ABBYY PDF Transformer 2.0
Click here to buy
www.ABBYY.com

ABBYY PDF Transformer 2.0
Click here to buy
www.ABBYY.com

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЕСОВОГО ДОЗАТОРА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

БАТЫРКАНОВ Ж.И., ЕРУЛАНОВА А.Е.
КГТУ им. И. Раззакова
izvestiya@ktu.aknet.kg

Опишем с помощью передаточных функций и получим математическую модель разработанного в [1] устройства – дозатора непрерывного действия. С позиции теории автоматического управления это устройство рассматривается как многомерный объект, связывая выходные сигналы объекта с каждым входным сигналом по каждой связи многомерного объекта. В области изображений такое описание реализуется с помощью передаточных функций по каждой связи

$$\begin{aligned} Y_1(p) &= W_{11}(\mathrm{p})U_1(p) + W_{12}(p)U_2(p) \\ Y_2(p) &= W_{21}(p)U_1(p) + W_{22}(p)U_2(p) \end{aligned};$$

или в матричной форме

$$\begin{bmatrix} Y_1(p) \\ Y_2(p) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{11}(p) & W_{12}(p) \\ W_{21}(p) & W_{22}(p) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} U_1(p) \\ U_2(p) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Здесь передаточные функции в общем виде выглядят так:

$$W_{11}(p) = k_{11}\frac{1}{\grave{O}p + a_4}; \quad (2)$$

$$W_{12}(p) = k_{21}\frac{c_1 p^2 + c_2 p + c_3}{p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3}; \quad (3)$$

$$W_{21}(p) = 0;$$

$$W_{22}(p) = k_{22}\frac{b_1 p^2 + b_2 p + b_3}{p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3}. \quad (4)$$

или

$$\begin{bmatrix} Y_1(p) \\ Y_2(p) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{k_{11}}{\grave{O}p + a_4} & \dfrac{c_1 p^2 + c_2 p + c_3}{p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3} \\ 0 & \dfrac{b_1 p^2 + b_2 p + b_3}{p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} U_1(p) \\ U_2(p) \end{bmatrix} \quad (5)$$

Передаточные функции (2-4) получены следующим образом.

Передаточную функцию весового транспортера и весоизмерительной системы $W_{11}(p)$ представим апериодическим звеном первого порядка. Это канал «первый вход – первый выход»

ABBYY PDF Transformer 2.0
Click here to buy
www.ABBYY.com

$$W_{11}(p) = k_{11}\frac{1}{Tp+1}. \qquad (6)$$

Передаточная функция по каналу «первый вход – второй выход» $W_{12}(p)$ имеет вид

$$W_{12}(p) = k_{12}e^{-\tau p}W_{\hat{a}\mathring{a}\tilde{n}}(\mathrm{p}) = \mathrm{k}_{12}e^{-p\tau}\frac{2v}{L}\left(\frac{2(1-e^{-\frac{p\tau}{2}})^2}{\tau p^2}\right). \qquad (7)$$

Передаточная функция по каналу «второй вход –первый выход» $W_{21}(p)$

$$W_{21}(p) = k_{21}. \qquad (8)$$

Передаточная функция $W_{22}(p)$ по второму каналу «второй вход –второй выход» имеет вид

$$W_{22}(p) = k_{22}e^{-\tau p}W_{\hat{a}\mathring{a}\tilde{n}}(\mathrm{p}) = \mathrm{k}_{22}e^{-p\tau}\frac{2v}{L}\left(\frac{2(1-e^{-\frac{p\tau}{2}})^2}{\tau p^2}\right), \qquad (9)$$

здесь $W_{\hat{a}\mathring{a}\tilde{n}}(p) = \frac{2v}{L}\left(\frac{2(1-e^{-\frac{p\tau}{2}})^2}{\tau p^2}\right)$ - передаточная функция весоизмерителя типа встроенная роликоопора ;

Для удобства дальнейшего использования разлагаем звено запаздывания в степенной ряд Паде 1[го] порядка

$$e^{-p\tau} = \frac{2-p\tau}{2+p\tau} = \frac{2-4p}{2+4p} \qquad (10)$$

Для нашего примера

$\tau = \frac{L}{v} = 4\tilde{n}$ - время запаздывания;

$L = 1\grave{\imath}$ - длина транспортерной ленты;

$v = 0.250\grave{\imath}\ /\tilde{n}$-скорость движения транспортерной ленты;

$\grave{O} = 1\tilde{n}$ - постоянная времени.

Коэффициенты передаточных функций – это коэффициенты усиления сигналов по соответствующим каналам. Эти коэффициенты имеют в общем случае разные размерности. Размерности коэффициентов определяются размерностями входных и выходных величин объекта управления.

Статический коэффициент k_{11}, показывает зависимость весового расхода сыпучего материала от скорости движения транспортерной ленты

$$k_{11} = S\rho, \frac{\grave{o}}{\grave{\imath}}. \qquad (11)$$

Весовой расход сыпучего материала Q находим следующим образом:

$$Q = vS_{\eth\eth.}\,\rho, \qquad (12)$$

где $v, м/с$ - скорость движения транспортерной ленты;

$S_{\eth\eth.}, \grave{\imath}^2$ - площадь выпускного отверстия бункера;

ABBYY PDF Transformer 2.0
Click here to buy
www.ABBYY.com

ABBYY PDF Transformer 2.0
Click here to buy
www.ABBYY.com

$\rho, m/м^3$ - насыпная плотность сыпучего материала (песок).

Для определения площади выпускного отверстия бункера выполним вспомогательные построения (рис. 1). Выпускное отверстие, имеющее вид трапеции, обозначено как DEBC.

Заданы: b=DC - ширина обрушающегося с питателя слоя материала, a - уменьшение высоты слоя материала при выходе сыпучего материала из отверстия, зависящей от крупности частиц, $\angle 45^0$- угол естественного откоса,

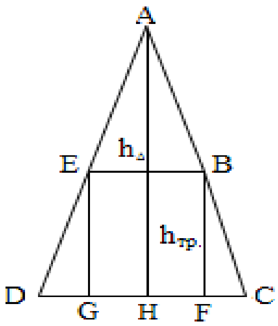

Рис. 1. Форма выпускного отверстия.

Уменьшение высоты слоя материала можно оценить по формуле (13).

$$a = \frac{\delta_{ср.}}{2.3} = 0.87мм, \qquad (13)$$

где $\delta_{ср}$ - средний размер частиц равный 2 мм. [3]

Опыт работ показывает, что рациональная высота выпускного отверстия принимается равной

$$h_{тр} = \frac{2}{3} h_{\Delta}, \qquad (14)$$

где $h_{\grave{o}\eth\,.}$ - высота трапеции;

$h_{\Delta} = tg45^0\, HC = 320мм$ - высота ΔDAC.

При слишком маленькой высоте возможно забивание выпускного отверстия крупными включениями, увеличение высоты не дает эффекта, а способствует смещению материала на ленте.

Площадь выпускного отверстия вычисляется, как площадь трапеции

$$\mathrm{S}_{\grave{o}\eth.} = \frac{\mathrm{DC}+\mathrm{EB}}{2} \cdot (h_{\grave{o}\eth.} - \grave{a}) \qquad (15)$$

Для наиболее распространенной ширины ленты конвейера 800мм примем размер выпускного отверстия равным DC=640мм, EB=214мм. Тогда площадь трапеции в численном виде будет иметь вид

$$S_{\grave{o}\eth.} = \frac{640\,\text{ìì} + 214\,\text{ìì}}{2} \cdot (213\text{ìì} - 0.87\text{ìì}) = 427 \cdot 21213 = 90579\text{ìì}^2 \approx 0.09\,\text{ì}^2 \qquad (16)$$

В численном виде статический коэффициент k_{11} равен

$$k_{11} = S\rho = 0.09\text{ì}^2 \cdot 1.5\frac{\grave{o}}{\text{ì}^3} = 0.135\frac{\grave{o}}{\text{ì}}. (17)$$

Статический коэффициент k_{12} показывает зависимость изменения весового расхода сыпучего материала от степени открытия заслонки, т.е.

$$k_{12} = \frac{dQ}{dh} = \frac{d(v\rho S)}{dh} = v\rho\frac{dS}{dh}, \frac{\grave{o}}{\text{ñåê}\cdot\text{ì}}. (18)$$

ABBYY PDF Transformer 2.0
Click here to buy
www.ABBYY.com

ABBYY PDF Transformer 2.0
Click here to buy
www.ABBYY.com

Не сложно получить формулу

$$S = f(h) = D\tilde{N} \cdot h - \frac{1}{tg45^0} h^2 . \qquad (19)$$

Определяем

$$\frac{dS}{dh} = D\tilde{N} - 2h \qquad (20)$$

Для рассматриваемого примера при h=0.213м, DC=0.640м

$$\frac{dS}{dh} = 0.640 ì - 2 \cdot 0.213 = 0{,}214 ì \quad .(21)$$

В численном виде статический коэффициент k_{12} равен:

$$k_{12} = 0.25 \frac{ì}{ñåê} \cdot 1.5 \frac{ò}{ì^3} \cdot 0.214 ì = 0.08 \frac{ò}{ñåê \cdot ì} (22)$$

Статический коэффициент k_{21} показывает зависимость погонной нагрузки от скорости движения транспортерной ленты $k_{21}, \frac{ò}{ì}$. Погонная нагрузка или слой сыпучего материала не зависит от скорости движения транспортерной ленты, поэтому коэффициент k_{21} равен нулю

$$k_{21} = 0 . \qquad (23)$$

Статический коэффициент k_{22} показывает зависимость погонной нагрузки от степени открытия заслонки

$$k_{22} = \rho \frac{dS}{dh} L, \frac{ò}{ì} . \qquad (24)$$

В численном виде статический коэффициент k_{22} равен

$$k_{22} = 0.214 ì \cdot 1.5 \frac{ò}{ì^3} \cdot 1 ì = 0.321 \frac{ò}{ì} .(25)$$

Теперь получим передаточные функции для каждого канала в численном виде:

$$W_{11}(p) = 0.135 \frac{1}{p+1} ; \qquad (26)$$

$$W_{12}(p) = 0.08 \cdot \frac{2-4p}{2+4p} \cdot 0.5 \cdot 2 \left(\frac{2p\frac{4}{2}}{2+p\frac{4}{2}} \right)^2 / 4p^2 = 0.08 \cdot \frac{2(1-2p)}{2(1+2p)} \cdot 0.5 \cdot \frac{2 \cdot 16 p^2}{(2+2p)^2} \cdot \frac{1}{4p^2} =$$

$$= 0.08 \frac{1-2p}{1+2p} \cdot \frac{1}{(p+1)(p+1)} = 0.08 \frac{1-2p}{2p^3 + 5p^2 + 4p + 1} = \frac{0.04 - 0.08p}{p^3 + 2.5p^2 + 2p + 0.5} ; \qquad (27)$$

ABBYY PDF Transformer 2.0
Click here to buy
www.ABBYY.com

ABBYY PDF Transformer 2.0
Click here to buy
www.ABBYY.com

$$W_{21}(p) = k_{21} = 0; \tag{28}$$

$$W_{22}(p) = 0.321 \cdot \frac{2-4p}{2+4p} \cdot 0.5 \cdot 2\left(\frac{2p\frac{4}{2}}{2+p\frac{4}{2}}\right)^2 / 4p^2 = 0.321 \cdot \frac{2(1-2p)}{2(1+2p)} \cdot 0.5 \cdot \frac{2 \cdot 16p^2}{(2+2p)^2} \cdot \frac{1}{4p^2} =$$

$$= 0.321\frac{1-2p}{1+2p} \cdot \frac{1}{(p+1)(p+1)} = 0.321\frac{1-2p}{2p^3+5p^2+4p+1} = \frac{0.1605-0.321p}{p^3+2.5p^2+2p+0.5}. \tag{29}$$

Тогда многомерный объект для нашего примера в матричной форме имеет вид

$$\begin{bmatrix} Y_1(p) \\ Y_2(p) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{0.135}{p+1} & \dfrac{0.04-0.08p}{p^3+2.5p^2+2p+0.5} \\ 0 & \dfrac{0.1605-0.321p}{p^3+2.5p^2+2p+0.5} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} U_1(p) \\ U_2(p) \end{bmatrix} \tag{30}$$

Смоделируем полученный результат в программе VisSim. На первый вход объекта подадим единичную ступеньку, а через некоторое время подадим ступеньку и на второй вход. На осциллограмме видно, что первая выходная величина зависит не только от воздействия по первому входу, но и от воздействия по второму входу (рис. 2).

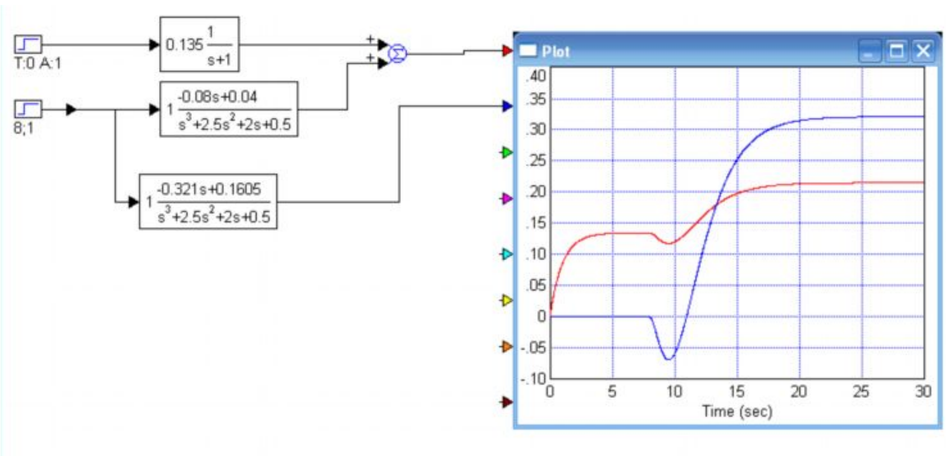

Рис. 2. Модель многомерного объекта.

Литература

1. Инновационный патент РК № 70288. Дозатор непрерывного действия /Еруланова А.Е., Шадрин Г.К. Опубликован 15.09.2011, бюл. №9.
2. Видинеев Ю.Д. Автоматическое непрерывное дозирование сыпучих материалов – М.: «Энергия», 1974.
3. Каталымов А.В., Любартович В.А. Дозирование сыпучих и вязких материалов. – Ленинград, 1990.