

УДК 681.624

КОМП'ЮТЕРНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ РОБОЧИХ ЦИКЛІВ ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПОПЕРЕДНЬОГО ЗАПОВНЕННЯ ЇЇ ФАРБОЮ

М. І. Верхола, У. П. Пановик

Українська академія друкарства, вул. Підголосько, 19, Львів, 79020, Україна

У статті розроблена технологія скорочення часу виходу фарбодрукарської системи на усталений робочий режим. Це досягається шляхом визначення кількості робочих циклів фарбодрукарської системи для попереднього її заповнення фарбою до моменту включення натиску, тобто під'єднання накочувальних валиків до форми. Знаходження оптимальної кількості робочих циклів для попереднього заповнення фарбодрукарської системи фарбою реалізується шляхом комп'ютерного симулювання процесу розподілу та передачі фарби в цій системі з використанням виразу для визначення оптимальної товщини шару фарби на поверхні накочувального валика. Використання режиму попереднього заповнення фарбодрукарської системи оптимальною кількістю фарби дає можливість не тільки суттєво скоротити час виходу системи на робочий режим, а й значно зменшити кількість некондиційних відбитків і, відповідно, витрати паперу. Запропонована в даній роботі технологія оптимізації часу виходу фарбодрукарської системи на робочий режим може бути застосована до фарбодрукарських систем будь-якої структури та дає можливість спростити підготовку друкарської машини до друку і суттєво зменшити відповідні технологічні витрати.

Ключові слова: *комп'ютерне симулювання, фарбодрукарська система, робочий режим роботи, перехідний процес, попереднє заповнення фарбою системи.*

Постановка проблеми. Особливістю фарбодрукарських систем офсетних машин є значна тривалість виходу їх на усталений режим роботи. Час перехідного процесу залежить не тільки від кількості елементів фарбодрукарської системи та їх геометричних розмірів, але і від площі заповнення форми друкарськими елементами та відповідно від кількості фарби, яка передається на відбитки. Чим менша площа друкарських елементів, тобто менше фарби передається на відбиток, тим більша тривалість виходу фарбодрукарської системи на робочий режим. Тривалість перехідних процесів при зміні зональної подачі фарби більша, ніж при зміні загальної подачі. Так, в офсетних друкарських машинах тривалість перехідного процесу при зміні загальної подачі фарби відповідає часу друку 300 відбитків, а при зміні зональної подачі фарби – 500-600 відбитків [1]. Це означає, що практично така ж кількість відбитків за своїми параметрами не відповідатиме вимогам якості друкованої продукції.

В інформаційних джерелах, де описується підготовка та налаштування офсетних друкарських машин на робочий режим, зазначається, що в сучасних машинах,

які обладнані системами автоматичного регулювання подачі фарби, попереднє їх налагодження здійснюється на основі використання відповідного програмного забезпечення. Загалом інформація про коди цих програм відсутня, тому досить важко проаналізувати їх ефективність у процесі налагодження і підготовки машини до друку. Крім того, слід зазначити, що в поліграфічному виробництві експлуатуються чимало малоформатних офсетних друкарських машин, які не обладнані системами автоматичної подачі фарби. З метою скорочення витрат паперу процес підготовки фарбодрукарської системи до роботи включає в себе етап розкочування фарби без контакту накочувальних валиків з формою. В машинах, які не обладнані відповідними системами автоматичного керування цей процес здійснюється на основі досвіду та інтуїції друкаря. Оскільки друкована продукція може мати різний характер, тобто різну заповненість форми друкувальними елементами, визначити оптимальний момент підключення накочувальних валиків до форми проблематично.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Результати дослідження процесу виходу фарбодрукарської системи на усталений режим її роботи подані в ряді наукових праць. Методики розрахунку кількості циклів роботи друкарської машини, які забезпечують вихід фарбодрукарської системи на усталений режим, наведені в публікаціях [2, 3]. У роботі [2] для визначення часу перехідного процесу потрібно проводити денситометричні вимірювання. В публікації [3] виведено вираз для визначення часу перехідного процесу фарбодрукарської системи. В роботі [4] проведено моделювання та експериментальне дослідження перехідного процесу виходу фарбодрукарської системи офсетної машини на робочий режим. Але в жодній з цих робіт не розглядається питання зменшення часу перехідного процесу. В роботі [5] стверджується, що високий рівень автоматизації сучасних офсетних друкарських машин дає можливість налагоджувати їх на заданий наклад на основі інформації про друкарську форму. Дані про коефіцієнти заповнення форми друкувальними елементами можуть бути сформовані спеціальною програмою за файлом верстки в форматі Post Script або PPF (CIP-4). Отримана інформація перераховується в дані для налаштування зональної подачі фарби, швидкості обертання дукторного циліндра та частоти коливання передавального валика. Після цього спеціальна автоматична система встановлює найбільш економний режим роботи фарбодрукарської системи. При цьому попереднє заповнення фарбової системи фарбою зональне налагодження, пуск машини на друк і завершення роботи відбувається автоматично. З даної інформації можна припустити, що скорочення часу виходу фарбодрукарських систем офсетних машин досягають шляхом попереднього їх налагодження на підставі відповідного програмного забезпечення, але не зрозуміло, як це технічно реалізовується. Тому оптимізація процесу виходу фарбодрукарських систем на усталений режим, особливо малоформатних офсетних машин, які не обладнані системами автоматичного регулювання подачі фарби, є актуальним завданням.

Мета статті — запропонувати технологію скорочення тривалості виходу фарбодрукарської системи на усталений режим роботи шляхом визначення оптимальної кількості циклів роботи системи для попереднього заповнення фарбою до моменту контакту накочувальних валиків з формою.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо поставлене завдання на прикладі фарбодрукарської системи послідовної структури, до складу якої входять фарбоживильний пристрій, розкочувальні та накочувальні валики, розтиральний, формний та офсетний циліндри. Передачу прямих та зворотних потоків фарби з врахуванням структури фарбодрукарської системи подано на рис. 1. На підставі структурної схеми розробляємо математичну модель. У побудові математичної моделі приймаємо наступне: фарбодрукарську систему умовно ділимо на зони, кількість яких відповідає кількості зон регулювання подачі фарби; цикл роботи фарбоживильного пристрою відповідає одному оберту формного циліндра; довжини кіл валиків і циліндрів поділені на ціле число умовних одиниць; час проходження фарбою шляху в 1 мм на поверхні валиків і циліндрів відповідає одній відносній одиниці; проковзування валиків і циліндрів відсутнє, тому лінійні швидкості поверхонь елементів фарбодрукарської системи є рівними між собою; тиск в зонах контакту валиків і циліндрів є сталим.

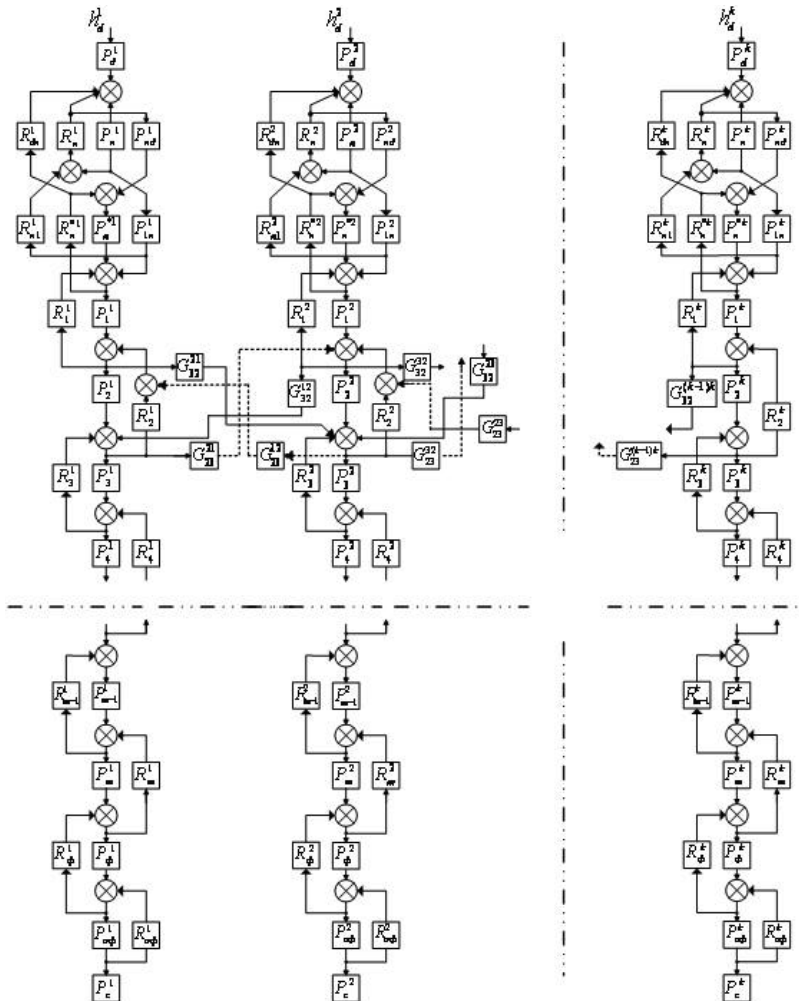


Рис. 1. Структурна схема моделі фарбодрукарської системи з фарбоживильним пристроєм

З врахуванням прийнятих вище умов та результатів праць [6, 7, 8] за структурною схемою фарбодрукарської системи, представленої на рис.1, складемо систему рівнянь, яка описує процес передачі фарби:

- для першої зони фарбодрукарської системи:

$$x_n^1(z) = P_d^1(z)h_d^1(z) + R_n^1(z)x_{nd}^1(z) + R_n^{*1}(z)R_{dn}^1(z)x_1^1(z);$$

$$x_{nd}^1(z) = P_n^1(z)P_{nc}^1(z)x_n^1(z) + R_{n1}^1(z)x_{n1}^1(z);$$

$$x_{n1}^1(z) = P_{nd}^1(z)x_{nd}^1(z) + R_n^{*1}(z)P_p^1(z)x_1^1(z);$$

$$x_1^1(z) = P_n^1(z)P_{1n}^1(z)x_n^1(z) + P_n^{*1}(z)x_{n1}^1(z) + R_1^1(z)x_2^1(z);$$

$$x_2^1(z) = P_1^1(z)x_1^1(z) + R_2^1(z)x_3^1(z) + G_{23}^{12}(z)x_3^2;$$

$$x_3^1(z) = P_2^1(z)x_2^1(z) + R_3^1(z)x_4^1(z) + G_{32}^{12}(z)x_2^2;$$

$$x_4^1(z) = P_3^1(z)x_3^1(z) + R_4^1(z)x_5^1(z);$$

$$x_5^1(z) = P_4^1(z)x_4^1(z) + R_5^1(z)x_6^1(z);$$

.....

$$x_{m-1}^1(z) = P_{m-2}^1(z)x_{m-2}^1(z) + R_{m-1}^1(z)x_m^1(z);$$

$$x_m^1(z) = P_{m-1}^1(z)x_{m-1}^1(z) + R_m^1(z)x_\phi^1(z);$$

$$x_\phi^1(z) = P_m^1(z)x_m^1(z) + R_\phi^1(z)x_{of}^1(z);$$

$$x_{of}^1(z) = P_\phi^1(z)x_\phi^1(z) + R_{of}^1(z)x_c^1(z);$$

$$x_c^1(z) = P_{of}^1(z)x_{of}^1(z); \quad h_c^1(z) = P_c^1(z)x_c^1(z);$$

- для другої зони фарбодрукарської системи:

$$x_n^2(z) = P_d^2(z)h_d^2(z) + R_n^2(z)x_{nd}^2(z) + R_n^{*2}(z)R_{dn}^2(z)x_1^2(z);$$

$$x_{nd}^2(z) = P_n^2(z)P_{nc}^2(z)x_n^2(z) + R_{n1}^2(z)x_{n1}^2(z);$$

$$x_{n1}^2(z) = P_{nd}^2(z)x_{nd}^2(z) + R_n^{*2}(z)P_p^2(z)x_1^2(z);$$

$$x_1^2(z) = P_n^2(z)P_{1n}^2(z)x_n^2(z) + P_n^{*2}(z)x_{n1}^2(z) + R_1^2(z)x_2^2(z);$$

$$x_2^2(z) = P_1^2(z)x_1^2(z) + R_2^2(z)x_3^2(z) + G_{23}^{21}(z)x_3^1 + G_{23}^{23}(z)x_3^3;$$

$$x_3^2(z) = P_2^2(z)x_2^2(z) + R_3^2(z)x_4^2(z) + G_{32}^{21}(z)x_2^1 + G_{32}^{23}(z)x_2^3;$$

$$x_4^2(z) = P_3^2(z)x_3^2(z) + R_4^2(z)x_5^2(z);$$

$$x_5^2(z) = P_4^2(z)x_4^2(z) + R_5^2(z)x_6^2(z);$$

.....

$$x_{m-1}^2(z) = P_{m-2}^2(z)x_{m-2}^2(z) + R_{m-1}^2(z)x_m^2(z);$$

$$\begin{aligned}
 x_m^2(z) &= P_{m-1}^2(z)x_{m-1}^2(z) + R_m^2(z)x_\phi^2(z); \\
 x_\phi^2(z) &= P_m^2(z)x_m^2(z) + R_\phi^2(z)x_{o\phi}^2(z); \\
 x_{o\phi}^2(z) &= P_\phi^2(z)x_\phi^2(z) + R_{o\phi}^2(z)x_c^2(z); \\
 x_c^2(z) &= P_{o\phi}^2(z)x_{o\phi}^2(z); \quad h_c^2(z) = P_c^2(z)x_c^2(z);
 \end{aligned}$$

.....

- для останньої k зони фарбодрукарської системи:

$$\begin{aligned}
 x_n^k(z) &= P_d^k(z)h_d^k(z) + R_n^k(z)x_{nd}^k(z) + R_n^{*k}(z)R_{dn}^k(z)x_1^k(z); \\
 x_{nd}^k(z) &= P_n^k(z)P_{sc}^k(z)x_n^k(z) + R_n^k(z)x_{n1}^k(z); \\
 x_{n1}^k(z) &= P_{nd}^k(z)x_{nd}^k(z) + R_n^{*k}(z)P_p^k(z)x_1^k(z); \\
 x_1^k(z) &= P_n^k(z)P_n^k(z)x_n^k(z) + P_n^{*k}(z)x_{n1}^k(z) + R_1^k(z)x_2^k(z); \\
 x_2^k(z) &= P_1^k(z)x_1^k(z) + R_2^k(z)x_3^k(z) + G_{23}^{k(k-1)}(z)x_3^{(k-1)}; \\
 x_3^k(z) &= P_2^k(z)x_2^k(z) + R_3^k(z)x_4^k(z) + G_{32}^{k(k-1)}(z)x_2^{(k-1)}; \\
 x_4^k(z) &= P_3^k(z)x_3^k(z) + R_4^k(z)x_5^k(z); \\
 x_5^k(z) &= P_4^k(z)x_4^k(z) + R_5^k(z)x_6^k(z);
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_{m-1}^k(z) &= P_{m-2}^k(z)x_{m-2}^k(z) + R_{m-1}^k(z)x_m^k(z); \\
 x_m^k(z) &= P_{m-1}^k(z)x_{m-1}^k(z) + R_m^k(z)x_\phi^k(z); \\
 x_\phi^k(z) &= P_m^k(z)x_m^k(z) + R_\phi^k(z)x_{o\phi}^k(z); \\
 x_{o\phi}^k(z) &= P_\phi^k(z)x_\phi^k(z) + R_{o\phi}^k(z)x_c^k(z); \\
 x_c^k(z) &= P_{o\phi}^k(z)x_{o\phi}^k(z); \quad h_c^k(z) = P_c^k(z)x_c^k(z);
 \end{aligned} \tag{1}$$

де $x_i^j(z)$, $x_\phi^j(z)$, $x_{o\phi}^j(z)$, $x_c^j(z)$ – товщини шарів фарби в зонах контакту елементів фарбодрукарської системи в кожній j -ій зоні ($i=1,2,3,\dots,m$ – кількість точок контакту елементів фарбодрукарської системи; $j=1,2,3,\dots,k$ – кількість зон); $x_n^j(z)$, $x_{nd}^j(z)$ – товщини шару фарби в зоні контакту передавального валика з дукторним циліндром і в діаметрально протилежній точці на його поверхні в кожній j -ій зоні; $x_1^j(z)$, $x_{n1}^j(z)$ – товщина шару фарби в зоні контакту передавального валика з першим розкочувальним валиком і в діаметрально протилежній точці на поверхні передавального валика кожної зони; h_d – товщина шару фарби на поверхні дукторного циліндра при виході зі щілини між ножем і циліндром; $P_w^j(z)$, $P_p^j(z)$ – оператори формування передачі фарби під час спільного руху передавального валика з дукторним циліндром та першим

розкочувальним валіком кожної j -ої зони; $P_n^j(z) = (P_{\text{жс}}^j(z)\alpha_n + \overline{P_{\text{жс}}^j(z)})z^{-P_n}$, $R_n^j(z) = P_{\text{жс}}^j(z)z^{-r_n}$ – оператори передачі фарби поверхнею передавального валіка під час його спільного руху з дукторним циліндром; $P_n^{j*}(z) = P_p^j(z)z^{-P_n}$, $R_n^{j*}(z) = \gamma_n P_p^j(z)z^{-r_n}$ – оператори передачі фарби поверхнею передавального валіка під час його руху в контактi з розкочувальним валіком; $P_{nd}^j(z) = z^{-r_n} \overline{P_{\text{жс}}^j(z)}z^{-P_z}$, $P_{1n}^j(z) = \overline{P_{\text{жс}}^j(z)}z^{-P_z}$, – оператори передачі фарби під час переміщення передавального валіка від дукторного циліндра до розкочувального валіка; $R_{n1}^j(z) = z^{-P_n} \overline{P_p^j(z)}z^{-R_z}$, $R_{dn}^j(z) = P_p^j(z)z^{-R_z}$ – оператори передачі фарби під час переміщення передавального валіка від розкочувального валіка до дукторного циліндра; $P_d^j(z) = P_{\text{жс}}^j(z)z^{-P_d}$, $R_d^j(z) = P_{\text{жс}}^j(z)\gamma_d z^{-r_d}$, – оператори передачі прямого та зворотного потоку фарби дукторним циліндром; p_d – час передачі фарби від дукторної скриньки до зони контакту дукторного циліндра з передавальним валіком і в зворотному напрямi r_d ; p_n , r_n – час транспортування прямих і зворотних потоків фарби поверхнею передавального валіка у відносних одиницях; P_z – час вистою передавального валіка біля дукторного циліндра в сумi з часом його переміщення до першого розкочувального валіка у відносних одиницях; R_z – час переміщення передавального валіка в зворотному напрямку до дуктора в сумi з часом вистою до початку повороту дуктора у відносних одиницях; $P_i^j(z) = \alpha_i z^{-P_i}$, $R_i^j(z) = (1 - \alpha_{i+1})z^{-r_i}$, $P_2^j(z) = (\alpha_2 - \alpha_{2\bar{e}}(z) - \alpha_{2i}(z))z^{-P_2}$; $R_2^j(z) = (\gamma_2 - \gamma_{2n}(z) - \gamma_{2n}(z))z^{-r_2}$; $P_m^j(z) = (1 - \alpha_{\phi} \kappa_3^j)z^{-r_m}$ – оператори передачі прямих і зворотних потоків фарби поверхнею валіків і циліндрів кожної j -ої зони; $P_{\phi}^j(z) = \alpha_{\phi} z^{-P_{\phi}}$, $R_{\phi}^j(z) = (1 - \alpha_{o\phi})\kappa_3^j z^{-r_{\phi}}$, $P_{o\phi}^j(z) = \alpha_{o\phi} z^{-P_{o\phi}}$, $R_{o\phi}^j(z) = (1 - \beta)z^{-r_{o\phi}}$, – оператори передачі прямих і зворотних потоків фарби на поверхні валіків формного і офсетного циліндрів кожної зони; z^{-P_i} , z^{-r_i} – транспортні запізнення передачі фарби в коловому напрямку; α_i – коефіцієнти передачі прямих та $(1 - \alpha_i)$ – зворотних потоків фарби в місцях контакту елементів фарбодрукарської системи; $G_{23}^{j(j+1)}(z) = \gamma_{2\bar{e}}(z)z^{-r_2}$, $G_{32}^{j(j+1)}(z) = \alpha_{2\bar{e}}(z)z^{-P_2}$, $G_{23}^{j(j-1)}(z) = \gamma_{2i}(z)z^{-r_2}$, $G_{32}^{j(j-1)}(z) = \alpha_{2i}(z)z^{-P_2}$ – оператори передачі осьового переміщення потоків фарби розтиральним циліндром відповідно вліво та вправо, де $\alpha_{2i}(z)$, $\gamma_{2i}(z) = (1 - \alpha_{2\bar{e}})(z)$, $\alpha_{2\bar{e}}(z)$, $\gamma_{2\bar{e}}(z) = (1 - \alpha_{2i})(z)$ – z -зображення передачі прямих і зворотних потоків фарби відповідно вправо та вліво; $P_c(z)$ – оператор передачі фарби на папір; $h_c(z)$ – товщина шару фарби на друкарському відбитку.

Подамо наведені вище системи рівнянь в векторно-матричній формi [9]:

$$\begin{aligned} \bar{X}(z) &= \bar{A}(z) \times \bar{X}(z) + \bar{B}(z) \times \bar{U}(z), \\ \bar{Y}(z) &= \bar{C}(z) \times \bar{X}(z); \end{aligned} \quad (2)$$

$$\bar{X}(z) = \begin{bmatrix} \bar{x}_1(z) \\ \bar{x}_2(z) \\ \bar{x}_3(z) \\ \bar{x}_4(z) \\ \dots \\ \bar{x}_{k-1}(z) \\ \bar{x}_k(z) \end{bmatrix}; \bar{x}_j z = \begin{bmatrix} x_n^j(z) \\ x_{nd}^j(z) \\ x_{n1}^j(z) \\ x_1^j(z) \\ \dots \\ x_\delta^j(z) \\ x_{i\delta}^j(z) \\ x_n^j(z) \end{bmatrix}; \bar{A}(z) = \begin{bmatrix} \bar{P}_1 z & \bar{G}_{12} z & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \bar{G}_{21} z & \bar{P}_2 z & \bar{G}_{23} z & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \bar{G}_{32} z & \bar{P}_3 z & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \bar{G}_{43} z & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \bar{P}_{k-1} z & \bar{G}_{k-1 k} z \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \bar{G}_{k k-1} z & \bar{P}_k z \end{bmatrix};$$

$$\bar{P}_j z = \begin{bmatrix} 0 & R_n^j z & 0 & R_n^{*j} z \cdot R_{dn}^j z & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ P_e^j z \cdot R^j z & 0 & R_1^j z & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_{nd}^j z & 0 & R_n^{*j} z R_p^j z & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ P_n^j z \cdot P_{1n}^j z & 0 & P_n^{*j} z & 0 & R_1^j z & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_1^j z & 0 & R_2^j z & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & P_2^j z & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_3^j z & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & R_m^j z & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & R_\delta^j z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & P_{i\delta}^j z & 0 & R_{i\delta}^j z \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & P_{i\delta} z & \dots \end{bmatrix}$$

$$\bar{G}_{j(j\pm 1)}(z) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & G_{23}^{j(j\pm 1)}(z) & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & G_{32}^{j(j\pm 1)}(z) & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}; \bar{B}(z) = \begin{bmatrix} \bar{P}_d^1(z) & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \bar{P}_d^2(z) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \bar{P}_d^3(z) & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \bar{P}_d^k(z) \end{bmatrix};$$

$$\bar{P}_d^j(z) = \begin{bmatrix} P_d^j(z) & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}; \bar{U}(z) = \begin{bmatrix} \bar{H}_d^1(z) \\ \bar{H}_d^2(z) \\ \bar{H}_d^3(z) \\ \bar{H}_d^4(z) \\ \dots \\ \bar{H}_d^{k-1}(z) \\ \bar{H}_d^k(z) \end{bmatrix}; \bar{H}_d^j(z) = \begin{bmatrix} h_d^j(z) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix};$$

$$\bar{C}(z) = \begin{bmatrix} \bar{P}_c^1(z) & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \bar{P}_c^2(z) & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \bar{P}_c^3(z) & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \bar{P}_c^4(z) & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \bar{P}_c^k(z) \end{bmatrix}; \bar{P}_c^j(z) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & P_c^j(z) \end{bmatrix}$$

де $\bar{X}(z)$ – вектор змінних, який складається з $\bar{x}_j(z)$ – векторів товщин потоків фарби в точках контакту елементів фарбодрукарської системи в кожній j -тій зоні; $\bar{A}(z)$ – блочна матриця комутації потоків фарбодрукарської системи, складовими якої є: $\bar{P}_j(z)$ – блоки матриці, які вміщують оператори передачі прямих та зворотних потоків фарби між точками контактів у відповідних зонах та $\bar{G}_{j(j\pm 1)}(z)$ – блоки операторів осьового переміщення фарби; $\bar{B}(z)$ – блочна матриця входу, яка складається з $\bar{P}_d^j(z)$ – блоків операторів зональної подачі фарби на вхід фарбодрукарської системи; $\bar{U}(z)$ – вектор входу, який вміщує $\bar{H}_d(z)$ – вектори товщин фарби, які надходять на вхід фарбодрукарської системи в кожній зоні; $\bar{Y}(z)$ – вектор виходу, який складається з $\bar{H}_c^j(z)$ – векторів товщин шарів фарби на друкарському відбитку у відповідній зоні; $\bar{C}(z)$ – блочна матриця виходу, яка складається з $\bar{P}_c^j(z)$ – блоків операторів передачі фарби з офсетного циліндра на папір.

Для спрощення вирішення поставленого завдання проведемо дослідження та аналіз послідовної восьмиелементної фарбодрукарської системи з фарбоживильним пристроєм за умови, що осьовий хід розтирального циліндра відключений. На підставі математичного опису фарбодрукарської системи (1) побудовано симулятор процесів розкочування і передачі фарби без врахування осьового руху розтирального циліндра за допомогою програмного пакету Matlab-Simulink (рис.2).

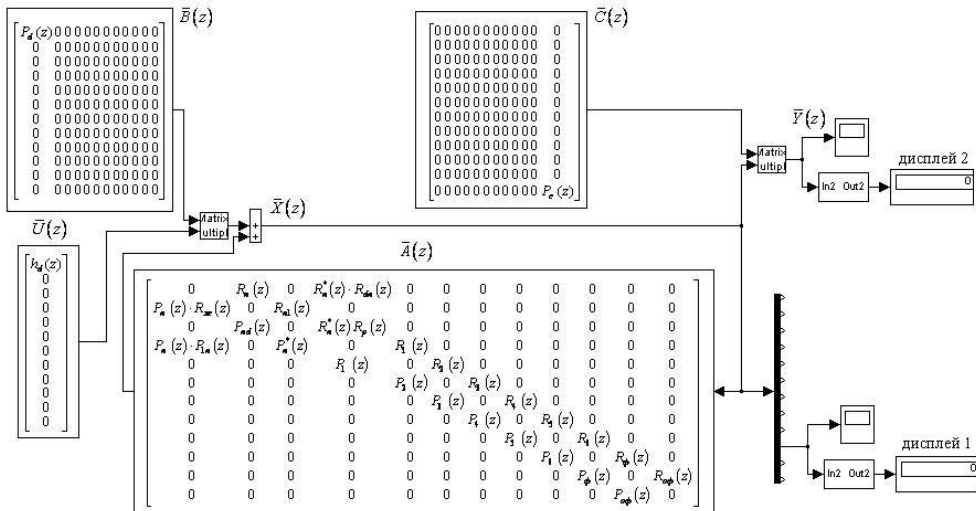


Рис. 2. Симулятор фарбодрукарської системи

Для проведення симулювання геометричні розміри фарбодрукарської системи задаємо через відповідні транспортні запізнення при передачі прямих і зворотних потоків фарби p_p, r_p ; задаємо значення коефіцієнтів передачі фарби в точках контакту елементів фарбової системи α_p, γ_p , кожен з яких дорівнює 0,5, а коефіцієнт передачі фарби на папір $\beta = 0,7$.

На підставі даних про коефіцієнти заповнення форми k_c визначаємо товщину шару подачі фарби на вхід фарбодрукарської системи $h_d(z)$ за умови, що вся фарба передається на відбиток. Після введення цих значень у симулятор проводимо моделювання та на підставі інформації про товщину шару фарби на відбитках та роботи [10] отримуємо скориговані значення вхідного завдання за поданим нижче рівнянням:

$$h_d^{kop}(z) = \frac{h_c^{\delta_{аж}}(z)}{h_c(z)} k_s \cdot l_f (z^{-1} + z^{-2} + z^{-3} + \dots + z^{-l_f} + \dots + z^{-d_f}) (1 - z^{-d_f})^{-1} h_d(z), \quad (3)$$

де $h_c(z)$ – товщина шару фарби на виході фарбодрукарської системи на відбитків, що визначається в результаті симулювання; l_f – довжина форми; d_f – час одного оберту формного циліндра у відносних одиницях; $h_d(z)$ – товщина шару фарби зонального завдання; $h_c^{\delta_{аж}}(z)$ – бажана товщина шару фарби у всіх зонах відбитка.

Вводимо скориговані значення вхідного завдання h_d^{kop} в модель симулятора фарбодрукарської системи і проводимо симулювання до виходу фарбодрукарської системи на усталений режим, отримуючи при цьому бажану товщину шару фарби на відбитках (рис.3).

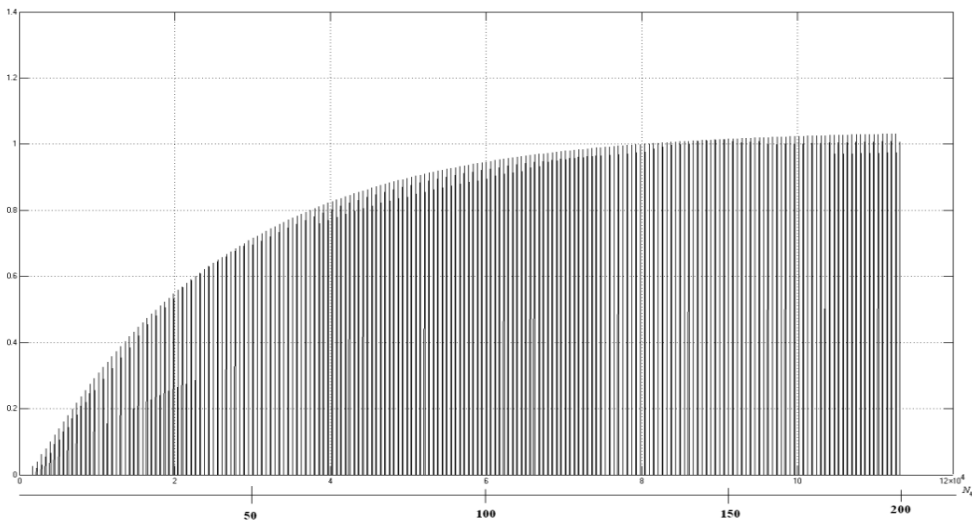


Рис. 3. Перехідний процес виходу фарбодрукарської системи на усталений режим при $k_s=0,2$ без попереднього заповнення системи фарбою

За результатами симулювання визначаємо середнє значення товщини шару фарби на поверхні накочувального валика h_i . Після цього віртуально від'єднуємо в моделі фарбодрукарської системи накочувальні валики від форми та проводимо симулювання до моменту, коли товщина шару фарби на накочу-

вальному валіку дорівнюватиме визначеній під час попереднього симулювання h_i , визначаючи при цьому кількість циклів роботи друкарської машини. Це відповідатиме часу попередньої підготовки фарбодрукарської системи, тобто заповнення її фарбою до моменту контакту накочувального валіка з формою і подачі аркушів на друк. Вводимо отримані дані про кількість циклів роботи офсетної друкарської машини до включення натиску накочувальних валіків в симулятор моделі N_u та проводимо повторне симулювання роботи фарбодрукарської системи. В момент, коли тривалість часу симулювання $n \cdot T/d_f = N_u$, підключаємо накочувальний валік до форми та фіксуємо перехідний процес за допомогою дисплея, який приєднаний до виходу симулятора фарбодрукарської системи (рис.4).

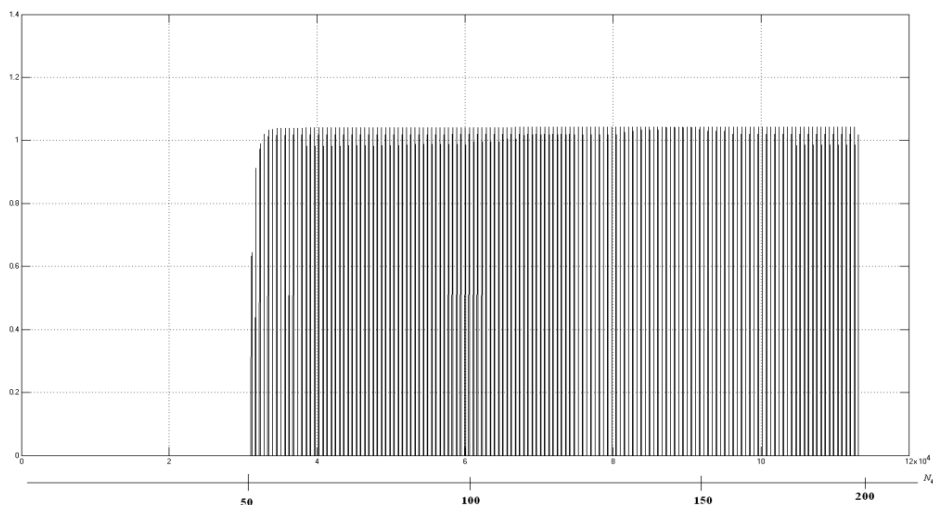


Рис. 4. Перехідний процес виходу фарбодрукарської системи на усталений режим при $k_s=0,2$ з попереднім оптимальним заповнення системи фарбою до початку друку

За графічним зображенням характеру перехідного процесу, отриманим на дисплеї 2, визначаємо кількість некондиційних відбитків, тобто тих, які не відповідають міжнародному стандарту ISO 12647-1. Одночасно фіксуємо на дисплеї 1 характер зміни товщини шару фарби на поверхні накочувального валіка в момент підключення його до форми. Якщо кількість отриманих при цьому некондиційних відбитків становитиме більше п'яти, то проводимо повторні симулювання, визначаючи при цьому оптимальну товщину шару фарби на накочувальному валіку за таким виразом:

$$h_n^{opt} = h_n + \sum_{i=1}^m \frac{h_{n_i}^{\max} - h_{n_i}^{\min}}{2^i},$$

де $h_{H \max}$, $h_{H \min}$ – найбільше та найменше значення товщини шару фарби на накочувальному валіку в момент підключення до форми, i – кількість проведених симулювань.

Уводимо отримане значення h_H^{om} в модель фарбодрукарської системи та визначаємо в результаті симулювання оптимальну кількість циклів N_{ψ}^{om} роботи машини для попереднього заповнення фарбодрукарської системи фарбою до моменту подачі команди на друк.

На підставі вище викладеного підходу проводимо симулювання роботи фарбодрукарської системи для різної щільності заповнення форми друкувальними елементами та визначаємо оптимальну кількість циклів роботи машини попереднього заповнення фарбодрукарської системи фарбою до початку друку. Результати подані у вигляді графічної залежності на рис. 5

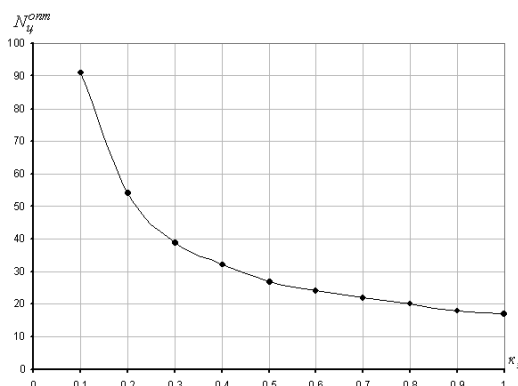


Рис. 5. Графічна залежність $N_{\psi}^{om} = f(k_{\psi})$

Зі зменшенням коефіцієнта k_{ψ} час попереднього заповнення фарбодрукарської системи фарбою зростає, але при цьому не має лінійної залежності.

Висновки. Запропонована в роботі технологія визначення кількості робочих циклів для попереднього заповнення фарбодрукарської системи фарбою дає можливість скоротити час її виходу на робочий режим і суттєво зменшити кількість некондиційної продукції. Так, якщо у випадку одночасної подачі аркушів з включенням подачі фарби без попереднього заповнення фарбодрукарської системи фарбою, при $k_{\psi}=0,2$, час перехідного процесу становить більше 200 циклів роботи машини, то майже стільки ж відбитків при такому режимі друку будуть некондиційними. При застосуванні даної технології час заповнення фарбодрукарської системи фарбою становить 54 цикли, і при цьому отримуємо лише 4–5 некондиційних відбитків. Тобто, час виходу фарбодрукарської системи на усталений режим роботи скорочується в чотири рази, а кількість некондиційних відбитків – у 50 разів.

Підходи, запропоновані в даній роботі можуть бути використані для оптимізації часу виходу фарбодрукарських систем реальних офсетних машин на робочий режим і рекомендовані для використання при налагодженні цих машин для друку на заданий наклад.

Список використаних джерел

1. Ефимов М.В. Автоматизированное управление полиграфическим производством: Учебник для вузов / М. В. Ефимов. – М.: Изд-во МГУП «Мир книги», 1998. – 416 с.
2. Раскин А. Н. Технология печатных процессов: Учебник для вузов / А. Н. Раскин, И. В. Ромейков, Н. Д. Бирюкова. – М.: Книга, 1989. – 432 с.
3. Луцків М. М. Визначення часу перехідного процесу в фарбових апаратах друкарських машин / М. М. Луцків, М. І. Верхола, І. Б. Гук // Комп'ютерні технології друкарства: збірник наукових праць / УАД. – 1999. – № 3. – С. 237–242.
4. Верхола М. І. Моделювання та експериментальне дослідження перехідного процесу фарбодрукарської системи HEIDELBERG GTO-52-2/-P / М. І. Верхола, Р. М. Споляк // Комп'ютерні технології друкарства: збірник наукових праць / УАД. – 2011. – №26. – С.3–15.
5. Четырехсекционная печатная машина формата А1 - Ryobi 924 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://sovsib.ru/ryobi924.php> – Загл. с экрана.
6. Киппхан Г. Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства / Г. Киппхан; пер. с нем. – М.: МГУП, 2003. – 1280 с.
7. Алексеев Г. А. Красочные аппараты ротационных машин высокой и плоской печати / Г. А. Алексеев. – М.: Книга, 1980. – 184 с.
8. Верхола М. І. Інформаційна технологія перевірки достовірності моделей фарбодрукарських систем з розтиральними циліндрами / М. І. Верхола, І. Б. Гук, У. П. Пановик, Р. М. Споляк // Науковий журнал “Технологічні комплекси». – 2015. - №1/1(11) - С.53–63.
9. Гантмахер Ф. Р. Теория матриц 5-е изд. / Ф. Р. Гантмахер/ – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 560 с.
10. Верхола М. І. Автоматичне визначення вхідного завдання послідовної фарбодрукарської системи для різних навантажень / М. І. Верхола, Р. М. Споляк // Комп'ютерні технології друкарства: збірник наукових праць / УАД. – 2011. – № 25. – С. 23-34.

References

1. Efimov M.V. (1998). *Avtomatizirovannoe upravlenie poligraficheskim proizvodstvom: Uchebnik dlja vuzov*. Moskva: Izdatel'stvo MGUP «Mir knigi». (in Russian).
2. Raskin A. N., Romejko I. V., Birjukova N. D. (1989). *Tehnologija pechatnyh processov: Uchebnik dlja vuzov*. Moskva: Kniga. (in Russian).
3. Luckiv M. M., Verhola M.I., Guk I.B. (1999). Vyznachennja chasu perehidnogo procesu v farbovyh aparatah drukars'kyh mashyn. *Komp'juterni tehnologii' drakarstva: zbirnyk naukovykh prac' UAD*, (3), 237–242. (in Ukrainian).
4. Verhola M. I., Spoljak R.M. (2011). Modeljuvannja ta eksperymental'ne doslidzhennja perehidnogo procesu farbodrukars'koi'systemy HEIDELBERG GTO-52-2/-P. *Komp'juterni tehnologii' drakarstva: zbirnyk naukovykh prac' UAD*, (26), 3–15. (in Ukrainian).
5. Chetyrehsekcionnaja pechatnaja mashina formata A1 - Ryobi 924, av ailable at : <http://sovsib.ru/ryobi924.php> (accessent at 20 November 2015).
6. Kipphan G. (2003). *Jenciklopedija po pechatnym sredstvam informacii. Tehnologii i sposoby proizvodstva*. Moskava: MGUP. (in Russian).
7. Alekseev G. A. (1980). *Krasochnye apparaty rotacionnyh mashin vysokoj i ploskoj pechati*. Moskva: Kniga. (in Russian).

8. Verhola M. I., Guk I.B., Panovyk U.P., Spoljak R.M. (2015). Informacijna tehnologija perevirky dostovirnosti modelej farbodrukars'kyh system z roztyral'nymy cylindramy. *Naukovyj zhurnal "Tehnologichni kompleksy"*, 1/1(11), 53–63. (in Ukrainian).
9. Gantmaher F. R. (2004). *Teorija matric*. Moskva: FIZMATLIT. (in Russian).
10. Verhola M. I., Spoljak R.M. (2011). Avtomatychne vyznachennja vhidnogo zavdannja poslidovnoi' farbodrukars'koi' systemy dlja riznyh navantazhen'. *Komp'juterni tehnologii' druzarstva: zbirnyk naukovyh prac' UAD*, (25), 23-34. (in Ukrainian).

COMPUTER DETERMINATION OF THE OPTIMAL NUMBER OF INK PRINTING SYSTEM WORKING CYCLES FOR PREVIOUS INK FILLING

M. I. VERHOLA, U. P. PANOVIK

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pidholosko St., Lviv, 79020, Ukraine
panulap@mail.ru*

In this article the technology for ink printing system steady operating mode achievement time reducing has been developed. This is achieved by determining number of working cycles of ink printing system for previous ink filling prior pressure inclusion i.e. connecting form rollers with a form. Finding the optimal number of cycles for ink printing system previous ink filling is implemented by computer simulation of the ink distribution and transmission process in this system by using an expression to determine the optimal thickness of the ink layer on the form roller surface. Using the previous ink printing system filling mode with optimum amount of ink makes it possible not only to reduce the time significantly to steady operating mode, but dozens of times reduce the number of substandard imprints and paper related costs. Proposed in this paper time optimization technology for ink printing system steady operating mode achievement can be applied to ink printing systems with any structure and makes it possible to simplify the preparation of the printing press for printing and significantly reduce relevant technological costs.

Key words: *computer simulation, ink printing system, working mode, the transition process, system previous ink filling.*

Стаття надійшла до редакції 13.13.2015.

Received 13.13.2015.