

Оскільки  $X \oplus K_X \overset{M}{\sim} Y^+$ , то за теоремою 1.1 з роботи [3] одержимо, що  $N \times (X \oplus K_X) \overset{M}{\sim} N \times (X \oplus K_X)^+ \overset{M}{\sim} N \times (Y \oplus K_X \oplus K_X) = N \times (Y \oplus K_X)$ . Таким чином,  $N \times (X \oplus K_X) \overset{M}{\sim} N \times (Y \oplus K_X)$ .  
 О т ж е ,  $N \times (X \oplus K_X \oplus K_Y) = N \times (X \oplus K_X) \oplus N \times K_Y \overset{M}{\sim} N \times (Y \oplus K_X) \oplus N \times K_Y = N \times (Y \oplus K_X \oplus K_Y)$ . Т а к ,  
 $N \times X^{++} \overset{M}{\sim} N \times (X \oplus K_X \oplus K_Y) \overset{M}{\sim} N \times (Y \oplus K_X \oplus K_Y) \overset{M}{\sim} N \times Y^{++}$ .  
 За наслідком 5 маємо, що  $N \times X^{++} \overset{M}{\sim} N \times X$  і  $N \times Y^{++} \overset{M}{\sim} N \times Y$ . От і  $N \times X \overset{M}{\sim} N \times Y$ .

1. Борсук К. Теория ретрактов. М., 1971. 2. Марков А. А. О свободных топологических группах // Докл. АН СССР. 1941. Т. 31. № 4. С. 299–301. 3. Окунев О. Г. М-эквивалентность произведений // Тр. Московского мат. о-ва. 1995. Т. 56. С. 192–205. 4. Okunev O. G. A method for constructing examples of M-equivalent spaces // Top. Appl. 1990. V. 36. P. 157–171; Correction: Top. Appl. 1993. V. 49. P. 191–192.

УДК 681.624

**П. І. Лозовий**

*Українська академія друкарства*

## **РОЗРАХУНОК СТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФАРБОВИХ СИСТЕМ ПОСЛІДОВНОЇ СТРУКТУРИ**

*Розглядається задача розрахунку статичних характеристик коротких фарбо-друкарських систем з урахуванням зворотного потоку фарби на вході. Наведено приклад розрахунку і побудовано сімейство статичних характеристик.*

*The task of calculation of static descriptions of short farbo is examined — printing systems taking into account the backwash of paint on an entrance. The example of calculation is resulted and family of static descriptions is built.*

Підвищення якості продукції і зменшення витрат фарби забезпечується передусім більш точним налаштуванням фарбового апарата на заданий наклад. Розрахунок параметрів налагодження фарбових апаратів дукторно-ножового типу на підставі коефіцієнта заповнення форми друкувальними елементами [1, 2, 5] є неточним. Друкування текстової та іншої інформації з малим коефіцієнтом заповнення форми друкувальними елементами може призвести до значних перевитрат фарби і погіршення якості відбитків.

В останні роки для офсетних машин розроблено нові конструкції фарбових апаратів на основі растрового циліндра, який здійснює дозовану подачу фарби в систему і є простішим за традиційні дукторно-ножового типу. Такі апарати мало вивчені, та й немає відповідного досвіду їх експлуатації. Характерною властивістю цих фарбових апаратів є те, що значна частина потоку фарби (до 50%) повертається назад у фарбове корито [6, 10]. Тому проблема вдосконалення фарбодрукарських систем, їх аналізу, зокрема розрахунку статичних характеристик, сьогодні досить актуальна для фарбових апаратів обох типів.

Ряд сьогочасних публікацій присвячено моделюванню динаміки розкочування фарби у фарбових апаратах друкарських машин офсетного та високого друку [3, 4, 7]. Побудовано математичні моделі різних схем фарбових систем і проведено комп'ютерне симулювання, одержано низку нових даних. Проаналізовано й побудовано статичні характеристики фарбових апаратів флексографічних машин, в яких фарба безпосередньо з растрового циліндра передається на друкарську форму [6]. Здійснено аналіз так званих коротких фарбових апаратів офсетних газетних машин, які складаються з растрового циліндра і додатково двох–трьох розкочувальних валиків [6, 7, 10]. Натомість статичні властивості фарбових систем практично не вивчені.

У цій статті розглядається задача розрахунку статичних характеристик фарбодрукарських систем послідовної структури з урахуванням зворотного потоку фарби з растрового циліндра назад у фарбове корито.

Враховуючи різноманітність схем і складність поставленого завдання, розглянемо послідовну структуру фарбової системи (рис. 1).

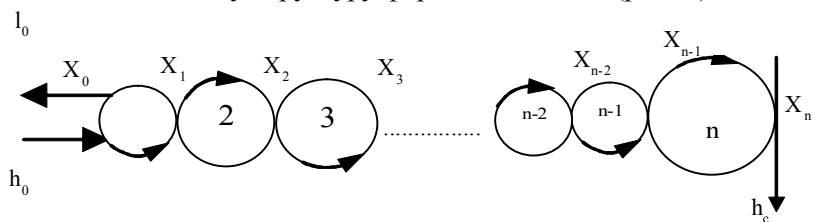


Рис. 1. Схема фарбової системи

Неперервний рівномірний потік фарби подається на перший фарбовий валик, послідовно розкочується у фарбовій системі і накочується на форму (останній валик). З форми фарба передається на задруковуваний матеріал. Частина її, що не потрапила на матеріал, а також фарба із зон контакту фарбових валиків створюють зворотний потік, який частково повертається у фарбове корито.

При побудові статичної моделі фарбової системи робимо припущення: на перший фарбовий валик подається суцільний рівномірний потік фарби; при передачі фарби на задруковуваний матеріал частина її повертається назад, створює зворотний потік, який частково повертається у фарбове корито (враховуємо відбір фарби на виході фарбової системи);

друкувальні елементи є однорідними й рівномірно розподілені по всій поверхні форми;

режим роботи фарбової системи — усталений.

При таких припущеннях задачу подачі, розкочування і передачі фарби на задруковуваний матеріал можна розглядати як одномірну.

На підставі відомих співвідношень для усталених режимів у фарбовій системі [1, 2, 3, 4] відповідно до схеми (рис. 1) з урахуванням відбору фарби на вході і виході складаємо систему рівнянь:

$$\begin{aligned}
 x_p &= h_0 + (1-\alpha)x_1 \\
 l_0 &= k_0x_0 \\
 x_1 &= k_1x_0 + (1-\alpha)x_2 \\
 x_2 &= \alpha x_1 + (1-\alpha)x_4 \\
 &\dots \\
 &\dots \\
 x_{n-3} &= \alpha x_{n-4} + (1-\alpha)x_{n-2} \\
 x_{n-2} &= \alpha x_{n-3} + (1-\alpha k_\zeta)x_{n-1} \\
 x_{n-1} &= \alpha x_{n-2} + (1-\beta)k_\zeta x_n \\
 x_n &= \alpha x_{n-1} \\
 h_c &= \beta x_n,
 \end{aligned} \tag{1}$$

де  $x_i$  — товщина шару фарби в зонах контакту фарбових валиків;  $h_0, l_0$  — товщина шару фарби, що подається і відбирається на вході фарбової системи;  $h_c$  — товщина шару фарби на відбитках;  $\alpha$  — коефіцієнт передачі (поділу) фарби при виході із зон контакту фарбових валиків;  $\beta$  — коефіцієнт передачі фарби на задруковуваний матеріал;  $k_s$  — коефіцієнт заповнення форми друкувальними елементами;  $k_p, k_0$  — коефіцієнти подачі і відбору фарби на виході фарбової системи.

Розв'язавши систему рівнянь (1), визначимо залежність товщини фарби на відбитку від товщини шару фарби, що подається на вхід фарбової системи:

$$h_c = \frac{k_1 \beta \alpha^{n-1}}{\Delta} h_0, \tag{2}$$

де  $\Delta$  — визначник системи рівнянь (1);  $n$  — кількість фарбових валиків.

Зауважимо, що визначник залежить від кількості фарбових валиків у системі, коефіцієнта поділу фарби та коефіцієнтів заповнення форми друкувальними елементами і відбору фарби.

Для ілюстрації запропонованого підходу розглянемо розрахунок статичної характеристики, яка описує залежність товщини шару фарби на відбитках від коефіцієнта її відбору на вході фарбової системи, що складається з шести фарбових валиків. У такому разі залежність (2) матиме вигляд

$$h_c = \frac{k_1 \beta \alpha^5}{\Delta_6} h_0. \tag{3}$$

За умови, що при виході із зон контакту шар фарби ділиться навпіл, знайдемо визначник фарбової системи:

$$\begin{aligned}
 \Delta_6 &= 1 - \alpha(1 - k_0) - 3\alpha^2 - \alpha(1 - \alpha k_\zeta) - \alpha_1(1 - \beta)k_\zeta + \alpha(1 - k_0)[2\alpha^2 + \alpha(1 - \alpha k_\zeta) + \\
 &\alpha(1 - \beta)k_\zeta] + \alpha^2[\alpha^2 + \alpha(1 - \alpha k_\zeta) + \alpha(1 - \beta)k_\zeta] + \alpha^2[\alpha(1 - \alpha k_\zeta) + 2\alpha(1 - \beta)k_\zeta] - \\
 &- \alpha^4[(1 - k_0)(1 - \alpha k_\zeta)] + (1 - k_0)(1 - \alpha k_\zeta)(1 - \beta k_\zeta) - \alpha^5(1 - \beta)k_\zeta.
 \end{aligned} \tag{4}$$

Після певних перетворень знайдений визначник матиме більш зручний вигляд для розрахунку:

$$\Delta_6 = 1 - 2\alpha - 2\alpha^2 + 4\alpha^3 + k_0(\alpha - \alpha^2 - 2\alpha^3 + \alpha^4) + k_c(-\alpha + 2\alpha^2 + 2\alpha^3 - \alpha^4 + \alpha^5 - \alpha\beta - 2\alpha^2\beta - 2\alpha^3\beta - 2\alpha^4\beta) + k_c^2(\alpha^4\beta - \alpha^5) + k_c k_0(-\alpha^2 - \alpha^3 - \alpha^4 + \alpha^2\beta + \alpha^4\beta - \alpha^5) - k_0 k_c \alpha^5 \beta. \quad (5)$$

На підставі виразів (3) і (4) можна побудувати статичні характеристики фарбової системи.

Метою досліджень було визначення впливу коефіцієнта відбору фарби на вході фарбової системи на товщину її шару на відбитках в усталеному режимі при різних коефіцієнтах заповнення форми.

При розрахунках вважали, що коефіцієнт поділу фарби для всіх зон є однаковим і має числове значення  $\alpha = 0,5$ , а передачі фарби з форми на задрукуваний матеріал —  $\beta = 0,8$ . Визначали залежність товщини шару фарби на відбитках від коефіцієнта відбору фарби на виході фарбової системи, який змінювали в межах  $0,01 \leq k_0 \leq 0,5$  для чотирьох друкарських форм з різними коефіцієнтами заповнення ( $k_c = 0,5; 0,2; 0,1; 0,05$ ).

Для зручності аналізу і порівняння статичних характеристик для нульового коефіцієнта відбору фарби на вході ( $k_0 = 0$ ) задавали відповідну товщину шару фарби  $h_0$ , яку подавали на вхід фарбової системи, щоб початкова товщина шару фарби на всіх відбитках були однаковою і дорівнювала одиниці ( $h_c = 1$ ). Ця операція відповідає налагодженню фарбової системи на заданий тираж з відповідним коефіцієнтом заповнення форми. При такому розрахунку статичні характеристики будуть у безвимірних (відносних) одиницях. Окремі результати першої серії розрахунків наведено в табл. 1.

| Коефіцієнти відбору заповнення | Товщина шару фарби |                     |        |        |        |        |        |
|--------------------------------|--------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                | на вході, $h_0$    | на відбитках, $h_c$ |        |        |        |        |        |
| $k_0$                          |                    |                     |        |        |        |        |        |
| $k_3$                          | 0                  | 0,01                | 0,02   | 0,05   | 0,1    | 0,2    | 0,5    |
| 0,5                            | 1                  | 0,9592              | 0,8858 | 0,7148 | 0,5294 | 0,3275 | 0,1074 |
| 0,2                            | 1                  | 0,9294              | 0,8125 | 0,5832 | 0,3857 | 0,2137 | 0,0627 |
| 0,1                            | 1                  | 0,8873              | 0,7216 | 0,4556 | 0,273  | 0,1398 | 0,0385 |
| 0,05                           | 1                  | 0,8232              | 0,6057 | 0,3217 | 0,1822 | 0,0879 | 0,0232 |

На підставі цих розрахунків побудовано сімейство статичних характеристик (рис. 2).

Верхня характеристика відповідає сталому коефіцієнту заповнення форми  $k_c = 0,5$ , нижня —  $k_c = 0,05$ . Як видно з рис. 2, при малому відборі фарби на вході ( $0 \leq k_0 \leq 0,1$ ) статичні характеристики стрімко спадають, а при великому ( $0,2 \leq k_0 \leq 0,5$ ) — пологі. Отже, фарбова система з дукторним ножом, для якої характерний незначний відбір фарби на вході, більш чутлива до зміни заповнення форми друкувальними елементами (до зміни накладу), ніж фарбова з розривним циліндром.

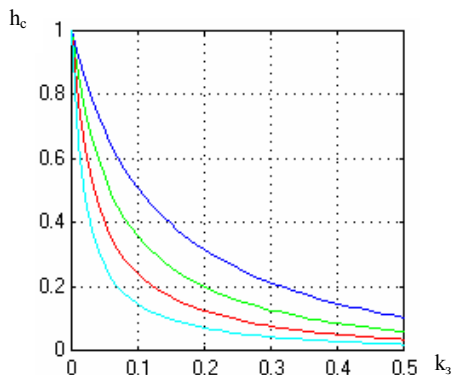


Рис. 2. Сімейство статичних характеристик

Чутливість фарбової системи до зміни відбору фарби на вході можна визначити за формулою

$$s_{k_0} = \frac{\Delta h_c}{\Delta k_0},$$

де  $\Delta k_0$  — приріст коефіцієнта відбору в даній точці статичної характеристики;  $\Delta h_c$  — відповідний приріст товщини шару фарби на відбитку. Наприклад, чутливість фарбової системи при малому коефіцієнті відбору фарби —  $s(k_0 = 0,01) = 20$ , а при великому —  $s(k_0 = 0,5) = 0,2$ . Отже, фарбові системи з великим відбором фарби на вході як об'єкт регулювання малочутливі до зовнішніх збурень і стабільніше подають фарбу при заповненнях форми друкувальними елементами, їх можна не налагоджувати при зміні накладу.

Наступну серію розрахунків проводили за умови, що подача фарби на вході є сталою, а коефіцієнт відбору фарби лінійно змінюється в межах  $0 \leq k_0 \leq 0,5$ . Обчислення виконували для чотирьох фарбових систем з коефіцієнтами заповнення форми друкувальними елементами  $k_c = 0,5; 0,2; 0,05$ . Налаштовували фарбові системи так, щоб при початковому нульовому коефіцієнті відбору фарби на вході  $k_0 = 0$  товщини шару фарби на відбитках систем дорівнювали одиниці ( $h_c = 1$ ). Для цього на вході фарбових систем з відповідними коефіцієнтами заповнення форм задавали товщини фарб:  $h_0 = 0,5; 0,2; 0,1; 0,05$ . Ця операція відповідає налагодженню фарбової системи на заданий наклад з попередньо визначеним коефіцієнтом заповнення форми. Окремі результати розрахунків наведено в табл. 2.

| Коеф. відбору | Товщина шару фарби при різних коефіцієнтах заповнення форми |         |        |       |        |
|---------------|---|---------|--------|-------|--------|
| 0,0           | $K_3$   | 0,05    | 0,1    | 0,2   | 0,5    |
|               | $h_0$   | 0,05    | 0,1    | 0,2   | 0,5    |
| 0,5           | $h_c$   | 1       | 1      | 1     | 1      |
|               | $h_0$   | 0,05    | 0,1    | 0,2   | 0,5    |
|               | $h_c$   | 0,01825 | 0,0336 | 0,579 | 0,1025 |

На підставі цих розрахунків побудовано сімейство статичних характеристик для різних коефіцієнтів заповнення форми (рис. 3).

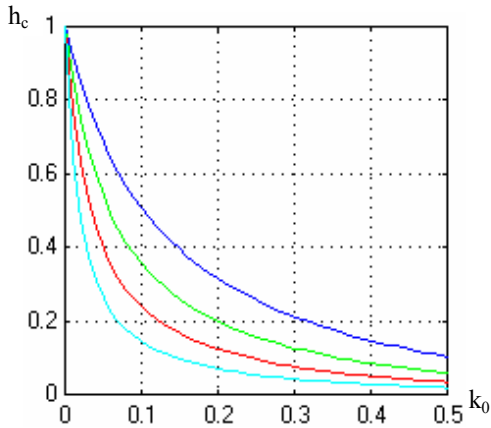


Рис 3. Сімейство статичних характеристик

Верхня характеристика відповідає сталому коефіцієнту заповнення форми  $k_0 = 0,5$ , нижня —  $k_0 = 0,05$ . Як видно з рис. 3, фарбові системи налагоджено так, що при відсутності відбору фарби на вході ( $k_0 = 0$ ) сімейство статичних характеристик починається з одиниці. При малому коефіцієнті відбору фарби на вході ( $0 \leq k_0 \leq 0,1$ ) статичні характеристики стрімко спадають, а при великому ( $0,2 \leq k_0 \leq 0,5$ ) — пологі.

Кінцеві значення статичних характеристик при коефіцієнті відбору  $k_0 = 0,5$  становлять десятки і навіть соті частини їх початкового значення. Тому фарбові системи з малим коефіцієнтом відбору фарби обов'язково потрібно налагоджувати на заданий наклад. У протилежному разі можуть бути значні перевитрати фарби і погіршуватиметься якість відбитків через зменшення на них товщини шару фарби.

З вищевикладеного випливає:

1. Статичні властивості фарбових систем недостатньо вивчені, що утруднює їх налагодження і вибір типу друкарського апарата, унеможлиблює проведення об'єктивного порівняльного аналізу і стримує розроблення та впровадження нових конструкцій.

2. Фарбові системи як з малим ( $0 \leq k_0 \leq 0,1$ ), так і з великим ( $0,2 \leq k_0 \leq 0,5$ ) відбором фарби на вході чутливі до зовнішніх збурень, їх потрібно налагоджувати на заданий наклад, інакше можуть виникати перевитрати фарби та погіршуватиметься якість відбитків через зменшення товщини шару фарби.

1. Алексеев Г. А. Красочные аппараты ротационных машин высокой и плоской печати. М., 1980.
2. Багюшков А. Л. и др. Проблемы автоматизации офсетного печатного процесса. М., 1978.
3. Верхола М. І., Луцків М. М. Основні засади та сутність розкочування фарби у фарбових системах // Комп'ютерні технології друкарства: Зб. наук. пр., Львів, 2004. № 12. С. 14–25.
4. Верхола М. І., Луцків М. М., Зіненко Р. Г. Часовий і операторний методи описання процесу розкочування фарби в друкарських машинах // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. МНТЗ. Львів, 1999. № 34. С. 53–57.
5. Казакевич В. В., Избицкий Е. Н. Системы автоматического управления полиграфическими процессами. М., 1978.
6. Луцків М. М., Стемпень К. Статичні характеристики фарбових апаратів з анілоксовим валом // Комп'ютерні технології друкарства: Зб. наук. пр., Львів, 2002. № 7. С. 27–34.
7. Луцків М. М., Шаблій І. В. Побудова графічної моделі фарбової системи з двома накочувальними валиками та її симулювання // Комп'ютерні технології друкарства: Зб. наук. пр., Львів, 2002. № 9. С. 37–48.
8. Чехман Я. І. та ін. Друкарське устаткування. Львів, 2005.
10. Ciupalskis. Maszyny offsetowe zwojowe. Warszawa, 2000.