

УДК 681.624

## ОПЕРАТОРНИЙ МЕТОД ОПИСУ РОЗКОЧУВАННЯ ФАРБИ В ДРУКАРСЬКИХ МАШИНАХ

**М.І. Верхола, М.М. Луцків, В.Ф. Паньків**

*Обґрунтовується операторний метод для аналізу процесу розкочування фарби в друкарських апаратах.*

*Обосновывается операторный метод для анализа процесса раскатывания краски в печатных аппаратах.*

У роботах [2, 3] й інших для опису розкочування фарби в друкарських машинах було евристично використано операторний метод аналізу і введено поняття дискретних операторів

потоків фарби без належного обґрунтування, що утруднює сприйняття методу та фізичної сутності процесу розкочування фарби. Тому є потреба математичного обґрунтування операторного методу аналізу для опису розкочування фарби.

Розглянемо рух суцільного шару фарби по поверхні фарбового валика (циліндра) друкарської машини. Рівняння потоку фарби через переріз  $b \times h$  матиме вигляд [1]

$$Q_i = h_i \cdot b \cdot V, \tag{1}$$

де  $Q_i$  — витрата фарби за одиницю часу;  $h_i$  — товщина шару фарби на валику;  $b$  — довжина твірної валика;  $V$  — лінійна швидкість обертання валика.

Для незмінних значень швидкості і довжини твірної валика витрата фарби визначається товщиною шару фарби, яку візьмемо за змінну при описі руху фарби. При постійній подачі фарби на валик, схема якого наведена на рис.1, у зоні подачі здійснюються накладання вхідного шару фарби із зворотним потоком і наступне їх розщеплення в дискретні моменти часу при виході із зони.

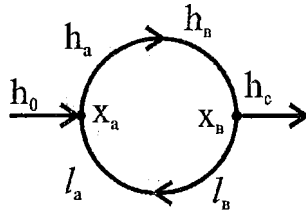


Рис.1. Схема фарбового валика

Зміна товщини шару фарби на валику є ступеневою функцією часу, тому що товщина шару змінюється в дискретні моменти часу проходження шару через зони контакту валиків і циліндрів і залишається незмінною в період між цими моментами часу.

На підставі відомих залежностей [1, 2] складемо систему рівнянь, яка описує розкочування шару фарби з врахуванням накладання шарів при вході в зону контактів, їх наступного розщеплення при виході з неї і переміщення між зонами контактів:

$$\begin{aligned} x_a(t) &= h_0(t) + I_a(t) & I_b^*(t) &= (1-\beta)x_b^*(t) \\ h_a^*(t) &= \alpha x_a^*(t) & I_a(t) &= I_b^*(t - T_2) \\ h_b(t) &= h_a^*(t - T_1) & h_c^*(t) &= \beta x_b^*(t), \\ x_b(t) &= h_b(t) \end{aligned} \tag{2}$$

де  $h_a, h_b, I_a, I_b, h_c$  — товщина шарів фарби прямих і зворотних потоків її в околі точок  $a$  та  $b$  контактів валика (циліндра) з передавальним валиком і паперовою стрічкою;  $\alpha, \beta$  — коефіцієнти ділення шару фарби у відповідних точках контакту;  $T_1, T_2$  — час проходження потоку фарби між точками контакту. (Зірочкою позначені товщини шару фарби в дискретні моменти часу, коли відбувається накладання і розщеплення шарів).

Для зручності аналізу запишемо систему рівнянь (2) в операторній формі, прийнявши, що товщина шару фарби між зонами контакту постійна, і ввівши дискретний час проходження потоків фарби  $T_1 = pT, T_2 = rT (p = T_1/T; r = T_2/T)$ :

$$\begin{aligned} x_a(s) &= h_0(s) + I_a(s) & I_b^*(s) &= (1-\beta)x_b^*(s) \\ h_a^*(s) &= \alpha x_a^*(s) & I_a^*(s) &= H_0(s) e^{-rTs} I_b^*(s) \\ h_b(s) &= H_0(s) e^{-pTs} h_a^*(s) & h_c(s) &= \beta H_0(s) x_b^*(s), \\ x_b(s) &= h_b(s) \end{aligned} \tag{3}$$

де  $T$  — період дискретності (час квантування);  $H_0(s)$  — передаточна функція фіксатора нульового порядку.

На підставі системи рівнянь (3) розроблено структурну схему моделі (рис.2) розкочування фарби фарбовим валіком. Товщина шару фарби  $h_a$  змінюється в дискретні моменти часу  $t=nT$ , де  $n$  — послідовність цілих чисел. Неперервні шари потоків фарби  $h(t)$ ,  $l(t)$  за допомогою ключів перетворюються в дискретні  $h^*$ ,  $l^*$ . За допомогою фіксатора нульового порядку формуються у степеневу функцію  $h_a$ ,  $l_a$ . Час проходження шару фарби з точки А в точку В характеризується дискретним запізненням  $p$ , а з точки В до точки А — дискретним запізненням  $r$ .

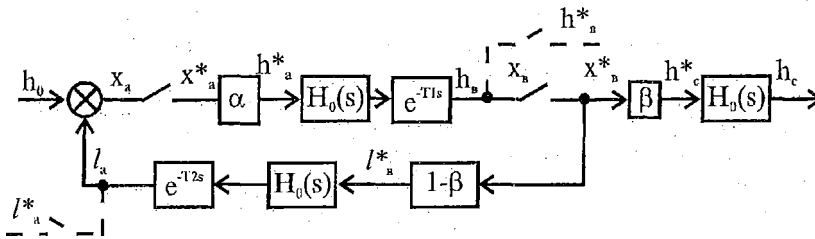


Рис. 2. Структурна схема моделі

Структурна схема моделі складається з ланок, які детально описують процес розкочування фарби. За схемою можна проаналізувати розкочування фарби відомими в теорії дискретних систем методами [4].

Зазначимо, що структурна схема фарбової групи з декількох валіків є замкненою системою з перехресними зв'язками, що ускладнює аналіз. Тому для спрощення аналізу використаємо дискретне перетворення Лапласа у вигляді  $z$ -перетворення [4].

Безпосередньо за структурною схемою (рис. 2) визначимо передаточну функцію приведеної неперервної частини прямого кола схеми:

$$P(s) = \frac{h_a(s)}{x_a(s)} = \alpha H_0(s) e^{-pTs} \tag{4}$$

Перейшовши до відносного часу, визначимо  $z$ -перетворення виразу (4):

$$P(z) = \frac{z-1}{z} Z \left\{ \frac{\alpha e^{-pTs}}{s} \right\} \tag{5}$$

Після перетворень з врахуванням теореми зміщення [4]

$$P(z) = \alpha z^{-p} \tag{6}$$

Аналогічно для зворотного кола схеми

$$R(z) = \frac{z-1}{z} Z \left\{ \frac{(1-\beta) e^{-rTs}}{s} \right\} \tag{7}$$

Після перетворень матимемо

$$R(z) = (1-\beta) z^{-r} \tag{8}$$

Дискретні передаточні функції (6) і (8) називають операторами передачі прямих і зворотних потоків фарби на валіку. Оператори враховують коефіцієнти передачі потоків фарби та час проходження (затримки) фарби між зонами контакту і значно спрощують аналіз фарбових груп.

На підставі одержаних результатів з використанням операторів передачі потоків фарби складено структурну схему моделі тривалкової фарбової групи (рис.3).

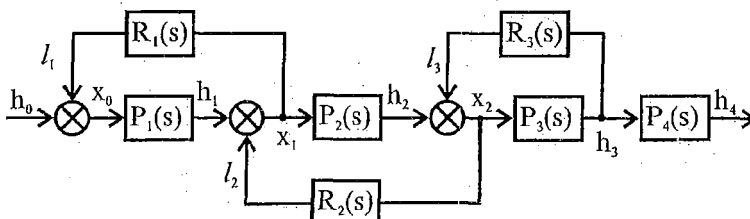


Рис. 3. Структурна схема моделі тривалкової фарбової групи

Безпосередньо за структурною схемою на підставі формули Мезона відносно просто можна визначити потрібні залежності. Наприклад, залежність товщини шару фарби на виході і вході

$$h_4(z) = \frac{P_1(z)P_2(z)P_3(z)P_4(z)}{\Delta(z)} h_0(z), \quad (9)$$

де визначник структурної схеми

$$\Delta(z) = 1 - P_1(z)R_1(z) - P_2(z)R_2(z) - P_3(z)R_3(z) + P_1(z)R_1(z)P_3(z)R_3(z). \quad (10)$$

Аналогічно можна записати й інші залежності.

Використання операторного методу значно спрощує аналіз і цифрове моделювання процесу розкочування та передачі фарби в друкарських машинах.

1. Алексеев Г.А. Красочные аппараты ротационных машин высокой и плоской печати. М., 1980.
2. Верхола М.І., Думанський І.Б., Луцків М.М. Розкочування рельєфу шару фарби в групі з двома накатними валиками // Комп'ютерні технології друкарства. ЗНП. Львів: УАД. 1998.
3. Верхола М.І., Луцків М.М. Моделювання процесу розкочування фарби у фарбовому апараті при дискретній подачі // Вісник ДУ «Львівська політехніка». 1998. №33. Т. 1.
4. Смит Д.М. Математическое и цифровое моделирование для инженеров и исследователей. М., 1980.