

Рис. 5. Графік залежності швидкості руху робочого середовища ($\Psi_1 \cdot R_3$) від часу при різних значеннях коефіцієнта завантаження η_3

Із результатів досліджень (рис. 3) випливає, що рівняння правильно описують рух робочої камери і середовища в межах завантаження камери $\eta_3=0,5 - 1$.

1. Субач А.П. Динамика процессов и машин объемной вибрационной и центробежной обработки насыпных деталей. – Рига: Зинатне, 1991. – 400 с. 2. Карташов И.Н., Шаинский М.Е., Власов В.А. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах. – К.: Вища школа, 1975. – 189 с. 3. Топільницький В.Г. Моделювання руху шару середовища робочого контейнера вібраційної машини об'ємної обробки деталей // Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні. – 2000. – № 394. – С. 104. 4. Боровець В.М., Гаврильченко О.В., Коломієць В.О. Аналіз динаміки вібраційних машин об'ємної обробки деталей // Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні. – 2000. – № 412. – С 54–60.

УДК 681.624

М.І. Верхола, І.Б. Гук, В.М. Бабінець

КОЛОВЕ І ОСЬОВЕ РОЗКОЧУВАННЯ ФАРБИ У ФАРБОВІЙ СИСТЕМІ З ТРЬОМА НАКОЧУВАЛЬНИМИ ВАЛИКАМИ

© Верхола М.І., Гук І.Б., Бабінець В.М., 2001

The mathematical model is designed and the alarm graph circular both axial is considered of paint and her reliefs by colorful system with three rolling cylinders is constructed.

Нанесення фарби на форму з метою подальшої її передачі на паперову стрічку в друкарських машинах реалізується за допомогою фарбових систем різних структур.

Для машин офсетного і високого друку фарба розкочується і передається на форму фарбовими апаратами дукторного типу, які складаються з фарбоподаючої, розкочувальної та накочувальної груп. До складу апаратів входить різна кількість металевих циліндрів і еластичних валиків. Дуктор і металеві циліндри мають примусовий рух, а еластичні валики – фрикційний.

Розкочувальні (розтиральні) металеві циліндри, крім обертового руху здійснюють осьове переміщення [1, 8]. Наявність останніх спричиняє перемішування відносно незалеж-

них потоків фарби, які формуються при зональній (смуговій) подачі, в єдиний, що супроводжується розкочуванням фарби не тільки в коловому, але і в осьовому напрямках.

Накочувальні валики забезпечують безпосереднє нанесення уже підготовленого шару фарби на друкарську форму. Оскільки фарба сприймається лише друкуючими елементами, то на накочувальних валиках виникає рельєф з певним рисунком, який вносить додаткові збурення у фарбову систему.

Щоб встановити вплив рельєфу, що створюється формою, та його структури на тривалість перехідних процесів, що можуть бути викликані, наприклад, зміною подачі фарби на вході системи, а також на рівномірність товщини шару фарби, що наноситься на форму, потрібно розробити відповідні моделі.

Побудова математичної моделі та сигнального графа колового і осьового розкочування фарби розглядається в цій роботі.

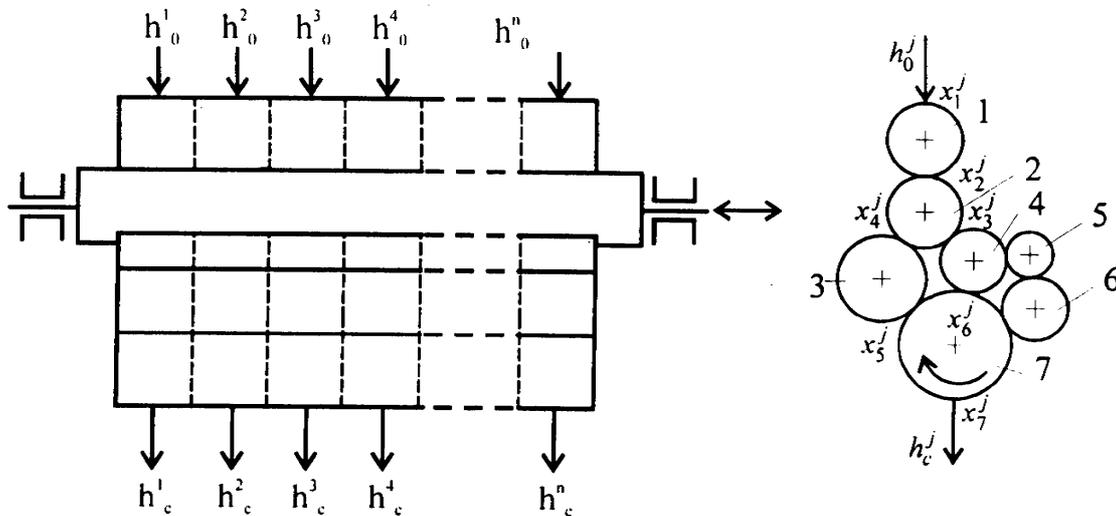


Рис. 1. Схема фарбової системи

Для прикладу розглянемо фарбову систему з двома розтиральними циліндрами та трьома накочувальними валиками (рис. 1). На перший валик надходить фарба від дукторного циліндра у вигляді смужок, товщина яких регулюється, а ширина дорівнює ширині зони регулювання. Далі фарба передається розтиральним циліндром 2, який здійснює коловий та поперечний перенос фарби (за рахунок осьового переміщення) від першого валика до накочувальних валиків 3 і 4. З валика 4 шар фарби через другий розтиральний циліндр 5 передається на накочувальний валик 6. Валики 3, 4 і 6 забезпечують формування відповідного шару фарби на друкуючих елементах форми. Формний циліндр 7 із закріпленою на його поверхні формою, при обертанні наносить фарбу безпосередньо на паперову стрічку (в машинах високого друку), або через проміжний офсетний циліндр (в офсетних машинах).

При побудові моделі зробимо такі припущення: колові швидкості валиків і розтиральних циліндрів рівні і дорівнюють коловій швидкості формного циліндра; діаметри елементів фарбової системи (валиків, циліндрів) є різними; величина діаметра формного циліндра враховує товщину друкарської форми; поверхні фарбових валиків і форми умовно розділено на смуги, кількість яких дорівнює кількості позицій (зон) регулювання; ширини смуг (зон) є рівні між собою; величини осьового ходу розтиральних циліндрів за час переміщення їх поверхонь в коловому напрямку на віддаль, що дорівнює довжині відрізка

між точками контакту їх із сусідніми елементами не перевищує ширину смуги; товщина шару фарби на окремих валиках в межах однієї смуги, при відсутності збурення зі сторони форми, між точками контактів є сталою.

Якщо кожен зону фарбової системи представити, використавши відому модель колового розкочування [2], і додатково ввести оператори осьового розкочування, які враховують переміщення шару фарби між зонами [4], то можна скласти систему рівнянь, яка б описувала розкочування і передачу фарби у фарбовій системі з трьома накочувальними валиками та двома розтиральними циліндрами.

Основне призначення фарбового апарату будь-якої друкарської машини полягає у формуванні заданого шару фарби на друкуючих елементах формного циліндра.

$$\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_{37}^1(z)x_7^1(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_{45}^1(z)x_5^1(z) + G_{43}^{10}(z)x_3^0(z) + G_{43}^{12}(z)x_3^2(z); \\
 x_5^1(z) &= P_{54}^1(z)x_4^1(z) + P_{510}^1(z)x_{10}^1(z); \quad x_6^1(z) = P_{63}^1(z)x_3^1(z) + P_{65}^1(z)x_5^1(z); \\
 x_7^1(z) &= P_{76}^1(z)x_6^1(z) + P_{78}^1(z)x_8^1(z) + G_{78}^{10}(z)x_8^0(z) + G_{78}^{12}(z)x_8^2(z); \\
 x_8^1(z) &= P_{87}^1(z)x_7^1(z) + P_{89}^1(z)x_9^1(z) + G_{87}^{10}(z)x_7^0(z) + G_{87}^{12}(z)x_7^2(z); \\
 x_9^1(z) &= P_{96}^1(z)x_6^1(z) + P_{98}^1(z)x_8^1(z); \quad x_{10}^1(z) = P_{10}^1(z)x_9^1(z); \\
 x_{11}^1(z) &= h_c^1(z) = P_c^1(z)x_{10}^1(z); \\
 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_{37}^2(z)x_7^2(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_{45}^2(z)x_5^2(z) + G_{43}^{21}(z)x_3^1(z) + G_{43}^{23}(z)x_3^3(z); \\
 x_5^2(z) &= P_{54}^2(z)x_4^2(z) + P_{510}^2(z)x_{10}^2(z); \quad x_6^2(z) = P_{63}^2(z)x_3^2(z) + P_{65}^2(z)x_5^2(z); \\
 x_7^2(z) &= P_{76}^2(z)x_6^2(z) + P_{78}^2(z)x_8^2(z) + G_{78}^{21}(z)x_8^1(z) + G_{78}^{23}(z)x_8^3(z); \\
 x_8^2(z) &= P_{87}^2(z)x_7^2(z) + P_{89}^2(z)x_9^2(z) + G_{87}^{21}(z)x_7^1(z) + G_{87}^{23}(z)x_7^3(z); \\
 x_9^2(z) &= P_{96}^2(z)x_6^2(z) + P_{98}^2(z)x_8^2(z); \quad x_{10}^2(z) = P_{10}^2(z)x_9^2(z); \\
 x_{11}^2(z) &= h_c^2(z) = P_c^2(z)x_{10}^2(z); \\
 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_{37}^3(z)x_7^3(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_{45}^3(z)x_5^3(z) + G_{43}^{32}(z)x_3^2(z) + G_{43}^{34}(z)x_3^4(z);
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
x_2^0(z) &= P_{24}^0(z)x_4^0(z) + G_{24}^{01}(z)x_4^1(z); \\
x_3^0(z) &= P_{32}^0(z)x_2^0(z) + G_{32}^{01}(z)x_2^1(z); \\
x_4^0(z) &= P_{43}^0(z)x_3^0(z) + G_{43}^{01}(z)x_3^1(z); \\
x_7^0(z) &= P_{78}^0(z)x_8^0(z) + G_{78}^{01}(z)x_8^1(z); \\
x_8^0(z) &= P_{87}^0(z)x_7^0(z) + G_{87}^{01}(z)x_7^1(z).
\end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
x_2^{n+1}(z) &= P_{24}^{n+1}(z)x_4^{n+1}(z) + G_{24}^{(n+1)n}(z)x_4^n(z); \\
x_3^{n+1}(z) &= P_{32}^{n+1}(z)x_2^{n+1}(z) + G_{32}^{(n+1)n}(z)x_2^n(z); \\
x_4^{n+1}(z) &= P_{43}^{n+1}(z)x_3^{n+1}(z) + G_{43}^{(n+1)n}(z)x_3^n(z); \\
x_7^{n+1}(z) &= P_{78}^{n+1}(z)x_8^{n+1}(z) + G_{78}^{(n+1)n}(z)x_8^n(z); \\
x_8^{n+1}(z) &= P_{87}^{n+1}(z)x_7^{n+1}(z) + G_{87}^{(n+1)n}(z)x_7^n(z).
\end{aligned} \tag{3}$$

На основі системи рівнянь (1) – (3) збудовано сигнальний граф колового і осьового розкочування фарби у фарбовій системі з трьома накочувальними валиками. Головним вузлам відповідають товщини смуг фарби x_i^j в зонах контактів валиків, розтирального і формного циліндрів. Вхідним вузлам графа відповідають товщини смуг фарби, які подаються на перший валик, а вихідним – товщини смуг фарби ($h_c^j = x_{11}^j$), 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.

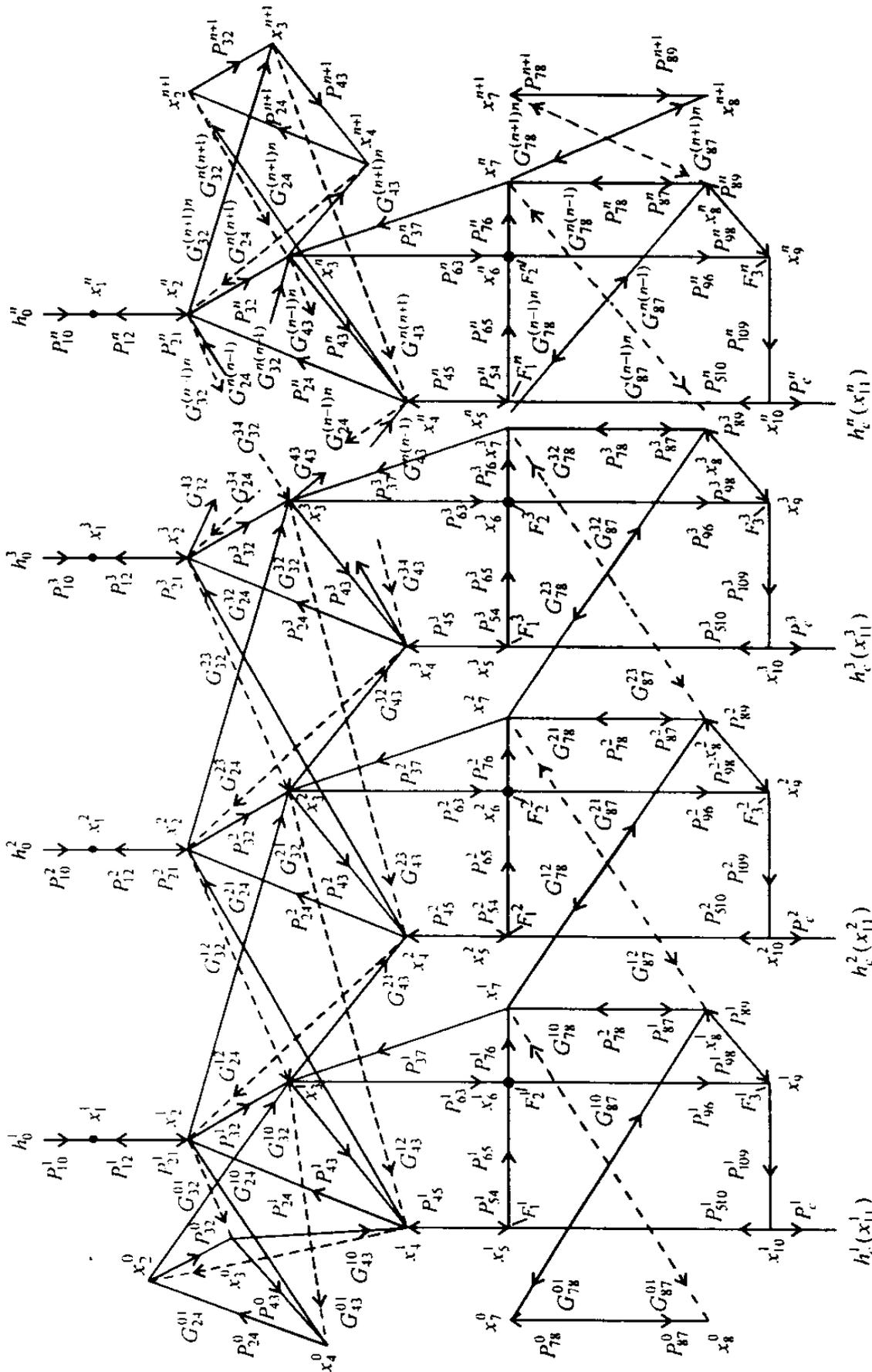


Рис. 2. Сигнальний граф розкошування фарби та рельєфів, створених формою

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

Використавши блокові матриці [7] системи рівнянь (1), (2) і (3) можна подати в більш компактній матричній формі запису:

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} \overline{y_0(z)} \\ \overline{y_1(z)} \\ \overline{y_2(z)} \\ \overline{y_3(z)} \\ \vdots \\ \overline{y_n(z)} \\ \overline{y_{n+1}(z)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{P_{00}(z)}\overline{G_{01}(z)} & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \overline{G_{10}(z)}\overline{P_{11}(z)}\overline{G_{12}(z)} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \overline{G_{21}(z)}\overline{P_{22}(z)}\overline{G_{23}(z)} & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \overline{G_{32}(z)}\overline{P_{33}(z)}\overline{G_{34}(z)} & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \overline{P_{nm}(z)} & \overline{G_{n(n+1)}(z)} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \overline{G_{(n+1)n}(z)}\overline{P_{(n+1)(n+1)}(z)} \end{bmatrix} \times \\
 & \begin{bmatrix} \overline{y_0(z)} \\ \overline{y_1(z)} \\ \overline{y_2(z)} \\ \overline{y_3(z)} \\ \vdots \\ \overline{y_n(z)} \\ \overline{y_{n+1}(z)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \overline{P_1(z)} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \overline{P_2(z)} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \overline{P_3(z)} & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \overline{P_n(z)} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \overline{H_0(z)} \\ \overline{H_1(z)} \\ \overline{H_2(z)} \\ \overline{H_3(z)} \\ \vdots \\ \overline{H_n(z)} \\ \overline{H_{n+1}(z)} \end{bmatrix}, \quad (4)
 \end{aligned}$$

де $\overline{P_{ij}(z)}$ – блокова матриця операторів передачі прямих та зворотних потоків фарби між точками контактів елементів фарбової системи у відповідних зонах; $\overline{x_j(z)}$ – блок векторів товщин смуг фарби у зонах контакту валиків та циліндрів; $\overline{P_j(z)}$ – блокова матриця операторів подачі смуг фарби на перший валик; $\overline{H_j(z)}$ – блок векторів товщини смуг фарби, які надходять від дукторного циліндра на вхід фарбової системи

$$\overline{P_{ij}(z)} = \begin{bmatrix} 0 & P_{12}^j(z) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_{21}^j(z) & 0 & 0 & P_{24}^j(z) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_{32}^j(z) & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{37}^j(z) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_{43}^j(z) & 0 & P_{45}^j(z) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_{54}^j(z) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{510}^j(z) & 0 \\ 0 & 0 & P_{63}^j(z) & 0 & P_{65}^j(z) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{76}^j(z) & 0 & P_{78}^j(z) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{87}^j(z) & 0 & P_{89}^j(z) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{96}^j(z) & 0 & P_{98}^j(z) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{109}^j(z) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_c^j(z) & 0 \end{bmatrix};$$

$$\overline{P}_j(z) = \begin{bmatrix} P_{10}^j(z) 0000000000 \\ 0 \ 0000000000 \\ 0 \ 0000000000 \\ 0 \ 0000000000 \\ 0 \ 0000000000 \\ 0 \ 0000000000 \\ 0 \ 0000000000 \\ 0 \ 0000000000 \\ 0 \ 0000000000 \\ 0 \ 0000000000 \\ 0 \ 0000000000 \\ 0 \ 0000000000 \end{bmatrix}; \quad \overline{H}_j(z) = \begin{bmatrix} h_0^j(z) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix};$$

$$\overline{P}'_{00}(z) = \overline{P}'_{(n+1)(n+1)}(z) = \overline{P}'_{ij}(z) = \begin{bmatrix} 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 00 \ 0 \ 0 \ 000 \\ 0 \ 0 \ 0 \ P_{24}^j(z) 00 \ 0 \ 0 \ 000 \\ 0 P_{32}^j(z) \ 0 \ 0 \ 00 \ 0 \ 0 \ 000 \\ 0 \ 0 \ P_{43}^j(z) \ 0 \ 00 \ 0 \ 0 \ 000 \\ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 00 \ 0 \ 0 \ 000 \\ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 00 \ 0 \ P_{78}^j(z) 000 \\ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 00 P_{87}^j(z) \ 0 \ 000 \\ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 00 \ 0 \ 0 \ 000 \\ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 00 \ 0 \ 0 \ 000 \\ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 00 \ 0 \ 0 \ 000 \end{bmatrix};$$

$$\overline{x}_j(z) = \begin{bmatrix} x_1^j(z) \\ x_2^j(z) \\ x_3^j(z) \\ x_4^j(z) \\ x_5^j(z) \\ x_6^j(z) \\ x_7^j(z) \\ x_8^j(z) \\ x_9^j(z) \\ x_{10}^j(z) \\ x_{11}^j(z) \end{bmatrix}; \quad \overline{G}_{ij}(z) = \begin{bmatrix} 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 00 \ 0 \ 0 \ 000 \\ 0 \ 0 \ 0 \ G_{24}^{ij}(z) 00 \ 0 \ 0 \ 000 \\ 0 G_{32}^{ij}(z) \ 0 \ 0 \ 00 \ 0 \ 0 \ 000 \\ 0 \ 0 \ G_{43}^{ij}(z) \ 0 \ 00 \ 0 \ 0 \ 000 \\ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 00 \ 0 \ 0 \ 000 \\ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 00 \ 0 \ 0 \ 000 \\ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 00 \ 0 \ G_{78}^{ij}(z) 000 \\ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 00 G_{87}^{ij}(z) \ 0 \ 000 \\ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 00 \ 0 \ 0 \ 000 \\ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 00 \ 0 \ 0 \ 000 \end{bmatrix}.$$

Остання блокова матриця $\overline{P}'_{ij}(z)$ операторів передачі прямих та зворотних потоків фарби відображає перенесення смуг фарби ділянками розтиральних циліндрів, які виходять за межі валіків, нерухомих в осьовому напрямку.

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

Оператори передачі прямих і зворотних потоків фарби в коловому напрямку та оператори передачі фарби між зонами можна зобразити, використавши результати роботи [3].

Детальніше розкриємо суть операторів формування рельєфів $F_1(z)$, $F_2(z)$, $F_3(z)$, що враховують коефіцієнт заповнення рядка і входять до складу окремих операторів передачі фарби в коловому напрямку, так $F_1(z)$ входять в склад $P_{54}^j(z)$ і $P_{65}^j(z)$, $F_2(z)$ – до складу $P_{76}^j(z)$ і $P_{87}^j(z)$, $F_3(z)$ входять до складу $P_{89}^j(z)$ і $P_{109}^j(z)$.

Структура рельєфів, що створюються формою на накочувальних валиках визначається конфігурацією зображення, яке друкується. Якщо форму поділити умовно на смуги, перпендикулярно до формного циліндра, ширина яких дорівнює ширині зон подачі фарби на вході; та рядки вздовж твірної циліндра, то розгортку форми в межах j -ї смуги можна представити як кінцеву послідовність $R_1^j(z)$ коефіцієнтів заповнення частини рядка і пробілів між ними:

$$R_1^j[m] = k_{p1}^j[m] + k_{p1}^j[m - a_1^j] + k_{p2}^j[m - (a_1^j + b_1^j)] - k_{p2}^j[m - (a_1^j + b_1^j + a_2^j)] + \dots \\ + k_{p(n-1)}^j[m - (a_1^j + b_1^j + \dots + a_{n-1}^j + b_{n-1}^j)] - k_{p(n-1)}^j[m - (a_1^j + b_1^j \dots a_{n-1}^j + b_{n-1}^j + a_n^j)]. \quad (5)$$

Вираз (5) відповідає випадку, коли початок першого рядка заввишки a_i , розміщеного на формі, збігається з точкою контакту формного циліндра з першим накочувальним валиком 3.

Точки контактів форми з накочувальними валиками 4 і 5 є зміщені стосовно початку форми на P_{51} , та $P_{51} + P_{52}$ умовних одиниць, відповідно, які можна визначити так:

$$P_{51} = \sum_{i=0}^{k_1} (a_i + b_i); \quad (6)$$

$$P_{51} + P_{52} = \sum_{i=0}^{k_2} (a_i + b_i), \quad (7)$$

де a_i – висота рядків; b_i – висота пробілів між рядками в умовних одиницях.

З врахуванням відповідних зміщень розгортку друкарської форми стосовно точок контактів її з накочувальними валиками 4 і 5 можна подати так:

$$R_2^j[m] = s_{p1}^j[m] - s_{p1}^j[m - c_1^j] + s_{p2}^j[m - (c_1^j + d_1^j)] - s_{p2}^j[m - (c_1^j + d_1^j + c_2^j)] + \dots \\ + s_{p(n-1)}^j[m - (c_1^j + d_1^j + \dots + c_{n-1}^j + d_{n-1}^j)] - s_{p(n-1)}^j[m - (c_1^j + d_1^j \dots c_{n-1}^j + d_{n-1}^j + c_n^j)], \quad (8)$$

$$R_3^j[m] = l_{p1}^j[m] - l_{p1}^j[m - e_1^j] + l_{p2}^j[m - (e_1^j + f_1^j)] - l_{p2}^j[m - (e_1^j + f_1^j + e_2^j)] + \dots \\ \dots + l_{p(n-1)}^j[m - (e_1^j + f_1^j + \dots + e_{n-1}^j + f_{n-1}^j)] - l_{p(n-1)}^j[m - (e_1^j + f_1^j \dots e_{n-1}^j + f_{n-1}^j + e_n^j)], \quad (9)$$

де $c_i^j = a_{i+k_1}^j$; $d_i^j = b_{i+k_1}^j$; $s_{pi}^j = k_{p(i+k_1)}^j$; $e_i^j = a_{i+k_2}^j$; $f_i^j = b_{i+k_2}^j$; $l_i^j = k_{p(i+k_2)}^j$.

Враховуючи те, що друкування періодичне, вирази (5), (8) і (9) – це решітчасті функції, визначені в дискретні моменти часу m , їх можна подати за допомогою z -перетворень [6]. На підставі теореми зміщення в області оригіналів і зображень [7] та виразів (5), (8), (9) оператори передачі рельєфів фарби будуть описуватися такими виразами:

$$F_1(z) = \frac{k_{p1}^j - k_{p1}^j z^{-a_1^j} + k_{p2}^j z^{-(a_1^j + b_1^j)} - k_{p2}^j z^{-(a_1^j + b_1^j + a_2^j)} + \dots}{\dots + k_{p(n-1)}^j z^{-(a_1^j + b_1^j + \dots + a_{n-1}^j + b_{n-1}^j)} - k_{p(n-1)}^j z^{-(a_1^j + b_1^j + \dots + a_{n-1}^j + b_{n-1}^j + a_n^j)}} \cdot \frac{1}{z} \cdot \frac{1}{(1-z)^{-d \sum_{i=1}^n (a_i^j + b_i^j)}} (z-1) \quad (10)$$

$$F_2(z) = \frac{s_{p1}^j - s_{p1}^j z^{-c_1^j} + s_{p2}^j z^{-(c_1^j + d_1^j)} - s_{p2}^j z^{-(c_1^j + d_1^j + c_2^j)} + \dots}{\dots + s_{p(n-1)}^j z^{-(c_1^j + d_1^j + \dots + c_{n-1}^j + d_{n-1}^j)} - s_{p(n-1)}^j z^{-(c_1^j + d_1^j + \dots + c_{n-1}^j + d_{n-1}^j + c_n^j)}} \cdot \frac{1}{z} \cdot \frac{1}{(1-z)^{-d \sum_{i=1}^n (c_i^j + d_i^j)}} (z-1) \quad (11)$$

$$F_3(z) = \frac{l_{p1}^j - k_{p1}^j z^{-e_1^j} + l_{p2}^j z^{-(e_1^j + f_1^j)} - l_{p2}^j z^{-(e_1^j + f_1^j + e_2^j)} + \dots}{\dots + l_{p(n-1)}^j z^{-(e_1^j + f_1^j + \dots + e_{n-1}^j + f_{n-1}^j)} - l_{p(n-1)}^j z^{-(e_1^j + f_1^j + \dots + e_{n-1}^j + f_{n-1}^j + e_n^j)}} \cdot \frac{1}{z} \cdot \frac{1}{(1-z)^{-d \sum_{i=1}^n (e_i^j + f_i^j)}} (z-1) \quad (12)$$

Задавши значення відповідних операторів та вхідних параметрів, можна проводити дослідження процесів колового і осьового розкочування фарби та її рельєфів у фарбовій системі з трьома накочувальними валиками.

На основі цієї роботи можна будувати моделі та проводити моделювання і складніших фарбових систем друкарських машин.

1. Алексеев Г.А. Красочные аппараты ротационных машин высокой и плоской печати. – М.: Книга, 1980. – 184 с. 2. Верхола М.І., Луцків М.М. Сигнальні графи фарбових груп друкарських машин // Вісн. ДУ «Львівська політехніка». – № 340. – 1997. – С.11–16. 3. Верхола М.І. Моделювання і дослідження процесів та елементів фарбової системи друкарських машин // Комп'ютерні технології друкарства. – 2000. – № 5. – С.9–22. 4. Верхола М.І., Гук І.Б., Луцків М.М. Модель осьового розкочування фарби у тривалковій фарбовій групі // Наукові записки УАД. – 1999. – Вип.1.– С.50–52. 5. Иванов В.А., Чемоданов Б.К., Медведев В.С. Основы теории автоматического регулирования. – М.: Высшая школа, 1971. – 808 с. 6. Куо Б. Теория проектирования цифровых систем управления. – М.: Машиностроение, 1986. – 448 с. 7. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. – К.: Техника, 1977. – 708 с. 8. Тюрин А.А. Печатные машины-автоматы. – М.: Книга, 1980. – 416 с.