

ДИСКРЕТНА МОДЕЛЬ БАГАТОВАЛКОВИХ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ФАРБОВИХ ГРУП

Микола Луцків, Тарас Щесюк, Михайло Верхола

Розглядається задача моделювання процесу розкочування фарби в багатовалковому фарбовому апараті машин високого та плоского друку, які можна представити маловалковими елементарними групами, які мають ряд послідовних валиків.

Схема чотиривалкової елементарної групи, яка складається із чотирьох послідовно з'єднаних валиків і циліндрів однакового діаметра і розташованих на одній лінії, приведена на рис.1.

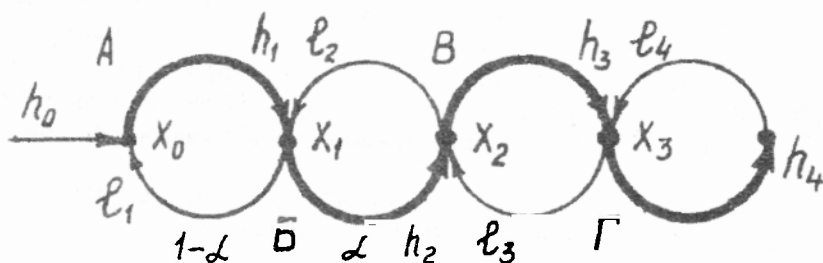


Рис. 1. Схема чотиривалкової елементарної групи

Шар фарби товщиною h_0 подається на перший валик у точку A і поступово розкочується. Зміна товщини шару фарби

на валиках (циліндрах) має ступеневі характери: вона змінюється в дискретні моменти часу проходження шару через точки контакту валиків (А, Б, В, Г) і є сталою незмінною в часі протягом півоберта валика. Тому зміна товщини фарбового шару при розкочуванні є дискретною функцією часу. Товщина фарбового шару $h(t)$ змінюється в дискретні моменти часу $t=nT$, де T -інтервал дискретності, тобто час проходження фарбового шару між точками контакту, наприклад, (А-В), $n=0,1,2,3,\dots$ - послідовність цілих чисел. За інтервал дискретності T можна прийняти той час пів-оберта валика. Товщина фарбового шару є дискретною функцією $h(nT)$ [1].

Розглянемо спочатку процес розкочування фарбового шару в елементарній групі, яка складається з двох валиків. Фарбовий шар товщиною h_0 поступає у фарбову групу в точці А і починає переміщатися. Після півоберта валика в точці Б фарбовий шар ділиться на дві частини з коефіцієнтами ділення α і $(1-\alpha)$ [1]. Перенос фарбового шару з точки А до точки Б проходить за час $t=IT$, тобто з запізненням на час IT . Після ділення фарбового шару в точці Б одна частина товщиною l_1 за час IT поступає в точку А і сумується із вхідним потоком фарби. Друга частина фарбового шару товщиною h_2 за час IT поступає в точку В і після цього за час IT поступає в точку Б і сумується із шаром фарби h_1 . Проходження шару фарби із точки А в точку Б здійснюється за час $2T$.

Для опису дискретного процесу розкочування фарби скористаємося методом z -перетворення [2], який дає достатню точність для інерційних процесів, яким є фарбовий апарат. Від дискретної функції товщини $h(nT)$ фарбового шару перейдемо до її z -перетворення $h(z)$, яка несе інформацію про зміну товщини шару фарби при її розкочуванні, і за нею легко можна відновити ступеневу функцію, яка відображає розкочування фарби в дискретні моменти часу.

Використовуючи метод z -перетворення [2], запишемо z -перетворення товщини шару фарби x_0 у точці А

$$x_0(z) = \tilde{h}_0(z) + l_1(z). \quad (1)$$

Для точки Б - перетворення товщини шару фарби перед моментом сумування

$$h_1(z) = x_0(z)z^{-1}. \quad (2)$$

Фізично оператор можна розглядати як затримку (запізнення) на час IT .

Z -перетворення товщини фарбового шару x_1 в точці Б

$$x_1(z) = h_1(z) + l_2(z). \quad (3)$$

Товщина шару фарби перед моментом сумування в точці А з врахуванням коефіцієнта ділення фарб

$$l_1(z) = (1 - \alpha)x_1(z)z^{-1}. \quad (4)$$

Аналогічно для товщини шару фарби h_2 в точці В

$$h_2(z) = \alpha x_1(z)z^{-1}. \quad (5)$$

Цей шар, позначений як l_2 , знову подається в точку Б з затримкою

$$l_2(z) = h_2(z)z^{-1}. \quad (6)$$

На основі (1)-(6) на рис. 2 побудована структурна схема дискретної моделі елементарної фарбової групи, яка складається з двох валиків (виділена пунктиром).

За структурною схемою на основі формули Мезона [3] запишемо дискретну передаточну функцію, яка описує залежність z -перетворення товщини h_2 фарбового шару від товщини h_0 на вході групи

$$W_2(z) = \frac{h_2(z)}{h_0(z)} = \frac{\alpha z^{-2}}{1 - (1 - \alpha)z^{-2} - \alpha z^{-2}}. \quad (7)$$

Після перетворення

$$W_2(z) = \frac{\alpha z^{-2}}{1 - z^{-2}}. \quad (8)$$

Передаточна функція (8) має полюс $z=1$, тому процес розкочування фарбового шару в елементарній групі із двох валиків має інтегральний характер. Товщина фарбового шару h_2 поступово з постійною швидкістю наростає за кожний оберт валика.

Аналогічно можна записати передаточну функцію для товщини h_1

$$W_1(z) = \frac{h_1(z)}{h_0(z)} = \frac{z^{-1} - \alpha z^{-2}}{1 - z^{-2}}. \quad (9)$$

Передаточні функції (8) і (9) описують процес розкочування фарби в елементарній фарбовій групі, яка має два валика.

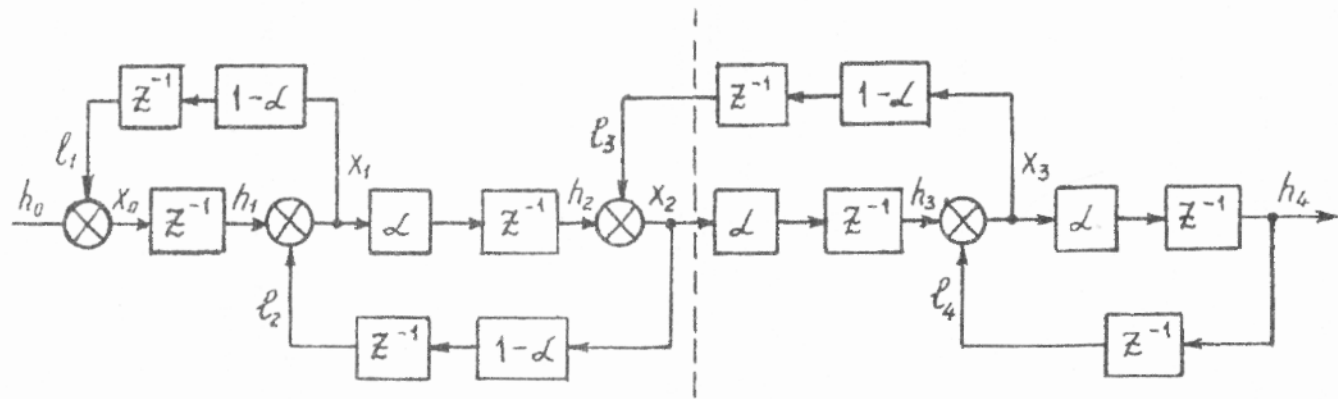


Рис. 2 Структурна схема

Тепер розглянемо процес розкочування фарбового шару в елементарній групі, яка складається з чотирьох валиків. По аналогії з (1) по (5) запишемо рівняння для товщини шару фарби в точках В і Г.

$$x_2(z) = h_2(z) + l_3(z) \quad (10)$$

$$l_2(z) = (1 - \alpha)x_2(z)z^{-1} \quad (11)$$

$$h_3(z) = \alpha x_2(z)z^{-1} \quad (12)$$

$$x_3(z) = h_3(z) + l_4(z) \quad (13)$$

$$l_3(z) = (1 - \alpha)x_3(z)z^{-1} \quad (14)$$

$$h_4(z) = \alpha x_3(z)z^{-1} \quad (15)$$

$$l_4(z) = h_4(z)z^{-1} \quad (16)$$

На основі (1) і (5) та (10)-(16) на рис. 2 побудована структурна схема дискретної моделі елементарної фарбової групи, яка складається з чотирьох валиків.

За структурною схемою запишемо дискретну передаточну функцію для елементарної фарбової групи із чотирьох валиків

$$W_4(z) = \frac{h_4(z)}{h_0(z)} = \alpha^3 z^{-4} [1 - (1 - \alpha)z^{-2} - \alpha(1 - \alpha)z^{-2} - \alpha(1 - \alpha)z^{-2} - \alpha z^2 + \alpha(1 - \alpha^2)z^{-4} + \alpha(1 - \alpha)z^{-4} + \alpha^2(1 - \alpha)z^{-4}]^{-1} \quad (17)$$

Після перетворень

$$W_4(z) = \frac{\alpha^3 z^{-4}}{1 - (1 + 2\alpha - 2\alpha^2)z^{-2} + (2\alpha - 2\alpha^2)z^{-4}} \quad (18)$$

Розклавши знаменник (18) на прості множники, одержимо

$$W_4(z) = \frac{\alpha^3 z^{-4}}{(1 - z^{-2})[1 - 2\alpha(1 - \alpha)z^{-2}]} \quad (19)$$

Дискретна передаточна функція є послідовним з'єднанням дискретних інтегруючої і інерційної ланок (2,3). Тому характер зміни товщини фарбового шару h_4 в елементарній фарбовій групі із чотирьох валиків має інтегральний характер. Швидкість наростання товщини

шару пропорційна кубу коефіцієнта ділення α^3 .

Аналогічно можна записати дискретну передаточну функцію для товщини шару фарби на інших валиках. Наприклад, для третього валика

$$W_3(z) = \frac{h_3(z)}{h_0(z)} = \frac{\alpha^2 z^{-3} (1 - \alpha z^{-2})}{(1 - z^{-2}) [1 - 2\alpha(1 - \alpha)z^{-2}]} \quad (20)$$

На основі дискретних передаточних функцій (8) і (9) на рис. 3 побудовані графіки зміни в часі товщини фарбового шару в елементарних фарбових групах, які складаються із чотирьох валиків, для коефіцієнта ділення фарбового шару $\alpha = 0,5$ при постійній подачі шарів фарби на виходах $h_0 = 1$. Швидкість наростання товщини шару фарби залежить від кількості валиків і коефіцієнта ділення фарбового шару.

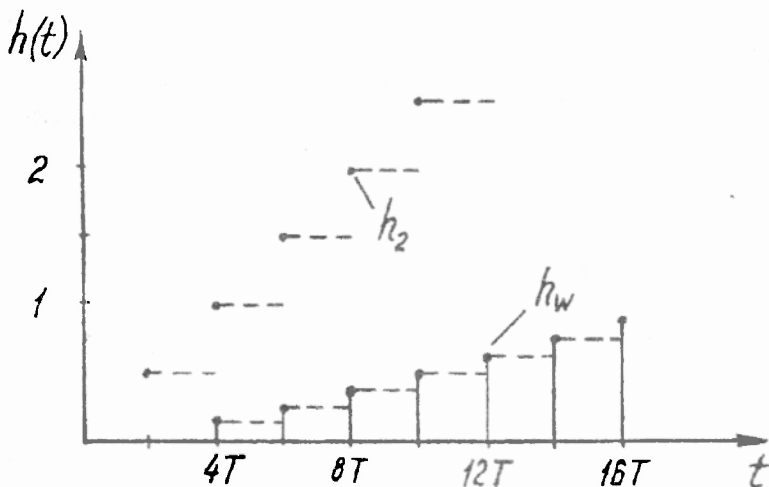


Рис.3. Графіки зміни товщини фарбового шару

Одержана залежність товщини шару фарби h_c на папері для елементарної фарбової групи, яка складається із послідовних валиків

$$h_c(z) = \beta \alpha^{k-1} z^{-k} \Delta_k^{-1}(s) h_0(z), \quad (21)$$

де β — коефіцієнт ділення шару фарби між останнім валиком і

стрічкою. k — кількість фарбових валиків, Δ_k — визначник структурної схеми моделі.

Зазначимо, що метод z - перетворення описує товщину шару фарби тільки в дискретні моменти часу, зображені на рис. 3 точками. Горизонтальні штрихові лінії дорисовані.

З проведеного аналізу робимо висновок, що елементарні фарбові групи є астатичними (інтегруючими) об'єктами регулювання. Одержані результати є основою для побудови і аналізу більш складних моделей фарбових груп.

Використання методу z -перетворення і структурних методів аналізу є зручними для розрахунків на ЕОМ.

Література

1. Казакевич В.В., Избицкий Э.И. Системы автоматического управления полиграфическими процессами. М.: "Книга", 1978. - 344 с.
2. Куо В. Теория и проектирование цифровых систем управления. М.: 1986. - 448 с.
3. Луцків М.М. Системи автоматичного керування ротаційними машинами з пружними зв'язками. К.:1991. - 71 с.