

1. Томашівський З. М. Меліоративне землеробство Навч. пос. / Львів, 1996.
2. Козловський Б. І. Наукові основи моніторингу осушувальних земель Львів: Державний комітет України з водного господарства, 1995.
3. Tkachenko R. Accelerated Learning of Multilayered Neural Networks on the Base of the New Paradigma// Third Conference "Neural Networks and Their Applications", Kule, October 14-18, 1997, P. 129-130.
4. Ткаченко Р. Модель нейронних мереж //Вісник ДУ "Львівська політехніка" "Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології". 1998. №349. С. 83-86.
5. Грицик В.В., Айзенберг Н.Н., Бунь Р.А., Данилюк О.В., Гече Ф.Е., Кисіль Б.В., Олексів Б.Я., Опотяк Ю.В., Стрямець С.П., Ткаченко Р.О., Вальковський В.О., Войчишин К.С. Нейронні та нейроподібні мережі: синтез, реалізація, застосування та майбутнє // Інформаційні технології і системи. 1998. N1/2. С.15-55.
6. Грицик В.В., Опотяк Ю.В., Ткаченко Р.О., Юрчак І.Ю. Програмні мережі в задачах передбачення та прогнозування. /Збірник праць Сьомої міжнародної конференції з автоматичного управління "Автоматика-2000": Праці в 7-ми томах. Львів, ДНДІІ, 2000 том.6 С. 130-135.
7. Опотяк Ю.В., Юрчак І.Ю. Програмні моделі нейронних мереж прямого поширення // Вісник Харківського Державного політехнічного університету. Збірка наукових праць. Випуск 97. Харків: ХДПУ, 2000 С. 140-145.
8. Грицик В.В., Ткаченко Р.О., Цимбал Ю.В. Ситуаційне прогнозування показників економічної діяльності. /Збірник праць Сьомої міжнародної конференції з автоматичного управління "Автоматика-2000": Праці в 7-ми томах. Львів, ДНДІІ, 2000 том.6 С. 185-188.

УДК 681.624.

МОДЕЛЬ КОЛОВОГО І ОСЬОВОГО РОЗКОЧУВАННЯ ФАРБИ ТА ЇЇ РЕЛЬЄФІВ, ЩО СТВОРЮЮТЬСЯ ДРУКАРСЬКОЮ ФОРМОЮ НА НАКОЧУВАЛЬНИХ ВАЛИКАХ ФАРБОВИХ АПАРАТІВ

© М. Верхола

Українська академія друкарства

Розроблено математичну модель і побудовано сигнальний граф колового і осьового розкочування рельєфів фарби та запропоновано універсальну модель друкарської форми.

The mathematical model is designed and the alarm graph ring and axial considered of reliefs of paint is constructed and the universal model of a printed form is offered.

Фарбові апарати друкарських машин служать для нанесення заданого шару фарби на форму. У фарбовому апараті відбувається розкочування порцій фарби, які надходять від фарбоживильного пристрою. Фарба, певним чином підготовлена в процесі її розко-

чування, надходить на накочувальні валики і передається ними на друкарську форму.

Крім цього, в апараті здійснюється вирівнювання рельєфу фарбового шару, що утворюється на поверхнях накочувальних валиків після передачі фарби на форму і на поверхнях розкочувальних валиків внаслідок можливих дефектів останніх, недоліків місцевого регулювання та ін.

Дискретні порції фарби, що подаються від фарбоживильної групи в розкочувальну, можуть бути у вигляді смужок, розміщених вздовж твірної валиків, у вигляді смужок, розміщених по колу валиків під різними кутами до їх осі, або у вигляді локальних (точкових) порцій.

Оскільки в процесі передачі фарби на форму остання сприймається тільки друкуючими елементами, які можуть мати найрізноманітнішу конфігурацію, то і рельєфи, які будуть створюватися формою, матимуть відповідний рисунок.

Згідно з [1] різноманітність рельєфів ускладнює процес нанесення рівномірного тонкого шару фарби на друкарську форму, оскільки вимагає застосування різних способів їх розкочування. Так, одні смужки можуть розкочуватися тільки по колу, інші вздовж твірної. Смужки фарби, які розміщені не вздовж осі і не перпендикулярно до неї, а під деяким кутом, вимагають одночасного застосування колового і осьового розкочування.

По колу фарба розкочується валиками і циліндрами, що мають обертовий рух, по осі – розтирочними циліндрами зі складною траєкторією руху, а накочування фарби на форму відбувається за допомогою накочувальних валиків.

Велика різноманітність конструкцій фарбових апаратів друкарських машин не дає чіткого уявлення про оптимальну будову як апарата загалом, так і окремих його складових через відсутність єдиних підходів щодо побудови фарбових апаратів. Отже, розробка теоретичних основ аналізу процесів, що протікають у фарбових апаратах, є актуальною темою для досліджень у поліграфічному машинобудуванні. Частково вона розглядається в даній роботі на прикладі простої розкочувально-накочувальної системи (рис. 1), до складу якої входять два накочувальні валики і один розтирочний циліндр.

Фарба від системи живлення надходить на перший валик у вигляді смуг заданої

товщини і передається далі на розтирочний циліндр, що контактує одночасно з двома накочувальними валиками, які наносять фарбу на друкарську форму. З форми фарба передається на паперову стрічку. Процес розкочування рельєфів фарби, які створюються формою, є складним і дискретним [1], оскільки відбувається взаємозмішування шарів фарби та їх сумування і розщеплення в точках контактів елементів фарбової системи.

Тому такий процес зручно представити за допомогою z -перетворень Лапласа [4, 5].

При розробці моделі приймаються наступні припущення: діаметри елементів фарбової системи (валики, циліндр) є різними; поверхні фарбових валиків і форми умовно розділені на зони (смуги) певної ширини, кількість яких дорівнює кількості точок

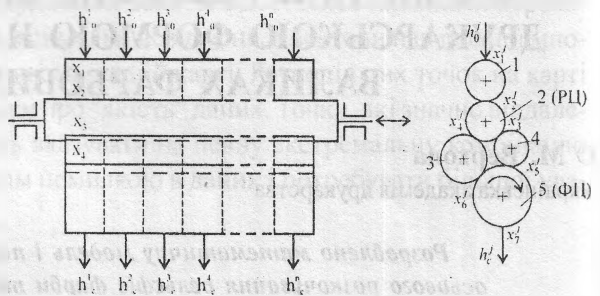


Рис.1. Схема фарбової системи

регулювання подачі фарби на вході; товщина шару фарби на окремих валиках в межах однієї смуги при відсутності збурення друкарською формою є сталою між точками контактів елементів фарбової системи; ширини всіх смуг однакові; осьовий хід розтирочного циліндра за час переміщення його поверхні в коловому напрямку на віддаль, що дорівнює довжині відрізка між точками контакту циліндра із сусідніми елементами не перевищує ширину смуги.

На підставі відомих залежностей [1, 3] складено систему рівнянь, яка описує процес колового і осьового розкочування фарби системою з двома накочувальними валиками:

$$\begin{aligned}x_1^1(z) &= P_{12}^1(z)x_2^1(z) + P_{10}^1(z)h_0^1(z); \\x_2^1(z) &= P_{21}^1(z)x_1^1(z) + P_{24}^1(z)x_4^1(z) + G_{24}^{10}(z)x_4^0(z) + G_{24}^{12}(z)x_4^2(z); \\x_3^1(z) &= P_{32}^1(z)x_2^1(z) + P_{35}^1(z)x_5^1(z) + G_{32}^{10}(z)x_2^0(z) + G_{32}^{12}(z)x_2^2(z); \\x_4^1(z) &= P_{43}^1(z)x_3^1(z) + P_{46}^1(z)x_6^1(z) + G_{43}^{10}(z)x_3^0(z) + G_{43}^{12}(z)x_3^2(z); \\x_5^1(z) &= P_{53}^1(z)x_3^1(z) + P_{56}^1(z)x_6^1(z); \quad x_6^1(z) = P_{64}^1(z)x_4^1(z) + P_{67}^1(z)x_7^1(z); \\x_7^1(z) &= P_{75}^1(z)x_5^1(z); \quad x_8^1(z) = h_c^1(z) = P_{87}^1(z)x_7^1(z); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_1^2(z) &= P_{12}^2(z)x_2^2(z) + P_{10}^2(z)h_0^2(z); \\x_2^2(z) &= P_{21}^2(z)x_1^2(z) + P_{24}^2(z)x_4^2(z) + G_{24}^{21}(z)x_4^1(z) + G_{24}^{23}(z)x_4^3(z); \\x_3^2(z) &= P_{32}^2(z)x_2^2(z) + P_{35}^2(z)x_5^2(z) + G_{32}^{21}(z)x_2^1(z) + G_{32}^{23}(z)x_2^3(z); \\x_4^2(z) &= P_{43}^2(z)x_3^2(z) + P_{46}^2(z)x_6^2(z) + G_{43}^{21}(z)x_3^1(z) + G_{43}^{23}(z)x_3^3(z); \\x_5^2(z) &= P_{53}^2(z)x_3^2(z) + P_{56}^2(z)x_6^2(z); \quad x_6^2(z) = P_{64}^2(z)x_4^2(z) + P_{67}^2(z)x_7^2(z); \\x_7^2(z) &= P_{75}^2(z)x_5^2(z); \quad x_8^2(z) = h_c^2(z) = P_{87}^2(z)x_7^2(z); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_1^3(z) &= P_{12}^3(z)x_2^3(z) + P_{10}^3(z)h_0^3(z); \\x_2^3(z) &= P_{21}^3(z)x_1^3(z) + P_{24}^3(z)x_4^3(z) + G_{24}^{32}(z)x_4^2(z) + G_{24}^{34}(z)x_4^4(z); \\x_3^3(z) &= P_{32}^3(z)x_2^3(z) + P_{35}^3(z)x_5^3(z) + G_{32}^{32}(z)x_2^2(z) + G_{32}^{34}(z)x_2^4(z); \\x_4^3(z) &= P_{43}^3(z)x_3^3(z) + P_{46}^3(z)x_6^3(z) + G_{43}^{32}(z)x_3^2(z) + G_{43}^{34}(z)x_3^4(z); \\x_5^3(z) &= P_{53}^3(z)x_3^3(z) + P_{56}^3(z)x_6^3(z); \quad x_6^3(z) = P_{64}^3(z)x_4^3(z) + P_{67}^3(z)x_7^3(z); \\x_7^3(z) &= P_{75}^3(z)x_5^3(z); \quad x_8^3(z) = h_c^3(z) = P_{87}^3(z)x_7^3(z); \end{aligned}$$

.....

$$\begin{aligned}x_1^n(z) &= P_{12}^n(z)x_2^n(z) + P_{10}^n(z)h_0^n(z); \\x_2^n(z) &= P_{21}^n(z)x_1^n(z) + P_{24}^n(z)x_4^n(z) + G_{24}^{n(n-1)}(z)x_4^{n-1}(z) + G_{24}^{n(n+1)}(z)x_4^{n+1}(z); \\x_3^n(z) &= P_{32}^n(z)x_2^n(z) + P_{35}^n(z)x_5^n(z) + G_{32}^{n(n-1)}(z)x_2^{n-1}(z) + G_{32}^{n(n+1)}(z)x_2^{n+1}(z); \\x_4^n(z) &= P_{43}^n(z)x_3^n(z) + P_{46}^n(z)x_6^n(z) + G_{43}^{n(n-1)}(z)x_3^{n-1}(z) + G_{43}^{n(n+1)}(z)x_3^{n+1}(z); \\x_5^n(z) &= P_{53}^n(z)x_3^n(z) + P_{56}^n(z)x_6^n(z); \quad x_6^n(z) = P_{64}^n(z)x_4^n(z) + P_{67}^n(z)x_7^n(z); \\x_7^n(z) &= P_{75}^n(z)x_5^n(z); \quad x_8^n(z) = h_c^n(z) = P_{87}^n(z)x_7^n(z); \end{aligned} \quad (1)$$

де $h_0^j(z)$ – товщина шару фарби, що подається на вхід відповідних зон; $x_j^i(z)$ – товщина шару фарби смуг у точках подачі і контакту валиків, циліндра, форми; $j=0, 1, \dots, n, (n+1)$ – число смуг; $h_c^j(z)$ – товщина шару фарби відповідної смуги, яка передається на паперову стрічку; $P_{10}^j(z)$ – оператори подачі смуг фарби на перший валик; $P_{i(i-1)}^j(z)$, $P_{i(i-2)}^j(z)$, $P_{i(i+1)}^j(z)$, $P_{i(i+2)}^j(z)$ – оператори передачі потоків фарби в коловому напрямку між точками контактів елементів фарбової системи; $P_{87}^j(z)$ – оператори передачі фарби з форми на стрічку; $G_{i(i+1)}^{j(j+1)}(z)$ та $G_{i(i-1)}^{j(j+1)}(z)$ – оператори передачі фарби між сусідніми смугами при переміщенні розтирочного циліндра в осьовому напрямку вправо; та $G_{i(i+1)}^{j(j-1)}(z)$ та $G_{i(i-1)}^{j(j-1)}(z)$ – оператори передачі фарби між смугами при русі циліндра ліво.

Передачу фарби ділянками розтирочного циліндра, які під час руху останнього виходять в осьовому напрямку зліва ($j=0$) і справа ($j=n+1$) за межі валиків, що мають лише обертовий рух, можна описати такими рівняннями:

$$\begin{aligned} x_3^0(z) &= P_{32}^0(z)x_2^0(z) + G_{32}^{01}(z)x_2^1(z); & x_3^n(z) &= P_{32}^n(z)x_2^n(z) + G_{32}^{n1}(z)x_2^1(z); \\ x_4^0(z) &= P_{43}^0(z)x_3^0(z) + G_{43}^{01}(z)x_3^1(z); \\ x_2^{n+1}(z) &= P_{24}^{n+1}(z)x_4^{n+1}(z) + G_{24}^{(n+1)n}(z)x_4^n(z); & x_3^{n+1}(z) &= P_{32}^{n+1}(z)x_2^{n+1}(z) + G_{32}^{(n+1)n}(z)x_2^n(z); \\ x_4^{n+1}(z) &= P_{43}^{n+1}(z)x_3^{n+1}(z) + G_{43}^{(n+1)n}(z)x_3^n(z). \end{aligned} \quad (2)$$

На основі системи рівнянь (1) і (2) збудовано сигнальний граф колового і осьового розкочування фарби у фарбовій системі з двома накочувальними валиками. Головним вузлам відповідають товщини смуг фарби x_j^i в зонах контактів валиків, розтирочного і формного циліндрів. Вхідним вузлам відповідають товщини смуг фарби, які подаються на перший валик, а вихідним – товщини смуг фарби ($h_c^j = h_8^j$), які наносяться на паперову стрічку. Вузли між собою з'єднуються відрізками, на яких вказані напрями передачі фарби. Відрізки, що з'єднують між собою сусідні смуги, представляють оператори передачі фарби в осьовому напрямку, а всі інші відрізки відповідають операторам передачі фарби прямих і зворотних потоків для відповідних смуг в коловому напрямку.

Зображений на рис.2 сигнальний граф наочно відображає процес розкочування фарбових рельєфів, що створюються друкарською формою і є зручним для дослідження процесів розкочування фарби.

З метою розширення застосування можливих методів аналізу представимо вище наведені системи рівнянь (1) і (2) в матричній формі запису, використавши блочні матриці [6].

$$\begin{bmatrix} \overline{y_0}(z) \\ \overline{y_1}(z) \\ \overline{y_2}(z) \\ \overline{y_3}(z) \\ \vdots \\ \overline{y_n}(z) \\ \overline{y_{n+1}}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{Q_{00}}(z) & \overline{R_{01}}(z) & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \overline{R_{10}}(z) & \overline{Q_{11}}(z) & \overline{R_{12}}(z) & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \overline{R_{21}}(z) & \overline{Q_{22}}(z) & \overline{R_{23}}(z) & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \overline{R_{32}}(z) & \overline{Q_{33}}(z) & \overline{R_{34}}(z) & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \overline{R_{(n+1)n}}(z) & \overline{Q_{(n+1)(n+1)}}(z) \end{bmatrix} \times$$

$$\times \begin{bmatrix} \overline{y_0}(z) \\ \overline{y_1}(z) \\ \overline{y_2}(z) \\ \overline{y_3}(z) \\ \vdots \\ \overline{y_n}(z) \\ \overline{y_{n+1}}(z) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ 0 & \overline{Q_1}(z) & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & \overline{Q_2}(z) & 0 & 0 & \dots & 0 & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 0 & \overline{Q_3}(z) & 0 & \dots & 0 & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \overline{Q_n}(z) & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \mathbf{0} & \mathbf{0} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \overline{H_0}(z) \\ \overline{H_1}(z) \\ \overline{H_2}(z) \\ \overline{H_3}(z) \\ \vdots \\ \overline{H_n}(z) \\ \overline{H_{n+1}}(z) \end{bmatrix}, \quad (3)$$

де $\overline{y_j}(z)$ – блок векторів товщини шару фарби в зонах контакту рухомих елементів (валиків, циліндрів) для відповідних смуг; $\overline{Q_j}(z)$ – блочна матриця операторів передачі прямих та зворотних потоків фарби між точками контактів у відповідних смугах; $\overline{H_j}(z)$ – блок векторів товщини смуг фарби, що подаються на вхід фарбової системи; $\overline{Q_j}(z)$ – блочна матриця операторів подачі фарби на перший валик; $\overline{R}(z)$ – блочна матриця операторів передачі фарби між сусідніми смугами; $\overline{Q'_j}(z)$ – блочна матриця операторів передачі фарби в коловому напрямку ділянками розтирочного циліндра, які в осьовому напрямку виходять за межі решти елементів фарбової системи

$$\overline{Q_{ij}}(z) = \begin{bmatrix} 0 & Q'_{12}(z) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Q'_{21}(z) & 0 & 0 & Q'_{24}(z) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Q'_{32}(z) & 0 & 0 & Q'_{35}(z) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Q'_{43}(z) & 0 & 0 & Q'_{46}(z) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Q'_{53}(z) & 0 & 0 & Q'_{56}(z) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & Q'_{64}(z) & 0 & 0 & P'_{67}(z) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & Q'_{75}(z) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & Q'_{87}(z) & 0 \end{bmatrix};$$

$$\overline{y_j}(z) = \begin{bmatrix} x'_1(z) \\ x'_2(z) \\ x'_3(z) \\ x'_4(z) \\ x'_5(z) \\ x'_6(z) \\ x'_7(z) \\ x'_8(z) \end{bmatrix}; \quad \overline{Q_j}(z) = \begin{bmatrix} P'_{10}(z) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; \quad \overline{H_j}(z) = \begin{bmatrix} h'_0(z) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix};$$

$$\overline{R}_{ij}(z) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & G_{24}^{ij}(z) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & G_{32}^{ij}(z) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & G_{43}^{ij}(z) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\overline{Q}_{00}(z) = \overline{Q}_{(n+1)(n+1)}(z) = \overline{Q}_{ij}(z) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_{24}^{ij}(z) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_{32}^{ij}(z) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_{43}^{ij}(z) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Отримані залежності можна розвинути і використати для побудови моделей та аналізу різноманітних фарбових систем друкарських машин.

З метою проведення дослідження та аналізу процесів колового і осьового розкочування рельєфів, створених друкарською формою, які реально здійснити тільки з

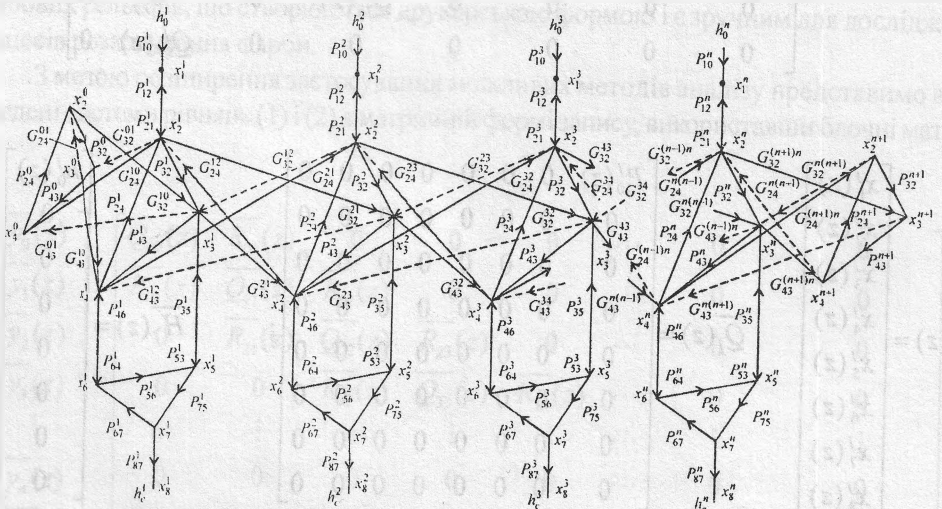


Рис.2. Сигнальний граф розкочування фарби та рельєфів, створених формою

використанням комп'ютерної техніки, на основі системи рівнянь (1) і (2) розроблено відповідну програму.

Для моделювання потрібно задати відповідні значення операторів передачі фарби в коловому і осьовому напрямках та операторів формування рельєфів фарби друкарською формою.

Оператори передачі потоків фарби в коловому напрямку можна представити наступним чином:

$$\begin{aligned} P_{10}^j(z) &= 1; \quad P_{21}^j(z) = \alpha_1^j z^{-h}; \quad P_{12}^j(z) = (1 - \alpha_2) z^{-h}; \quad P_{32}^j(z) = \alpha_2^j (1 - \alpha p_0(z)) z^{-h_2}; \\ P_{43}^j(z) &= (1 - \alpha_3^j) (1 - \alpha r_{01}(z)) z^{-r_1}; \quad P_{24}^j(z) = (1 - \alpha_4) (1 - \alpha r_{02}(z)) z^{-r_2}; \quad P_{53}^j(z) = \alpha_3^j z^{-h_3}; \\ P_{35}^j(z) &= (1 - \alpha_{52} F_2^j(z)) z^{-h_3}; \quad P_{64}^j(z) = \alpha_4^j z^{-h_4}; \quad P_{46}^j(z) = (1 - \alpha_{51} F_1^j(z)) z^{-r_4}; \\ P_{56}^j(z) &= \alpha_{51} F_1^j(z) z^{-r_{51}}; \quad P_{75}^j(z) = \alpha_{52} F_2^j(z) z^{-r_{52}}; \quad P_{67}^j(z) = (1 - \beta^j) z^{-h_5}; \quad P_{87}^j(z) = \beta, \end{aligned} \quad (4)$$

де $\alpha_p^j, \alpha_{r1}^j, \alpha_{r2}^j$ - коефіцієнти ділення фарби на виході із зони контакту валиків для відповідних смуг, циліндрів; β^j - коефіцієнти ділення фарби між друкарською формою і стрічкою; оператори $z^{-p1}, z^{-p11}, z^{-p12}, z^{-r}, z^{-r1}, z^{-r2}$ - це по суті запізнення відповідних змінних на $P, P_{11}, P_{12}, r, r_{11}, r_{12}$ - умовних одиниць; $F_1(z), F_2(z)$ - оператори передачі (формування рельєфів) фарби з форми на накочувальні валики.

Оператори передачі потоків фарби в осьовому напрямку згідно з [5] можна подати в такому вигляді:

$$\begin{aligned} G_{32}^{j(j-1)}(z) &= \alpha p_{2p}(z) z^{-p_2}; \quad G_{43}^{j(j-1)}(z) = \alpha r_{2p1}(z) z^{-r_{21}}; \quad G_{24}^{j(j-1)}(z) = \alpha r_{2p2}(z) z^{-r_{22}}; \\ G_{32}^{j(j+1)}(z) &= \alpha p_{2l}(z) z^{-l_2}; \quad G_{43}^{j(j+1)}(z) = \alpha r_{2l1}(z) z^{-r_{l1}}; \quad G_{24}^{j(j+1)}(z) = \alpha r_{2l2}(z) z^{-r_{l2}}; \end{aligned} \quad (5)$$

де $\alpha p_{2p}(z), \alpha r_{2p1}(z), \alpha r_{2p2}(z)$ - це оператори передачі фарби із смуги $(j-1)$ в смугу j при русі розтирочного циліндра в осьовому напрямку вправо; $\alpha p_{2l}(z), \alpha r_{2l1}(z), \alpha r_{2l2}(z)$ - оператори передачі фарби із смуги $(j+1)$ в смугу j при русі циліндра вліво, а $\alpha p_0(z) = \alpha p_{2p}(z) + \alpha p_{2l}(z)$; $\alpha r_{01}(z) = \alpha r_{2p1}(z) + \alpha r_{2l1}(z)$; $\alpha r_{02}(z) = \alpha r_{2p2}(z) + \alpha r_{2l2}(z)$.

На відміну від операторів для колового розкочування оператори, що відображають осьове розкочування, є змінними, характер зміни яких визначається законом руху розтирочного циліндра. В більшості друкарських машин розтирочний циліндр переміщається в осьовому напрямку за синусоїдальним законом.

Якщо лініазувати цей закон руху циліндра, то оператори передачі фарби між смугами при русі циліндра вправо можна уявити детальніше

$$\begin{aligned} \alpha p_{2p}(z) &= \frac{z}{z-1} \left[\left(\kappa_{oc} p_2 (1 - z^{-(0,25c_2 - p_2)}) \right) + \left(\kappa_{oc} (0,5c_2 - p_2) - \frac{2\kappa_{oc}}{z-1} \right) \left(z^{-(0,25c_2 - p_2)} - \right. \right. \\ &- z^{-(0,25c_2 - 0,5p_2)} \left. \right) - 2\kappa_{oc} \left((0,25c_2 - p_2) z^{-(0,25c_2 - p_2)} - (0,25c_2 - 0,5p_2) z^{-(0,25c_2 - 0,5p_2)} \right) + \\ &+ \left(\kappa_{oc} (-1,5c_2 + p_2) + \frac{2\kappa_{oc}}{z-1} \right) \left(z^{-(0,75c_2 - 0,5p_2)} - z^{-(0,75c_2)} \right) + \\ &+ 2\kappa_{oc} \left((0,75c_2 - 0,5p_2) z^{-(0,75c_2 - 0,5p_2)} - 0,75c_2 z^{-0,75c_2} \right) + \kappa_{oc} p_2 \left(z^{-0,75c_2} - z^{-c_2} \right) \left. \right] . \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned}
\alpha r_{2\rho_1}(z) = & \frac{z}{z-1} \left[\left(\kappa_{oc} r_{21} (1 - z^{-(0,25c_2 - r_{21})}) \right) + \left(\kappa_{oc} (0,5c_2 - r_{21}) - \frac{2\kappa_{oc}}{z-1} \right) \left(z^{-(0,25c_2 - r_{21})} - \right. \right. \\
& - z^{-(0,25c_2 - 0,5r_{21})} \left. \right) - 2\kappa_{oc} \left((0,25c_2 - r_{21}) z^{-(0,25c_2 - r_{21})} - (0,25c_2 - 0,5r_{21}) z^{-(0,25c_2 - 0,5r_{21})} \right) + \\
& + \left(\kappa_{oc} (-1,5c_2 + r_{21}) + \frac{2\kappa_{oc}}{z-1} \right) \left(z^{-(0,75c_2 - 0,5r_{21})} - z^{-(0,75c_2)} \right) + \\
& + 2\kappa_{oc} \left((0,75c_2 - 0,5r_{21}) z^{-(0,75c_2 - 0,5r_{21})} - 0,75c_2 z^{-0,75c_2} \right) + \kappa_{oc} r_{21} \left(z^{-0,75c_2} - z^{-c_2} \right) \left. \right] . \quad (7)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\alpha r_{2\rho_2}(z) = & \frac{z}{z-1} \left[\left(\kappa_{oc} r_{22} (1 - z^{-(0,25c_2 - r_{22})}) \right) + \left(\kappa_{oc} (0,5c_2 - r_{22}) - \frac{2\kappa_{oc}}{z-1} \right) \left(z^{-(0,25c_2 - r_{22})} - \right. \right. \\
& - z^{-(0,25c_2 - 0,5r_{22})} \left. \right) - 2\kappa_{oc} \left((0,25c_2 - r_{22}) z^{-(0,25c_2 - r_{22})} - (0,25c_2 - 0,5r_{22}) z^{-(0,25c_2 - 0,5r_{22})} \right) + \\
& + \left(\kappa_{oc} (-1,5c_2 + r_{22}) + \frac{2\kappa_{oc}}{z-1} \right) \left(z^{-(0,75c_2 - 0,5r_{22})} - z^{-(0,75c_2)} \right) + \\
& + 2\kappa_{oc} \left((0,75c_2 - 0,5r_{22}) z^{-(0,75c_2 - 0,5r_{22})} - 0,75c_2 z^{-0,75c_2} \right) + \kappa_{oc} r_{22} \left(z^{-0,75c_2} - z^{-c_2} \right) \left. \right] . \quad (8)
\end{aligned}$$

Оператори передачі фарби між смугами при русі циліндра вліво можна описати такими виразами:

$$\begin{aligned}
\alpha p_{2l}(z) = & \frac{z}{z-1} \left[\left(\kappa_{oc} (0,5c_2 - p_2) - \frac{2\kappa_{oc}}{z-1} \right) \left(z^{-(0,25c_2 - 0,5p_2)} - z^{-0,25c_2} \right) - \right. \\
& - 2\kappa_{oc} \left((0,25c_2 - 0,5p_2) z^{-(0,25c_2 - 0,5p_2)} - (0,25c_2) z^{-0,25c_2} \right) - \kappa_{oc} p_2 \times \\
& \times \left(z^{-0,25c_2} - z^{-(0,75c_2 - p_2)} \right) + \left(\kappa_{oc} (p_2 - 1,5c_2) + \frac{2\kappa_{oc}}{z-1} \right) \left(z^{-(0,75c_2 - p_2)} - z^{-(0,75c_2 - 0,5p_2)} \right) + \\
& + 2\kappa_{oc} \left((0,75c_2 - p_2) z^{-(0,75c_2 - p_2)} - (0,75c_2 - 0,5p_2) z^{-(0,75c_2 - 0,5p_2)} \right) \left. \right] . \quad (9)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\alpha r_{2l_1}(z) = & \frac{z}{z-1} \left[\left(\kappa_{oc} (0,5c_2 - r_{21}) - \frac{2\kappa_{oc}}{z-1} \right) \left(z^{-(0,25c_2 - 0,5r_{21})} - z^{-0,25c_2} \right) - \right. \\
& - 2\kappa_{oc} \left((0,25c_2 - 0,5r_{21}) z^{-(0,25c_2 - 0,5r_{21})} - (0,25c_2) z^{-0,25c_2} \right) - \kappa_{oc} r_{21} \times \\
& \times \left(z^{-0,25c_2} - z^{-(0,75c_2 - r_{21})} \right) + \left(\kappa_{oc} (r_{21} - 1,5c_2) + \frac{2\kappa_{oc}}{z-1} \right) \left(z^{-(0,75c_2 - r_{21})} - z^{-(0,75c_2 - 0,5r_{21})} \right) + \\
& + 2\kappa_{oc} \left((0,75c_2 - r_{21}) z^{-(0,75c_2 - r_{21})} - (0,75c_2 - 0,5r_{21}) z^{-(0,75c_2 - 0,5r_{21})} \right) \left. \right] . \quad (10)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha r_{2/2}(z) = & \frac{z}{z-1} \left[\left(\kappa_{oc}(0, 5c_2 - r_{22}) - \frac{2\kappa_{oc}}{z-1} \right) \left(z^{-(0,25c_2-0,5r_{22})} - z^{-0,25c_2} \right) - \right. \\ & - 2\kappa_{oc} \left((0, 25c_2 - 0, 5r_{22}) z^{-(0,25c_2-0,5r_{22})} - (0, 25c_2) z^{-0,25c_2} \right) - \kappa_{oc} r_{22} \times \\ & \times \left(z^{-0,25c_2} - z^{-(0,75c_2-r_{22})} \right) + \left(\kappa_{oc}(r_{22} - 1, 5c_2) + \frac{2\kappa_{oc}}{z-1} \right) \left(z^{-(0,75c_2-r_{22})} - z^{-(0,75c_2-0,5r_{22})} \right) + \\ & \left. + 2\kappa_{oc} \left((0, 75c_2 - r_{22}) z^{-(0,75c_2-r_{22})} - (0, 75c_2 - 0, 5r_{22}) z^{-(0,75c_2-0,5r_{22})} \right) \right]. \end{aligned} \quad (11)$$

де c_2 - час циклу роботи розтирочного циліндра в умовних одиницях.

Щоб розкрити зміст операторів передачі рельєфів, опишемо процес виникнення рельєфів фарби на накочувальних валиках, які створюються друкарською формою.

Розглянемо найпростіший випадок, коли друкується тільки текст, рядки якого розміщені вздовж твірної формного циліндра і висота яких в умовних одиницях дорівнює a_p , пробільні рядки між ними - висотою b_p .

Довжину форми L_ϕ в умовних одиницях можна вирахувати як різницю довжини кола формного циліндра $L_{\text{цил}} = P_{s1} + P_{s2} + r_s$ і відрізка кола циліндра b_n , що відповідає виїмці, в якій кріпиться форма:

$$L_\phi = P_{s1} + P_{s2} + r_s - b_n = \sum_{i=0}^n (a_i + b_i) - b_n. \quad (12)$$

Оскільки форма стосовно накочувальних валиків може займати довільне положення, прийемо, що на момент приведення друкарської машини в робочий режим початок форми збігається з точкою контакту формного циліндра з накочувальним валиком 3. Тоді довжини відрізків між точками контакту циліндра, на якому закріплена друкарська форма з накочувальними валиками і паперовою стрічкою, можна представити наступними виразами

$$P_{s1} = \sum_{i=0}^{k_1} (a_i + b_i); \quad (13) \quad P_{s2} = \sum_{i=k_1+1}^{k_2} (a_i + b_i); \quad (14) \quad r_s = \sum_{i=k_2+1}^n (a_i + b_i). \quad (15)$$

Оскільки структура рельєфу, що створюється формою на накочувальних валиках, визначається не тільки розміщення рядків тексту і проміжками між ними, а і конфігурацією рядка (для випадку, що розглядається), то доцільно ввести по аналогії з коефіцієнтом заповнення форми, таке поняття, як коефіцієнт заповнення рядка k_p^j , і вирахувати його в межах окремої j -смуги.

З врахуванням вищесказаного розгортку форми в коловому напрямку в межах однієї смуги можна представити як кінцеву послідовність коефіцієнтів заповнення рядка і пробілів між ними:

$$\begin{aligned} R_1^j[m] = & k_{p1}^j[m] - k_{p1}^j[m - a_1^j] + k_{p2}^j[m - (a_1^j + b_1^j)] - k_{p2}^j[m - (a_1^j + b_1^j + a_2^j)] + \\ & + k_{p3}^j[m - (a_1^j + b_1^j + a_2^j + b_2^j)] - \dots - k_{p(n-1)}^j[m - (a_1^j + b_1^j + \dots + a_{n-1}^j + b_{n-1}^j)] - \\ & k_{p(n-1)}^j[m - (a_1^j + b_1^j + \dots + a_{n-1}^j + b_{n-1}^j + a_n^j)]. \end{aligned} \quad (16)$$

У випадку, коли коефіцієнти заповнення рядків приблизно однакові, тобто можна прийняти, що $k_{p_i}^j = k_p^j$ ($i = 1, 2, \dots, n$), то вираз (16) набуде такого вигляду:

$$R^j[m] = k_p^j [1[n] - \sum_{i=0}^{n-1} 1i[n - \sum_{i=0}^{n-1} (a'_{i+1} + b'_i)]] + \sum_{i=0}^{n-1} 1i[n - \sum_{i=0}^{n-1} (a'_i + b'_i)]. \quad (17)$$

Оскільки точка контакту накочувального валика 4 з формою є зміщена стосовно початку форми на P_{31} умовних одиниць, то розгортку форми в межах смуги відносно позиції контакту валика 4 з формним циліндром можна описати таким виразом:

$$R'_2[m] = k_{p1}^{j'} [m] - k_{p1}^{j'} [m - c'_1] + k_{p2}^{j'} [m - (c'_1 + d'_1)] - k_{p2}^{j'} [m - (c'_1 + d'_1 + c'_2)] + \dots \\ \dots + k_{p(n-1)}^{j'} [m - (c'_1 + d'_1 + \dots + c'_{n-1} + d'_{n-1})] - k_{p(n-1)}^{j'} [m - (c'_1 + d'_1 + \dots + c'_{n-1} + d'_{n-1} + c'_n)], \quad (18)$$

де $c'_i = a'_{i+k_i}$; $d'_i = b'_{i+k_i}$; $k_{p_i}^{j'} = k_{p(i+k_i)}^j$.

Послідовності (16) і (18) - це, по суті, решітчасті функції, визначені в дискретні моменти часу m , які можна подати за допомогою дискретного перетворення Лапласа у формі z -перетворень.

$$z\{R'_1[m]\} = \frac{z}{z-1} [k_{p1}^{j'} - k_{p1}^{j'} z^{-a'_1} + k_{p2}^{j'} z^{-(a'_1+b'_1)} - k_{p2}^{j'} z^{-(a'_1+b'_1+a'_2)} + \dots \\ \dots + k_{p(n-1)}^{j'} z^{-(a'_1+b'_1+\dots+a'_{n-1}+b'_{n-1})} - k_{p(n-1)}^{j'} z^{-(a'_1+b'_1+\dots+a'_{n-1}+b'_{n-1}+a'_n)}] \quad (19)$$

$$z\{R'_2[m]\} = \frac{z}{z-1} [k_{p1}^{j'} - k_{p1}^{j'} z^{-c'_1} + k_{p2}^{j'} z^{-(c'_1+d'_1)} - k_{p2}^{j'} z^{-(c'_1+d'_1+c'_2)} + \dots \\ \dots + k_{p(n-1)}^{j'} z^{-(c'_1+d'_1+\dots+c'_{n-1}+d'_{n-1})} - k_{p(n-1)}^{j'} z^{-(c'_1+d'_1+\dots+c'_{n-1}+d'_{n-1}+a'_n)}] \quad (20)$$

Враховуючи те, що формний циліндр в процесі роботи друкарської машини обертається з певним періодом, то на підставі теореми зміщення в області оригіналів і зображень [3] за виразами (17) і (18) визначимо відповідні періодичні функції

$$F_1(z) = \frac{z\{R'_1[m]\}}{1 - z^{-d \cdot M}}; \quad (21)$$

$$F_2(z) = \frac{z\{R'_2[m]\}}{1 - z^{-d \cdot M}}. \quad (22)$$

Для випадку, коли друкується текстова продукція, тобто коли коефіцієнти заповнення рядків приблизно однакові, оператори передачі рельєфів фарби в межах j -смуги будуть описуватися такими виразами:

$$F_j(z) = \frac{k_p^j [1 - \sum_{i=0}^{n-1} z_i^{-\sum_{i=1}^{n-1} (a_{i+1} + b_i)} + \sum_{i=0}^{n-1} z_i^{-\sum_{i=0}^{n-1} (a_i + b_i)}] z}{(1 - z^{-\sum_{i=1}^n (a'_i + b'_i)}) (z - 1)}; \quad (23)$$

$$F_2(z) = \frac{k_p^j [1 - \sum_{i=0}^{n-1} z_i^{-\sum_{j=0}^{n-1} (c_{i+1} + d_j)} + \sum_{i=0}^{n-1} z_i^{-\sum_{j=0}^{n-1} (c_i + d_j)}] z}{(1 - z^{-d \sum_{i=1}^n (a_i^j + b_i^j)}) (z - 1)} \quad (24)$$

де M - довжина формного циліндра із закріпленою формою в умовних одиницях; оператори $z_i = z$, а $d = 0, 1, 2, 3, \dots$ - послідовність цілих чисел.

Слід зауважити, що хоча a_i^j і b_i^j в кожній смузі можуть мати різні значення, але їх сума – величина однакова, що дорівнює $M = P_{51} + P_{52} + r_5$.

На основі виразу (22) побудована структурна схема формувача рельєфів фарби

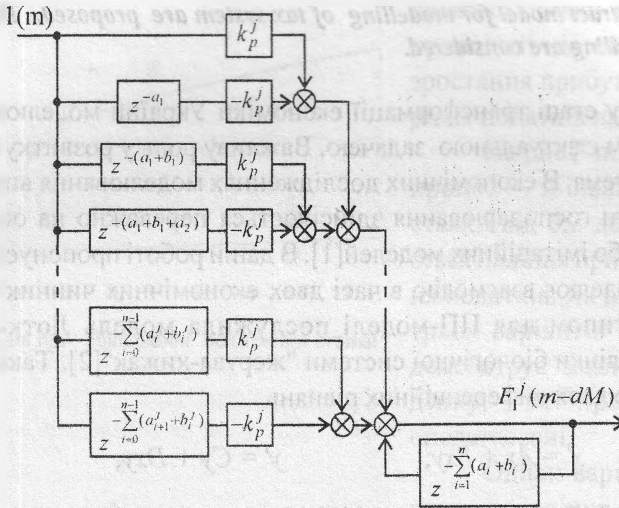


Рис.3. Структурна схема формувача рельєфів фарби

(рис.3), яка наочно відображає процес виникнення рельєфів шару фарби на накочувальних валиках в межах j -ї смуги.

Аналогічно можна представити процес формування рельєфів і у інших смугах та для операторів $F_2^j(z)$.

Задавши відповідні оператори та значення вхідних параметрів h_0^j , можна провести дослідження процесу виникнення та розкочування рельєфів шару фарби, що створюється формами з різноманітними рисунками друкуючих елементів.

Результати даної роботи можуть допомогти при побудові моделей та моделювання значно складніших фарбових систем.

1. Алексеев Г.А. Красочные аппараты ротационных машин высокой и плоской печати. М., 1980.
2. Верхола М.І. Моделювання і дослідження процесів та елементів фарбової системи друкарських машин //Комп'ютерні технології друкарства. Збірник наукових праць. Львів, 2000. №5. С.9-22.
3. Верхола М.І., Гук І.Б., Луцків М.М. Модель осьового розкочування фарби у тривалковій фарбовій групі //Наукові записки УАД. Вип.1, 1999, С.50-52.
4. Иванов В.А., Чемоданов Б.К., Медведев В.С. Основы теории автоматического регулирования. М., 1971.
5. Куо Б. Теория проектирования цифровых систем управления. М., 1986.
6. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. К., 1977.