

УДК 681.624

**ВПЛИВ ЗАПОВНЕННЯ ФОРМИ НА ДИНАМІКУ  
ПРОЦЕСУ ПЕРЕДАЧІ ФАРБИ**

*Михайло Верхола, Роксолана Зіненко, Микола  
Луцків, Тарас Щесюк*

Заповнення форми друкуючими елементами суттєво впливає на динаміку процесу розкочування і передачі фарби на стрічку [2].

Кількісну оцінку цього впливу встановимо для простих елементарних фарбових груп.

Процес розкочування суцільного шару фарби в фарбовому апараті друкарської машини описується ступеневою функцією часу. Подамо процес розкочування фарби за допомогою дискретного перетворення Лапласа у вигляді  $z$ -перетворення на основі відомих співвідношень для процесу розкочування фарби в елементарних фарбових групах [1]. На основі цих співвідношень на рисунку побудована структурна схема моделі процесу розкочування фарби в елементарній фарбовій групі, яка складається з чотирьох валиків однакового діаметру. З останнього валика (форми) шар фарби передається на паперову стрічку.

Розглянемо вплив заповнення форми друкуючими елементами на динаміку процесу передачі фарби, зробивши такі допущення:

- на перший валик подається суцільний рівномірний шар фарби сталої товщини;
- площа друкуючих елементів форми рівномірно розділена по всій формі;
- нерівномірність шару фарби, який створюється після контакту форми із стрічкою згладжується внаслідок взаємодії накатних і розкатних валиків;
- товщину шару фарби, яка наноситься на паперову стрічку вважаємо рівномірно розділеною по всьому відбитку.

Степінь заповнення форми друкуючими елементами опишемо за допомогою коефіцієнта заповнення форми  $K_c$ , як відношення площі друкуючих елементів і друкарської форми [2]. Коефіцієнт заповнення форми залежить від типу форми і визначається рисунком форми і може змінюватися в широких межах  $0 < K_c < 1$  [2]. Чим менша площа друкуючих елементів на формі, тим ближче до нуля знаходиться цей коефіцієнт.

Розглянемо з початку просте послідовне з'єднання елементарних фарбових груп, яке складається із двох валиків і стрічки. Відповідно до структурної схеми моделі запишемо залежність зображення товщини шару фарби  $h_c$  на стрічці від товщини шару фарби, яка подається на перший валик

$$h_c(z) = \frac{\alpha\beta z^{-3}}{1 - (1 - \alpha)z^{-2} - \alpha(1 - \beta K_c)z^{-2}} h_0(z), \quad (1)$$

де  $\alpha$  і  $\beta$  — коефіцієнти ділення шару фарби відповідно між валиками та формою і паперовою стрічкою,  $h_0$  — товщина шару фарби, яка подається на перший валик.

Після перетворень дістанемо

$$h_c(z) = \frac{\alpha\beta z^{-3}}{1 + (\alpha\beta K_3 - 1)z^{-2}} h_0(z). \quad (2)$$

Розглянемо два граничних випадки.

Перший випадок, коли коефіцієнт заповнення форми  $K_3 \rightarrow 0$ , тобто на формі дуже мало друкуючих елементів, тоді

$$h_c(z) = \frac{\alpha\beta z^{-3}}{1 - z^{-2}} h_0(z). \quad (3)$$

Зробимо заміну оператора  $z^{-2}$  на  $z_2^{-1}$ , що рівнозначно двократному збільшенню періоду дискретності. Тоді дискретна передаточна функція (3) матиме один полюс

$$z_2 = 1 \quad (4)$$

При  $K_3 \rightarrow 0$  має місце критичний випадок, коли полюс передаточної функції знаходиться на межі стійкості [3]. Це означає, що в процесі розкочування фарби товщина шару фарби на стрічці поступово зростає і в фарбовій групі поступово накопичується фарба. При коефіцієнті заповнення форми  $K_3 = 0$  елементарна фарбова група за динамічними властивостями є інтегруючою ланкою.

Якщо коефіцієнт заповнення форми  $K_3 = 1$ , то із (2) одержимо

$$h_c(z) = \frac{\alpha\beta z^{-3}}{1 - (1 - \alpha\beta)z^{-2}} h_0(z). \quad (5)$$

Аналізуючи (5), робимо висновок, що при коефіцієнті заповнення форми  $K_3 = 1$  процес розкочування фарби за динамічними властивостями є інерційним об'єктом. Чим менший коефіцієнт заповнення форми, тим більша стала часу об'єкта.

Таким чином, при зміні коефіцієнта заповнення форми  $0 < K_3 < 1$  процес розкочування фарби змінює свої динамічні властивості від інтегруючого до інерційного об'єкту із різними коефіцієнтами передачі і сталими часу.

Коли в фарбовій групі є чотири валики і з останнього валика (форми) фарба передається на паперову стрічку, то за структурною схемою моделі запишемо залежність в зображеннях товщини шару фарби на стрічці від товщини шару фарби, яка подається на перший валик

$$h_c(z) = \alpha^3 \beta z^{-5} [1 - (1 - \alpha)z^{-2} - 2\alpha(1 - \alpha)z^{-2} - \alpha(1 - K_3\beta)z^{-2} + \alpha(1 - \alpha)^2 z^{-4} + \alpha(1 - \alpha)(1 - K_3\beta)z^{-4} + \alpha^2(1 - \alpha)(1 - K_3\beta)z^{-4}]^{-1} h_0(z). \quad (6)$$

Після перетворень дістанемо

$$h_c(z) = \frac{bz^{-3}}{1 + a_1z^{-2} + a_2z^{-4}} h_0(z), \quad (7)$$

де  $b = \alpha^3 \beta$

$$a_1 = K_3\alpha\beta - 2\alpha(1 - \alpha) - 1$$

$$a_2 = (1 - K_3\beta)(1 - \alpha)(\alpha + \alpha^2) + \alpha(1 - \alpha)^2.$$

Якщо прийняти коефіцієнти ділення шару фарби  $\alpha = \beta = 0,5$  [2], після обчислення (7) матимемо

$$h_c(z) = \frac{0,0625z^{-5}}{1 + (0,25K_3 - 1,5)z^{-2} + [0,375(1 - 0,5K_3) + 0,125]z^{-4}} h_0(z). \quad (8)$$

При коефіцієнті заповнення форми  $K_3 = 1$  дістанемо

$$h_c(z) = \frac{0,0625z^{-5}}{1 - 1,25z^{-2} + 0,3125z^{-4}} h_0(z). \quad (9)$$

При коефіцієнті заповнення форми  $K_3 = 0,1$  відповідно

$$h_c(z) = \frac{0,0625z^{-5}}{1 - 1,475z^{-2} + 0,48125z^{-4}} h_0(z). \quad (10)$$

Підкреслимо, що недивлячись на те, що різниця між коефіцієнтами знаменників в (9) та (10) незначна, статичні і динамічні характеристики процесу розкочування фарби при різних коефіцієнтах заповнення фарби будуть досить різними. Це є характерною особливістю дискретних передаточних функцій.

Використавши теорему про кінцеве значення  $z$ -перетворення

[3] із (7) можна одержати товщину шару фарби на стрічці в усталеному режимі роботи фарбової групи

$$\lim_{t \rightarrow \infty} h_c(t) = \lim_{n \rightarrow \infty} h_c(nT) = \lim_{z \rightarrow 1} \left[ \frac{z-1}{z} \frac{bz^{-5}}{1+a_1z^{-2}+a_2z^{-4}} h_0(z) \right]. \quad (11)$$

Приймаємо, що на перший валик передається постійний шар фарби у вигляді одиначної ступеневої функції, то їй відповідає  $z$ -перетворення [3]

$$h_0(z) = \frac{z}{z-1}. \quad (12)$$

Підставивши (12) в (11), після перетворень одержимо зручну формулу для визначення товщини шару фарби на стрічці в усталеному режимі фарбової групи, при балансі розходу і подачі фарби

$$h_c(t) = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{bz^{-5}}{1+a_1z^{-2}+a_2z^{-4}} h_0. \quad (13)$$

На основі (13) з використанням одержаних залежностей (8), (9) та (10) після обчислень одержимо залежність товщини шару фарби на стрічці в усталеному режимі для різних коефіцієнтів заповнення форми

$$\begin{aligned} h_c(K_3 = 1) &= 1h_0 \\ h_c(K_3 = 0,5) &= 2h_0 \\ h_c(K_3 = 0,1) &= 10h_0. \end{aligned}$$

Проведений аналіз показав, що в загальному випадку при довільному числі валиків в фарбовій групі товщина шару фарби на стрічці в усталеному режимі обернено пропорційна коефіцієнту заповнення форми

$$h_c = \frac{1}{K_3} h_0. \quad (14)$$

Таким чином, аналітичним шляхом доведено, що товщина шару фарби на стрічці в усталеному режимі подачі і відборі фарби обернено пропорційна коефіцієнту заповнення форми. Цей висновок підтверджується із неперервності потоку фарби, яка подається на вхід першого валика і яка подається на відбиток.

### <sup>1</sup> Література

1. *Верхола М.І., Луцків М.М., Щесюк Т.А.* Моделі розгалужених фарбових груп /Наукові праці конференції “Комп’ютерні технології друкарства “Друкотехн-96” - УАД, Львів. 1996. - с. 98-99.
2. *Казакевич В.В, Избицкий Э.И.* Системы автоматического управления полиграфическими процессами. - М.: Книга. 1978. - 187 с.
3. *Смит Д.М.* Математическое и цифровое моделирование для инженеров и исследователей. - М.: Машиностроение. 1980.