
Процессы управления
Детерминированные (регулируемые)
Случайные
Переходные
Установившиеся
Статический режим
Свободное движение
Вынужденное движение
Динамический режим

Теория автоматического управления

ОСНОВЫ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

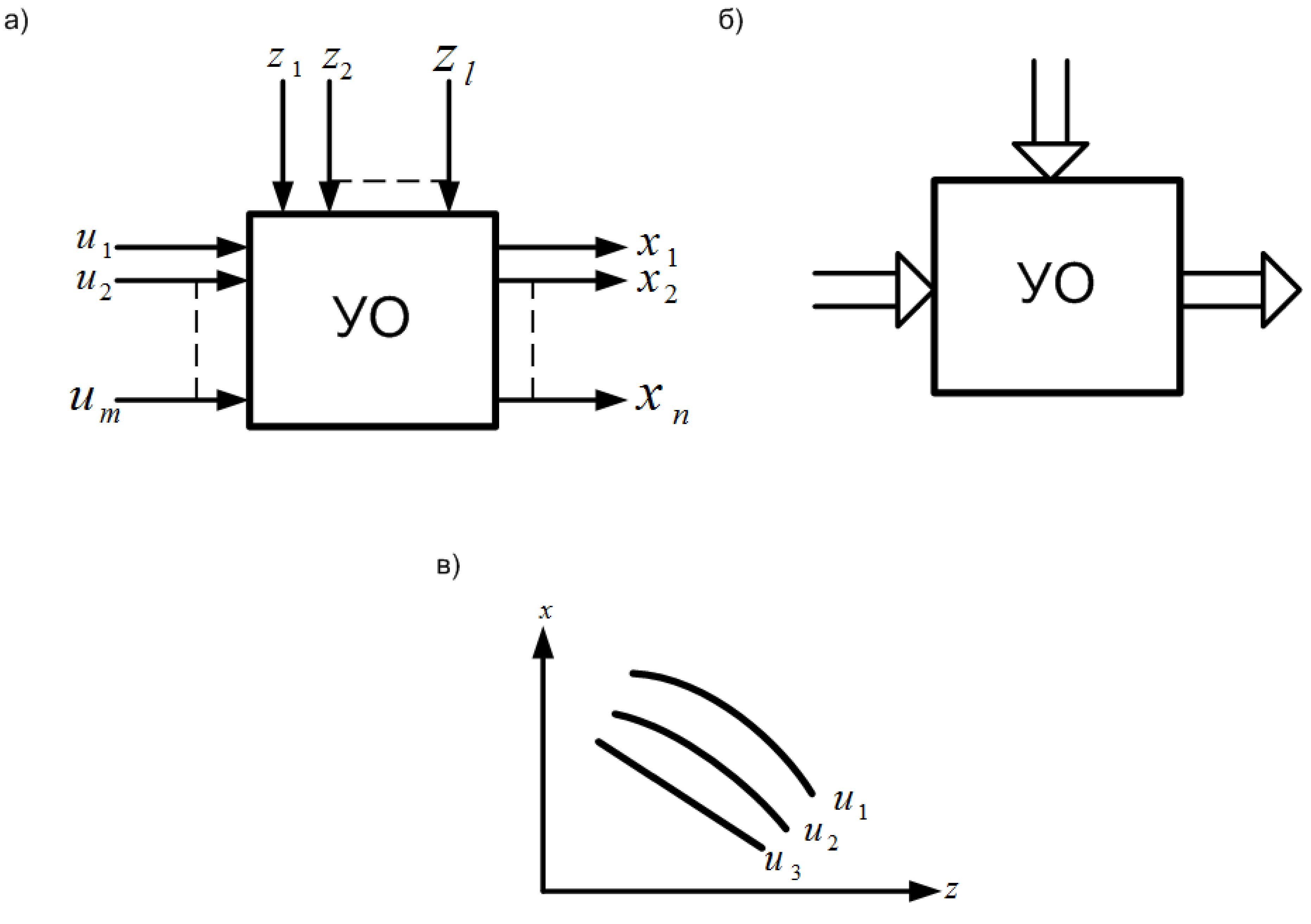


Рис. 1

$\boldsymbol{X} = \{\boldsymbol{x_1}, \boldsymbol{x_{2,\dots,}} \boldsymbol{x_n}\}$ – совокупность управляющих координат

$\boldsymbol{Z} = \{\boldsymbol{z_1}, \boldsymbol{z_2}, \dots, \boldsymbol{z_l}\}$ – совокупность возмущающих воздействий

$\boldsymbol{U} = \{\boldsymbol{U_1}, \boldsymbol{U_2}, \dots, \boldsymbol{U_m}\}$ – совокупность управляющих воздействий

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ

ПРИНЦИП РАЗОМКНУТОГО УПРАВЛЕНИЯ

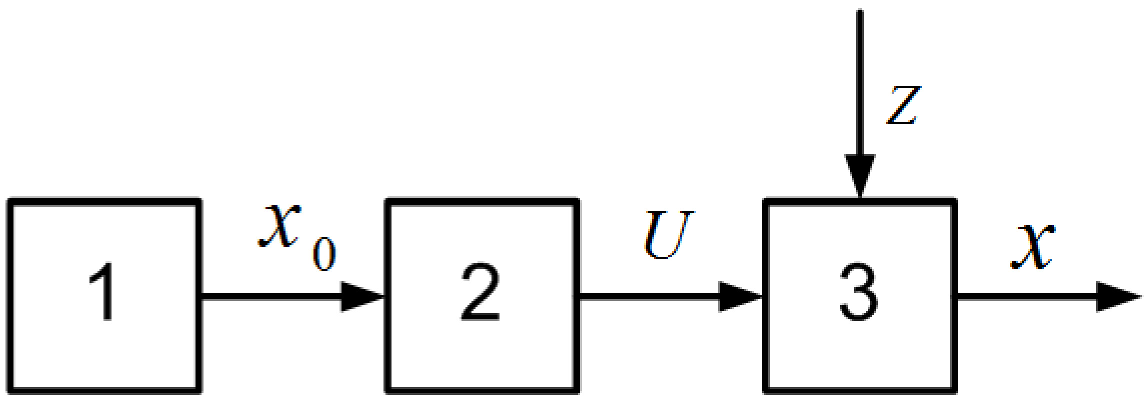


Рис. 2

ПРИНЦИП КОМПЕНСАЦИИ (УПРАВЛЕНИЯ ПО ВОЗМУЩЕНИЮ)

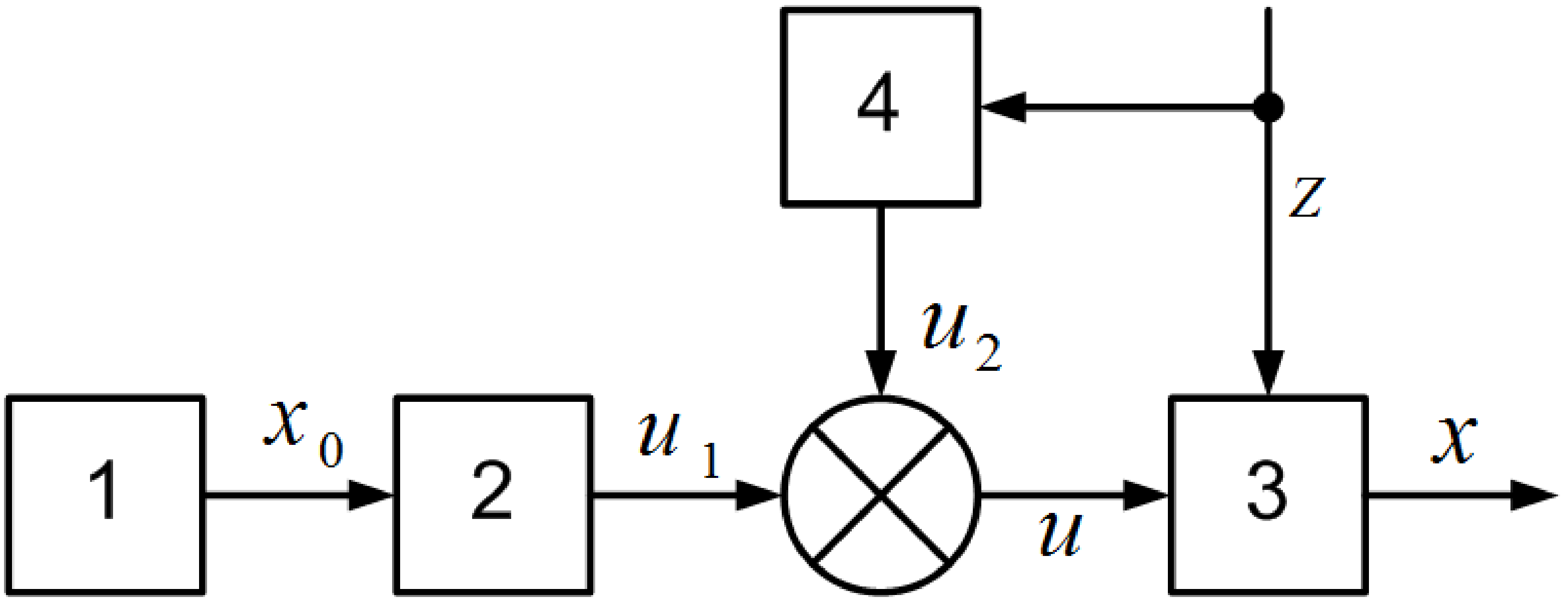


Рис. 3

$$x = F_1(u, z)$$

$$u = F_2(z)$$

$$\Delta x = x_0 - F_1(u, z) = 0$$

ПРИНЦИП ОБРАТНОЙ СВЯЗИ (РЕГУЛИРОВАНИЕ ПО ОТКЛОНЕНИЮ)

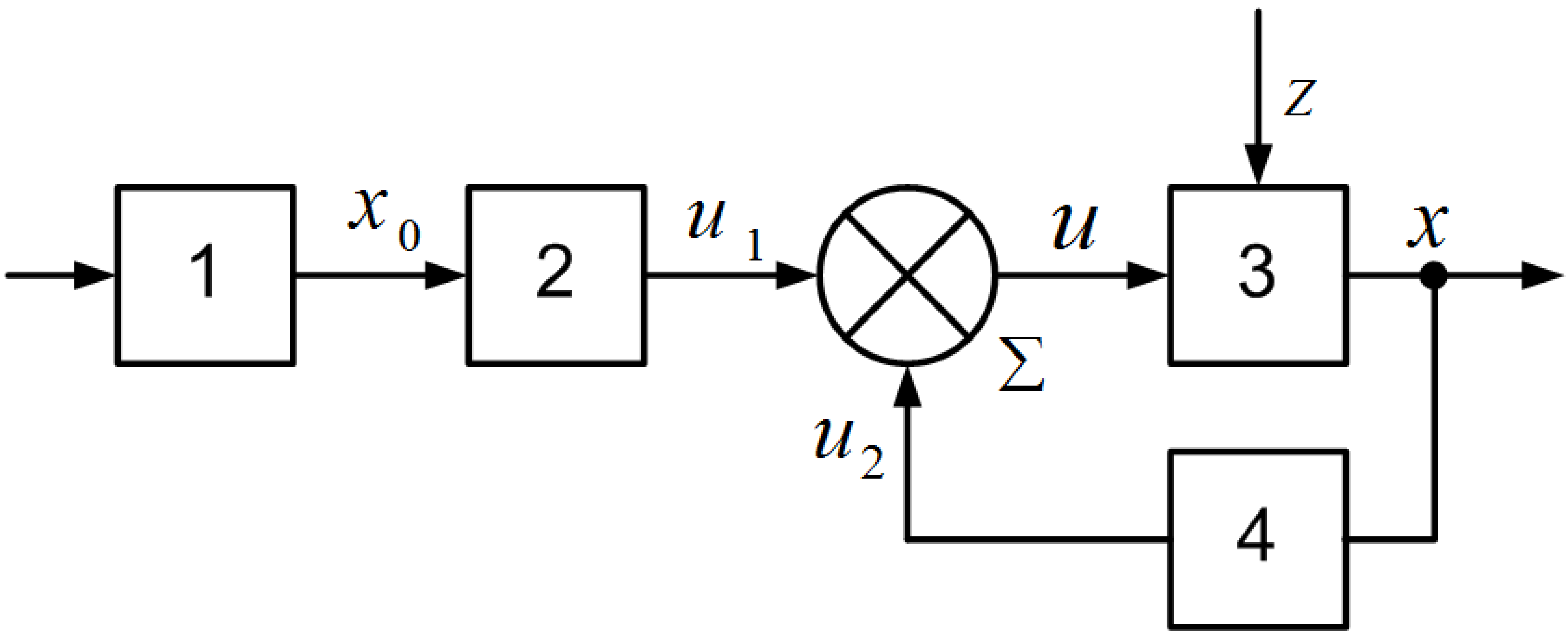


Рис. 4

Частный вид замкнутых систем

$$\Delta x = x_0 - x$$

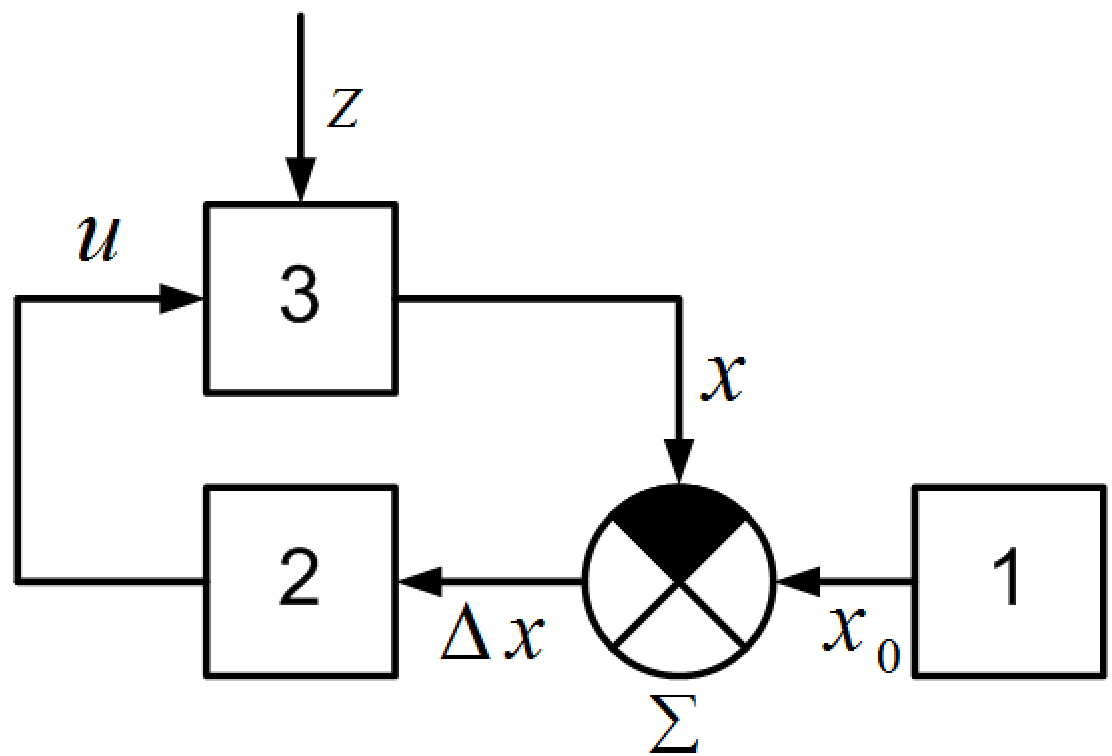


Рис. 5

Комбинированное регулирование по возмущению и отклонению

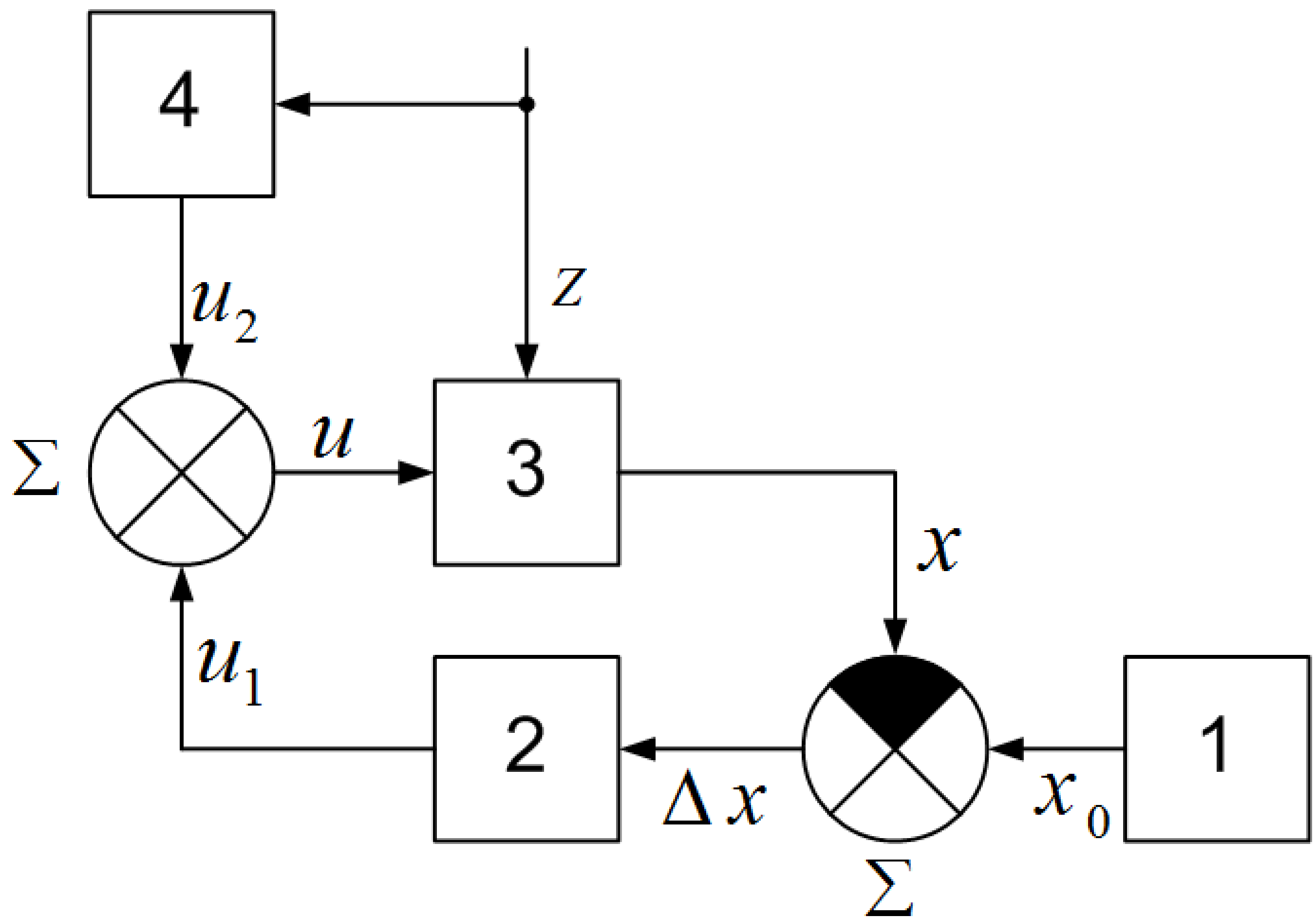
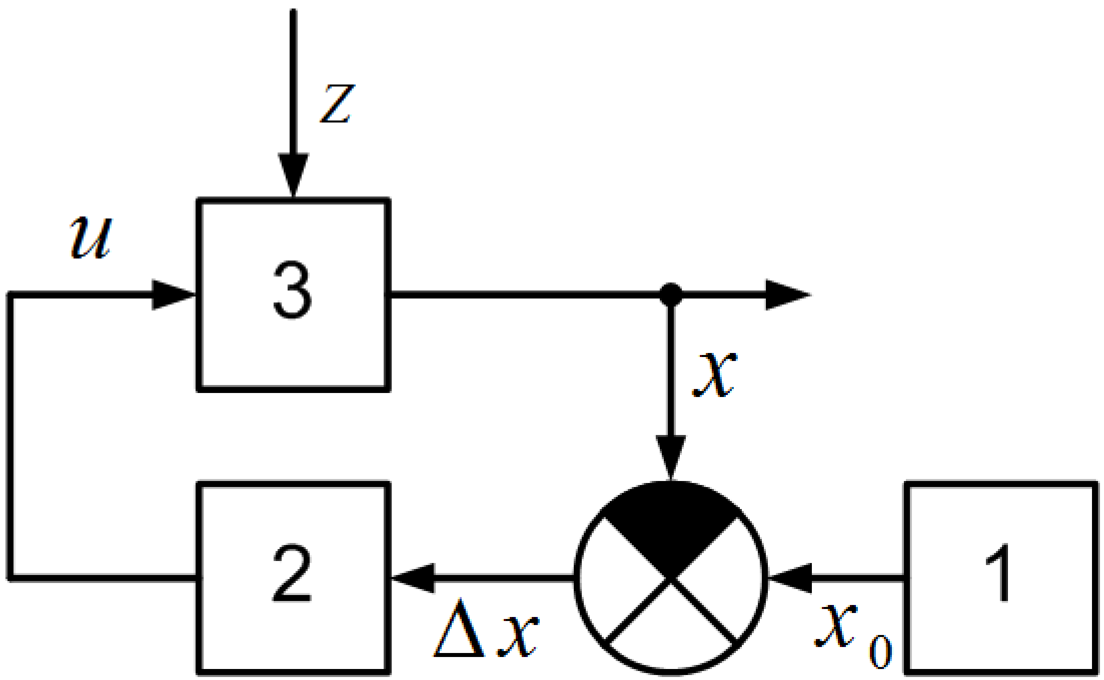


Рис. 6

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ АЛГОРИТМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

СТАБИЛИЗАЦИЯ

$$x_0(t) = const$$



$$\begin{cases} x = k_0 * u - k_z * z \\ u = k_p * \Delta x = k_p(x_0 - x) \end{cases}$$

$$x = k_p * k_0 * x_0 - k_0 * k_p * x - k_z * z$$

$$x = \frac{k_0 * k_p}{1 + k_0 * k_p} * x_0 - \frac{k_z}{1 + k_0 * k_p} * z$$

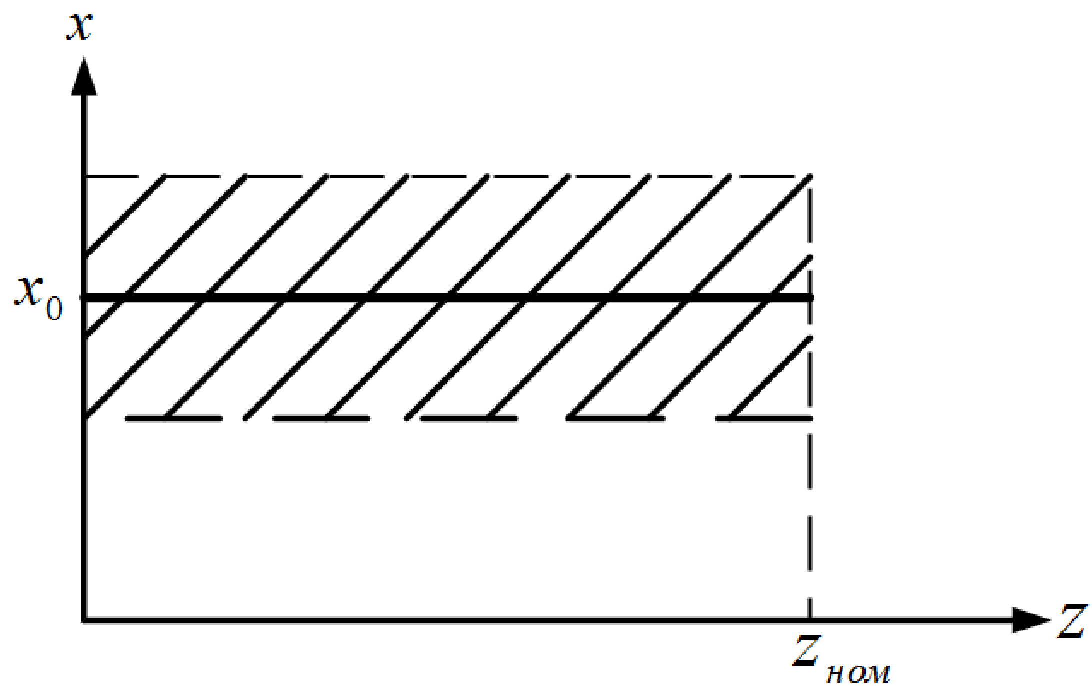


Рис. 7

$$\Delta x_{\text{ст.}} = x_0 - x = x_0 - \frac{k_0 k_p}{1 + k_0 k_p} x_0 + \frac{k_z}{1 + k_0 k_p} z = \frac{1}{1 + k_0 k_p} x_0 + \frac{k_z}{1 + k_0 k_p} z$$

ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

СИСТЕМЫ С ПОИСКОМ ЭКСТРЕМУМА ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА

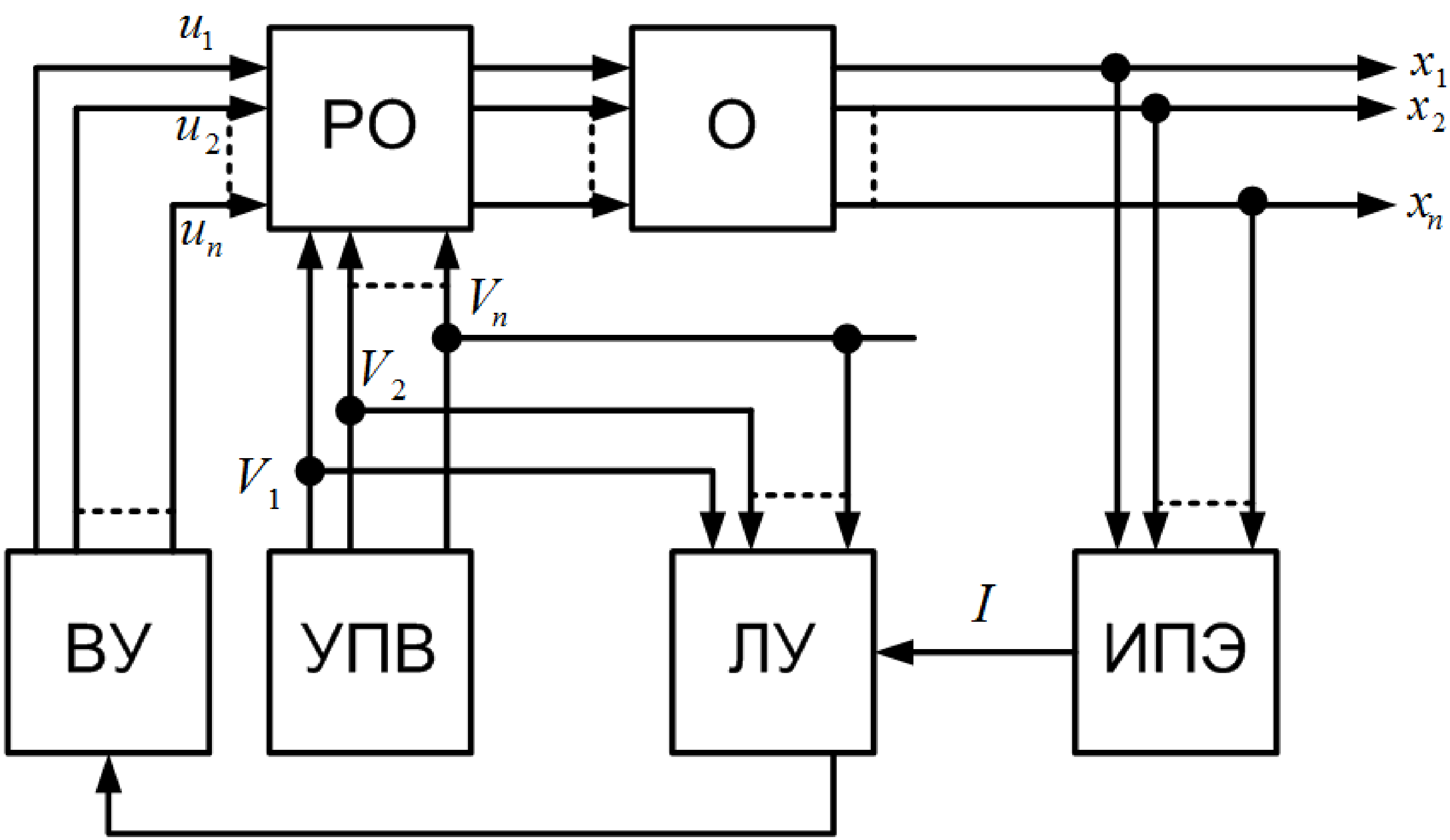


Рис. 8

$$I = F(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

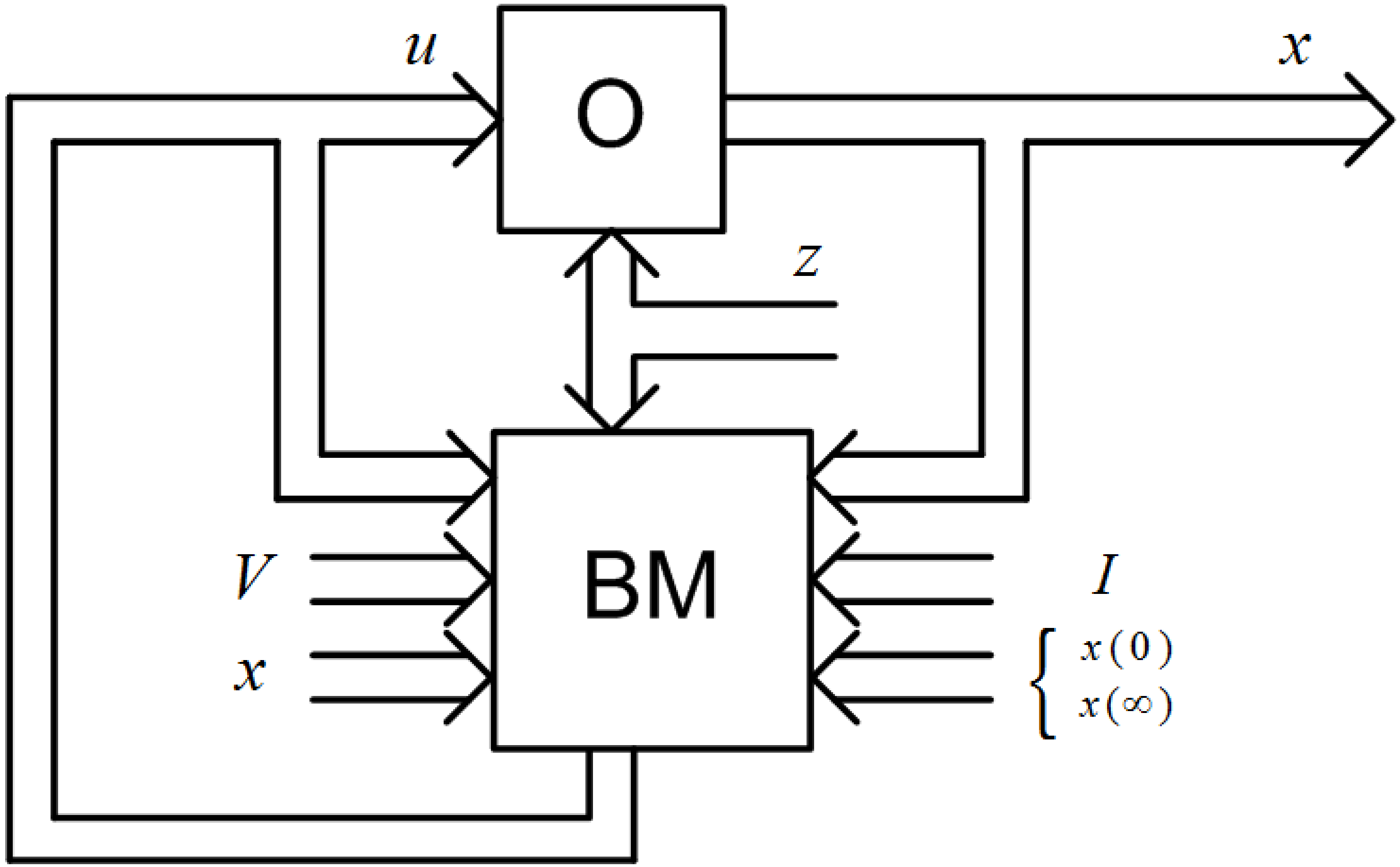


Рис. 9

АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ

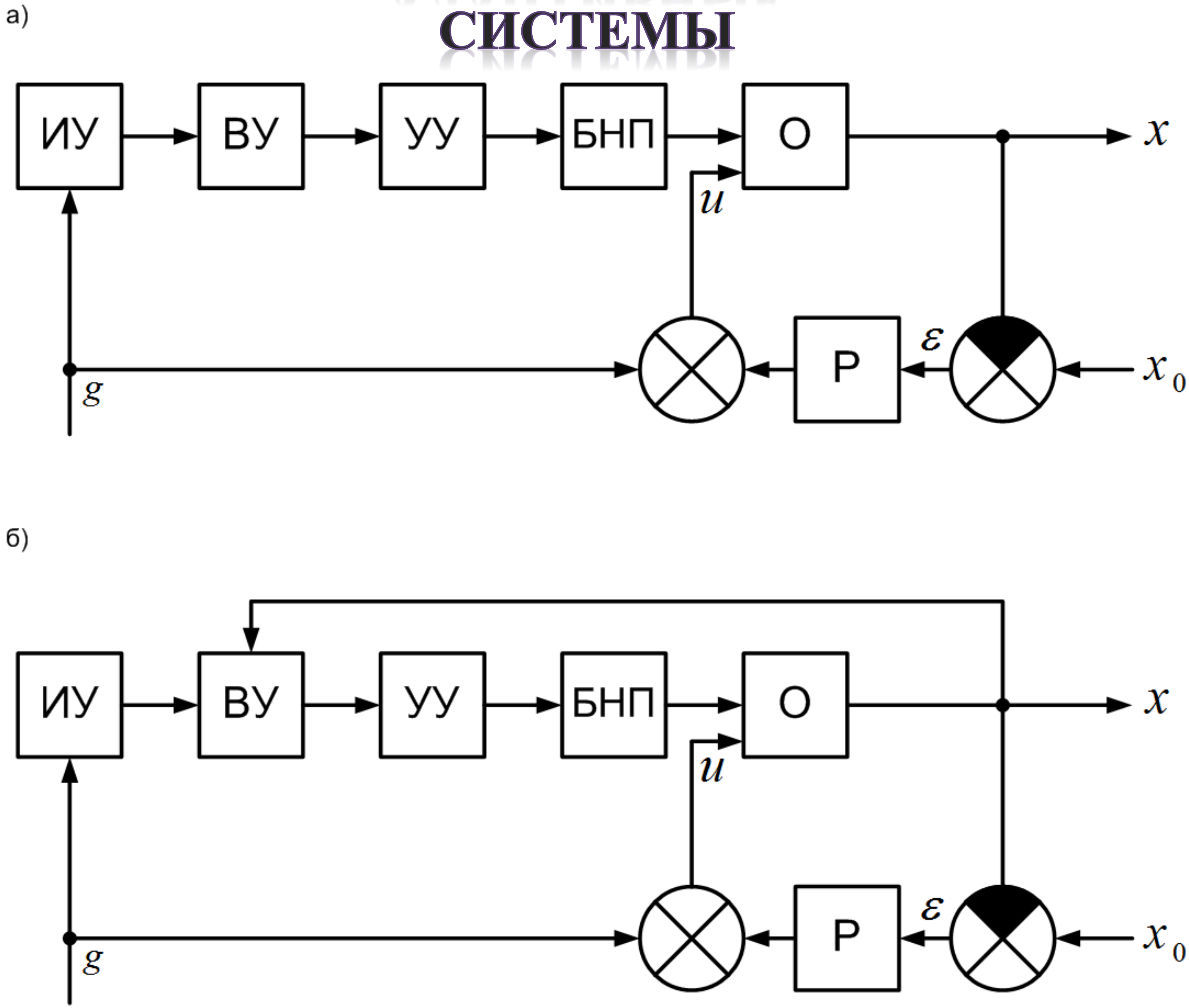


Рис. 10

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

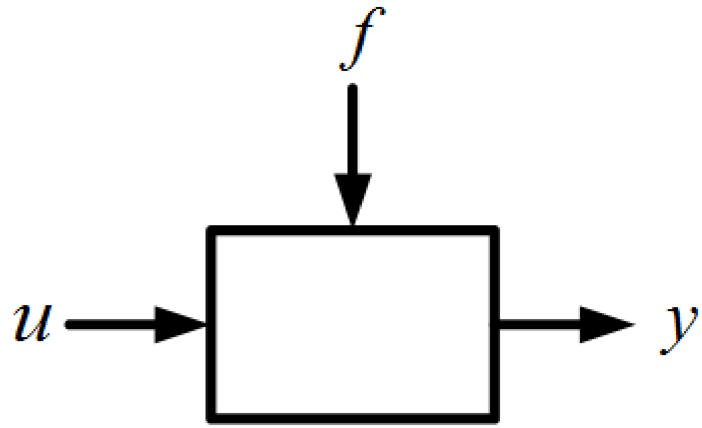


Рис. 2.1

$$F(y^0, 0{,}0, u^0, 0) + f^0 = 0$$

$$F(y, \dot{y}, \ddot{y}, u, \dot{u}) + f = 0$$

ЛИНЕАРИЗАЦИЯ

$$F(y, y', y'', u, \dot{u}) + f = 0$$

$$u = u^*, \dot{u} = \dot{u}^*, f = f^*, y = y^*, \dot{y} = \dot{y}^*, \ddot{y} = \ddot{y}^*$$

$$\Delta y = y - y^*,$$

$$\Delta u = u - u^*, \Delta f = f - f^*,$$

$$f = f^* + \Delta f, u = u^* + \Delta u, \dot{u} = \dot{u}^* + \Delta\dot{u}, \ddot{y} = \ddot{y}^* + \Delta\ddot{y}$$

$$F^* = \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^* * \Delta y + \left(\frac{\partial F}{\partial \dot{y}}\right)^* * \Delta\dot{y} + \left(\frac{\partial F}{\partial \ddot{y}}\right)^* * \Delta\ddot{y} +$$

$$+ \left(\frac{\partial F}{\partial u}\right)^* * \Delta u + \left(\frac{\partial F}{\partial \dot{u}}\right)^* * \Delta\dot{u} + f^* + \Delta f = 0$$

$$F^{*} + f^{*} = 0$$

$$a_0 \Delta \ddot{y} + a_1 \Delta \dot{y} + a_2 \Delta y \text{-} b_0 \Delta \dot{u} - b_1 \Delta u - c_0 \Delta f = 0$$

$$a_0 = \left(\frac{\partial F}{\partial \ddot{y}}\right)^{*}; a_1 = \left(\frac{\partial F}{\partial \dot{y}}\right)^{*}; a_2 = \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^{*}$$

$$b_0 = \left(\frac{\partial F}{\partial \dot{u}}\right)^{*}; b_1 = \left(\frac{\partial F}{\partial u}\right)^{*}; c_0 = -1$$

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ЛИНЕАРИЗАЦИЯ

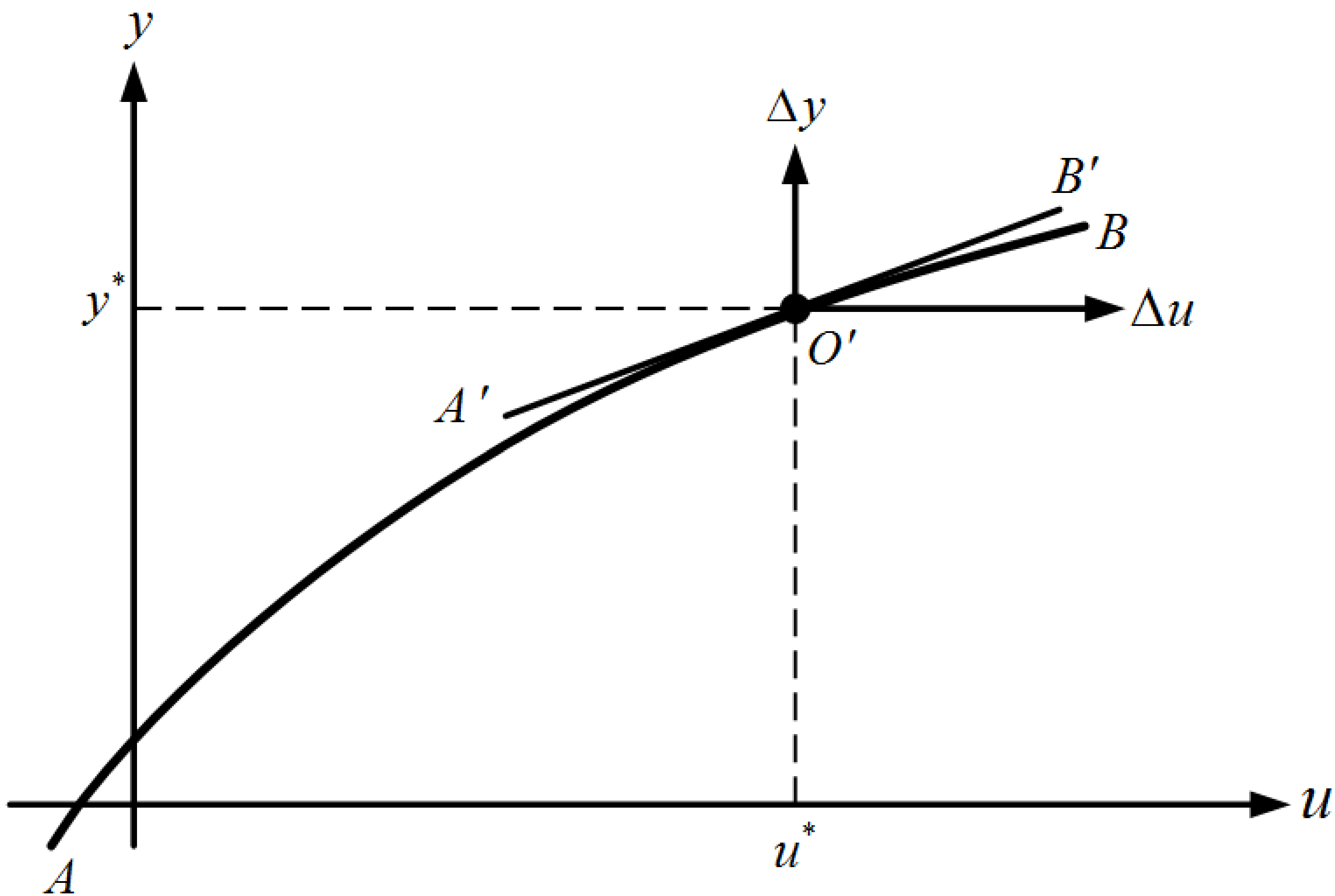


Рис. 2.2

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛАПЛАСА

1. ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ ОРИГИНАЛА

Если начальные условия (н.у.) нулевые: $x(0) = \dot{x}(0) = \cdots = x^{n-1}(0) = 0,$ то

Можно записать L$\{x^{(n)}(t)\}$=$S^n * X(s)$

При нулевых н.у. дифференцирование оригинала соответствует умножению изображения на S.

2. ИНТЕГРИРОВАНИЕ ОРИГИНАЛА

Интегрирование оригинала сводится к делению изображения на S:

$$L\left\{\int_0^t x(t)dt\right\} = \frac{X(s)}{S}$$

3. ТЕОРЕМА ЗАПАЗДЫВАНИЯ

Для любого положительного τ преобразовав

$$L\{x(t-\tau)\} = e^{-s\tau}L\{x(t)\} = e^{-s\tau}X(s)$$

4. ТЕОРЕМА О СВЁРТКЕ (ТЕОРЕМА УМНОЖЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ)

Если $x_1(t)$ и $x_2(t)$ – оригиналы,
а $x_1(s)$ и $x_2(s)$ – их изображения,

$$\text{то} x_1(s) * x_2(s) = \int_0^t x_1(\tau) * x_2(t-\tau)d =$$

$$=\int_0^t x_2(\tau)x_1(t-\tau)d\tau$$

Интеграл в правой части называется свёрткой функций.

5. ТЕОРЕМА О ПРЕДЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ

Если $x(t)$ – оригинал, а X(s) – его изображение, то $x(0) = \lim_{s\to\infty} X(s)$ и при существовании предела $x(\infty) = \lim_{t\to\infty} x(t)$, существует предел

$$x(\infty) = \lim_{s\to 0} X(s)$$

$$X(S) = \int_{0}^{\infty} x(t)e^{-st}dt$$

$$x(t) = X(s)$$

$$X(s) = x(t)$$

ФОРМЫ ЗАПИСИ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ. ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ФУНКЦИИ

$$a_0\ddot{y} + a_1\dot{y} + a_2 y\text{-}b_0\dot{u} - b_1 u - c_0 f = 0$$

$$a_0 p^2 y + a_1 py + a_2 y = b_0 pu + b_1 u + c_0 f$$

$$(a_0 p^2 y + a_1 p + a_2)y = (b_0 p + b_1)u + c_0 f$$

$$Q(p) = a_0 p^2 + a_1 p + a_2$$

$$R_1(p) = b_0 p + b_1$$

$$R_2(p) = c_0$$

$$Q(p)y = R_1(p)u + R_2(p)f$$

ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ФУНКЦИИ

$$W_1(p) = \frac{R_1(p)}{Q(p)} = \frac{b_0 p + b_1}{a_0 p^2 + a_1 p + a_2}$$

$$W_2(p) = \frac{R_2(p)}{Q(p)} = \frac{c_0}{a_0 p^2 + a_1 p + a_2}$$

$$y = W_1(p)u + W_2(p)f$$

$$\left(a_0 s^2 + a_1 s + a_2\right)Y(s) = (b_0 s + b_1)U(s) + c_0 F(s)$$

$$W_1(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{b_0 s + b_1}{a_0 s^2 + a_1 s + a_2};$$

$$W_2(s) = \frac{Y(s)}{F(s)} = \frac{c_0}{a_0 s^2 + a_1 s + a_2}$$

$$Y(s) = W_1(s)U(s) + W_2(s)F(s)$$