

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДРУКАРСТВА:
АЛГОРИТМИ, СИГНАЛИ, СИСТЕМИ**

УДК 681.064.3+621.372.54

М.І. Верхола, І.Б. Гук, В.М. Бабінець

**МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ
ДОСЛІДЖЕННЯ ОСЬОВОГО РОЗКОЧУВАННЯ
ФАРБИ У ФАРБОВОМУ АПАРАТІ ОФСЕТНОЇ
ДРУКАРСЬКОЇ МАШИНИ ROMAYOR 314**

Виготовлювані сьогодні фарбові апарати друкарських машин мають різну структуру. Так, наприклад, до складу фарбової системи офсетних машин може входити від 9 до 28 валиків і розтиральних циліндрів. Якість друкованої продукції в значній мірі залежить від будови фарбового апарата. Різноманітність схем виготовлення фарбових апаратів і відмінність в організації процесу їх живлення фарбою наводить на думку, що немає універсального науково обгрунтованого підходу до побудови фарбових апаратів. Це пояснюється і тим, що процеси, які протікають у фарбовій системі машини, є надзвичайно складними, оскільки одночасно з коловим розкочуванням і передачею фарби відбувається й осьове розкочування, яке реалізується розтиральними циліндрами. Крім того, велика кількість різних факторів (вплив температури і тиску в зонах контактів, спрацювання валиків, дія навколишнього середовища та ін.) впливає на процес розкочування і передачі фарби. При дослідженні фарбових апаратів реальних машин абстрагуватися від впливу цих факторів практично неможливо. Та й сам процес проведення експериментів є складним і дорогим, а отримані результати, особливо при дослідженні машин з розвинутими фарбовими апаратами, важко проаналізувати.

Пропонуємо проводити дослідження та аналіз процесів, що протікають у фарбових апаратах, за допомогою сучасної комп'ютерної техніки, оскільки інформація про роботи, які проводяться в цьому напрямку фірмами-виробниками друкарських машин, не публікується для широкого загалу.

Розглянемо поставлене завдання на прикладі фарбового апарата друкарської машини *Romayor 314* (рис. 1). Товщина шару

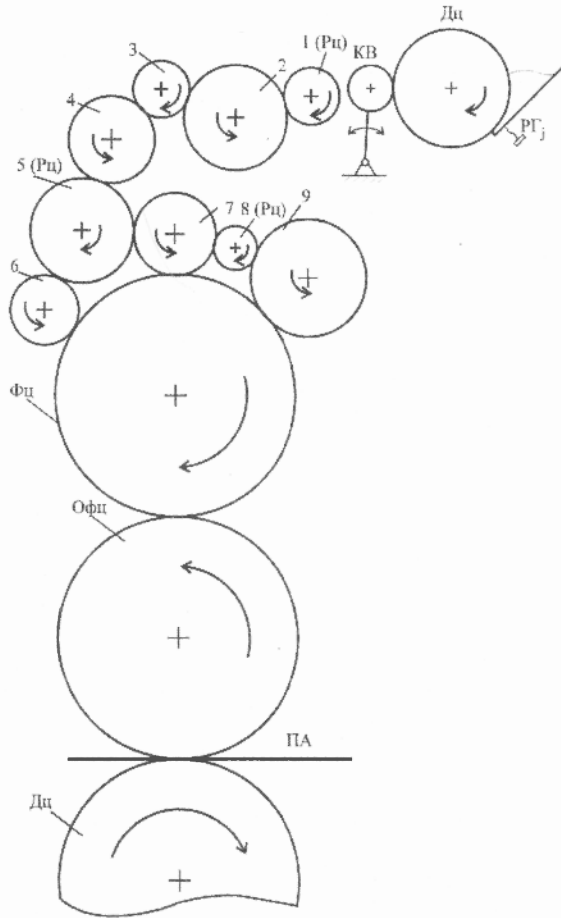


Рис.1. Схема фарбового та друкерського апаратів машини Rotator 314

фарби в кожній зоні задається за допомогою регулювальних гвинтів $РГ_j$. Фарба від дукторного циліндра коливальним валіком $КВ$ передається на розтиральний циліндр 1 у розкочувальну групу, а далі через розкочувальні валіки подається в розкочувально-накочувальну групу, що складається з двох розтиральних циліндрів 5, 8 і накочувальних валіків 6, 7, 9. Останні наносять певний шар фарби на друкувальні елементи форми, закріплені

на формному циліндрі $\Phi_{Ц}$. За допомогою офсетного циліндра $O_{Ц}$ фарба передається на паперовий аркуш $ПА$ під час його руху між офсетним і друкарським $D_{Ц}$ циліндрами.

При побудові моделі допускаємо: діаметри елементів фарбової системи дорівнюють діаметрам валиків і циліндрів фарбового апарата друкарської машини *Rotary 314*. Діаметр формного циліндра задаємо з врахуванням товщини друкарської форми. Лінійні швидкості точок на поверхні валиків і циліндрів однакові (проковзування не враховується). Поверхні валиків і циліндрів умовно поділені на зони (смуги) в напрямку передачі фарби, кількість яких дорівнює числу позицій регулювання на дукторному ножі реального фарбового апарата. Ширини смуг дорівнюють ширині зони регулювання. Величина осьового ходу розтиральних циліндрів дорівнює переміщенню в осьовому напрямку розтиральних циліндрів реальної машини. Вплив ділянок розтиральних циліндрів, які виходять за межі нерухомих в осьовому напрямку валиків, на процес розкочування фарби враховується через введення в модель додаткових зон (зліва і справа). Довжини кіл валиків і циліндрів поділені на ціле число умовних одиниць, яке дорівнює довжині кіл валиків і циліндрів реального фарбового апарата (у міліметрах).

На основі результатів робіт [1, 2, 3, 4] безпосередньо за схемою фарбового апарата (рис.1) побудуємо сигнальний граф процесів колового й осьового розкочування та передачі фарби від фарбового корита до паперового аркуша (рис.2), який наочно відображає процеси, що протікають у фарбовому апараті.

Вхідним ділянкам графа відповідають товщини смуг фарби $h^j_{дв}$, що надходять із фарбового корита на дукторний циліндр у відповідній j -й зоні, а головним вузлом – товщини шару фарби $x^j_{д}, x^j_{0}, \dots, x^j_{к}, x^j_{ф6}, x^j_{ф7}, x^j_{ф9}, x^j_{ф10}, x^j_{11}$ у точках контактів елементів фарбової системи, які беруть участь у процесі розкочування і передачі фарби від джерела живлення до паперового аркуша. Вихідні ділянки графа відображають товщини шару фарби у відповідній зоні $h^j_{с}$, яка наноситься на задруковуваний матеріал. Відрізки графа, що з'єднують між собою головні вузли, відповідають операторам передачі фарби в коловому напрямку, а відрізки, що сполучають вузли сусідніх зон, – операторам передачі фарби в осьовому напрямку.

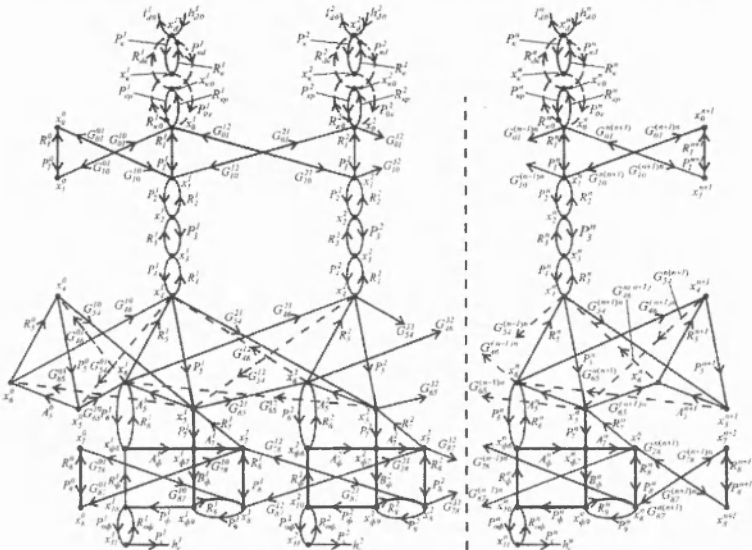


Рис. 2. Сигнальний граф процесів розкочування і передачі фарби

За графом запишемо систему рівнянь, яка описує процес розкочування фарби в j -й зоні фарбового апарата:

$$x_d^j(z) = P_a^j(z)h_{d0}^j(z) + R_k^j(z)x_k^j(z) + R_{dk}^j(z)x_{k0}^j(z);$$

$$x_k^j(z) = P_k^j(z)x_a^j(z) + R_{k0}^j(z)R_{kp}^j(z)x_{k0}^j(z);$$

$$l_{d0}^j(z) = R_d^j(z)x_d^j(z);$$

$$x_{k0}^j(z) = P_{kd}^j(z)R_k^j(z)x_k^j(z) + R_{k0}^j(z)x_0^j(z);$$

$$x_0^j(z) = P_{0k}^j(z)x_k^j(z) + R_{kp}^j(z)x_{k0}^j(z) + R_1^j(z)x_1^j(z) + G_{01}^{j(j-1)}(z)x_1^{j-1}(z) + G_{01}^{j(j+1)}(z)x_1^{j+1}(z);$$

$$x_1^j(z) = P_1^j(z)x_0^j(z) + R_2^j(z)x_2^j(z) + G_{10}^{j(j-1)}(z)x_0^{j-1}(z) + G_{10}^{j(j+1)}(z)x_0^{j+1}(z);$$

$$\begin{aligned}
 x_2^j(z) &= P_2^j(z)x_1^j(z) + R_3^j(z)x_3^j(z); \\
 x_3^j(z) &= P_3^j(z)x_2^j(z) + R_4^j(z)x_4^j(z); \\
 x_4^j(z) &= P_4^j(z)x_3^j(z) + R_5^j(z)x_5^j(z) + G_{46}^{j(j-1)}(z)x_6^{j-1}(z) + \\
 &+ G_{46}^{j(j+1)}(z)x_6^{j+1}(z); \\
 x_5^j(z) &= P_5^j(z)x_4^j(z) + R_7^j(z)x_7^j(z) + G_{54}^{j(j-1)}(z)x_4^{j-1}(z) + \\
 &+ G_{54}^{j(j+1)}(z)x_4^{j+1}(z); \\
 x_6^j(z) &= A_5^j(z)x_5^j(z) + R_6^j(z)x_{\phi 6}^j(z) + G_{65}^{j(j-1)}(z)x_5^{j-1}(z) + \\
 &+ G_{65}^{j(j+1)}(z)x_5^{j+1}(z); \\
 x_{\phi 6}^j(z) &= P_{\phi}^j(z)x_6^j(z) + R_{\phi}^j(z)x_{10}^j(z); \\
 x_{\phi 7}^j(z) &= P_7^j(z)x_5^j(z) + A_{\phi}^j(z)x_{\phi 6}^j(z); \\
 x_7^j(z) &= A_7^j(z)x_{\phi 7}^j(z) + R_8^j(z)x_{\phi}^j(z) + G_{78}^{j(j-1)}(z)x_8^{j-1}(z) + \\
 &+ G_{78}^{j(j+1)}(z)x_8^{j+1}(z); \\
 x_8^j(z) &= P_8^j(z)x_7^j(z) + R_9^j(z)x_{\phi 9}^j(z) + G_{87}^{j(j-1)}(z)x_7^{j-1}(z) + \\
 &+ G_{87}^{j(j+1)}(z)x_7^{j+1}(z); \\
 x_{\phi 9}^j(z) &= B_{\phi}^j(z)x_{\phi 7}^j(z) + P_9^j(z)x_8^j(z); \\
 x_{\phi 10}^j(z) &= P_{\phi}^j(z)x_{\phi 9}^j(z) + R_{\phi}^j(z)x_{11}^j(z); \\
 x_{11}^j(z) &= P_{\phi}^j(z)x_{\phi 10}^j(z), \quad h_c^j(z) = P_c^j(z)x_{11}^j(z), \quad (1)
 \end{aligned}$$

де $h_{d0}^j(z)$ – товщина шару фарби, що задається у відповідних зонах за допомогою регулювальних гвинтів; $j=1, 2, 3, \dots, 22$ – кількість зон регулювання; $x_{\phi}^j, x_{\phi 0}^j, \dots, x_{\phi 8}^j$ – товщина шару фарби в точках контактів валиків і циліндрів фарбоживильної і розкочувально-накочувальної групи; $x_{\phi 6}^j, x_{\phi 7}^j, x_{\phi 9}^j$ – товщина шарів фарби в точках контактів форми з накочувальними валиками;

$x^j_{\phi 10}, x^j_{\phi 11}$ – товщина шарів фарби в точках контактів офсетного циліндра, відповідно, з формою та паперовим аркушем; $P^j_k(z)$, $R^j_k(z)$ та $P^j_{kp}(z)$, $R^j_{kp}(z)$ – оператори передачі фарби коливальним валиком у моменти його контакту, відповідно, з дукторним циліндром і першим валиком розкочувальної групи; $P^j_{kd}(z)$, $P^j_{ok}(z)$ – оператори передачі фарби з врахуванням переміщення коливального валика від дукторного циліндра до розкочувальної групи та від розкочувальної групи до дуктора; $R^j_{k0}(z)$, $R^j_{ak}(z)$; $P^j_1(z), \dots, P^j_9(z)$, $A^j_5(z)$ та $R^j_1(z), \dots, R^j_9(z)$ – оператори передачі прямих і зворотних потоків фарби на поверхні валиків і циліндрів у відповідних зонах; $P^j_{\phi}(z)$, $A^j_{\phi}(z)$, $B^j_{\phi}(z)$, $R^j_{\phi}(z)$ – оператори передачі фарби формним циліндром між точками контакту форми з накочувальними валиками та офсетним циліндром; $P^j_{o\phi}(z)$, $R^j_{o\phi}(z)$ – оператори передачі фарби офсетним циліндром у напрямку до матеріалу, що задруковується, та від нього; $P^j_c(z)$ – оператори передачі фарби з офсетного циліндра на паперовий аркуш; $h^j_c(z)$ – товщина шару фарби, що наноситься на папір; $G^j_{10}{}^{(j-1)}(z)$, $G^j_{01}{}^{(j-1)}(z)$ – оператори передачі фарби між зонами при русі розтирального циліндра 1 вправо та вліво: $G^j_{10}{}^{(j+1)}(z)$, $G^j_{01}{}^{(j+1)}(z)$; $G^j_{54}{}^{(j-1)}(z)$, $G^j_{63}{}^{(j-1)}(z)$, $G^j_{46}{}^{(j-1)}(z)$ – оператори передачі фарби між зонами при русі розтирального циліндра 5 вправо та вліво: $G^j_{54}{}^{(j+1)}(z)$, $G^j_{65}{}^{(j+1)}(z)$, $G^j_{46}{}^{(j+1)}(z)$; $G^j_{87}{}^{(j-1)}(z)$, $G^j_{78}{}^{(j-1)}(z)$ – оператори передачі фарби між зонами при русі розтирального циліндра 8 вправо та вліво: $G^j_{87}{}^{(j+1)}(z)$, $G^j_{78}{}^{(j+1)}(z)$.

Процес передачі фарби ділянками розтиральних циліндрів 1, 5, 8, які при переміщенні в осьовому напрямку виходять зліва ($j=0$) і справа ($j=23$) за межі сусідніх валиків, можна описати такими рівняннями:

$$x_0^0(z) = R_1^0(z)x_0^0(z) + G_{01}^0(z)x_1^1(z); \quad x_0^{23}(z) = R_1^{23}(z)x_0^{23}(z) + G_{01}^{23,22}(z)x_1^{22}(z);$$

$$x_1^0(z) = P_1^0(z)x_0^0(z) + G_{10}^0(z)x_0^1(z); \quad x_1^{23}(z) = P_1^{23}(z)x_0^{23}(z) + G_{10}^{23,22}(z)x_0^2(z), \quad (2)$$

$$x_4^0(z) = R_5^0(z)x_0^0(z) + G_{46}^0(z)x_6^1(z); \quad x_4^{23}(z) = R_5^{23}(z)x_6^{23}(z) + G_{46}^{23,22}(z)x_6^{22}(z);$$

$$\begin{aligned}
 x_5^0(z) &= P_5^0(z)x_4^0(z) + G_{54}^{01}(z)x_4^1(z); & x_5^{23}(z) &= P_5^{23}(z)x_4^{23}(z) + G_{54}^{23,22}(z)x_4^{22}(z); \\
 x_6^0(z) &= A_5^0(z)x_5^0(z) + G_{65}^{01}(z)x_5^1(z); & x_6^{23}(z) &= A_5^{23}(z)x_5^{23}(z) + G_{65}^{23,22}(z)x_5^{22}(z), \quad (3) \\
 x_7^0(z) &= R_8^0(z)x_8^0(z) + G_{78}^{01}(z)x_8^1(z); & x_7^{23}(z) &= R_8^{23}(z)x_8^{23}(z) + G_{78}^{23,22}(z)x_8^{22}(z); \\
 x_8^0(z) &= P_8^0(z)x_7^0(z) + G_{87}^{01}(z)x_7^1(z); & x_8^{23}(z) &= P_8^{23}(z)x_7^{23}(z) + G_{87}^{23,22}(z)x_7^{22}(z), \quad (4)
 \end{aligned}$$

Оператори передачі фарби в коловому напрямку можна подати, використавши результати роботи [5]. Оператори ж передачі фарби в осьовому напрямку для фарбового апарата офсетної машини *Romayor 314* наведені в роботі [6].

Детальніше розглянемо лише оператори, які описують процес передачі фарби від дукторного циліндра в розкочувальну групу та процес розкочування рельєфів фарби, що створюються формою.

Так, оператори передачі фарби фарбоживильним пристроєм можна подати на підставі роботи [1]:

оператори передачі фарби дукторним циліндром

$$P_d^j(z) = P_{\text{жс}}(z)z^{-P_d}; \quad R_d^j(z) = R_{\text{жс}}(z)z^{-r_d};$$

оператори передачі фарби коливальним валіком

$$P_k^j(z) = \alpha_k P_{\text{жс}}(z)z^{-P_k}; \quad R_k^j(z) = P_{\text{жс}}(z)z^{-r_k};$$

$$P_{kp}^j(z) = P_p(z)z^{-P_k}; \quad R_{k:n}^j(z) = \gamma_k P_p(z)z^{-r_k};$$

$$P_{kd}^j(z) = z^{-r_z}; \quad P_{ok}^j(z) = P_p(z)z^{-P_z};$$

$$P_{ok}^j(z) = P_{\text{жс}}(z)z^{-R_z}; \quad R_{ko}^j(z) = z^{-R_z};$$

де α_k, γ_k – коефіцієнти ділення шару фарби між дукторним циліндром і коливальним (передавальним) валіком, валіком і розтиральним циліндром 1, відповідно; $z^{-P_d}, z^{-r_d}, z^{-P_k}, z^{-r_k}$ – транспортні запізнення потоків фарби, що передаються дуктором і коливальним валіком на P_d, r_d, P_k, r_k умовних одиниць; z^{-P_z} – запізнення, які відповідають часу вистоювання коливального валіка біля дуктора в сумі з часом переміщення його до циліндра

1 на P - умовних одиниць; $z^{-\frac{b_k}{v_k}}$ – відносний час переміщення коливального валика в зворотному напрямку до дуктора в сумі з часом вистоявання валика до початку руху дукторного циліндра в умовних одиницях R .

$P^j_k(z)$, $R^j_k(z)$ – оператори формування процесу передачі фарби під час спільного руху коливального валика, відповідно, з дуктором і розтиральним циліндром 1, і їх можна подати так:

$$P_{\text{жк}}(z) = \frac{(1 - z^{-b_k})z}{(1 - z^{-d_j k})(1 - z)}; \quad (5)$$

$$P_p(z) = \frac{z^{-(b_k + P_k)} - z^{-(d_j - r_k)}}{(1 - z^{-d_j k})(1 - z)}, \quad (6)$$

де b_k – ширина смужки фарби (в умовних одиницях), що подається дукторним циліндром; d_j – відносний час циклу роботи коливального валика.

Спираючись на результати роботи [4], процес появи і розкочування рельєфів фарби, що виникають на накочувальних валиках від взаємодії з формою, опишемо такі оператори:

$$P_6^j(z) = (1 - \alpha_6 F_1^j(z))z^{-a_6}; \quad A_7^j(z) = (1 - \alpha_7 F_2^j(z))z^{-a_7};$$

$$R_9^j(z) = (1 - \alpha_9 F_3^j(z))z^{-a_9}.$$

Оператори передачі фарби формою між точками контакту її з накочувальними валиками та офсетним циліндром на підставі роботи [4] можна зобразити як

$$A_{\phi}^j(z) = \alpha_6 F_1^j(z)z^{-a_{\phi}}; \quad B_{\phi}^j(z) = \alpha_7 F_2^j(z)z^{-a_{\phi}};$$

$$P_{\phi}^j(z) = \alpha_9 F_3^j(z)z^{-P_{\phi}}; \quad R_{\phi}^j(z) = (1 - \alpha_{10})z^{-r_{\phi}},$$

де α_i – коефіцієнти ділення фарби в точках контактів форми із сусідніми елементами фарбового апарата; $F^j(z)$ – оператори формування рельєфів фарби в j -й зоні певного накочувального валика; $z^{-a_{\phi}}$, $z^{-P_{\phi}}$, $z^{-r_{\phi}}$ – транспортні запізнення передачі фарби формою між накочувальними валиками та офсетним циліндром на a_{ϕ} , v_{ϕ} , P_{ϕ} , r_{ϕ} умовних одиниць.

Якщо детальніше розкрити оператори формування рельєфів, то, наприклад, для накочувального валика (б) оператор $F^j(z)$ набуде вигляду

$$F_1^j(z) = \frac{k_{p1}^j - k_{p1}^j z^{-a_1^j} + k_{p2}^j z^{-(a_1^j+b_1^j)} - k_{p2}^j z^{-(a_1^j+b_1^j+a_2^j)} + \dots + k_{p(n-1)}^j z^{-(a_1^j+b_1^j+\dots+a_{n-1}^j+b_{n-1}^j)} - k_{p(n-1)}^j z^{-(a_1^j+b_1^j+\dots+a_{n-1}^j+b_{n-1}^j+a_n^j)}}{(1-z^{-d_j/k})(1-z)} \quad (7)$$

де k_{pi} – коефіцієнт заповнення рядка в межах j -ї зони; a_i^j , b_i^j – висота рядків друкувальних і пробільних елементів (у напрямку обертання форми) (в умовних одиницях); d_j – період обертання формного циліндра (в умовних одиницях); b_n^j – виїмка для кріплення форми (в умовних одиницях).

Аналогічним чином можна подати й оператори формування рельєфів, але при умові врахування їх позицій відносно накочувального валика б, тобто: якщо здійснити заміну $c_i^j = a_{i+ap}^j$; $d_i^j = b_{i-ap}^j$; $s_{pi}^j = k_{p(i+ap)}^j$ і підставити у формулу (7), то отримаємо $F^j(z)$, а замінивши $e_i^j = a_{i+ap+ap}^j$; $f_i^j = b_{i+ap+ap}^j$; $l_i^j = k_{p(i+ap+ap)}^j$, отримаємо $F^j_3(z)$.

На основі розглянутого вище матеріалу розроблено програму моделювання процесів розкочування і передачі фарби в офсетній друкарській машині *Romayor 314*. Задавши значення відповідних операторів, що враховують коефіцієнти ділення фарби між елементами фарбового апарата, й геометричні розміри валиків і циліндрів, топологію фарбового апарата, а також режими роботи розтиральних циліндрів і коливального валика, проводили моделювання та дослідження процесів осьового розкочування фарби.

Проаналізуємо вплив на процес розкочування фарби розтирального циліндра 1. Усі розтиральні циліндри повний робочий цикл здійснюють за один оберт формного циліндра і мають однакову величину осьового ходу $v_{oc\ max} = 18$ мм. Розтиральний циліндр 1 рухається протифазно до розтирального циліндра 8 та синфазно з циліндром 5. Кількість зон регулювання подачі фарби задаємо таку, яка є в реальній машині, тобто 22. Ширина всіх зон регулювання однакова – складає 22 мм. Для більшої наочності результатів моделювання подамо фарбу лише в декілька зон посередині

фарбового апарата, наприклад, у зони 11, 12, 13. Товщину шару фарби в цих зонах задаємо однаково – 60 мкм , а ширину смужки, що формується на дукторному циліндрі, – 80 мм . Програмно реалізований процес передачі фарби від дуктора до розкочувальної групи фарбового апарата повністю імітує роботу фарбоживильного пристрою реальної машини. Період подачі смужок фарби задаємо такий, як у реальній машині, тобто рівний часу, за який формний циліндр зробить два оберти.

Програма моделювання розроблена таким чином, що дає можливість задавати початок переміщення будь-якого розтирального циліндра в осьовому напрямку в потрібний момент. Форма, що задається в програмі, являє собою смуги друкувальних елементів, спрямованих уздовж твірної формного циліндра, де ширина смуги a' , і пробіли між ними b' , мають однаково величину – 20 мм .

Спочатку виключаємо осьове переміщення усіх розтиральних циліндрів і віртуально запускаємо машину на друк. Характер зміни товщини шару фарби, що наноситься на папір у процесі „друкування” ста відбитків, зображено на рис.3 (по осі абсцис відкладена кількість відбитків, а по осі ординат – товщина

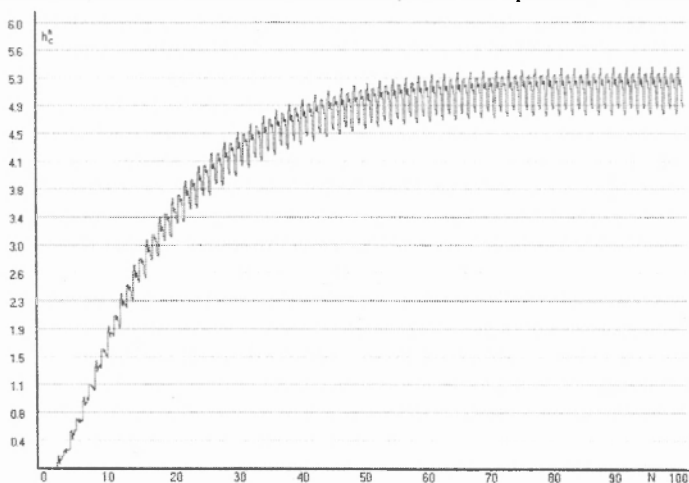


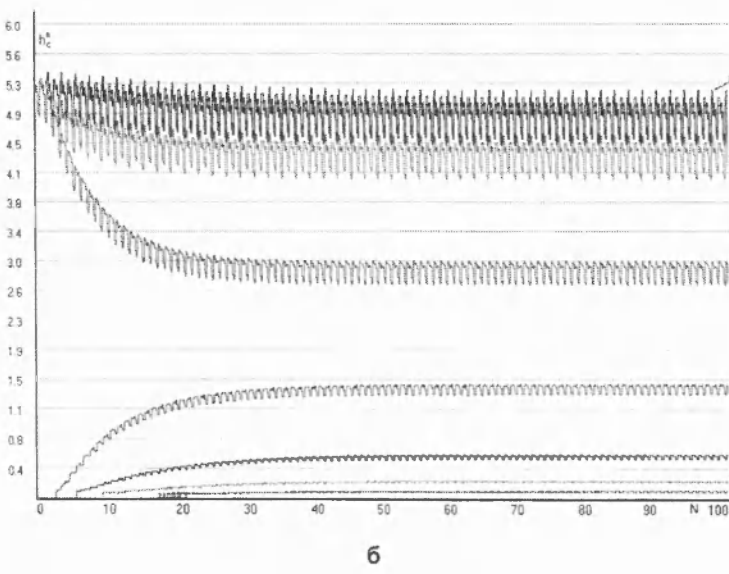
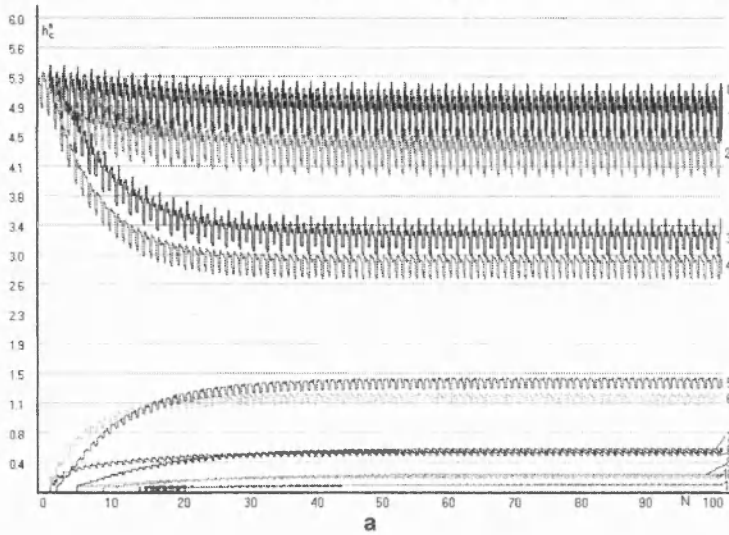
Рис. 3. Графік переходного процесу зміни товщини шару фарби при відключених розтиральних циліндрах

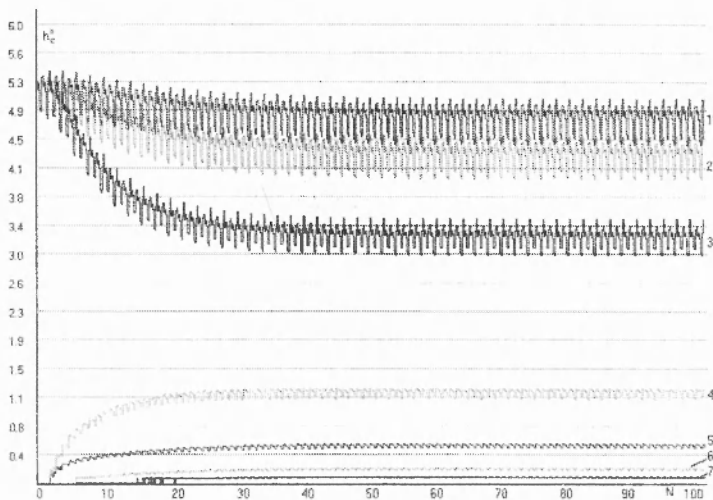
шару фарби h''_c). Як бачимо, фарба з'являється на четвертому відбитку. На усталений режим роботи фарбовий апарат виходить при умові, що немає попереднього розкочування фарби до початку друкування, приблизно на сотому відбитку. Графіки виводимо з кроком 10 мм вправо і вліво від середини зони 12. При відсутності осьового розкочування характер зміни товщини шару фарби в семи позиціях h''_c збігається, а частота максимальної амплітуди коливань збігається з частотою подачі фарби на вході. Після виходу фарбового апарата друкарської машини на усталений режим роботи включається осьовий хід розтирального циліндра 1 і наступних сто відбитків отримуємо вже з врахуванням його дії (рис.4а). Графіки цього рисунка відображають зміну товщини шару фарби, що передається на папір при розкочуванні.

Для наочності розглянемо графіки, за якими можна проаналізувати переміщення шару фарби від середньої позиції вліво (рис.4б) і вправо (рис.4в). На рис.4б наведено графіки зміни товщини шару фарби в позиції, що позначається через „0” і збігається із серединою зони 12, та в сусідніх зонах з кроком 10 мм вліво від неї, якщо дивитися на відбиток з боку приймального столика. Як бачимо, товщина шару фарби в кожній наступній позиції від середини зменшується. Так, середнє значення товщини фарби для третьої позиції зменшується з $5,1\text{ мкм}$ приблизно до $2,85\text{ мкм}$. Одночасно зі зменшенням товщини шару фарби в зонах, де здійснюється її подача (позиції 0, 1, 2, 3), спостерігається поява фарби на папері в сусідніх зонах, куди вона не подається, що свідчить про те, що фарба на відбитку розкочується в ширину.

Товщина фарби в позиціях, що ілюструються графіками 4–7, поступово збільшується і виходить на усталений режим орієнтовно на п'ятдесятому відбитку, хоча 90% нового усталеного значення досягається уже при тридцяти відбитках.

Аналогічну картину спостерігаємо і на рис.4в. Товщина шару фарби зменшується вправо від середньої позиції, що ілюструється графіками 1', 2', 3', у зонах, куди фарба подається, та з'являється на паперових аркушах у зонах, куди вона не подавалася (позиції 4', 5', 6', 7').





В

Рис. 4. Графіки зміни товщини шару фарби у відповідних позиціях при роботі розтирального циліндра 1

Отже, як видно з графіків, шар фарби, який подається фарбоживильним пристроєм лише в три зони завширшки *66 мм*, збільшився вліво і вправо більш як на дві зони, тобто понад *44 мм* (рис.5). Але при цьому товщина фарби в трьох середніх зонах зменшується в порівнянні з тим випадком, коли осьові розтири відключені (рис.6). Крім того, спостерігається тенденція до зміщення шару фарби вправо. Це пояснюється тим, що в реальній машині коливальний валик обертається разом з розтиральним циліндром 1 у той момент, коли циліндр рухається вправо, і фарба, яка передається коливальним валиком, спочатку переміщається вправо, а потім вліво, і цей процес повторюється періодично. А оскільки усі режими роботи складових фарбового апарата, що задаються, відповідають реальним у друкарській машині, то процес розкочування і перерозподілу фарби детально відтворюється при моделюванні.

22

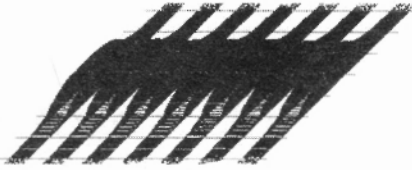


Рис. 5. Тримірне зображення сотого відбитка при дії розтирального циліндра 1

22

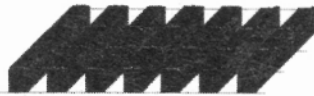
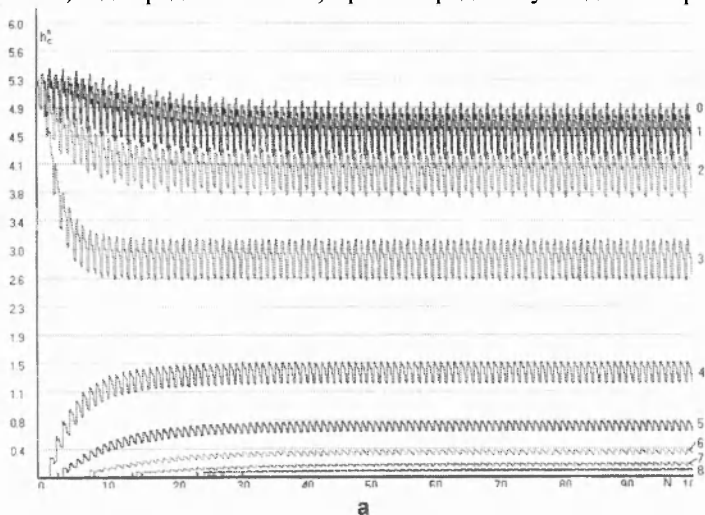
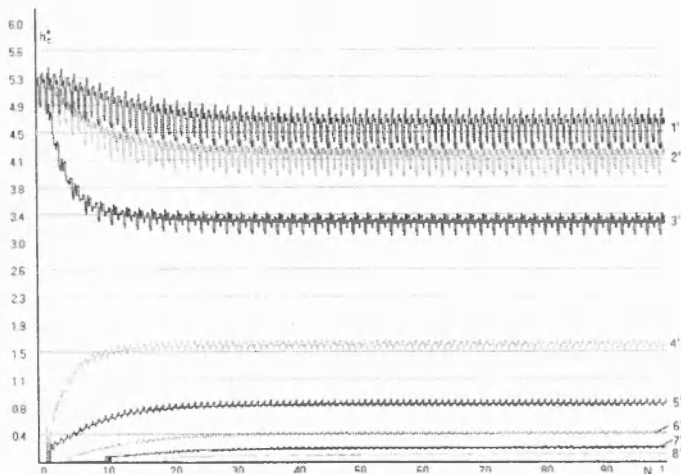


Рис. 6. Тримірне зображення сотого відбитка при відключенні осьового ходу розтиральних циліндрів

На рис.7 наведено графіки зміни товщини шару фарби у відповідних позиціях (з кроком 10 мм вліво (рис.7а) та вправо (рис.7б) від середини зони 12) при попередньому завданні та ро-



а



б

Рис. 7. Графіки зміни товщини шару фарби у відповідних позиціях при роботі розтирального циліндра 5

боті лише розтирального циліндра 5. Як бачимо, перехідний процес закінчується значно швидше, приблизно на тридцятому відбитку в порівнянні з тим варіантом, коли включений лише перший розтиральний циліндр (для нього він становить 50 відбитків). Крім того, шар фарби розкочується в осьовому напрямку ширше, ніж у попередньому випадку, оскільки фарба з'являється в позиції 8 зліва та в позиції 8' справа. Це підтверджується і тримірним зображенням сотого відбитка (рис.8а), який є ширшим в осьовому напрямку відносно відбитка, наведеного на рис.5. Якщо зменшити товщину шару фарби, що подається на вхід в зони 11–13, то тримірне зображення сотого відбитка при дії розтирального циліндра 5 буде мати вигляд, як на рис.8. З порівняльного аналізу рис.8а і 8б випливає, що зменшення завдання на 33% спричиняє зменшення ширини відбитка лише на 9%.

Для дослідження впливу третього розтирального циліндра (8) фарбу шаром завтовшки 60 мкм подаємо в зони 11–13 і відключаємо осьове переміщення всіх циліндрів. На сотому відбитку „включаємо” третій осьовий циліндр й отримуємо ще сто відбитків. Результати моделювання наведено на рис.9. Час перехідного процесу в даному разі такий, як при дії лише другого циліндра (5) і значно менший, ніж у випадку, коли осьове переміщення має циліндр 1. Це пояснюється тим, що розтиральні циліндри 5 і 8 контактують безпосередньо з накочувальними валиками. Ширина шару фарби в даному випадку зменшилася в порівнянні з попереднім, оскільки відсутня фарба в позиціях 8 та 8'. Як видно з рис.10, ширина фарби на сотому відбитку при дії розтирального циліндра 8 менша, ніж при роботі циліндра 5 (рис.8.а), але більша порівняно з випадком, коли осьове переміщення має лише перший розтиральний циліндр (рис.5). Коливання товщини шару фарби в позиціях, які розміщені вправо від середини зони 12 (рис.9б), значно більші від коливань товщини шару її на відбитках у позиціях, розташованих вліво від середини відбитка (рис.9а).

А при дії лише розтирального циліндра 5 спостерігається діаметрально протилежна ситуація. Коливання товщини шару фарби в позиціях, що розміщені вправо від центра відбитка (рис.7б), навпаки, менші від тих, які розташовані зліва (рис.7а). Така ситуація пояснюється тим, що розтиральні циліндри 5 і 8 рухаються протифазно.

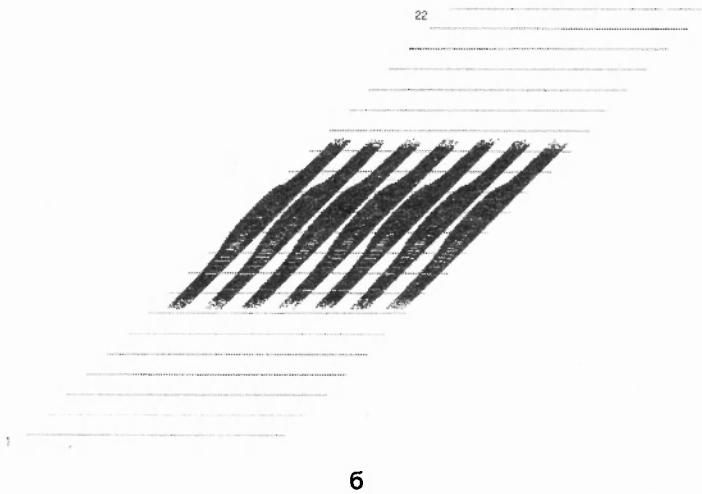
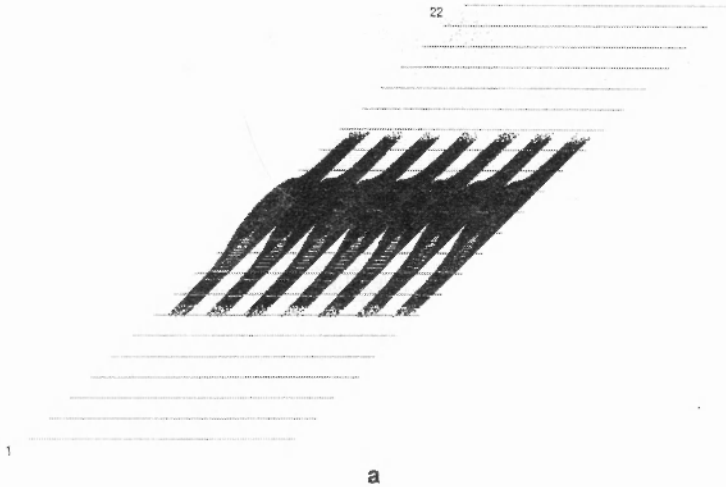
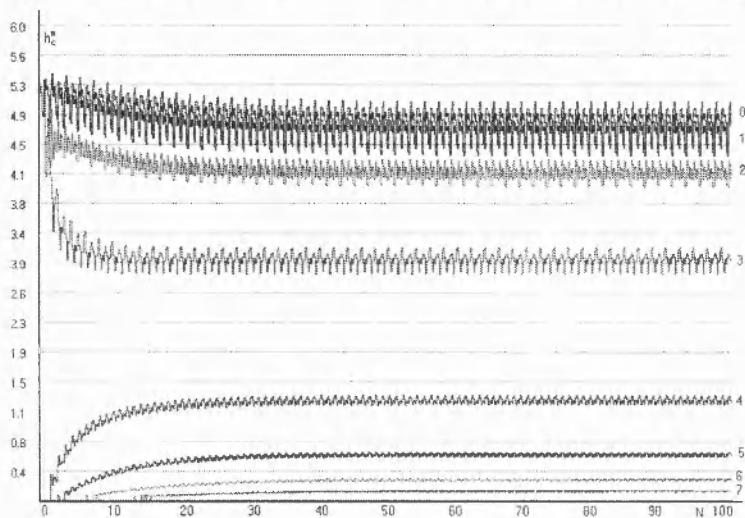
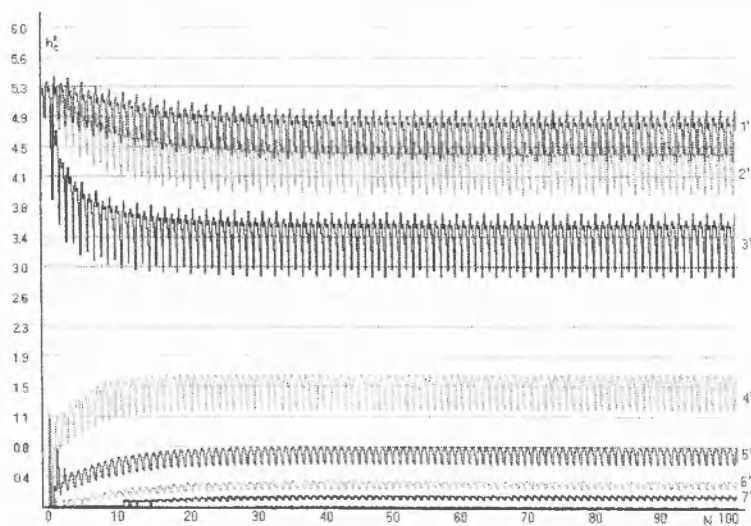


Рис. 8. Тримірне зображення сотого відбитка при дії розтирального циліндра 5



а



б

Рис. 9. Графіки зміни товщини шару фарби у відповідних позиціях при дії розтирального циліндра 8

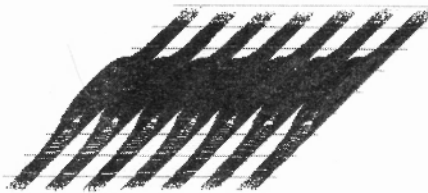


Рис. 10. Тримірне зображення сотого відбитка при дії розтирального циліндра 8

Проводилися дослідження стосовно перевірки достовірності розробленої моделі фарбового апарата офсетної друкарської машини *Rotaryor*. Фарба на реальній машині подавалася в три середні зони (11, 12, 13). Товщина її шару в усіх зонах задавалася однаковою – 60 мкм, шляхом регулювання щілини між дукторним циліндром і ножом за допомогою регулювальних гвинтів та вимірювання її набором щупів №2 кл.2. Ширина смужки фарби, передаваної за один цикл роботи коливального валика, задавалася через кут повороту дуктора рівною 80 мм, що відповідало її ширині при моделюванні. Перед початком роботи друкарської машини відключали привод усіх розтиральних циліндрів, а потім включали машину на друк і друкували 100 фарбовідбитків. Після того до системи приводу під'єднували по одному розтиральному циліндру і друкували наступних 100 відбитків.

Результати обробки отриманих відбитків подано на рис.12–14. На рис.12 наведено графік перехідного процесу зміни оптичної щільності фарби у відповідних позиціях при відсутності осьового ходу циліндрів, а на рис.13 – аналогічні графіки, але для випадку, коли працює розтиральний циліндр 1.

Оптична щільність вимірювалась, як і при моделюванні, по середині дванадцятої зони, з кроком 10 мм вліво і вправо від середини відбитка. Вимірювання проводилось по середній смугі кожного п'ятого отриманого відбитка, що друкується з форми (рис.11).

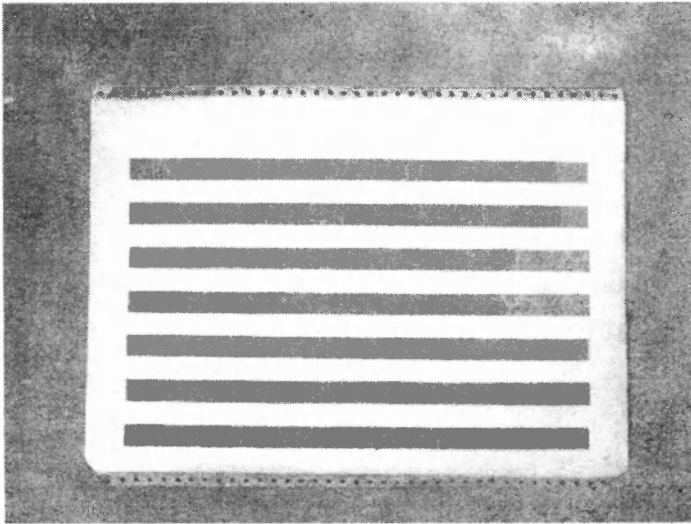


Рис. 11. Зображення реальної друкарської форми

Як видно з графіка (рис.12), при відсутності попереднього розкочування фарби фарбовий апарат виходить на усталений режим на сотому відбитку. На рис.13а наведено графіки зміни оптичної щільності в позиції, що збігається з серединою зони 12 і позначається через „0”, та в сусідніх зонах з кроком 10 мм вліво, коли дивитися на відбиток, який виходить з друкарського апарата машини з боку приймального стола.

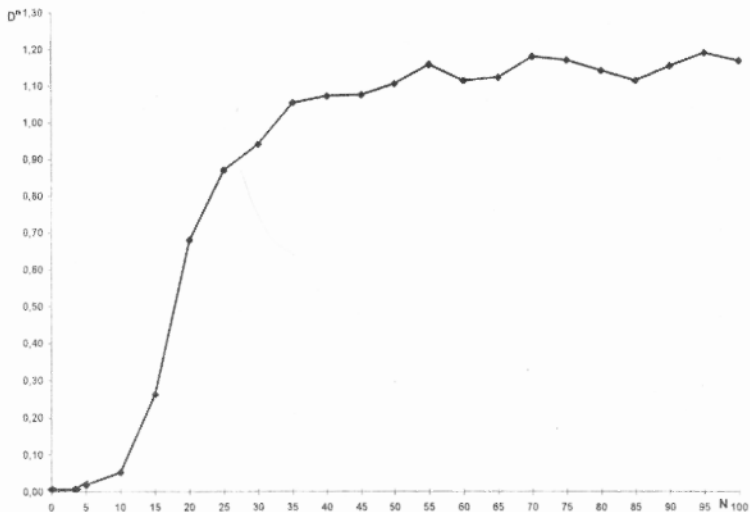
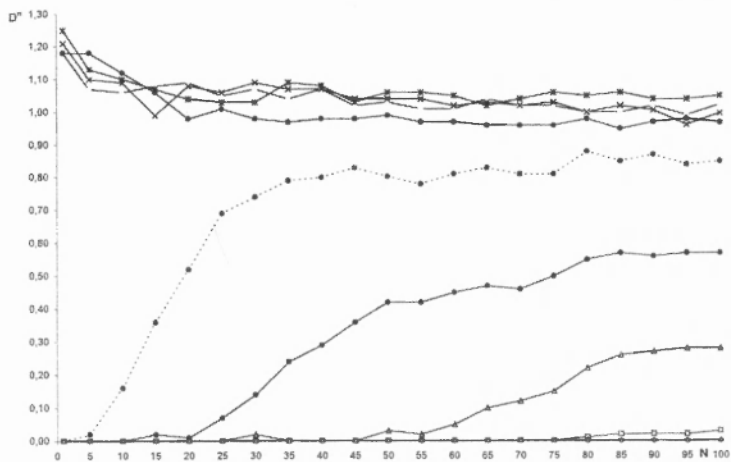


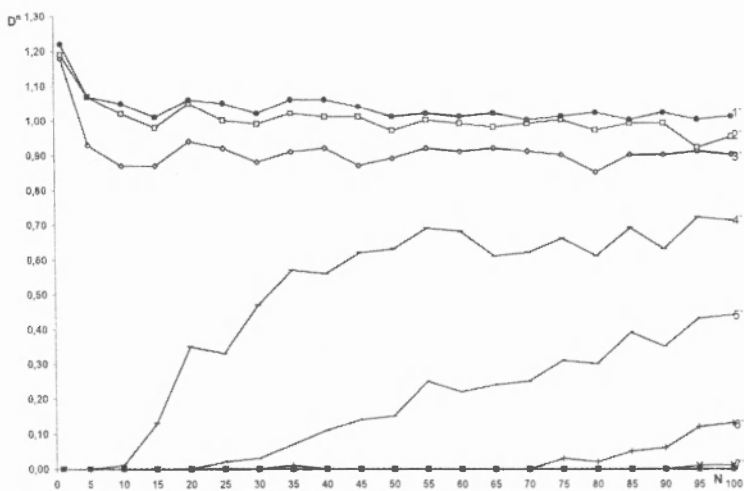
Рис. 12. Графік перехідного процесу зміни оптичної щільності

При дії розтирального циліндра 1 оптична щільність шару фарби в зонах, куди вона подається (позиції 0, 1, 2, 3), падає, але з'являється фарба і зростає оптична щільність у сусідніх зонах (позиції 4, 5, 6, 7). Така ж картина спостерігається і на рис.13б. Оптична щільність фарби падає вправо від середини відбитка, що ілюструється графіками 1', 2', 3', у зонах, куди фарба подається, та з'являється фарба в сусідніх зонах справа (позиції 4', 5', 6', 7').

Як видно з графіків (рис.13), шар фарби, що подавався на вході лише у три зони, розширився вліво і вправо більш як на 40 мм, оскільки з'явилася фарба в чотирьох додаткових зонах (рис.13а та 13б), що збігається з результатами моделювання (рис.4, 5).



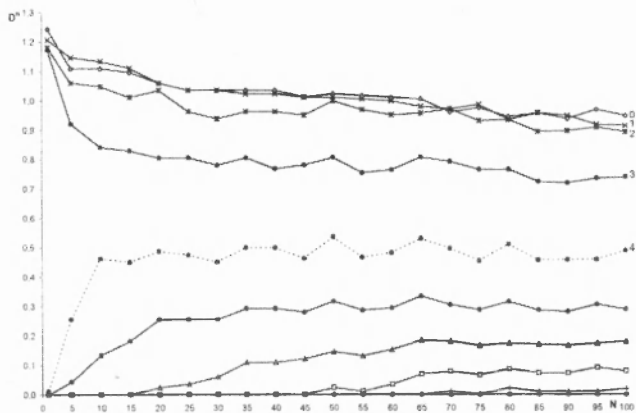
а



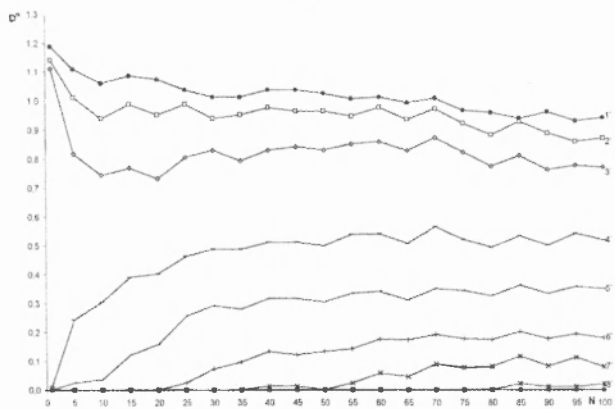
б

Рис.13. Графіки зміни оптичної щільності у відповідних позиціях при дії розтирального циліндра І

На рис.14 наведено графіки зміни оптичної щільності шару фарби у відповідних позиціях (посередині відбитків та з кроком 10 мм вліво (рис.14а) і вправо (рис.14б) від середини зони 12) при дії лише розтирального циліндра 5. Як бачимо, шар фарби в даному випадку розкочується ширше, ніж при дії першого циліндра, що підтверджується появою фарби, а відповідно оптичної щільності в позиціях 8 та 8'.



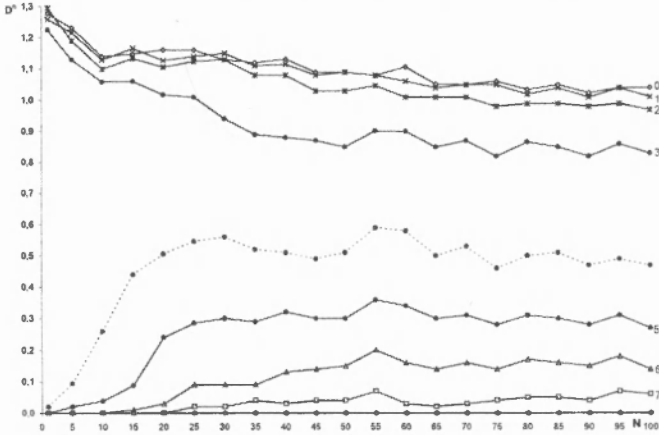
а



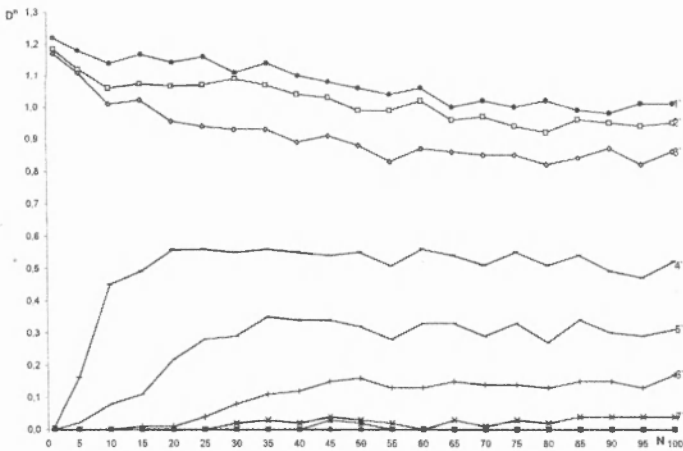
б

Рис. 14. Графіки зміни оптичної щільності у відповідних позиціях при дії розтирального циліндра 5

При наданні осьового переміщення лише розтиральному циліндру 8 після того як машина вийшла на усталений режим при відключенні розтиральних циліндрів і такому ж завданні, як у попередніх випадках, також отримали графіки зміни оптичної щільності (рис. 15). Час перехідного процесу в даному разі такий,



а



б

Рис. 15. Графіки зміни оптичної щільності у відповідних позиціях при дії розтирального циліндра 8

як при дії лише розтирального циліндра 5, і суттєво менший, ніж при роботі розтирального циліндра 1, що збігається з результатами моделювання. Ширина шару фарби на сотому відбитку зменшилася порівняно з тим, коли осьове переміщення мав лише циліндр 5, що підтверджується відсутністю фарби в позиціях 8 та 8'. Але ширина фарбовідбитків в усталеному режимі при осьовому переміщенні циліндра 8 дещо більша, ніж у випадку, коли діє розтиральний циліндр 1. Як видно з рис.15а, у лівій половині відбитка оптична щільність у позиції 7, а, відповідно, й товщина фарби більша, ніж у тій же позиції на рис.13а. Така ж картина спостерігається і в правій від центра половині відбитка (рис.15б). Оптична щільність фарбовідбитка в позиції 7' більша, ніж у тій же позиції 7' (рис.13б) у разі, коли діє розтиральний циліндр 1. Аналогічна тенденція розподілу фарби на відбитках спостерігається і при аналізі результатів комп'ютерного моделювання.

У результаті проведених моделювання та досліджень встановлено, що розтиральні циліндри впливають на процес розкочування, передачі та перерозподілу фарби між зонами, тобто в коловому та осьовому напрямках. Виявлено суттєвий вплив режиму роботи фарбоживильного пристрою на рівномірність товщини шару фарби на відбитках, зміни товщини шару фарби на вході фарбового апарата на товщину фарбовідбитків і незначний вплив на їх ширину. Результати моделювання та досліджень підтвердили відповідність розробленої моделі реальному фарбовому апарату офсетної друкарської машини *Romayor*, а отже, і правильність теоретичних розробок їх побудови.

Деяка відмінність в амплітуді коливань на графіках, отриманих при моделюванні та дослідженнях, пояснюється двома причинами. Одна з них полягає в тому, що у першому випадку наведені залежності зміни товщини шару фарби, а в другому – зміни оптичної щільності. Друга – у тому, що товщина шару фарби при моделюванні обраховується в певних позиціях для кожного друкованого елемента (смужки) на кожному відбитку, а при експериментальних дослідженнях вимірювалася оптична щільність середнього елемента (смужки) у відповідних позиціях на кожному п'ятому відбитку.

При проведенні досліджень лише обробка результатів вимагає величезних зусиль. Так, у нашому випадку було прове-

дено близько десяти тисяч вимірів оптичної щільності, а щоб отримати таку кількість даних, як при моделюванні, кількість вимірів потрібно збільшити в 35 разів (це становило б понад 300 тисяч вимірів). Крім того, під час роботи реальної машини діє цілий ряд факторів, які вимагають детальної підготовки і ретельного проведення експериментів.

Отже, побудова моделей фарбових апаратів і розробка програм моделювання є потужним засобом для дослідження фарбових апаратів друкарських машин і процесів, що в них протікають.

1. Верхола М.І. Аналіз розподілу потоків фарби між виходом і входом фарбової системи при різних способах подачі фарби // Комп'ютерні технології друкарства: Зб. наук. праць. Львів, 2001, №7, С. 13–27. 2. Верхола М.І., Гук І.Б. Моделювання та аналіз впливу траєкторії руху розтирального циліндра на процес розкочування фарби // Комп'ютерні технології друкарства: Зб. наук. праць. Львів, 2001, №6, С. 337–352. 3. Верхола М.І., Луцків М.М. Розширений сигнальний граф розгалужених фарбових груп // Поліграфія і видавнича справа. 1999. №35. С. 196–200. 4. Верхола М.І., Гук І.Б., Бабінець В.М. Колове і осьове розкочування фарби у фарбовій системі з трьома накочуючими валиками // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні: Український міжвідомчий НТЗ. В-во ДУ «Львівська політехніка», 2001. №36. С. 66–75. 5. Верхола М.І., Луцків М.М., Паньків В.Ф. Послідовне з'єднання груп фарбових валиків з кратними діаметрами // Поліграфія і видавнича справа. 1998. №34. С. 180–187. 6. Гук І.Б. Модель розкочування і передачі фарби фарбовим апаратом з трьома накочуючими валиками // Комп'ютерні технології друкарства: Зб. наук. праць. Львів, 2001. №7, С. 59–69.

Стаття надійшла до редколегії 15.01.2002