

## ЗАБОЙНЫЙ КОНВЕЙЕР КАК ЗВЕНО ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ В ПРОФИЛЕ ПЛАСТА

Каганюк А.К., канд. техн. наук, доц.; Саулин В.К. асс.

*Описан забойный конвейер как объект управления в профиле пласта и предложены структурные схемы объекта управления.*

*Working face conveyor was described as a management object in seam profile and a structural schemes were proposed.*

Положение рабочего органа угледобывающих комбайнов в профиле пласта определяется положением забойного конвейера, возмущающими воздействиями, приложенными как к корпусу комбайна, так и конвейеру, поверхностями подготовленных в предыдущих циклах машинных дорог [1].

В общем случае, приняв за интервал дискретности шаг передвижка забойного конвейера, его положение можно охарактеризовать следующими уравнениями предоставленные в операторной форме (или постоянной скорости подачи комбайна):

$$Z_k(p; q) = f_z [Z_c(p; q) \alpha_c(p; q); f_1(p; q) f_2(p; q) \lambda_k \alpha_k \varphi_k], \quad (1)$$

$$\alpha_k(p; q) = f_\alpha [Z_c(p; q) \alpha_c(p; q); f_1(p; q) f_2(p; q) \lambda_k \alpha_k \varphi_k], \quad (2)$$

где  $\left. \begin{matrix} Z_k(p; q) \\ \alpha_k(p; q) \end{matrix} \right\}$  – операторы, характеризующие изменения текущих

координат завального борта конвейера и его наклона в поперечной плоскости проходящей через образующую точку рабочего органа и перемещающейся вместе с ней в продольном направлении (вдоль забоя) с определенной скоростью подачи;

$\left. \begin{matrix} Z_c(p; q) \\ \alpha_c(p; q) \end{matrix} \right\}$  – операторы, характеризующие текущие координаты и

наклон в поперечной плоскости машинных дорог подготовленных рабочим органом комбайна в предыдущих добычных циклах;

$\left. \begin{matrix} f_1(p; q) \\ f_2(p; q) \end{matrix} \right\}$  – операторы, характеризующие текущие возмущающие

воздействия (подштыбовку, вывалы и т.д.), соответственно приложенные к забойному и завальному бортам конвейера в поперечной плоскости, проходящей через точку С;

$\lambda_k$  – длина рештака;

$\alpha_k \varphi_k$  – допустимые углы скручивания и изгиба (в вертикальной плоскости) рештачного става.

Данная зависимость не может быть решена аналитически так как опроксимация поверхности почвы носит случайный характер определяемый не только параметрами уравнений (1) и (2), но и многими технологическими факторами. Задача определения положения конвейера может быть решена на ЭВМ или по специально разработанным алгоритмам.

Наиболее простым способом задания положения конвейера в пространстве может быть определено в случае исключения конструктивных ограничений [2], т.е. когда  $\lambda_k = 0$   $\alpha \rightarrow \pm n$ ;  $\varphi_k \rightarrow \pm n$

В этом случае предполагается что положение бортов скребкового конвейера – это ломаная кривая положение которой определяется вновь сформированной машинной дорогой и возмущающими воздействиями.

Тогда

$$Z'_k(p; q) = Z_c(p; q) \cdot e^{-q} + K_1 \cdot \alpha_c(p; q) \cdot e^{-q} + f_2(p; q), \quad (3)$$

$$\alpha'_k(p; q) = \alpha_c(p; q) \cdot e^{-q} + \frac{f_1(p; q) - f_2(p; q)}{B_{1,2}}, \quad (4)$$

Если конвейер полностью располагается на предыдущей машинной дороге и

$$Z'_k(p; q) = Z_c(p; q) \cdot e^{-2q} + K_2 \cdot \alpha_c(p; q) \cdot e^{-2q} + f_2(p; q), \quad (5)$$

$$\alpha'_k(p; q) = \frac{Z_c(p; q) \cdot (e^{-q} - e^{-2q}) + K_3 \alpha_c(p; q) \cdot e^{-q} - K_2 \alpha_c(p; q) \cdot e^{-2q}}{B_{1,2}} + \quad (6)$$

$$\frac{f_1(p; q) - f_2(p; q)}{B_{1,2}},$$

если конвейер располагается на двух предыдущих машинных дорогах,

где

$Z'_k(p; q), \alpha'_k(p; q)$  – операторы в первом приближении характеризующие текущее положение конвейера;

$$K_1 = B - (B_{1,2} + B_1)$$

$$K_2 = 2B - (B_{1,2} + B_1)$$

$B$  – ширина захвата рабочего органа;

$B_{1,2}$  – ширина рештака конвейера с лемехом;

$B_1$  – расстояние от забойного борта конвейера (лемеха) до выбранной на рабочем органе точки  $C$ .

Однако, практически влияние случайных поверхностей, характеризующих операторами  $Z'_k(p; q)$  и  $\alpha'_k(p; q)$ , на положение рабочего органа комбайна сглаживается рештками конвейера имеющими конечные размеры и кинематические связи ограничивающие их взаимное положение в пространстве.

Рассмотрим наиболее распространённый на практике случай, когда секции конвейера располагаются непосредственно на почве пласта. Вполне допустимо предположить, что опоры секции конвейера в продольной профильной плоскости могут рассматриваться как линейные, а в поперечной – как точечные.

В такой постановке задачу о положении борта конвейера можно было бы решать двояко: определить уравнение огибающей ломаной линии или сгладить кривую  $Z'_k(p; q)$  при помощи отрезков связанных между собой прямых.

Так как на практике рештаки конвейера при его передвижке усредняют штыбовую подушку и даже способны (при наличии лемеха) срезать неровности на почве пласта то следует из двух методов остановить свой выбор на методе сглаживания.

Поскольку речь идет о сглаживании случайной кривой на участках длиной  $\lambda_k$  (длина рештака конвейера) то в общем случае на этом участке функция  $Z'_k(p; q)$  нестационарна и её математическое ожидание является функцией  $x \equiv t$ , т.е. характеризуется прямой.

Обозначим координаты начала и конца  $m$ -го рештака соответственно  $t_{m-1}$ ;  $Z_{m-1}$  и  $t_m$ ,  $Z_m$ . Тогда координаты  $\bar{Z}_m$ , характеризующая среднее арифметическое между  $Z_{m-1}$ ;  $Z_m$  и положение сглаживающего отрезка прямой, будет определяться серединой интервала  $t_m - t_{m-1}$

Тогда,

$$\bar{Z}_m = \frac{1}{t_m - t_{m-1}} \cdot \int_{t_{m-1}}^{t_m} Z'_k(t) dt \quad (7)$$

или

$$\Delta \bar{Z}_m = \frac{1}{t_m} \cdot \int_0^{t_m} \Delta Z'_k(t) dt \quad (8)$$

при перенесении начала координат в точку  $Z_{m-1}$ ,

где  $Z'_k(t)$  – оригинал  $Z'_k(p;q)$  при  $q=\text{const}$ ;

$\Delta Z_m, \Delta Z'_k(t)$  – отклонение от координаты  $Z_{m-1} = Z_0$ .

Если принять, что  $t_m \cong t_k$ , то положение данного рештака конвейера можно определить уравнением:

$$Z_m(t) = Z_0 + b_m \cdot t = Z_0 + \frac{2t}{t_k^2} \int_0^{t_k} Z'_k(t) dt. \quad (9)$$

где  $t_k$  – интервал интегрирования, пропорциональный  $\lambda_k$ ;

$b_m$  – угловой коэффициент.

Коэффициент « $b_m$ » следует ограничить допустимыми взаимными положениями бортов соседних рештаков конвейера, т.е.

$$b_{\max, \min} = \pm \arctg \varphi_k.$$

Судя по уравнению (9), алгоритм определения текущих координат борта конвейера предполагает предварительное вычисление интеграла и нахождение углового коэффициента прямой, характеризующей скорость изменения координаты  $Z_m(t)$ .

Уравнение (9) характеризует линейно возрастающую функцию, формируемую двумя последовательно включёнными на время  $t_k$  интегрирующими звеньями с передаточными функциями  $\frac{2}{t_k^2 p}$  и  $\frac{1}{p}$  с начальным условием  $Z_0$ .

Структурная схема, реализующая алгоритм вычисления текущих координат борта конвейера кроме указанных выше передаточных функций должна включать звено, ограничивающее значение углового коэффициента, тактовый генератор импульсов с частотой  $\frac{1}{t_k}$  и элементы памяти для запоминания на интервалах  $t_k$  значений углового коэффициента и координат концов борта рештаков конвейера. В общем виде эта структурная схема показана на рис. 1.

Приведенная структурная схема характеризует передаточную функцию  $W_{Z_k}(p;q)$  сепаратного канала конвейера как звена объекта управления по текущей координате  $Z_k(p;q)$  определяющей положение опор комбайна. Текущее угловое положение рештаков конвейера может быть определено из уравнения:

$$\alpha_k(t) = \frac{1}{t_k} \cdot \int_0^{t_k} \Delta\alpha'_k(t) dt, \quad (10)$$

где  $\Delta\alpha'_k(t)$  - угловое отклонение от угла наклона предыдущего рештака.

Это уравнение также характеризует интегрирующее звено с передаточной функцией  $\frac{1}{p \cdot t_k}$  структурная схема, реализующая алгоритм

вычисления угловых положений конвейера, приведена на рис. 2.

Данная структурная схема характеризует передаточную функцию  $W_{\alpha_k}(p; q)$  сепараторного канала звена объекта управления по угловой координате  $\alpha_k(p; q)$ , определяющей угловое положение комбайна. Уравнения (3) – (6) позволяют определить передаточные функции прямых перекрёстных связей конвейера как звена объекта управления по возмущающим воздействиям  $f_1(p; q)$  и  $f_2(p; q)$ , а также обратных перекрёстных связей всего объекта (комбайна с конвейером) по его выходным координатам  $Z_c(p; q)$  и  $\alpha_c(p; q)$  [3]

Передаточные функции по возмущению

$$M_Z f_1(p; q) = 0 \quad (11)$$

$$M_Z f_2(p; q) = 1 \quad (12)$$

$$M_\alpha f_1(p; q) = \frac{1}{B_{1,2}} \quad (13)$$

$$M_\alpha f_2(p; q) = -\frac{1}{B_{1,2}} \quad (14)$$

а передаточные функции обратных перекрёстных связей равны:

$$L_{ZZ}(p; q) = \begin{cases} e^{-q} & \text{для } y - \text{я (3)} \\ e^{-2q} & \text{для } y - \text{я (5)} \end{cases}$$

$$L_{Z\alpha}(p; q) = \begin{cases} 0 & \text{для } y - \text{я (4)} \\ \frac{e^{-q} - e^{-2q}}{B_{1,2}} & \text{для } y - \text{я (6)} \end{cases}$$

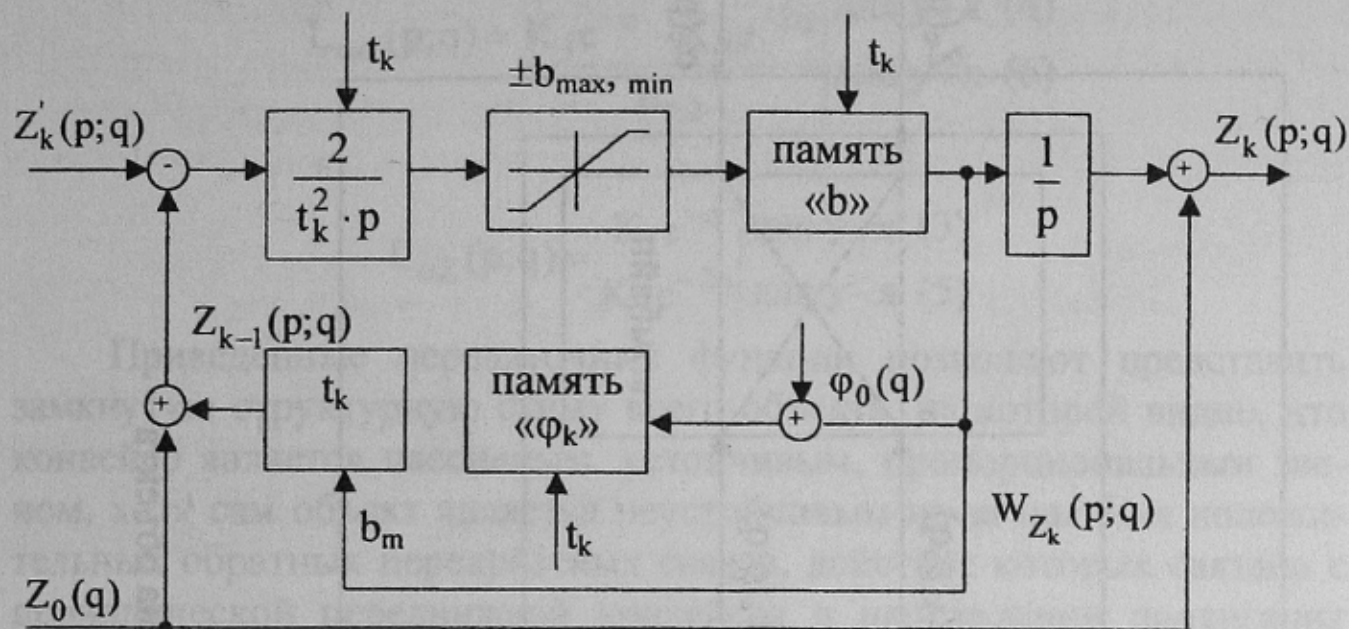


Рис. 1. Структурная схема формирования текущих координат борта конвейера

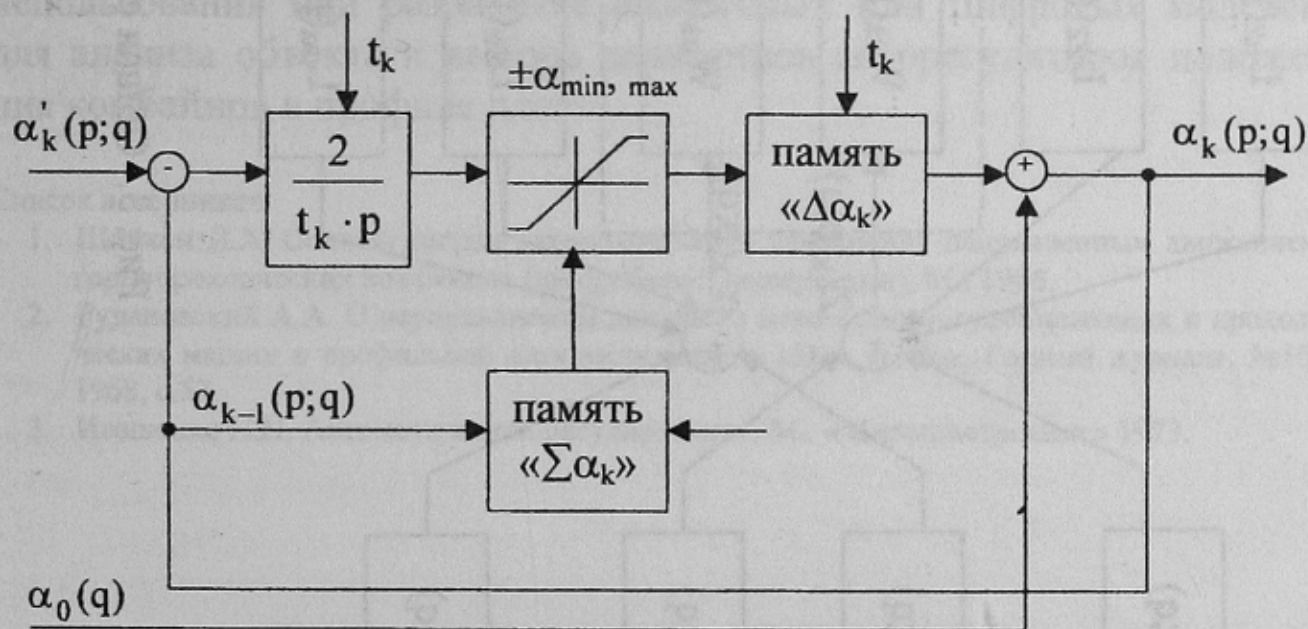


Рис. 2. Структурная схема формирования текущего углового положения рештаков конвейера.

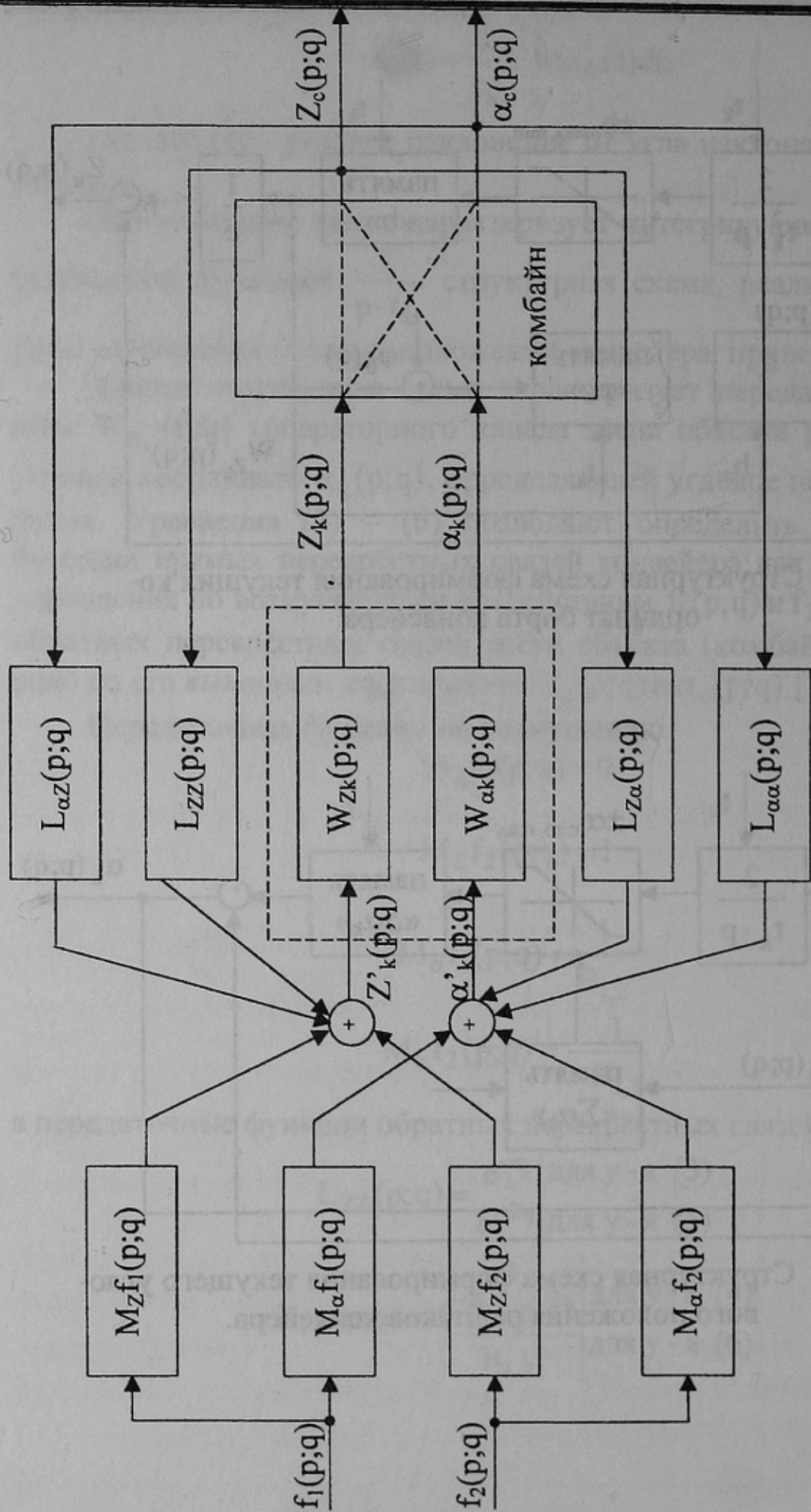


Рис. 3. Общая структурная схема объекта

$$L_{\alpha\alpha}(p; q) = \frac{e^{-q} - K_3 e^{-q} - K_2 e^{-2q}}{B_{1,2}} \left| \begin{array}{l} \text{для у - я (4)} \\ \text{для у - я (6)} \end{array} \right.$$

$$L_{\alpha Z}(p; q) = \frac{K_1 e^{-q}}{K_2 e^{-2q}} \left| \begin{array}{l} \text{для у - я (3)} \\ \text{для у - я (5)} \end{array} \right.$$

Приведенные передаточные функции позволяют представить замкнутую структурную схему всего объекта, из которой видно, что конвейер является пассивным, устойчивым, пропорциональным звеном, хотя сам объект является неустойчивым из-за наличия положительных обратных перекрестных связей, действие которых связано с периодической передвижкой конвейера в направлении подвигания забоя (рис. 3). Следует отметить, что в некоторых случаях, при наличии регулирующих органов, позволяющих воздействовать на  $Z_k(p; q)$  или  $\alpha_k(p; q)$  конвейер может быть активным звеном.

Выведенные передаточные функции конвейера как звена объекта управления и общая структурная схема объекта предназначены для использования при разработке аналоговых или цифровых моделей для анализа объекта и выбора параметров авторегуляторов положения комбайнов в профиле пласта.

#### Список источников:

1. Шойхем Л.А. Основы теории автоматического управления направленным движением горнопроходческих комбайнов (автореферат диссертации), М., 1966.
2. Рудановский А.А. О неуправляемом движении некоторых угледобывающих и проходческих машин в профильной плоскости пласта. «Изв. ВУЗов, Горный журнал», №10, 1968, с.57.
3. Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование. М., «Машиностроение» 1973.