

УДК 681.624

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЦИРКУЛЮВАННЯ МІКРОПОТОКІВ ФАРБИ У ФАРБОДРУКАРСЬКІЙ СИСТЕМІ

М. І. Верхола, М. І. Калитка, О. Є. Бабич

Українська академія друкарства,
Вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

Розроблено математичну модель фарбодрукарської системи офсетної машини Heidelberg GTO-52, до складу якої входять n-зонний фарбоживильний пристрій, чотири розтиральних циліндри та чотири накочувальні валики. Модель враховує структуру фарбодрукарської системи, геометричні розміри її компонентів і характер розміщення друкувальних елементів на поверхні форми. Вона описує процес розподілу і передачі фарби, враховуючи режими роботи фарбоживильного пристрою та розтиральних циліндрів. Запропонований математичний опис циркулювання мікропотоків фарби у фарбодрукарській системі на основі z-перетворень дає можливість досліджувати динаміку зміни товщин потоків фарби та визначати її об'єми, що акумулюються на поверхнях валиків і циліндрів та відбитках під час друкування.

Ключові слова: математична модель, фарбодрукарська система, мікропотоки, процес фарбопередачі, технологічне фарбозаповнення.

Постановка проблеми. Більшість офсетних машин, які експлуатуються на поліграфічних підприємствах України, під час їх підготовки до роботи (друкування) потребують ручного налагодження. Проте високотехнологічні багатофарбові друкарські машини, як правило, оснащені низкою систем автоматичного керування, серед яких – системи дистанційного налагодження подачі фарби, автоматичного налагодження її осевого розподілу та попереднього заповнення фарбодрукарських систем.

Практикою експлуатації друкарських машин встановлено, що наявність систем автоматичного налагодження не гарантує отримання якісної друкованої продукції. У багатьох випадках попередньо встановлені параметри налагодження фарбодрукарських систем необхідно коригувати вже у процесі роботи машини, що потребує додаткових затрат часу, фарби та паперу. Це пояснюється тим, що під час автоматичного визначення за допомогою відповідних систем, параметрів налагодження офсетних машин не враховується інформація про вплив виробничих умов на процес фарбопередачі. Тому визначення технологічно необхідного фарбозаповнення для підвищення точності попереднього налагодження фарбодрукарських систем офсетних машин є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Фарбомісткість фарбодрукарської системи визначається коефіцієнтом, що дорівнює відношенню суми довжин кіл валиків до довжини зображення за максимального формату в на-

прямку друкування [7]. Величина цього коефіцієнта для машин, які призначені для відтворення простих штрихових та декоративних елементів, становить 4–5, а для машин, призначених для виконання високохудожніх робіт, – більше 8. Для того, щоб фарба наносилась тонким шаром, у фарбодрукарських системах збільшують кількість валиків. А це своєю чергою збільшує поверхню її розкочування. Сучасні фарбодрукарські системи налічують понад 20 валиків і циліндрів [9]. Проте перехід фарби з передавального на накочувальні валики неоднаковий. Подача фарби на накочувальні валики йде двома шляхами – основним і допоміжним. Основний шлях практично завжди пов'язаний із першим за напрямком обертання формного циліндра накочувальним валиком [6].

Не менш показовим критерієм для фарбодрукарської системи є коефіцієнт подачі фарби. Як зазначено в роботі [8], за будь-якого способу регулювання загальної дискретної подачі фарби її об'єм V_{Π} , який передається під час кожного коливання передавального валика від дуктора до першого розкочувального циліндра, повинен дорівнювати об'єму фарби $V_{\text{від}}$, що переноситься на z відбитків, отриманих за час між двома подачами фарби, тобто:

$$\begin{aligned} V_{\Pi} &= \alpha_{\Pi} r_{\Pi} l \delta_{\Pi} = V_{\text{від}} = z S_{\text{від}} \delta_{\text{від}}, \\ \delta_{\Pi} &= \beta (\delta_{\text{д}} + \delta'_{\text{д}}) - \delta'_{\text{д}} \approx 0,5 (\delta_{\text{д}} - \delta'_{\text{д}}), \\ \beta &= \delta_{\text{вих}} / \delta_{\text{вх}} \approx 0,5, \end{aligned} \quad (1)$$

де α_{Π} , r_{Π} – радіус і кут повороту валика біля дуктора; δ_{Π} – середня товщина шару фарби на розкочувальному циліндрі; l – довжина робочої частини дуктора; β – коефіцієнт передачі фарби з передавального валика на розкочувальний циліндр; $\delta_{\text{д}}$, $\delta'_{\text{д}}$ – середня товщина шару фарби на дукторі і на валику після його контакту з розкочувальним циліндром; $S_{\text{від}}$, $\delta_{\text{від}}$ – площа друкувальних елементів форми і середня товщина шару фарби на відбитку.

Система (1) відображає рівняння балансу фарби між подачею та витратою порцій фарби, які переносяться за один робочий цикл роботи фарбодрукарської системи на z відбитків. Проте цей математичний опис не враховує структури фарбодрукарської системи, кількості її елементів та розподілу потоків фарби в зонах контакту валиків та циліндрів. Більш ґрунтовне дослідження впливу технологічних факторів на розподіл об'ємів потоків фарби у фарбодрукарській системі представлено в роботі [1]. На підставі аналізу отриманих результатів встановлено потребу у визначенні об'єму фарби, яка акумулюється у фарбодрукарській системі під час її роботи, оскільки це впливає як на параметри вхідного задавання, так і на величину витрати фарби під час друкування відбитків.

Мета статті – розроблення математичної моделі фарбодрукарської моделі офсетної машини для дослідження процесу фарбопередачі і об'єму фарби, що накопичується у фарбодрукарській системі при тиражуванні поліграфічної продукції

Виклад основного матеріалу. Визначити фарбозаповнення офсетної машини за допомогою технічних вимірювальних засобів неможливо. Тому для вирішення даного завдання необхідно застосувати комп'ютерну технологію,

що вимагає створення, відповідно, математичної моделі. Для визначення технологічно необхідного фарбозаповнення, що встановлюється під час тиражування різносюжетної друкованої продукції, розробляємо математичну модель фарбодрукарської системи офсетної машини фірми Heidelberg, функціональна схема якої представлена на рис.1.

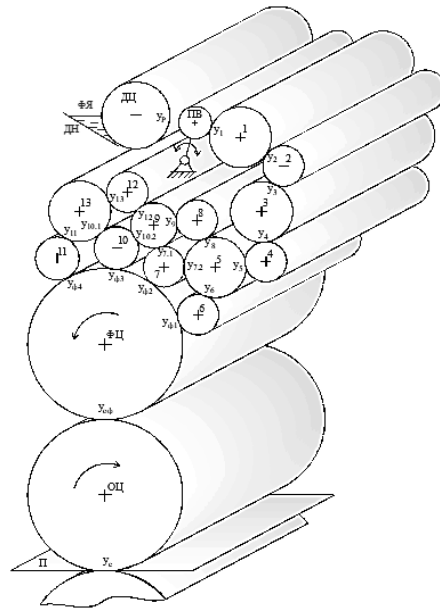


Рис.1 – Функціональна схема фарбодрукарської системи офсетної машини GTO-52

До складу фарбодрукарської системи зображеної машини входять: фарбоживильний пристрій, чотири розтиральних циліндри, які знаходяться в позиціях 1, 3, 5 та 13 на схемі, та чотири накочувальних валики 6, 7, 10 та 11. Розтиральним циліндрам під час роботи машини, крім обертового руху, надається ще й осьове переміщення. Зональне регулювання товщини подачі фарби здійснюється зміною розміру щілини між дуктором (Д) та дукторним ножом (ДН) внаслідок дії регулювальних органів (РО) на нижню кромку ножа. Дуктор, обертаючись, виводить фарбу із дукторної скриньки, а передавальний валик, здійснюючи циклічно коливальний рух, дискретно подає фарбу до першого розтирального циліндра. Після цього фарба передається циліндром 1 до місця контакту з валиком 2, де сумується зі зворотним потоком фарби, що передається поверхнею другого валика на входженні в місце їх контакту і розщеплюється на два потоки на виході з контакту. І цей процес відбувається в усіх зонах контакту елементів фарбодрукарської системи під час її транспортування до накочувальних валиків, які наносять фарбу на друкувальні елементи форми. Під час обертання формного циліндра (ФЦ) частина фарби з друкарської форми передається на поверхню офсетного циліндра (ОЦ), який у зоні контакту з друкарським циліндром (ДЦ) наносить її на папір (П), утворюючи фарбові відбитки.

У процесі розроблення математичної моделі приймаємо за змінні: поперечні перерізи потоків фарби в зонах контакту та на поверхнях елементів фарбодрукарської системи, поперечні перерізи потоків подачі фарби на вході і передачі на відбитки; вважаємо, що: проковзування в зонах контакту валиків і циліндрів немає; лінійні швидкості елементів фарбодрукарської системи є рівними між собою; тиском в зонах контакту нехтуємо; переміщення потоків фарби між сусідніми зонами контакту дорівнює відповідним довжинам дуг валиків та циліндрів у відносних одиницях; цикл осьового переміщення розтирального циліндра дорівнює двом обертам формного циліндра.

Враховуючи зроблені припущення та результати наукових праць [2, 3], складаємо систему рівнянь, яка описує циркулювання потоків фарби у j -тих зонах фарбодрукарської системи офсетної машини GTO-52:

$$\begin{aligned}
y_n^j(z) &= B_d^j(z) s_d^j(z) + H_n^j(z) H_{n1}^j(z) y_1^j(z) + H_n^{*j}(z) H_{dn}(z) y_1(z); \\
y_1^j(z) &= B_{1n}^j(z) B_{1n}^j(z) y_n^j(z) + B_{nd}^j(z) B_{nd}^{*j}(z) y_n(z) + B_1^j(z) y_2^j(z) + H_1^{j(j-1)}(z) y_2^{j-1}(z) + \\
&+ H_1^{j(j+1)}(z) y_2^{j+1}(z); \\
y_2^j(z) &= B_1^j(z) y_1^j(z) + B_1^{j(j-1)}(z) y_1^{j-1}(z) + B_1^{j(j+1)}(z) y_1^{j+1}(z) + H_2^j(z) y_3^j(z); \\
y_3^j(z) &= B_2^j(z) y_2^j(z) + H_3^j(z) y_4^j(z) + H_3^{j(j-1)}(z) y_4^{j-1}(z) + H_3^{j(j+1)}(z) y_4^{j+1}(z); \\
y_4^j(z) &= B_3^j(z) y_3^j(z) + B_3^{j(j-1)}(z) y_3^{j-1}(z) + B_3^{j(j+1)}(z) y_3^{j+1}(z) + H_4^j(z) y_5^j(z); \\
y_{4A}^j(z) &= B_{4.1}^j(z) y_4^j(z) + H_{4A}^j(z) y_{4A}^j(z); \\
y_5^j(z) &= B_{4.2}^j(z) y_4^j(z) + H_{5.3}^j(z) y_6^j(z) + H_{5.3}^{j(j-1)}(z) y_6^{j-1}(z) + H_{5.3}^{j(j+1)}(z) y_6^{j+1}(z); \\
y_6^j(z) &= H_6^j(z) y_{\phi 1}^j(z) + H_{5.2}^j(z) y_{7.2}^j(z) + H_{5.2}^{j(j-1)}(z) y_{7.2}^{j-1}(z) + H_{5.2}^{j(j+1)}(z) y_{7.2}^{j+1}(z); \\
y_{7.2}^j(z) &= B_{7.1}^j(z) y_{7.1}^j(z) + H_{5.1}^j(z) y_8^j(z) + H_{5.1}^{j(j-1)}(z) y_8^{j-1}(z) + H_{5.1}^{j(j+1)}(z) y_8^{j+1}(z); \\
y_8^j(z) &= B_5^j(z) y_5^j(z) + B_5^{j(j-1)}(z) y_5^{j-1}(z) + B_5^{j(j+1)}(z) y_5^{j+1}(z) + H_8^j(z) y_9^j(z); \\
y_9^j(z) &= H_8^j(z) y_8^j(z) + H_{9.3}^j(z) y_{7.1}^j(z); \quad y_{7.1}^j(z) = H_7^j(z) y_{\phi 2}^j(z) + H_{9.2}^j(z) y_{10.2}^j(z); \\
y_{10.2}^j(z) &= B_{10.1}^j(z) y_{10.1}^j(z) + H_{9.1}^j(z) y_{12}^j(z); \\
y_{10.1}^j(z) &= H_{10}^j(z) y_{\phi 3}^j(z) + H_{13.1}^j(z) y_{11}^j(z) + H_{13.1}^{j(j-1)}(z) y_{11}^{j-1}(z) + H_{13.1}^{j(j+1)}(z) y_{11}^{j+1}(z); \\
y_{11}^j(z) &= B_{13}^j(z) y_{13}^j(z) + H_{11}^j(z) y_{\phi 4}^j(z) + B_{13}^{j(j-1)}(z) y_{13}^{j-1}(z) + B_{13}^{j(j+1)}(z) y_{13}^{j+1}(z); \\
y_{12}^j(z) &= B_9^j(z) y_9^j(z) + H_{12}^j(z) y_{13}^j(z); \\
y_{13}^j(z) &= B_{12}^j(z) y_{12}^j(z) + H_{13.2}^j(z) y_{10.1}^j(z) + H_{13.2}^{j(j-1)}(z) y_{10.1}^{j-1}(z) + H_{13.2}^{j(j+1)}(z) y_{10.1}^{j+1}(z); \\
y_{\phi 1}^j(z) &= B_6^j(z) y_6^j(z) + H_{\phi}^j(z) y_{\phi 0}^j(z); \quad y_{\phi 2}^j(z) = B_{7.2}^j(z) y_{7.2}^j(z) + B_{\phi 1}^j(z) y_{\phi 1}^j(z); \\
y_{\phi 3}^j(z) &= B_{10.2}^j(z) y_{10.2}^j(z) + B_{\phi 2}^j(z) y_{\phi 2}^j(z); \quad y_{\phi 4}^j(z) = B_{11}^j(z) y_{11}^j(z) + B_{\phi 3}^j(z) y_{\phi 3}^j(z); \\
y_{\phi 0}^j(z) &= B_{\phi 4}^j(z) y_{\phi 4}^j(z) + H_{\phi 0}^j(z) y_c^j(z); \quad y_c^j(z) = B_{\phi 0}^j(z) y_{\phi 0}^j(z); \quad s_c^j(z) = B_c^j(z) y_c^j(z); \\
h_c^j(z) &= s_c^j(z) / b_3.
\end{aligned} \tag{2}$$

Передачу фарби краями розтиральних циліндрів, які виходять за межі сусідніх валиків, що здійснюють лише обертовий рух, можна описати такими рівняннями:

для першого розтирального циліндра на вході фарбодрукарської системи

$$\begin{aligned} y_1^0(z) &= H_1^0(z) y_2^0(z) + H_1^{01}(z) y_2^1(z); y_1^{n+1}(z) = H_1^{n+1}(z) y_2^{n+1}(z) + H_1^{(n+1)n}(z) y_2^n(z); \\ y_2^0(z) &= B_1^0(z) y_1^0(z) + B_1^{01}(z) y_1^1(z); \\ y_2^{n+1}(z) &= B_1^{n+1}(z) y_1^{n+1}(z) + B_1^{(n+1)n}(z) y_1^n(z); \end{aligned}$$

для другого розтирального циліндра, який знаходиться в позиції 3 на схемі фарбодрукарської системи (рис. 1)

$$\begin{aligned} y_3^0(z) &= H_3^0(z) y_4^0(z) + H_3^{01}(z) y_4^1(z); y_3^{n+1}(z) = H_3^{n+1}(z) y_4^{n+1}(z) + H_3^{(n+1)n}(z) y_4^n(z); \\ y_4^0(z) &= B_3^0(z) y_3^0(z) + B_3^{01}(z) y_3^1(z); y_4^{n+1}(z) = B_3^{n+1}(z) y_3^{n+1}(z) + B_3^{(n+1)n}(z) y_3^n(z); \end{aligned}$$

для третього розтирального циліндра (поз. 5)

$$\begin{aligned} y_5^0(z) &= H_{5,3}^0(z) y_6^0(z) + H_{5,3}^{01}(z) y_6^1(z); y_5^{n+1}(z) = H_{5,3}^{n+1}(z) y_6^{n+1}(z) + H_{5,3}^{(n+1)n}(z) y_6^n(z); \\ y_6^0(z) &= H_{5,2}^0(z) y_{7,2}^0(z) + H_{5,2}^{01}(z) y_{7,2}^1(z); \\ y_6^{n+1}(z) &= H_{5,2}^{n+1}(z) y_{7,2}^{n+1}(z) + H_{5,2}^{(n+1)n}(z) y_{7,2}^n(z); \\ y_{7,2}^0(z) &= H_{5,1}^0(z) y_8^0(z) + H_{5,1}^{01}(z) y_8^1(z); y_{7,2}^{n+1}(z) = H_{5,1}^{n+1}(z) y_8^{n+1}(z) + H_{5,1}^{(n+1)n}(z) y_8^n(z); \\ y_8^0(z) &= B_5^0(z) y_5^0(z) + B_5^{01}(z) y_5^1(z); y_8^{n+1}(z) = B_5^{n+1}(z) y_5^{n+1}(z) + B_5^{(n+1)n}(z) y_5^n(z); \end{aligned}$$

для четвертого розтирального циліндра (поз. 13)

$$\begin{aligned} y_{10,1}^0(z) &= H_{13,1}^0(z) y_{11}^0(z) + H_{13,1}^{01}(z) y_{11}^1(z); y_{10,1}^{n+1}(z) = H_{13,1}^{n+1}(z) y_{11}^{n+1}(z) + H_{13,1}^{(n+1)n}(z) y_{11}^n(z); \\ y_{11}^0(z) &= B_{13,1}^0(z) y_{13}^0(z) + B_{13,1}^{01}(z) y_{13}^1(z); y_{11}^{n+1}(z) = B_{13,1}^{n+1}(z) y_{13}^{n+1}(z) + B_{13,1}^{(n+1)n}(z) y_{13}^n(z); \\ y_{13}^0(z) &= H_{13,2}^0(z) y_{10,1}^0(z) + H_{13,2}^{01}(z) y_{10,1}^1(z); y_{13}^{n+1}(z) = H_{13,2}^{n+1}(z) y_{10,1}^{n+1}(z) + H_{13,2}^{(n+1)n}(z) y_{10,1}^n(z); \end{aligned}$$

де $y_i^j(z)$ – z -зображення площ поперечних перерізів потоків фарби в місцях контакту валиків і циліндрів; j – зони регулювання подачі фарби; $s_d^j(z)$ – z -зображення потоків подачі фарби на вхід фарбодрукарської системи; $h_d^j(z) = s_d^j(z)/b_3$ – товщини зональної подачі фарби; $B_i^j(z)$, $H_i^j(z)$ – оператори передачі об'ємів прямих та зворотних потоків фарби в j -тих зонах поверхонь елементів фарбодрукарської системи; $B_d^j(z)$, $H_d^j(z)$ – оператори передачі об'ємів прямих та зворотних потоків фарби в j -тих зонах дукторного циліндра; $B_i^{j(j-1)}(z)$, $B_i^{j(j+1)}(z)$ – оператори передачі об'ємів прямих і зворотних $H_i^{j(j-1)}(z)$, $H_i^{j(j+1)}(z)$ потоків фарби під час руху розтиральних циліндрів вправо та вліво; $B_n(z)$, $H_n(z)$ і $B_n^*(z)$, $H_n^*(z)$ – оператори передачі об'ємів прямих і зворотних потоків фарби передавальним валиком під час контакту з дуктором та першим розтиральним циліндром; $B_{nd}^j(z)$, $B_{1n}^j(z)$ і $H_{n1}^j(z)$, $H_{nd}^j(z)$ – оператори перенесення фарби передавальним валиком від дуктора до першого розтирального циліндра та в зворотному напрямку; $P_g^j(z)$, $P_p^j(z)$ – оператори формування передачі фарби під час спільного руху передавального валика з дуктором та першим розтиральним циліндром; $y_{\phi 1}^j(z)$, $y_{\phi 2}^j(z)$, $y_{\phi 3}^j(z)$, $y_{\phi 4}^j(z)$ – z -зображення площ поперечних перерізів потоків фарби в місцях контакту форми з накочувальними валиками 6, 7, 10, 11;

$y_{\text{оф}}^j(z)$, $y_c^j(z)$ – z -зображення поперечних перерізів фарби в j -тих зонах контакту офсетного циліндра з формою та папером; $B_{\phi 1}^j(z)$, $B_{\phi 2}^j(z)$, $B_{\phi 3}^j(z)$, $B_{\phi 4}^j(z)$ – оператори передачі об'ємів фарби друкарською формою; $B_{\text{оц}}^j(z)$, $H_{\text{оц}}^j(z)$ – оператори передачі об'ємів прямих і зворотних потоків фарби офсетним циліндром; B_c^j – оператор передачі об'ємів фарби в j -тій зоні поверхні відбитків; $s_c^j(z)$, $h_c^j(z)$ – z -зображення поперечних перерізів і товщин фарби в j -тих зонах відбитків.

Спираючись на результати наукових праць [3, 4], оператори передачі фарби фарбоживильним пристроєм в z -зображеннях можна подати в такому вигляді:

$$\begin{aligned} B_d^j(z) &= P_g(z) z^{-p_d}; B_n^j(z) = [P_g(z)\alpha_n + \bar{P}g(z)]z^{-p_n}; B_n^{*j}(z) = P_p(z)z^{-p_n}; \\ H_d^j(z) &= P_g(z) \gamma_d z^{-p_d}; H_n^j(z) = P_g(z)z^{-r_n}; H_n^{*j}(z) = P_g(z)\gamma_1 P_p(z)z^{-r_n}; \\ B_{nd}^j(z) &= z^{-r_n} \cdot \bar{P}g(z)z^{-p_{1d}}; B_{1n}^j(z) = \bar{P}g(z)z^{-p_{1d}}; P_g(z) = (1 - z^{-b_n})/(1 - z^{-d_\phi}); \\ H_{dn}^j(z) &= \bar{P}p(z)\bar{z}^{-r_{d1}}; H_{1n}^j(z) = z^{-p_n} \bar{P}p(z)\bar{z}^{-r_{d1}}; P_p(z) = (z^{-(b_n+p_{1d})} - z^{-(d_\phi-r_{d1})})/(1 - z^{-d_\phi}) \end{aligned} \quad (3)$$

де z^{-b_n} – транспортне запізнення, що відповідає повороту дукторного циліндра на певний кут у відносних одиницях під час загальної подачі фарби; z^{-p_d} , z^{-r_d} – транспортні запізнення передачі фарби від дукторної скриньки до місця контакту з передавальним валіком і в зворотному напрямку; z^{-p_n} , z^{-r_n} – транспортні запізнення передачі прямих і зворотних потоків фарби поверхнею передавального валіка у відносних одиницях; $z^{-p_{1d}}$ – час вистою передавального валіка біля дукторного циліндра в сумі з часом переміщення його до розкочувального валіка у відносних одиницях; $z^{-r_{d1}}$ – час переміщення передавального валіка від першого розтирального циліндра до дуктора в сумі часом вистою до початку повороту дуктора у відносних одиницях.

Оператори передачі прямих і зворотних потоків фарби в коловому напрямку, використовуючи результати наукової праці [4], можна подати так:

$$\begin{aligned} B_i^j(z) &= \alpha_i(z)z^{-p_i}; H_i^j(z) = \gamma_i z^{-r_i}; B_{\phi i}^j(z) = \alpha_{\phi i} F(z)z^{-p_{\phi i}}; \\ H_{\phi j}(z) &= \gamma_{\phi}(z)z^{-r_{\phi}}; B_{\text{оф}}^j(z) = \gamma_{\text{оф}} z^{-p_{\text{оф}}}; H_{\text{оф}}^j(z) = \gamma_{\text{оф}}(z)z^{-r_{\text{оф}}}; B_c^j(z) = \beta, \end{aligned} \quad (4)$$

де α_n , α_i , $\alpha_{\phi i}$, $\alpha_{\text{оф}}$ – коефіцієнти розщеплення (розподілу) і передачі фарби в зонах контакту валіків і циліндрів; $F(z)$ – оператор передачі фарби j -тою зоною друкарської форми; β – коефіцієнт передачі фарби з поверхні офсетного циліндра на матеріал, що задруковується; z^{-p_i} , z^{-r_i} , $z^{-p_{\phi i}}$, $z^{-p_{\text{оф}}}$, $z^{-r_{\text{оф}}}$ – транспортні запізнення передачі фарби елементами фарбодрукарської системи в коловому напрямку між точками їх контакту.

Математичний опис передачі потоків фарби в коловому напрямку розтиральними циліндрами можна подати так:

$$\begin{aligned} B_i^j(z) &= (\alpha_i - \alpha_{\text{іос.л.}}(z) - \alpha_{\text{іос.п.}}(z)) z^{-p_i}; \\ H_i^j(z) &= (\gamma_i - \gamma_{\text{іос.л.}}(z) - \gamma_{\text{іос.п.}}(z)) z^{-r_i}. \end{aligned} \quad (5)$$

де $\alpha_{i_{oc.л.}}$, $\alpha_{i_{oc.п.}}$ – змінні коефіцієнти передачі прямих потоків фарби в осьовому напрямі при русі розтиральних циліндрів вліво і вправо, $\gamma_{i_{oc.л.}}$, $\gamma_{i_{oc.п.}}$ – змінні коефіцієнти передачі зворотніх потоків фарби в осьовому напрямі.

Оператори формування розміщення друкувальних елементів у j -тих зонах поверхні друкарської форми, спираючись на результати роботи [1], можна представити у такому вигляді:

$$F^j(z) = z^{-b_0} (1 - z^{-a_1^j} + z^{-(a_1^j + b_1^j)} - z^{-(a_1^j + b_1^j + a_2^j)} + z^{-(a_1^j + b_1^j + \dots + b_{m-1}^j + a_n^j}), (1 - z^{-d_z})^{-1} \quad (6)$$

де b_0 – зміщення початку зображення друкувальних елементів відносно форми; a_i^j, b_i^j – транспортне запізнення переміщення фарби на віддаль, що відповідає розмірам друкувальних та пробільних елементів у j -тій зоні форми.

Математична модель описує процес розподілу і передачі об'ємів мікропотоків фарби під час роботи фарбодрукарської системи офсетної машини фірми Heidelberg GTO-52.

Висновки. Розроблено математичну модель фарбодрукарської системи офсетної машини Heidelberg GTO-52, яка описує процес розподілу і передачі фарби від дукторної скриньки до відбитків за допомогою z -перетворень. Модель враховує режим роботи фарбоживильного пристрою і розтиральних циліндрів та дає можливість визначити об'єми потоків фарби на поверхнях усіх елементів фарбодрукарської системи та відбитках. Запропонована математична модель циркулювання об'ємів потоків фарби є зручною для побудови симулятора фарбодрукарської системи у середовищі Matlab-Simulink, за допомогою якого можна досліджувати процес фарбопередачі та визначати величину технологічно необхідного фарбозаповнення в системі для отримання якісних друкованих відбитків.

Список використаних джерел

1. Верхола М.І., Калитка М. І. Моделювання та аналіз впливу технологічних параметрів на розподіл об'ємів потоків фарби у фарбодрукарській системі послідовно-паралельної структури. НАНУ, Інститут проблем моделювання в енергетиці : збірник наукових праць. Київ., 2019. № 88. С. 225–242.
2. Верхола М. І., Гук І. Б., Споляк Р. М. Моделювання та комп'ютерне визначення зонального розподілу товщини шарів фарби на виході фарбодрукарської системи з розтиральним циліндром. Комп'ютерні технології друкарства : збірник наукових праць. УАД. 2010. № 23. С. 27–34.
3. Верхола М. І., Споляк Р. М. Автоматичне визначення вхідного завдання послідовної фарбодрукарської системи для різних навантажень. Комп'ютерні технології друкарства : збірник наукових праць. Львів : УАД. 2011. № 25. С. 20–30.
4. Верхола М. І., Гук І. Б., Пановик У. П., Споляк Р. М. Інформаційна технологія перевірки достовірності моделей фарбодрукарських систем з розтиральними циліндрами. Технологічні комплекси : науковий журнал. Луцьк : 2015. № 1/1 (11). С. 53–63.

5. Верхола М. І., Гук І. Б. Моделювання та визначення розподілу фарби в динаміці у фарбових системах з розтиральними циліндрами. Комп'ютерні технології друкарства : збірник наукових праць. Львів : УАД, 2006. № 16. С. 313.
6. Киппхан Г. Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства / пер. с нем. Москва : МГУП, 2003. 1280 с.
7. Мюллер П. Офсетная печать. Москва : Книга, 1988. 208 с.
8. Штоляков В. И., Румянцев В. Н. Печатное оборудование : учебник. М. : МГУП, 2011. 519 с.
9. Ярема С. М., Мамут Б. Г. Фарбові та зволожувальні апарати, ракельні та лакувальні пристрої друкарських машин. Київ : Університет «Україна», ХК «Блиц-Інформ», 2003. 191 с.

REFERENCES

1. Verkhola, M. I., Kalytka M. I. (2019). Modeljuvannja ta analiz vplyvu tehnologichnyh parametriv na rozpodil ob'jemiv potokiv farby u farbodrukars'kij systemi poslidojno-paralel'noji struktury: NANU, Instytut problem modeljuvannja v energetyci: zbirnyk naukovykh prac'. Kyiv, 88, 225–242 (in Ukrainian).
2. Verkhola, M. I., Guk, I. B., Spoljak, R. M. (2010). Modeljuvannja ta komp'juterne vyznachennja zonal'nogo rozpodilu tovschyny shariv farby na vyhodi farbodrukars'koji systemy z roztyral'nym cylindrom: Komp'juterni tehnologiji drukarstva: zbirnyk naukovykh prac', UAD, 23, 27–34 (in Ukrainian).
3. Verkhola, M. I., Spoljak, R. M. (2011). Avtomatychne vyznachennja vhidnogo zavdannja poslidojnoji farbodrukars'koji systemy dlja riznyh navantazhen': Komp'juterni tehnologiji drukarstva: zbirnyk naukovykh prac', UAD, 25, 20–30 (in Ukrainian).
4. Verkhola, M. I., Guk, I. B., Panovyk, U. P., Spoljak, R. M. (2015). Informacijna tehnologija perevirky dostovirnosti modelej farbodrukars'kyh system z roztyral'nymy cylindramy: Tehnologichni kompleksi: naukovyj zhurnal, 1/1 (11), 53–63 (in Ukrainian).
5. Verkhola, M. I., Guk, I. B. (2006). Modeljuvannja ta vyznachennja rozpodilu farby v dynamici u farbovyh systemah z roztyral'nymy cylindramy: Komp'juterni tehnologiji drukarstva: zbirnyk naukovykh prac'. Lviv: UAD, 16, 3–13 (in Ukrainian).
6. Kypphan, G. (2003). Encyklopedija po pechatnym sredstvam informacyy. Tehnologyy i sposoby proyzvodstva, per. s nem. Moskva: MGUP, 1280 (in Russian).
7. Mjuller, P. (1988). Ofsetnaja pechat'. Moskva: Knyga, 208 (in Russian).
8. Shtoljakov, V. Y., Rumjancev, V. N. (2011). Pечатное оборудование: учебник. Moskva: MGUP, 519 (in Russian).
9. Jarema, S. M., Mamut, B. G. (2003). Farbovi ta zvolozhuval'ni aparaty, rakel'ni ta lakuval'ni prystroji drukars'kyh mashyn. Kyiv: Universytet «Ukraina», HK «Blic-Inform», 191 (in Ukrainian).

DOI 10.32403/2411-9210-2021-2-46-6-14

MATHEMATICAL MODEL OF CIRCULATION OF INK MICROFLOWS IN THE INK PRINTING SYSTEM

M.I. Verkhola, M.I. Kalytka, O.E. Babich

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
m.i.werh@gmail.com*

A mathematical model of the ink printing system of the Heidelberg GTO-52 offset machine is developed, which includes an n-band ink supply device, four grinding cylinders and four rolling rollers. The model takes into account the structure of the ink printing system, the geometric dimensions of its components and the nature of the placement of printing elements on the surface of the plate. It describes the process of ink distribution and ink transfer, taking into account the modes of operation of the ink feeder and grinding cylinders. The suggested mathematical description of the circulation of ink microflows in a printing system based on z-transformations makes it possible to study the dynamics of changes in the thickness of ink flows and determine its volumes that are accumulated on the surfaces of rollers and cylinders and imprints during printing.

Keywords: *mathematical model, inkjet system, microflows, ink transfer process, technological ink filling.*

Стаття надійшла до редакції 01.06.2021

Received 01.06.2021