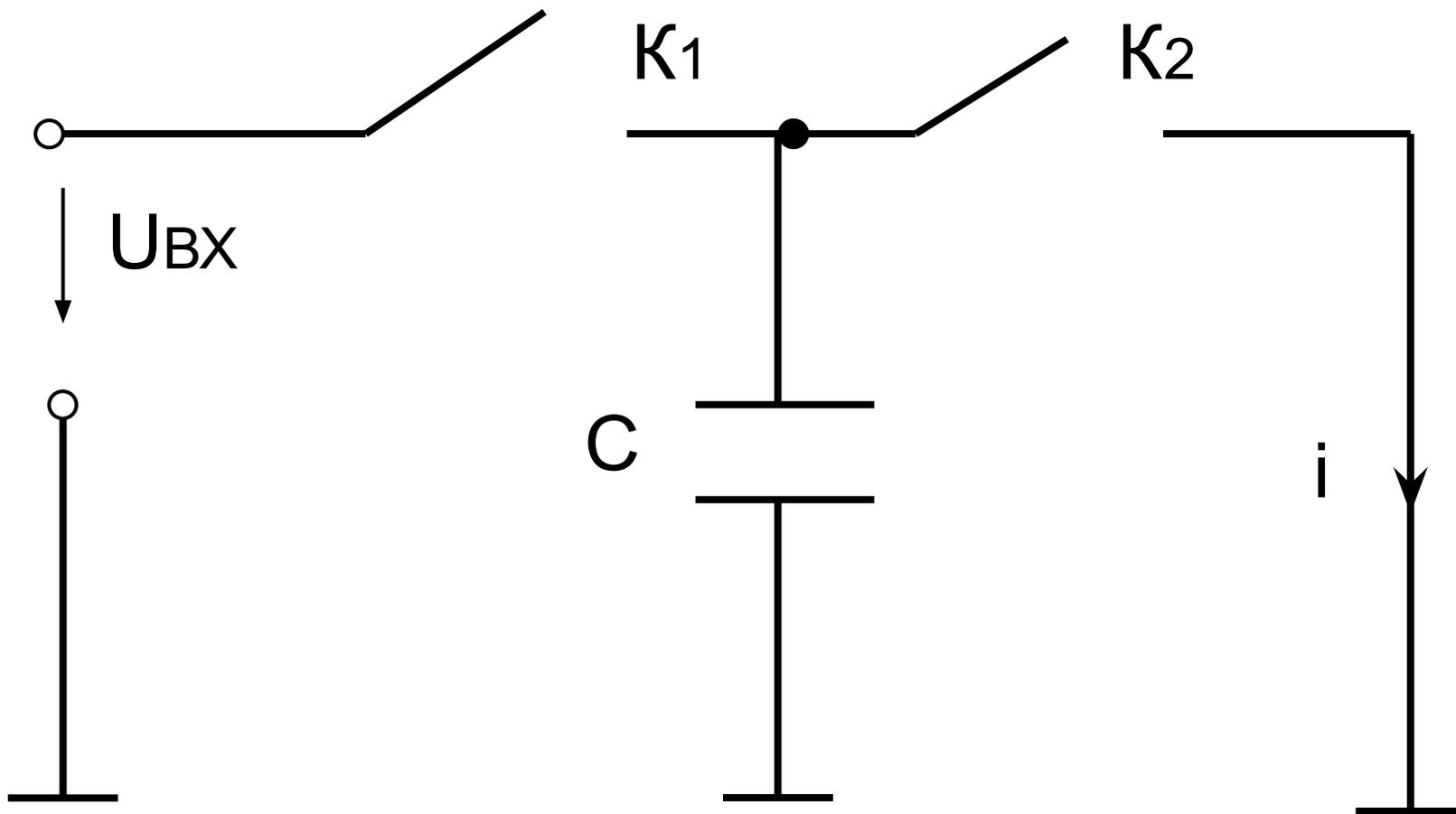






$$K = 1 + \frac{(K - 1)R}{R}$$





ВТОРИЧНЫЙ  
ИСТ. ПИТ.

внешнее  
управление

ус-во управл.  
и контроля

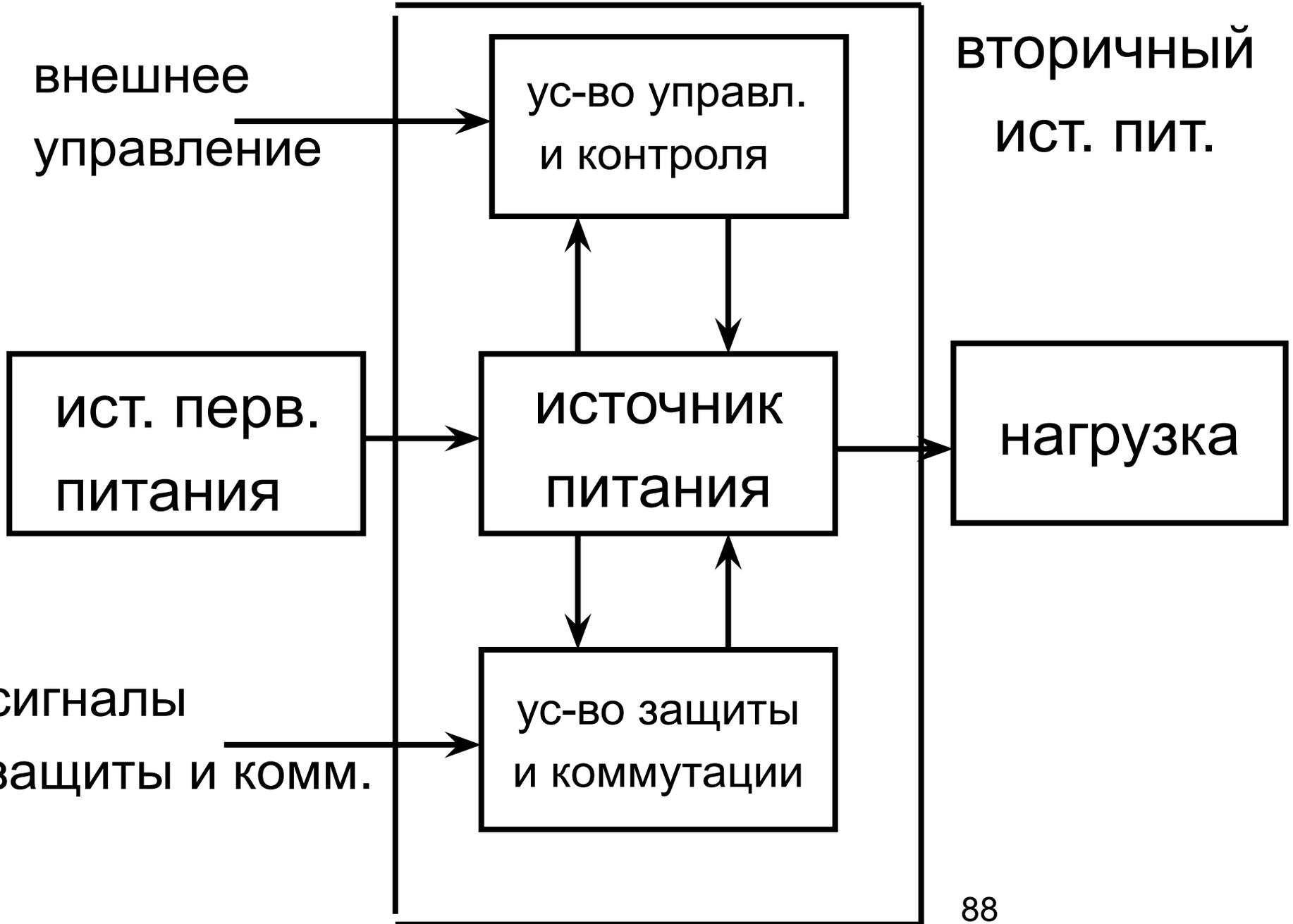
ист. перв.  
питания

ИСТОЧНИК  
ПИТАНИЯ

нагрузка

сигналы  
защиты и комм.

ус-во защиты  
и коммутации



$$\delta U_c = \Delta U_c / U_c$$

$$\delta U_{\text{ВЫХ}} = \Delta U_{\text{ВЫХ}} / U_{\text{ВЫХ}}$$

