

УДК 681.624

М.М.Луцків, І.В.Шаблій, І.Б.Думанський

**РОЗРАХУНОК РЕЛЬЄФУ ФАРБИ, СТВОРЕНОГО НА
НАКАТНИХ ВАЛИКАХ**

Якість друкованої продукції залежить від рівномірності накочування фарби на друкарську форму. Однією з основних причин значного впливу на рівномірність шару фарби є її місцеві рельєфи, що створюються на накатних валиках внаслідок відбору фарби тільки друкуючими елементами форм високого й офсетного друку. Неповне використання довжини кола формного циліндра обумовлене конструктивними і технологічними причинами [1,2].

Висота рельєфу шару фарби на накатному валику, створеного смугастою формою, залежить від багатьох факторів, основними з яких є розподіл фарби по лініях передачі на форму та коефіцієнт передачі її з форми на папір. Знаючи розподіл фарби на накатних валиках, можна знайти висоту рельєфу. Але, як відмічається в монографії [4], фактичний розподіл фарби на валиках, циліндрах і накатних валиках визначити важко, тому це здійснюють шляхом прямого вимірювання в процесі друкування.

Для одержання достовірних результатів вимірювання необхідно забезпечити стабільні умови роботи фарбового апарата. Різні фактори, наприклад, температура, тиск у зонах контакту фарбових валиків і форми та ін., можуть значно вплинути на результати вимірювання. Тому автори статті пропонують висоту рельєфу розраховувати шляхом розроблення математичної моделі процесу накочування і передачі фарби з друкарської форми на папір та аналізу розподілу фарби на накатних валиках.

Розглянемо просту накатну фарбову групу, що складається з двох накатних валиків (рис.1). Приймаємо, що рівномірний неперервний шар фарби подається на четвертий валик, а з нього на вузловий, звідки, послідовно розщеплюючись на два погоки, передається на накатні валики, які накочують фарбу на друкарську форму, і далі на папір. Якщо на формі є смуга, на якій відсутні друкуючі елементи (умовно зображена на рис.1 у вигляді прямокутника), то в зоні контакту фарба не передається на форму, а залишається на першому накатному валику, утворюючи надлишок (зображений затемненим прямокутником), котрий називається рельєфом. При обертанні накатного валика рельєф розщеплюється в зоні контакту з вузловим валиком і потрапляє на форму, створюючи потовщення фарби порівняно із суміжними ділянками, як показано прямокутником. Зазначимо, що рельєфи фарби, створені при обертанні накатних валиків, можуть накладатися, внаслідок чого збільшується висота рельєфу. При побудові математичної моделі робимо такі припущення: аналіз проведемо у відносних одиницях виміру, вважаючи, що на четвертий валик подається шар фарби завтовшки в одну відносну одиницю; довжини кіл друкарської форми, фарбових валиків і циліндрів є різні і розділені на ціле число; форма є суцільною і не має прогалінних елементів; за змінні вибираємо товщини шару фарби в

зонах контактів фарбових валиків і форми, товщини прямих і зворотних потоків фарби на валиках.



Рис. 1. Схема накатної фарбової групи

На основі відомих залежностей [2], що описують розкошування фарби як дискретний процес, з врахуванням прийнятих припущень відповідно до схеми фарбової групи (рис.1) складемо систему рівнянь у z -перетвореннях:

$$\begin{aligned}
 x_4(z) &= R_4(z)x_3(z) + h_0(z) \\
 x_3(z) &= R_4(z)x_4(z) + R_3(z)x_1(z) \\
 x_2(z) &= R_3(z)x_3(z) + R_2(z)y_2(z) \\
 x_1(z) &= G_3(z)x_2(z) + R_1(z)y_1(z) \\
 y_1(z) &= P_1(z)x_1(z) + F_3(z)y_3(z) \\
 y_2(z) &= P_2(z)x_2(z) + F_1(z)y_1(z) \\
 y_3(z) &= F_2(z)y_2(z) \\
 h_c &= \beta y_3(z),
 \end{aligned} \tag{1}$$

де h_0 – товщина шару фарби, що подається на перший валик; x_i , y_i – товщини шару фарби в зонах контакту валиків і форми; h_c –

товщина шару фарби на папері; F_i – оператори передачі фарби на ділянки форми; P_i, R_i, G_3 – оператори передачі прямих і зворотних потоків фарби на валиках.

Для аналізу розподілу потоків фарби на накатних валиках додатково складемо систему рівнянь для визначення товщини фарби на першому та другому накатних валиках:

$$\begin{aligned} h_1(z) &= P_1(z) x_1(z) \\ l_1(z) &= R_1(z) y_1(z) \\ h_2(z) &= P_2(z) x_2(z) \\ l_2(z) &= R_2(z) y_2(z), \end{aligned} \tag{2}$$

де $h_1(z), h_2(z)$ – товщина прямих потоків фарби на першому та другому накатних валиках перед входом в зону контакту з друкарською формою; $l_1(z)$ і $l_2(z)$ – товщина зворотних потоків фарби.

Для визначення рельєфу фарби потрібно розв'язати систему рівнянь (1) та (2). Щоб спростити цю задачу, побудовано граф накатної фарбової групи (рис.2), який враховує прямі та зворотні потоки фарби і є зручний для аналізу цих процесів.

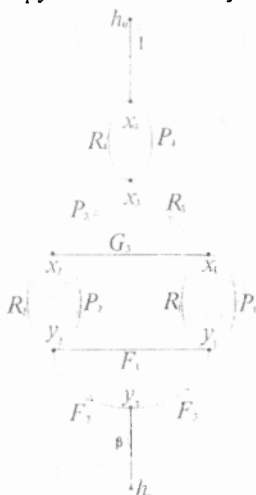


Рис. 2. Граф накатної фарбової групи

Для знаходження висоти рельєфу фарби за графом на підставі формули Мейсона [3] спочатку визначимо залежність товщини шару фарби прямих і зворотних потоків фарби з урахуванням системи рівнянь (2):

$$h_1(z) = \left[\frac{P_4(z)P_3(z)G_3(z)P_1(z)[1-F(z)]}{\Delta(z)} + \frac{P_4(z)P_3(z)P_2(z)F_2(z)F_3(z)R_1(z)P_1(z)}{\Delta(z)} \right] h_0(z) \quad (3)$$

$$l_1(z) = \left[\frac{P_4(z)P_3(z)G_3(z)P_1(z)R_1(z)}{\Delta(z)} + \frac{P_4(z)P_3(z)P_2(z)F_2(z)F_3(z)R_1(z)}{\Delta(z)} \right] h_0(z) \quad (4)$$

$$h_2(z) = \frac{P_4(z)P_3(z)P_2(z)[1-P_1(z)R_1(z)-F(z)]}{\Delta(z)} h_0(z) \quad (5)$$

$$l_2(z) = \left[\frac{P_4(z)P_3(z)G_3(z)P_1(z)F_1(z)R_2(z)}{\Delta(z)} + \frac{P_4(z)P_3(z)P_2(z)R_2(z)[1-P_1(z)R_1(z)]}{\Delta(z)} \right] h_0(z) \quad (6)$$

де $F(z) = F_1(z)F_2(z)F_3(z)$.

Визначник накатної фарбної групи характеризує її контурну частину і знаходиться безпосередньо за графом [3]:

$$\begin{aligned} \Delta(z) = & 1 - P_4(z)R_4(z) - P_3(z)G_3(z)R_3(z) - P_2(z)R_2(z) - P_1(z)R_1(z) - \\ & - F(z) - P_4(z)P_3(z)F_2(z)F_3(z)R_1(z)R_3(z) - G_3(z)P_1(z)F_1(z)R_1(z) + \\ & + P_4(z)R_4(z)P_3(z)R_3(z) - P_4(z)R_1(z)P_1(z)R_1(z) + P_4(z)R_1(z)F(z) + \\ & + P_4(z)R_4(z)G_3(z)P_1(z)F_1(z)R_3(z) + P_3(z)R_3(z)G_3(z)F(z) + \\ & + P_1(z)R_1(z)P_2(z)R_2(z) - P_4(z)R_4(z)P_2(z)R_2(z)P_1(z)R_1(z). \end{aligned} \quad (7)$$

Якщо фарбові валики різного діаметра, то рельєф фарби і його перші прообрази на формі не накладаються. Тому розрахунок висоти рельєфу можна провести в усталеному режимі роботи фарбової групи при постійній подачі фарби. Для цього потрібно визначити усталені значення товщин прямих і зворотних потоків фарби на накатних валиках.

На основі теореми про кінцеве значення z -перетворень [5] за виразом (3) запишемо усталене значення товщини фарби на першому накатному валику:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} h_1(n) = \lim_{z \rightarrow 1} \left[\frac{z-1}{z} \left[\frac{P_4(z)R_4(z)G_3(z)P_1(z)[1-F(z)]}{\Delta(z)} + \frac{P_4(z)P_3(z)P_2(z)F_2(z)R_1(z)P_1(z)}{\Delta(z)} \right] \right] h_0(z). \quad (8)$$

Відповідно до прийнятих припущень на вхід фарбової групи подається рівномірний шар фарби, який подамо як одичинчну ступеневу функцію $h_0(t) = l(t)$, котрій відповідає z -перетворення [5]

$$h_0 = \frac{z-1}{z}. \quad (9)$$

Після підстановки з врахуванням виразу (9) та скорочень матимемо

$$\lim_{n \rightarrow \infty} h_1(n) = \lim_{z \rightarrow 1} \left[\frac{P_4(z)P_3(z)G_3(z)P_1(z)[1-F(z)]}{\Delta(z)} + \frac{P_4(z)P_3(z)P_2(z)F_2(z)F_3(z)R_1(z)P_1(z)}{\Delta(z)} \right]. \quad (10)$$

Запишемо оператори передачі через параметри накатної фарбової групи [2]:

$$P_i(z) = \alpha_i z^{p_i}, \quad R_i(z) = \gamma_i z^{-r_i}, \quad F_i(z) = \alpha_i z^{-f_i}, \\ F_3(z) = (1-\beta) z^{-f_3}, \quad G_3(z) = \alpha_3 z^{-g_3}, \quad (11)$$

де p_i, r_i, g_3, f_i – довжини дуг кіл прямих і зворотних потоків фарби на валиках і формі.

Приймаємо, що коефіцієнти передачі фарби після виходу із зони контакту фарбових валиків $\alpha_i = \gamma_i = 0,5$; $\alpha_4 = 1$ [1].

Значимо, що оператор передачі визначається через коефіцієнт передачі фарби з форми на папір так:

$$F_3(z) = (1 - \beta) z^{-f_3}. \quad (12)$$

Спочатку визначимо чисельник виразу (10). Після підстановки в нього виразів оператора (11) і обчислень матимемо

$$\lim_{z \rightarrow 1} [P_4(z) P_3(z) G_3(z) P_1(z) [1 - F(z)] + P_4(z) P_3(z) P_2(z) F_2(z) F_3(z) R_1(z) P_1(z)] = 0,5^3 \quad (13)$$

Підставивши вирази операторів (11), знайдемо визначник виразу (10) і одержимо:

$$\lim_{z \rightarrow 1} \Delta(z) = 0,5^3 \beta. \quad (14)$$

На підставі виразів (13) та (14) визначимо усталене значення товщини прямого потоку фарби на першому накатному валику:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} h_1(n) = \frac{0,5^3}{0,5^3 \beta} = \frac{1}{\beta}. \quad (15)$$

Отже, товщина прямого потоку фарби на першому накатному валику обернено пропорційна коефіцієнту передачі фарби з друкарської форми на папір.

Аналогічно за виразами (4) – (6) знайдемо товщини інших потоків фарби:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} l_1(n) = \frac{1 - 0,5\beta}{\beta}; \quad (16)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} h_2(n) = 0,5 + \frac{1}{\beta}; \quad (17)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} l_2(z) = \frac{1}{\beta}. \quad (18)$$

При прийнятих припущеннях висота рельєфу визначається різницею прямого та зворотного потоків фарби на накатних валиках.

$$h_{p_1} = \lim_{n \rightarrow \infty} [h_i(n) - l_i(n)]. \quad (19)$$

Звідси після підстановки знайдемо висоти рельєфів на першому та другому накатних валиках:

$$h_{p_1} = \frac{1}{\beta} - \frac{1 - 0,5\beta}{\beta} = 0,5; \quad (20)$$

$$h_{p_2} = 0,5 + 1 - 1 = 0,5. \quad (21)$$

З проведеного аналізу випливає, що висоти рельєфів на першому та другому накатному валику після виходу із зони контакту з друкарською формою однакові, складають половину товщини шару фарби, що подається в накатну фарбову групу, і не залежать від коефіцієнта передачі фарби з форми на папір. Створений на накатних валиках рельєф передається на друкарську форму та стрічку, і його можна розрахувати як

$$h_c^1 = 0,5^3 \beta h_{p_1} \cdot 100\% = 6,25\%; \quad (22)$$

$$h_c^2 = 0,5^2 \beta h_{p_2} \cdot 100\% = 12,5\%. \quad (23)$$

На рис. 3 графічно зображено залежність висоти рельєфу фарби на стрічці, створеного першим та другим накатними валиками, від коефіцієнта передачі.

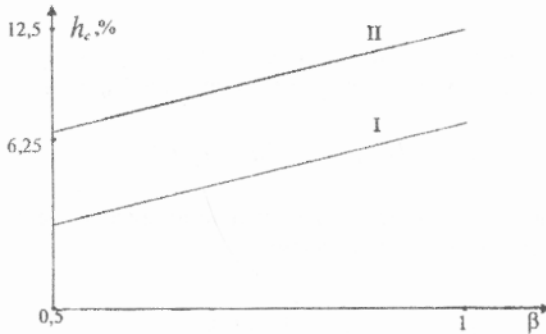


Рис. 3. Графік залежності висоти рельєфу фарби на стрічці від коефіцієнта передачі

Розраховані висоти рельєфу, одержані при прийнятих припущеннях, є мінімальні, тому що не враховують можливі накладання рельєфів та коефіцієнт заповнення форми друкуючими елементами.

1. Алексеев А.А. Красочные аппараты ротационных машин высокой и плоской печати. М., 1980. 2. Луцків М.М., Думанський І.Б. Структурна схема розкочування рельєфів у накатній фарбовій групі // Наукові записки. Науково-технічний збірник. Львів: УАД, 1999. Вип. I. С. 36–60. 3. Луцків М.М. Системи автоматичного керування ротативними машинами з пружними зв'язками. К., 1991. 4. Раскин А.Н. Технология печатных процессов. М., 1989. 5. Смит Д.М. Математическое и цифровое моделирование для инженеров и исследователей. М., 1980.

Стаття надійшла до редколегії 28.01.2000