

## АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ ФАРБИ У ПОСЛІДОВНИХ ФАРБОВИХ СИСТЕМАХ З РОЗТИРАЛЬНИМ ЦИЛІНДРОМ ЗА ЇХ СТАТИЧНИМИ МОДЕЛЯМИ

*Проведено аналіз послідовних фарбових систем та встановлено вплив величини осьового ходу та розміщення розтирального циліндра на процес передачі фарби в усталеному режимі.*

*The analysis of serial ink systems has been performed, influence of axial displacement value and grinding cylinder location on the ink transfer process in the steady state have been established.*

### 1. ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ ТА ЇЇ АКТУАЛЬНІСТЬ

Офсетні друкарські машини, які широко застосовуються в поліграфічній галузі обладнані дукторно-ножевим фарбоживильним пристроєм, що забезпечує подачу порцій фарби у вигляді смужок на вхід фарбової системи [1, 2, 3].

За останні десять років фарбові апарати офсетних машин удосконалюються в основному за рахунок розробки і встановлення автоматичних систем зональної подачі фарби для попереднього налагодження на заданий наклад. Суть попереднього налагодження полягає в забезпеченні такого задання подачі фарби у фарбову систему, яке б підвищувало точність передачі фарби на відбиток, а відповідно і якість друкованої продукції. Параметри налагодження визначаються на основі коефіцієнтів заповнення зон друкарської форми за допомогою спеціальних програм сучасних комп'ютерно-видавничих систем для підготовки текстової і графічної інформації [3].

До складу фарбових систем входять металеві циліндри та валики з еластичною поверхнею. Циліндри мають примусовий привід, синхронізований з обертанням формного циліндра. Крім колового руху циліндрам надається ще й осьове переміщення, що вносить додаткове збурення у фарбову систему.

З доступної інформації не зрозуміло, чи ті програми комп'ютерно-видавничих систем, які використовуються для визначення зонального заповнення форми, враховують осьове розкочування фарби.

Тому проблема визначення впливу розтиральних циліндрів на процес колового і осьового розподілу фарби у фарбових системах є актуальним завданням.

---

<sup>4</sup> Українська академія друкарства

## 2. АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ ПОВ'ЯЗАНИХ З ДАНОЮ ПРОБЛЕМОЮ

Процес передачі і розподілу фарби у фарбових системах, які мають у своєму складі елементи, що здійснюють крім колового, ще й осьовий рух, вивчений недостатньо. Так в роботі [1] представлений математичний апарат для опису передачі окремих тонких ліній у вигляді узагальнених функцій в циліндричній системі координат, який не придатний для комп'ютерного симулювання.

У роботі [4], яка присвячена осьовому розкочуванню фарби, було отримано вираз, який відображає залежність товщини шару фарби на виході від умов її подачі та конфігурації зображення на формі. Вплив параметрів фарбового апарата на рельєф фарбового шару визначається в запропонованому виразі за допомогою коефіцієнтів впливу. Введення осьового розкочування фарби повинно впливати лише на коефіцієнти впливу, які відображають вплив певної комірки дуктора на комірки форми та вплив однієї комірки форми на її інші комірки. Не зрозуміло, як визначаються коефіцієнти впливу, крім того наведений вираз не дає можливості отримати значення товщини шару фарби на поверхні елементів фарбової системи.

Більш ґрунтовною є робота [5], в якій на основі балансу потоків фарби обґрунтовано її передачу в осьовому напрямку та складено відповідні рівняння балансу товщин шарів фарби, які передаються як в коловому, так і в осьовому напрямках.

Встановлено, що зі зміною коефіцієнтів передачі фарби в осьовому напрямі відбувається перерозподіл фарби у всіх місцях контакту елементів фарбової системи та у відповідних зонах на її виході, що суттєво ускладнює налагодження подачі фарби у фарбодрукарську систему. Але в даній публікації показано застосування запропонованих теоретичних засад опису колового і осьового розподілу фарби в усталеному режимі на прикладі елементарної триелементної фарбової системи.

Як відомо, до складу фарбодрукарських систем входить не один, а декілька розтиральних циліндрів, тому розвиток теоретичних засад для опису та їх аналіз з метою удосконалення процесу налагодження та підвищення точності фарбодрукарської системи є проблемою, яка потребує вирішення.

## 3. АНАЛІЗ ПОСЛІДОВНИХ ФАРБОВИХ СИСТЕМ З РОЗТИРАЛЬНИМ ЦИЛІНДРОМ

Визначимо вплив величини осьового ходу та позиції розтирального циліндра стосовно виходу фарбової системи на процес розподілу і передачі фарби поверхню її елементів.

Для спрощення поставленої задачі розглянемо моделі послідовних фарбових систем з одним розтиральним циліндром, при побудові яких

приймаємо наступне: поверхні елементів фарбової системи умовно розділені на зони передачі фарби в напрямку перпендикулярному до осі валиків; ширини зон рівні між собою; на вхід фарбової системи у кожну зону подається суцільний рівномірний шар фарби; зворотний відбір фарби до дукторного корита відсутній; на виході фарбової системи, тобто з останнього валика, частина фарби передається безпосередньо на матеріал, що задруковується, а інша частина, що залишається на валику, створює зворотний потік; при розкочуванні фарби валики не проковзують, а фарба в окремих місцях не накопичується і між валиками не втрачається. Проводимо аналіз усталених режимів роботи фарбових систем.

Проведемо аналіз чотириелементної фарбової системи з розтиральним циліндром на вході, схема якої представлена на рис. 1.

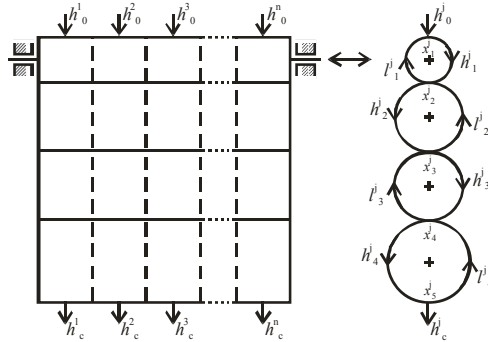


Рис. 1. Схема послідовної чотириелементної фарбової системи з розтиральним циліндром на вході

На основі підходу викладеного в роботі [5] та дотримуючись вище наведених припущень, складемо систему рівнянь для визначення товщин фарби в місцях контакту елементів фарбової системи та на їх поверхнях при русі розтирального циліндра вправо:

$$\begin{aligned}
 x_1^1 &= h_0^1 + l_1^1; & x_1^2 &= h_0^2 + l_1^2 + l_1^{21}; & x_1^n &= h_0^n + l_1^n + l_1^{n(n-1)}; \\
 h_1^1 &= (\alpha_1 - \alpha_{on})x_1^1; & h_1^2 &= (\alpha_1 - \alpha_{on})x_2^1; & h_1^n &= (\alpha_1 - \alpha_{on})x_1^n; \\
 h_1^{21} &= \alpha_{on}x_1^1; & h_1^{32} &= \alpha_{on}x_1^2; & h_1^{n(n-1)} &= \alpha_{on}x_1^n; \\
 x_2^1 &= h_1^1 + l_2^1; & x_2^2 &= h_1^2 + l_2^2 + h_1^{21}; & x_2^n &= h_1^n + l_2^n + h_1^{n(n-1)}; \\
 h_2^1 &= \alpha_2 x_2^1; & h_2^2 &= \alpha_2 x_2^2; & h_2^n &= \alpha_2 x_2^n; \\
 l_1^1 &= (\gamma_2 - \gamma_{on})x_2^1; & l_1^2 &= (\gamma_2 - \gamma_{on})x_2^2; & l_1^n &= (\gamma_2 - \gamma_{on})x_2^n; \\
 l_1^{21} &= \gamma_{on}x_2^1; & l_1^{32} &= \gamma_{on}x_2^2; & l_1^{n(n-1)} &= \gamma_{on}x_2^n;
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{lll}
x_3^1 = h_2^1 + l_3^1; & x_3^2 = h_2^2 + l_3^2; & x_3^n = h_2^n + l_3^n; \\
h_3^1 = \alpha_3 x_3^1; & h_3^2 = \alpha_3 x_3^2; & h_3^n = \alpha_3 x_3^n; \\
l_2^1 = \gamma_3 x_3^1; & l_2^2 = \gamma_3 x_3^2; & l_2^n = \gamma_3 x_3^n; \\
x_4^1 = h_3^1 + l_4^1; & x_4^2 = h_3^2 + l_4^2; & x_4^n = h_3^n + l_4^n; \\
h_4^1 = \alpha_4 x_4^1; & h_4^2 = \alpha_4 x_4^2; & h_4^n = \alpha_4 x_4^n; \\
l_3^1 = \gamma_4 x_4^1; & l_3^2 = \gamma_4 x_4^2; & l_3^n = \gamma_4 x_4^n; \\
x_5^1 = h_4^1; & x_5^2 = h_4^2; & x_5^n = h_4^n; \\
l_4^1 = \gamma_5 x_5^1; & l_4^2 = \gamma_5 x_5^2; & l_4^n = \gamma_5 x_5^n; \\
h_c^1 = \beta x_5^1; & h_c^2 = \beta x_5^2; & h_c^n = \beta x_5^n, \quad (1)
\end{array}$$

де  $\alpha_i, \gamma_i = (1 - \alpha_i)$  - коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків фарби;  $h_i^j, l_i^j$  - товщини прямих і зворотних потоків фарби, які транспортуються поверхнями елементів фарбової системи в коловому напрямку ( $i$  – послідовність валиків і циліндрів у фарбовій системі,  $j$  – кількість зон регульованої подачі фарби);  $h_i^{j(j-1)}$  - товщини прямих та  $l_i^{j(j-1)}$  зворотних потоків фарби, які передаються в осьовому напрямі при русі розтирального циліндра вправо;  $\alpha_{on}$  - коефіцієнт передачі прямого та  $\gamma_{on}$  зворотного потоку фарби в осьовому напрямі вправо;  $\beta$  - коефіцієнт передачі фарби на матеріал, що задруковується;  $h_c^j$  - товщина шару фарби у  $j$ -тій зоні відбитка.

Розглянемо спочатку двозонну чотириелементну фарбову систему, оскільки аналітичним шляхом провести дослідження більш складної фарбової системи практично неможливо. Для цього на підставі схеми фарбової системи (рис. 1) та системи рівнянь (1) будемо структурну схему чотириелементної послідовної фарбової системи з розтиральним циліндром на вході (рис. 2).

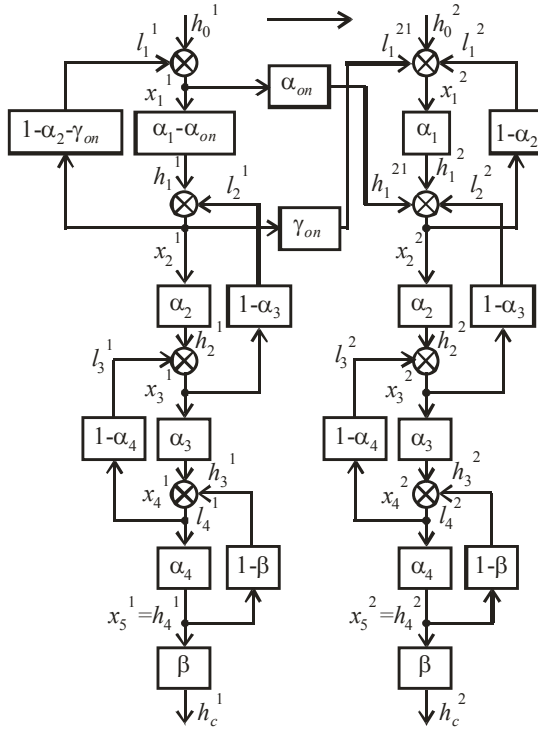


Рис. 2. Структурна схема послідовної двозонної чотириелементної фарбової системи з розтиральним циліндром на вході

За структурною схемою, використовуючи формулу Мезона [6], запишемо залежності товщини шару фарби в зонах контакту валиків від завдання:

$$x_1^1 = h_0^1 [1 - W_2 - W_3 - W_4 - W_5 - W_6 - W_7 - W_8 + W_2(W_4 + W_5 + W_6 + W_7 + W_8) + W_3(W_5 + W_6 + W_7 + W_8) + W_4(W_5 + W_6 + W_7 + W_8) + W_5(W_7 + W_8) + W_6W_8 - W_2W_4(W_5 + W_6 + W_7 + W_8) - W_2W_5(W_7 + W_8) - W_2W_6W_8 - W_3W_5(W_7 + W_8) - W_3W_6W_8 - W_4W_5(W_7 + W_8) - W_4W_6W_8 + W_2W_4W_5(W_7 + W_8) + W_2W_4W_6W_8] / \Delta;$$

$$x_2^1 = h_0^1 [(\alpha_1 - \alpha_{on})(1 - W_3 - W_4 - W_5 - W_6 - W_7 - W_8 + W_3(W_5 + W_6 + W_7 + W_8) + W_4(W_5 + W_6 + W_7 + W_8) + W_5(W_7 + W_8) + W_6W_8 - W_3W_5(W_7 + W_8) - W_3W_6W_8 - W_4W_5(W_7 + W_8) - W_4W_6W_8) / \Delta;$$

$$x_3^1 = h_0^1[(\alpha_1 - \alpha_{on})\alpha_2(1 - W_4 - W_5 - W_6 - W_7 - W_8 + W_4(W_5 + W_6 + W_7 + W_8) + W_5(W_7 + W_8) + W_6W_8 - W_4W_5(W_7 + W_8) - W_4W_6W_8)]/\Delta;$$

$$x_4^1 = h_0^1[(\alpha_1 - \alpha_{on})\alpha_2\alpha_3(1 - W_5 - W_6 - W_7 - W_8 + W_5(W_7 + W_8) + W_6W_8)]/\Delta;$$

$$x_5^1 = h_0^1[(\alpha_1 - \alpha_{on})\alpha_2\alpha_3\alpha_4(1 - W_5 - W_6 - W_7 - W_8 + W_5(W_7 + W_8) + W_6W_8)]/\Delta;$$

$$h_c^1 = x_5^1\beta.$$

$$x_1^2 = h_0^1[\alpha_{on}(1 - \alpha_2)(1 - W_2 - W_3 - W_4 - W_7 - W_8 + W_2(W_4 + W_7 + W_8) + W_3(W_7 + W_8) + W_4(W_7 + W_8) - W_2W_4(W_7 + W_8)) + (\alpha_1 - \alpha_{on})\gamma_{on} \times (1 - W_3 - W_4 - W_6 - W_7 - W_8 + W_3(W_6 + W_7 + W_8) + W_4(W_6 + W_7 + W_8) + W_6W_8 - W_3W_6W_8 - W_4W_6W_8)]/\Delta + h_0^2[1 - W_1 - W_2 - W_3 - W_4 - W_6 - W_7 - W_8 + W_1(W_3 + W_4 + W_6 + W_7 + W_8) + W_2(W_4 + W_6 + W_7 + W_8) + W_3(W_6 + W_7 + W_8) + W_4(W_6 + W_7 + W_8) + W_6W_8 - W_1W_3(W_6 + W_7 + W_8) - W_1W_4(W_6 + W_7 + W_8) - W_1W_6W_8 - W_2W_4(W_6 + W_7 + W_8) - W_2W_6W_8 - W_3W_6W_8 - W_4W_6W_8 + W_1W_3W_6W_8 + W_1W_4W_6W_8 + W_2W_4W_6W_8]/\Delta;$$

$$x_2^2 = h_0^1[\alpha_{on}(1 - W_2 - W_3 - W_4 - W_7 - W_8 + W_2(W_4 + W_7 + W_8) + W_3(W_7 + W_8) + W_4(W_7 + W_8) - W_2W_4(W_7 + W_8)) + (\alpha_1 - \alpha_{on})\alpha_1 \times \gamma_{on}(1 - W_3 - W_4 - W_7 - W_8 + W_3(W_7 + W_8) + W_4(W_7 + W_8))]/\Delta + h_0^2[\alpha_1(1 - W_1 - W_2 - W_3 - W_4 - W_7 - W_8 + W_1(W_3 + W_4 + W_7 + W_8) + W_2(W_4 + W_7 + W_8) + W_3(W_7 + W_8) + W_4(W_7 + W_8) - W_1W_3(W_7 + W_8) - W_1W_4(W_7 + W_8) - W_2W_4(W_7 + W_8))]/\Delta;$$

$$x_3^2 = h_0^1[\alpha_{on}\alpha_2(1 - W_2 - W_3 - W_4 - W_8 + W_2(W_4 + W_8) + W_3W_8 + W_4W_8 - W_2W_4W_8) + (\alpha_1 - \alpha_{on})\alpha_1\gamma_{on}\alpha_2(1 - W_3 - W_4 - W_8 + W_3W_8 + W_4W_8)]/\Delta + h_0^2[\alpha_1\alpha_2(1 - W_1 - W_2 - W_3 - W_4 - W_8 + W_1(W_3 + W_4 + W_8) + W_2(W_4 + W_8) + W_3W_8 + W_4W_8 - W_1W_3W_8 - W_1W_4W_8 - W_2W_4W_8)]/\Delta;$$

$$\begin{aligned}
x_4^2 &= h_0^1[\alpha_{on}\alpha_2\alpha_3(1-W_2-W_3-W_4+W_2W_4) + (\alpha_1 - \alpha_{on})\alpha_1\gamma_{on}\alpha_2\alpha_3 \times \\
&\quad \times (1-W_3-W_4)]/\Delta + h_0^2[\alpha_1\alpha_2\alpha_3(1-W_1-W_2-W_3-W_4+W_1(W_3+ \\
&\quad + W_4)+W_2W_4)]/\Delta; \\
x_5^2 &= h_0^1[\alpha_{on}\alpha_2\alpha_3\alpha_4(1-W_2-W_3-W_4+W_2W_4) + (\alpha_1 - \alpha_{on})\alpha_1\gamma_{on}\alpha_2 \times \\
&\quad \times \alpha_3\alpha_4(1-W_3-W_4)]/\Delta + h_0^2[\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4(1-W_1-W_2-W_3-W_4+ \\
&\quad + W_1(W_3+W_4)+W_2W_4)]/\Delta; \\
h_c^2 &= x_5^2\beta. \tag{2}
\end{aligned}$$

Визначник такої системи рівнянь матиме такий вигляд:

$$\begin{aligned}
\Delta &= 1 - W_1 - W_2 - W_3 - W_4 - W_5 - W_6 - W_7 - W_8 + W_1(W_3 + W_4 + W_5 + \\
&\quad + W_6 + W_7 + W_8) + W_2(W_4 + W_5 + W_6 + W_7 + W_8) + W_3(W_5 + W_6 + \\
&\quad + W_7 + W_8) + W_4(W_5 + W_6 + W_7 + W_8) + W_5(W_7 + W_8) + W_6W_8 - \\
&\quad - W_1W_3(W_5 + W_6 + W_7 + W_8) - W_1W_4(W_5 + W_6 + W_7 + W_8) - \\
&\quad - W_1W_5(W_7 + W_8) - W_1W_6W_8 - W_2W_4(W_5 + W_6 + W_7 + W_8) - \\
&\quad - W_2W_5(W_7 + W_8) - W_2W_6W_8 - W_3W_5(W_7 + W_8) - W_3W_6W_8 - \\
&\quad - W_4W_5(W_7 + W_8) - W_4W_6W_8 + W_1W_3W_5(W_7 + W_8) + W_1W_3W_6W_8 + \\
&\quad + W_1W_4W_5(W_7 + W_8) + W_1W_4W_6W_8 + W_2W_4W_5(W_7 + W_8) + W_2W_4W_6W_8, \tag{3}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{де } W_1 &= (\alpha_1 - \alpha_{on})(1 - \alpha_2 - \gamma_{on}); & W_5 &= \alpha_1(1 - \alpha_2); \\
W_2 &= \alpha_2(1 - \alpha_3); & W_6 &= \alpha_2(1 - \alpha_3); \\
W_3 &= \alpha_3(1 - \alpha_4); & W_7 &= \alpha_3(1 - \alpha_4); \\
W_4 &= \alpha_4(1 - \beta). & W_8 &= \alpha_4(1 - \beta).
\end{aligned}$$

Задаємо значення коефіцієнтів передачі фарби в коловому напрямку рівними 0,5, а товщину шару фарби, що подається на вхід фарбової системи,  $h_0^1 = h_0^2 = 1 \text{ y.o.}$

За системою рівнянь (2) розраховуємо товщини фарби в місцях контакту валиків, змінюючи коефіцієнти передачі фарби в осьовому напрямку. Отримані результати зведені в таблицю 1.

Таблиця 1

Залежність товщини фарби в точках контакту валиків для двох зон від зміни коефіцієнтів передачі фарби в осьовому напрямку  $\alpha_{on}$

	$x_1^1$	$x_2^1$	$x_3^1$	$x_4^1$	$x_5^1$	$h_c^1$	Значення коефіцієнтів
	$x_1^2$	$x_2^2$	$x_3^2$	$x_4^2$	$x_5^2$	$h_c^2$	
1	5,0000	8,0000	6,0000	4,0000	2,0000	1,0000	При $\alpha_{on}=\gamma_{on}=0$ ; $\beta=0,5$ ; $\kappa_{oc}=\kappa'_{oc}=0$ .
	5,0000	8,0000	6,0000	4,0000	2,0000	1,0000	
2	2,0492	2,6230	1,9672	1,3115	0,6557	0,3279	При $\alpha_{on}=0,2$ ; $\gamma_{on}=0,1$ ; $\beta=0,5$ ; $\kappa_{oc}=\kappa'_{oc}=0,2$ .
	7,9508	13,3770	10,0328	6,6885	3,3443	1,6721	
3	1,4045	1,3483	1,0112	0,6742	0,3371	0,1685	При $\alpha_{on}=0,4$ ; $\gamma_{on}=0,2$ ; $\beta=0,5$ ; $\kappa_{oc}=\kappa'_{oc}=0,4$ .
	8,5955	14,6517	10,9888	7,3258	3,6629	1,8315	
4	1,1468	0,7339	0,5505	0,3670	0,1835	0,0917	При $\alpha_{on}=0,6$ ; $\gamma_{on}=0,3$ ; $\beta=0,5$ ; $\kappa_{oc}=\kappa'_{oc}=0,6$ .
	8,8532	15,2661	11,4495	7,6330	3,8165	1,9083	
5	1,0331	0,3306	0,2479	0,1653	0,0826	0,0413	При $\alpha_{on}=0,8$ ; $\gamma_{on}=0,4$ ; $\beta=0,5$ ; $\kappa_{oc}=\kappa'_{oc}=0,8$ .
	8,9669	15,6694	11,7521	7,8347	3,9174	1,9587	
6	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	При $\alpha_{on}=1,0$ ; $\gamma_{on}=0,5$ ; $\beta=0,5$ ; $\kappa_{oc}=\kappa'_{oc}=1,0$ .
	9,0000	16,0000	12,0000	8,0000	4,0000	2,0000	

За даними таблиці 1 будуюмо гістограми розподілу товщин фарби в місцях контакту валиків для двох зон за умови, що коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків фарби в осьовому напрямі становлять 20% від коефіцієнтів передачі потоків фарби в коловому напрямі.

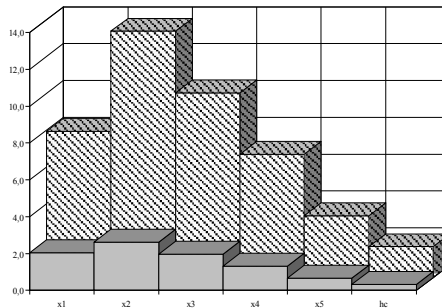


Рис. 3. Гістограми розподілу товщини фарби в місцях контакту елементів фарбової системи з розтиральним циліндром на вході



Гістограми представлені на рис. 3 наочно відображають розподіл товщин фарби в місцях контакту валиків при виході фарбової системи на усталений режим. Встановлено, що співвідношення товщин фарби між зонами  $(x_i^2/x_i^1)$  в місцях контакту елементів фарбової системи, крім  $x_1^j$ , є однаковими.

Проаналізуємо послідовну чотиривалкову фарбову систему, в якій розтиральний циліндр знаходиться в третій позиції щодо входу. Керуючись вище викладеним, будемо структурну схему фарбової системи, яка представлена на рис. 4.

За структурною схемою (рис. 4) запишемо залежності товщини шару фарби в місцях контакту валиків від завдання:

$$x_1^1 = h_0^1 [1 - W_2 - W_3 - W_4 - W_5 - W_6 - W_7 - W_8 + W_2(W_4 + W_5 + W_6 + W_7 + W_8) + W_3(W_5 + W_6 + W_7 + W_8) + W_4(W_5 + W_6 + W_7 + W_8) + W_5(W_7 + W_8) + W_6W_8 - W_2W_4(W_5 + W_6 + W_7 + W_8) - W_2W_5(W_7 + W_8) - W_2W_6W_8 - W_3W_5(W_7 + W_8) - W_3W_6W_8 - W_4W_5(W_7 + W_8) - W_4W_6W_8 + W_2W_4W_5(W_7 + W_8) + W_2W_4W_6W_8] / \Delta;$$

$$x_2^1 = h_0^1 [\alpha_1(1 - W_3 - W_4 - W_5 - W_6 - W_7 - W_8 + W_3(W_5 + W_6 + W_7 + W_8) + W_4(W_5 + W_6 + W_7 + W_8) + W_5(W_7 + W_8) + W_6W_8 - W_3W_5(W_7 + W_8) - W_3W_6W_8 - W_4W_5(W_7 + W_8) - W_4W_6W_8)] / \Delta;$$

$$x_3^1 = h_0^1 [\alpha_1\alpha_2(1 - W_4 - W_5 - W_6 - W_7 - W_8 + W_4(W_5 + W_6 + W_7 + W_8) + W_5(W_7 + W_8) + W_6W_8 - W_4W_5(W_7 + W_8) - W_4W_6W_8)] / \Delta;$$

$$x_4^1 = h_0^1 [\alpha_1\alpha_2(\alpha_3 - \alpha_{on})(1 - W_5 - W_6 - W_7 - W_8 + W_5(W_7 + W_8) + W_6W_8)] / \Delta;$$

$$x_5^1 = h_0^1 [\alpha_1\alpha_2\alpha_4(\alpha_3 - \alpha_{on})(1 - W_5 - W_6 - W_7 - W_8 + W_5(W_7 + W_8) + W_6W_8)] / \Delta;$$

$$h_c^1 = x_5^1\beta.$$

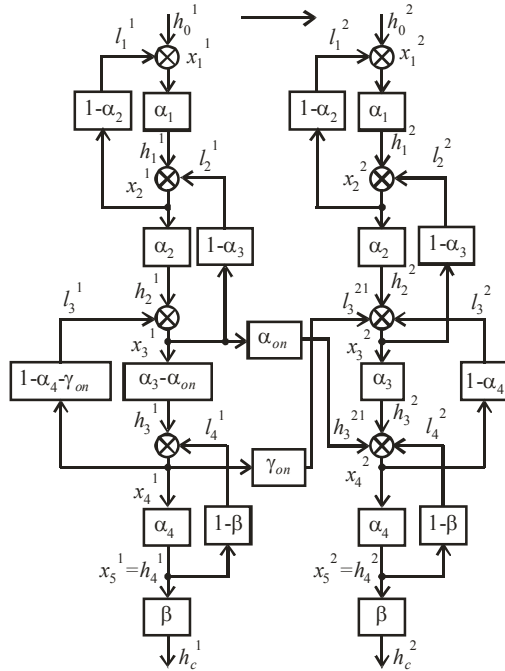


Рис. 4. Структурна схема послідовної двозонної чотириелементної фарбової системи, третім елементом якої є розширительний циліндр

$$\begin{aligned}
 x_1^2 &= h_0^1 [\alpha_1 \alpha_2 \alpha_{on} (1 - \alpha_4)(1 - \alpha_3)(1 - \alpha_2)(1 - W_4) + \alpha_1 \alpha_2 (\alpha_3 - \alpha_{on}) \times \\
 &\quad \times \gamma_{on} (1 - \alpha_3)(1 - \alpha_2)(1 - W_8)] / \Delta + h_0^2 [1 - W_1 - W_2 - W_3 - W_4 - \\
 &\quad - W_6 - W_7 - W_8 + W_1(W_3 + W_4 + W_6 + W_7 + W_8) + W_2(W_4 + W_6 + \\
 &\quad + W_7 + W_8) + W_3(W_6 + W_7 + W_8) + W_4(W_6 + W_7 + W_8) + W_6 W_8 - \\
 &\quad - W_1 W_3(W_6 + W_7 + W_8) - W_1 W_4(W_6 + W_7 + W_8) - W_1 W_6 W_8 - \\
 &\quad - W_2 W_4(W_6 + W_7 + W_8) - W_2 W_6 W_8 - W_3 W_6 W_8 - W_4 W_6 W_8 + \\
 &\quad + W_1 W_3 W_6 W_8 + W_1 W_4 W_6 W_8 + W_2 W_4 W_6 W_8] / \Delta; \\
 x_2^2 &= h_0^1 [\alpha_1 \alpha_2 \alpha_{on} (1 - \alpha_4)(1 - \alpha_3)(1 - W_4) + \alpha_1 \alpha_2 (\alpha_3 - \alpha_{on}) \gamma_{on} (1 - \alpha_3) \times \\
 &\quad \times (1 - W_8)] / \Delta + h_0^2 [\alpha_1 (1 - W_1 - W_2 - W_3 - W_4 - W_7 - W_8 + W_1(W_3 + \\
 &\quad + W_4 + W_7 + W_8) + W_2(W_4 + W_7 + W_8) + W_3(W_7 + W_8) + W_4(W_7 + \\
 &\quad + W_8) - W_1 W_3(W_7 + W_8) - W_1 W_4(W_7 + W_8) - W_2 W_4(W_7 + W_8))] / \Delta;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
x_3^2 &= h_0^1[\alpha_1\alpha_2\alpha_{on}(1-\alpha_4)(1-W_4-W_5+W_4W_5)+\alpha_1\alpha_2(\alpha_3-\alpha_{on})\gamma_{on}\times \\
&\quad \times (1-W_5-W_8+W_5W_8)]/\Delta+h_0^2[\alpha_1\alpha_2(1-W_1-W_2-W_3-W_4-W_8+ \\
&\quad +W_1(W_3+W_4+W_8)+W_2(W_4+W_8)+W_3W_8+W_4W_8-W_1W_3W_8- \\
&\quad -W_1W_4W_8-W_2W_4W_8)]/\Delta; \\
x_4^2 &= h_0^1[\alpha_1\alpha_2\alpha_{on}(1-W_4-W_5-W_6+W_4(W_5+W_6))+\alpha_1\alpha_2(\alpha_3-\alpha_{on})\times \\
&\quad \times \gamma_{on}\alpha_3(1-W_5)]/\Delta+h_0^2[\alpha_1\alpha_2\alpha_3(1-W_1-W_2-W_3-W_4+W_1(W_3+ \\
&\quad +W_4)+W_2W_4)]/\Delta; \\
x_5^2 &= h_0^1[\alpha_1\alpha_2\alpha_{on}\alpha_4(1-W_4-W_5-W_6+W_4(W_5+W_6))+\alpha_1\alpha_2\times \\
&\quad \times (\alpha_3-\alpha_{on})\gamma_{on}\alpha_3\alpha_4(1-W_5)]/\Delta+h_0^2[\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4(1-W_1-W_2-W_3- \\
&\quad -W_4+W_1(W_3+W_4)+W_2W_4)]/\Delta; \\
&\quad\quad\quad h_c^2 = x_5^2\beta. \tag{4}
\end{aligned}$$

Визначник такої системи рівнянь матиме такий вигляд:

$$\begin{aligned}
\Delta &= 1-W_1-W_2-W_3-W_4-W_5-W_6-W_7-W_8+W_1(W_3+W_4+W_5+ \\
&\quad +W_6+W_7+W_8)+W_2(W_4+W_5+W_6+W_7+W_8)+W_3(W_5+W_6+ \\
&\quad +W_7+W_8)+W_4(W_5+W_6+W_7+W_8)+W_5(W_7+W_8)+W_6W_8- \\
&\quad -W_1W_3(W_5+W_6+W_7+W_8)-W_1W_4(W_5+W_6+W_7+W_8)- \\
&\quad -W_1W_5(W_7+W_8)-W_1W_6W_8-W_2W_4(W_5+W_6+W_7+W_8)- \\
&\quad -W_2W_5(W_7+W_8)-W_2W_6W_8-W_3W_5(W_7+W_8)-W_3W_6W_8- \\
&\quad -W_4W_5(W_7+W_8)-W_4W_6W_8+W_1W_3W_5(W_7+W_8)+W_1W_3W_6W_8+ \\
&\quad +W_1W_4W_5(W_7+W_8)+W_1W_4W_6W_8+W_2W_4W_5(W_7+W_8)+ \\
&\quad +W_2W_4W_6W_8, \tag{5}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{де } W_1 &= \alpha_1(1-\alpha_2); & W_5 &= \alpha_1(1-\alpha_2); \\
W_2 &= \alpha_2(1-\alpha_3); & W_6 &= \alpha_2(1-\alpha_3); \\
W_3 &= (\alpha_3-\alpha_{on})(1-\alpha_4-\gamma_{on}); & W_7 &= \alpha_3(1-\alpha_4); \\
W_4 &= \alpha_4(1-\beta). & W_8 &= \alpha_4(1-\beta).
\end{aligned}$$

Задавши значення коефіцієнтів передачі фарби  $\alpha_i$  і товщини фарби, що подається на вхід фарбової системи  $h_1^j$  такими, як в попередньому випадку, розраховуємо за системою рівнянь (4) товщини фарби в місцях контакту елементів фарбової системи. Отримані результати подані в таблиці 2.

Таблиця 2

Залежність товщини фарби в місцях контакту валиків для двох зон від зміни коефіцієнтів передачі фарби в осьовому напрямку  $\alpha_{on}$

	$x_1^1$	$x_2^1$	$x_3^1$	$x_4^1$	$x_5^1$	$h_c^1$	Значення коефіцієнтів
	$x_1^2$	$x_2^2$	$x_3^2$	$x_4^2$	$x_5^2$	$h_c^2$	
1	5,0000	8,0000	6,0000	4,0000	2,0000	1,0000	При $\alpha_{on}=\gamma_{on}=0$ $\beta=0,5$
	5,0000	8,0000	6,0000	4,0000	2,0000	1,0000	
2	3,7442	5,4884	3,4884	1,8605	0,9302	0,4651	При $\alpha_{on}=\gamma_{on}=0,1$ $\beta=0,5$
	6,2558	10,5116	8,5116	6,1395	3,0698	1,5349	
3	3,3158	4,6316	2,6316	1,0526	0,5263	0,2632	При $\alpha_{on}=\gamma_{on}=0,2$ $\beta=0,5$
	6,6842	11,3684	9,3684	6,9474	3,4737	1,7368	
4	3,1194	4,2388	2,2388	0,5970	0,2985	0,1493	При $\alpha_{on}=\gamma_{on}=0,3$ $\beta=0,5$
	6,8806	11,7612	9,7612	7,4030	3,7015	1,8507	
5	3,0274	4,0548	2,0548	0,2740	0,1370	0,0685	При $\alpha_{on}=\gamma_{on}=0,4$ $\beta=0,5$
	6,9726	11,9452	9,9452	7,7260	3,8630	1,9315	
6	3,0000	4,0000	2,0000	0,0000	0,0000	0,0000	При $\alpha_{on}=\gamma_{on}=0,5$ $\beta=0,5$
	7,0000	12,0000	10,0000	8,0000	4,0000	2,0000	

За даними таблиці 2 будуюмо гістограми розподілу товщини фарби в місцях контакту валиків за умови, що коефіцієнти передачі фарби  $\alpha_{on}$ ,  $\gamma_{on}$ , як і в попередньому випадку, становить 20% від коефіцієнтів передачі прямих та зворотних потоків фарби в коловому напрямі.

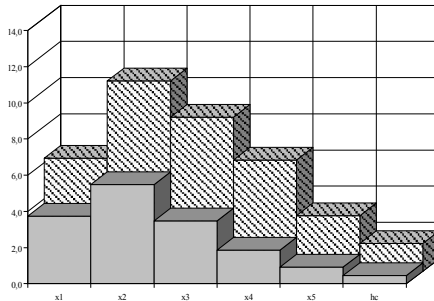


Рис. 5. Гістограми розподілу товщини фарби в місцях контакту елементів фарбової системи третій з яких розтиральний циліндр

Дані гістограми відрізняються від представлених на рис. 3 тим, що демонструють зменшення співвідношення товщин фарби в місцях контакту валиків між сусідніми зонами. Це пояснюється наближенням розтирального циліндра до виходу фарбової системи.

На представлених гістограмах відображена інформація про розподіл товщини фарби в місцях контакту елементів фарбової системи лише для одного значення коефіцієнтів передачі фарби в осьовому напрямі, хоч у відповідних таблицях представлена значно ширша інформація про розподіл товщини фарби в місцях контакту валиків при зміні коефіцієнтів передачі фарби в осьовому напрямі.

Для аналізу фарбових систем більш зручними для сприйняття є потоки фарби  $h_i^j$  та  $l_i^j$ , які циркулюють поверхнями елементів фарбової системи. Тому для ілюстрації впливу розтирального циліндра на передачу фарби скористаємося значеннями товщин прямих і зворотних потоків фарби у відповідних зонах, які для фарбової системи з розтиральним циліндром на вході можна визначити, за наступною системою рівнянь:

$$\begin{aligned}
 h_1^1 &= (\alpha_1 - \alpha_{on})x_1^1; & l_1^1 &= (\gamma_2 - \gamma_{on})x_2^1; & h_1^2 &= \alpha_1x_1^2; & l_1^2 &= \gamma_2x_2^2; \\
 h_2^1 &= \alpha_2x_2^1; & l_2^1 &= \gamma_3x_3^1; & h_2^2 &= \alpha_2x_2^2; & l_2^2 &= \gamma_3x_3^2; \\
 h_3^1 &= \alpha_3x_3^1; & l_3^1 &= \gamma_4x_4^1; & h_3^2 &= \alpha_3x_3^2; & l_3^2 &= \gamma_4x_4^2; \\
 h_4^1 &= \alpha_4x_4^1; & l_4^1 &= (1 - \beta)x_5^1; & h_4^2 &= \alpha_4x_4^2; & l_4^2 &= (1 - \beta)x_5^2; \\
 h_c^1 &= \beta x_5^1; & & & h_c^2 &= \beta x_5^2, & & (6)
 \end{aligned}$$

На підставі рівнянь (6) та залежностей (2) визначаємо товщини прямих і зворотних потоків фарби. За отриманими даними побудовано графічні залежності товщини прямих потоків фарби на поверхні двозонної чотиривалкової фарбової системи, які представлені на рис. 6.

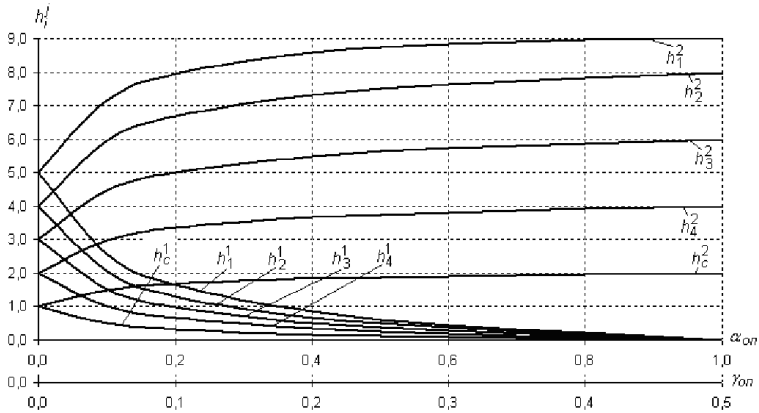


Рис. 6. Графіки зміни товщини прямих потоків фарби у двозонній чотиривалковій фарбовій системі від коефіцієнтів передачі фарби в осьовому напрямі

Як видно з графіків, із збільшенням коефіцієнтів  $\alpha_{on}$ ,  $\gamma_{on}$  при русі розтирального циліндра вправо товщина прямих потоків фарби в другій зоні зростає, а в першій – відповідно зменшується. При зростанні коефіцієнтів передачі прямих і зворотних потоків фарби в осьовому напрямі до величин їх передачі в коловому напрямі, товщина потоків фарби в другій зоні зростає в два рази. Це значить, що вся фарба з першої зони перейшла в другу зону.

Графічні залежності товщини зворотних потоків фарби  $l^j$  від коефіцієнтів передачі фарби в осьовому напрямку в роботі не представлені, оскільки вони мають характер зміни товщини фарби подібний до  $h^j$ .

Розглянемо фарбову систему з розтиральним циліндром в третій позиції від її входу, структурна схема якої представлена на рис. 3. Товщини прямих і зворотних потоків фарби у відповідних зонах на поверхні такої системи можна визначити, за нижче представленою системою рівнянь:

$$\begin{aligned} h_1^1 &= \alpha_1 x_1^1; & l_1^1 &= \gamma_2 x_2^1; & h_1^2 &= \alpha_1 x_1^2; & l_1^2 &= \gamma_2 x_2^2; \\ h_2^1 &= \alpha_2 x_2^1; & l_2^1 &= \gamma_3 x_3^1; & h_2^2 &= \alpha_2 x_2^2; & l_2^2 &= \gamma_3 x_3^2; \\ h_3^1 &= (\alpha_3 - \alpha_{on}) x_3^1; & l_3^1 &= (\gamma_4 - \gamma_{on}) x_4^1; & h_3^2 &= \alpha_3 x_3^2; & l_3^2 &= \gamma_4 x_4^2; \\ h_4^1 &= \alpha_4 x_4^1; & l_4^1 &= (1 - \beta) x_5^1; & h_4^2 &= \alpha_4 x_4^2; & l_4^2 &= (1 - \beta) x_5^2; \\ h_c^1 &= \beta x_5^1; & & & h_c^2 &= \beta x_5^2, \end{aligned} \quad (7)$$

На підставі рівнянь (7) та залежностей (4) визначаємо товщини прямих і зворотних потоків фарби. За отриманими даними будемо графічні залежності товщини прямих потоків фарби на поверхні двононної чотириелементної фарбової системи, які представлені на рис. 7.

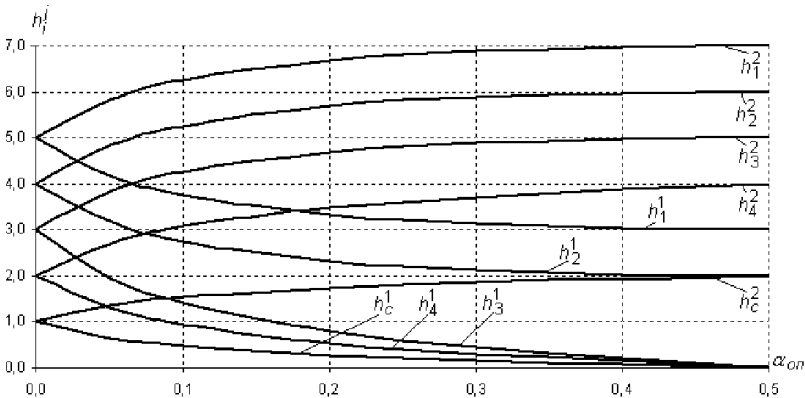


Рис. 7. Графіки зміни товщини прямих потоків фарби від коефіцієнтів передачі фарби в осьовому напрямі (розтиральний циліндр в третій позиції)

Як бачимо з графіків представлених на рис. 7, характер зміни товщини прямих потоків фарби на поверхні елементів фарбової системи і на її виході відповідає зміні товщини фарби на поверхні відповідних елементів у фарбовій системі з розтиральним циліндром на вході (рис. 6). Але значення потоків фарби у відповідних зонах цих систем не збігаються. Так, у фарбовій системі з розтиральним циліндром на вході товщина фарби в двох зонах при тих самих значеннях коефіцієнтів передачі фарби в осьовому напрямі відрізняються більше, ніж у фарбовій системі з розтиральним циліндром в третій позиції, крім випадку, коли  $\alpha_{on}$  і  $\gamma_{on}$  дорівнюють коефіцієнтам передачі потоків фарби в коловому напрямку. Особливо ця відмінність помітна при незначних величинах коефіцієнтів передачі фарби в осьовому напрямі, тобто коли вони становлять 10-20% від їх максимального значення. Це пояснюється тим, що віддалення розтирального циліндра від виходу фарбової системи приводить до підсилення розподілу фарби в осьовому напрямі.

#### 4. ВИСНОВКИ

1. Розроблено математичні та структурні моделі послідовних фарбових систем з розтиральним циліндром на вході та в третій позиції від входу, які є зручними для дослідження процесу колового і осьового розкочування фарби в усталеному режимі.

2. Отримано аналітичні залежності товщини потоків фарби в місцях контакту елементів фарбової системи у відповідних зонах від товщини шару фарби, що подається на вхід цих зон при дії розтирального циліндра.

3. Побудовано графічні залежності, які показують, що із зміною коефіцієнта передачі фарби в осьовому напрямі відбувається перерозподіл товщин фарби у всіх місцях контакту елементів фарбової системи та у відповідних зонах їх поверхонь.

4. Встановлено, що позиція розтирального циліндра у фарбовій системі відносно виходу системи має суттєвий вплив на перерозподіл потоків фарби, як в осьовому, так і в коловому напрямках.

5. Виявлено, що між коефіцієнтами передачі фарби в осьовому напрямку і перерозподілом фарби між зонами немає лінійної залежності. Так, якщо  $\alpha_{on}$  і  $\gamma_{on}$  становлять 10% від коефіцієнтів передачі фарби в коловому напрямку, то товщина фарби, а відповідно, і її кількість у правій зоні зростає на 50%, а в лівій – на стільки ж зменшується. Якщо коефіцієнти  $\alpha_{on}$  і  $\gamma_{on}$  збільшити до 20%, то товщина фарби на виході фарбової системи у правій зоні  $h_c^2$  зросте на 70%, а у лівій зоні  $h_c^1$  становитиме 30% від її початкового значення, і лише якщо коефіцієнти

$\alpha_{on}$  і  $\gamma_{on}$  стануть рівними відповідним коефіцієнтам передачі фарби в коловому напрямку, тоді вся фарба із лівої зони перейде в праву.

6. Отримані результати є важливими для побудови фарбових систем та налагодження режиму роботи розтиральних циліндрів і можуть служити основою для побудови більш складних фарбових моделей.

1. Алексеев Г.В. Красочные аппараты ротационных машин высокой и плоской печати. / Алексеев Г.В. // – М., Книга. 1980. –184 с. 2. Раскин А.Н. и др. Технология печатных процессов. / Раскин А.Н.// – М., Книга. 1989. – 389 с. 3. Ярема С. М. Фарбові та зволожувальні апарати, ракельні та лакувальні пристрої друкарських машин. / С. М. Ярема, Б. Г. Мамут. //– К.: Ун-т «Україна»: ХК «Бліц-Інформ», 2003. – 191 с. 4. Капралова О.Н. Расчет осевого раската краски: Автореф. дис. на соиск. ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.02.15, МГАП. – М., 1993. 16 с. 5. Верхола М. Аналіз осьового розкочування фарби в усталеному режимі роботи фарбової системи/ Верхола М., Гук І. // Комп'ютеризовані технології друкарства. Збірник наукових праць. 2005, №13. – С. 14-34. 6. Луцків М.М. Системи автоматичного керування ротативними машинами./ Луцків М.М. // – Львів: УАД. – Фенікс, 2000. – 152 с.