

УДК 681.6.004.9

## ДВОВИМІРНА МОДЕЛЬ ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ З ТРЬОМА НАКОЧУВАЛЬНИМИ ВАЛИКАМИ

М. І. Верхола

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

Вирішено завдання розроблення двовимірної математичної моделі фарбодрукарської системи малоформатної офсетної машини. Опис процесу передавання фарби всіма елементами фарбодрукарської системи реалізовано за допомогою  $z$ -перетворень. Математична модель відображає роботу  $n$ -зонного фарбоживильного пристрою, який забезпечує регульоване подавання фарби на вхід фарбодрукарської системи. Передавання фарби в кожній зоні представлене  $k$  мікропотоками, кожен з яких описується відповідною системою рівнянь. Математично описано режим роботи розтиральних циліндрів, один з яких контактує з передавальним валіком фарбодрукарської системи, а два інших — з накочувальними валіками. Зображення форми, яка створює навантаження для фарбодрукарської системи задається за допомогою оператора формування друкувальних елементів. Розроблена модель детально описує роботу елементів фарбодрукарської системи і дає можливість проводити дослідження та аналіз процесів розподілу і передавання фарби у таких системах, а також визначати товщину шару фарби у будь-якій точці відбитка та на поверхні всіх елементів фарбодрукарської системи.

**Ключові слова:** фарбодрукарська система, двовимірна модель, мікропотоки фарби, сигнальний граф, фарбоживильний пристрій, розтиральний циліндр, накочувальні валіки, процеси розкочування і передавання фарби.

**Постановка проблеми.** Переміщення фарби у фарбодрукарських системах від дукторного циліндра до друкарської форми супроводжується послідовним накладанням і розчепленням фарби в місцях контакту валіків і циліндрів. Оскільки передавання фарби здійснюється тільки на друкувальні елементи форми, то на накочувальних валіках утворюються відповідні рельєфи фарби. Для вирівнювання товщини фарби на поверхні накочувальних валіків застосовуються розтиральні циліндри, які одночасно з обертовим рухом здійснюють осьове зворотно-поступальне переміщення. Ефективність розкочування фарби залежить від траєкторії руху і величини осьового ходу розтиральних циліндрів, а також від їх кількості, геометричних розмірів та розміщення у фарбодрукарській системі [1]. Отже, від параметрів фарбодрукарської системи суттєво залежить якість друкованої продукції.

Зростання попиту на кольорову друковану продукцію і підвищення вимог до її якості спонукають виробників друкарських машин до створення більш ефектив-

них структур фарбодрукарських систем. Розв'язання цієї проблеми можливе лише за умови подальшого розвитку теоретичних засад аналізу та синтезу фарбодрукарських систем.

Збурення, які виникають у фарбодрукарських системах від дії фарбоживильного пристрою, розтиральних циліндрів та форми, впливають на якість друкованих відбитків. Найвні методи та засоби визначення товщини шару фарби на відбитках через оптичну щільність дають лише інтегральну інформацію про товщину фарби. Тому визначення товщини шару фарби у будь-якій точці відбитка є актуальним завданням.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Для розв'язання поставленого завдання потрібно розробити математичну модель фарбодрукарської системи, яка б описувала процес розподілу і передавання фарби з урахуванням дії фарбоживильного пристрою та розтиральних циліндрів.

У праці [2] проведено моделювання і дослідження процесу передавання і розподілу фарби під час відтворення різних зображень, але при цьому друкувальні елементи рівномірно розміщені на формі. У працях [3, 4] досліджено точність простих фарбодрукарських систем на основі їх статичних моделей. Визначено похибки відтворення для різних інтервалів тонопередавання. Публікація [5] присвячена вивченню точності передавання фарби на основі динамічної моделі фарбодрукарської системи. Наведено параметри точності передавання фарби для різних діапазонів тонопередавання та способів подачі фарби, але в розглянутому випадку не враховано дію розтиральних циліндрів. У праці [6] запропоновано двовимірну модель фарбодрукарської системи з розтиральним циліндром та двома накочувальними валиками. На основі математичної моделі проведено дослідження точності фарбодрукарської системи при відтворенні складних зображень. Але ця модель не враховує дію фарбоживильного пристрою, а отже, не є достатньою для відтворення процесів розподілу і передавання фарби, які відбуваються у реальних фарбодрукарських системах.

**Мета статті** — розроблення двовимірної математичної моделі фарбодрукарської системи з трьома накочувальними валиками, яка описує роботу багатозонного фарбоживильного пристрою та розтиральних циліндрів і дає можливість досліджувати точність фарбопередавання друкарської системи.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Розглянемо завдання розроблення двовимірної математичної моделі фарбодрукарської системи з трьома накочувальними валиками на прикладі фарбодрукарської системи малоформатної офсетної машини RomaJob-314, схема якої представлена у роботі [7]. Товщина шару фарби, що подається на вхід системи, задається в кожній зоні відповідними регулювальними гвинтами. Частина фарби від дукторного циліндра передається передавальним валиком на перший розтиральний циліндр. Далі фарба системою валиків і циліндрів транспортується до трьох накочувальних валиків. Останні наносять шар фарби на друкувальні елементи форми, закріпленої на формному циліндрі. За допомогою офсетного циліндра фарба з поверхні форми передається на матеріал, що задруковується під час його руху між офсетним і друкарським циліндрами.

Структура фарбодрукарської системи з трьома накочувальними валиками і розтиральними циліндрами зображена на рис. 1 у вигляді багатозонного сигнального графа. Перша вершина на вході сигнального графа відображає товщину потоку фарби, який подається на частину поверхні першого розтирального циліндра, ширина якої відповідає ширині зони подавання фарби. Остання вершина на вході графа відповідає товщині потоку фарби, що подається на поверхню розтирального циліндра в останній  $n$ -й зоні подавання фарби. Всі інші вершини графа відображають товщини мікропотоків фарби у відповідних точках контакту елементів фарбодрукарської системи. Вершинам на виході фарбодрукарської системи відповідають товщини мікропотоків фарби, які передаються на папір або інший матеріал, що задруковується. Вершини графа з'єднані дугами або лініями, які відображають мікропотоків фарби, що циркулюють поверхнями валиків і циліндрів.

Розробляючи математичну модель, зробимо такі припущення: вся фарбодрукарська система умовно розділена на  $n$  зон однакової ширини, кількість яких дорівнює кількості регульовальних пристроїв подавання фарби; в кожній зоні передається від дукторного циліндра до відбитків  $k$  мікропотоків фарби довжини кіл валиків і циліндрів, поділені на ціле число умовних одиниць; час проходження мікропотоків фарби поверхнею валика або циліндра шляху довжиною одна умовна одиниця відповідає одній відносній одиниці; лінійні швидкості поверхонь фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів є сталими; цикл переміщення розтиральних циліндрів в осьовому напрямі дорівнює часу одного або двох обертів формного циліндра; фарбодрукарська система умовно розділена на  $n$  зон, кількість яких дорівнює кількості регульовальних елементів подавання фарби; ширина потоку фарби в кожній зоні фарбодрукарської системи складається з  $k$  мікропотоків шириною 1 у.о.; ширина потоку фарби, який переміщується краями розтирального циліндра в осьовому напрямі за межі крайніх зон фарбодрукарської системи, складається із  $b_i$  мікропотоків шириною 1 у.о.

Враховуючи зазначені припущення, на підставі праць [6, 8, 9] складаємо за схемою багатозонного сигнального графа (рис. 1) двовимірну математичну модель фарбодрукарської системи, яка описує роботу фарбоживильного пристрою, процесу циркулювання мікропотоків фарби в системі та її передавання на матеріал для утворення відбитків:

– для першого мікропотоків фарби, що циркулюватиме поверхнею валиків і циліндрів, система рівнянь матиме такий вигляд:

$$X_p^1(z) = P_d^1(z)h_d^1(z) + R_p^1(z)X_{pd}^1(z) + R_p^{*1}(z)R_{dp}^1(z)X_1^1(z);$$

$$X_{pd}^1(z) = P_p^1(z)P_g(z)X_p^1(z) + R_{p1}^1(z)X_{p1}^1(z); \quad l_d^1(z) = R_d^1(z)X_p^1(z);$$

$$X_{p1}^1(z) = P_{nd}^1(z)X_{nd}^1(z) + R_p^{*k}(z)P_r(z)X_1^1(z);$$

$$X_1^1(z) = P_p^1(z)P_{1p}^1(z)X_p^1(z) + P_p^{*k}(z)X_{p1}^1(z) + R_1^{h_1+1-g_1}(z)X_2^1(z);$$

$$X_2^1(z) = P_1^{b_1+1-g_1}(z)X_1^1(z) + R_2^1(z)X_3^1(z);$$

$$X_3^1(z) = P_2^1(z)X_2^1(z) + R_3^1(z)X_4^1(z);$$

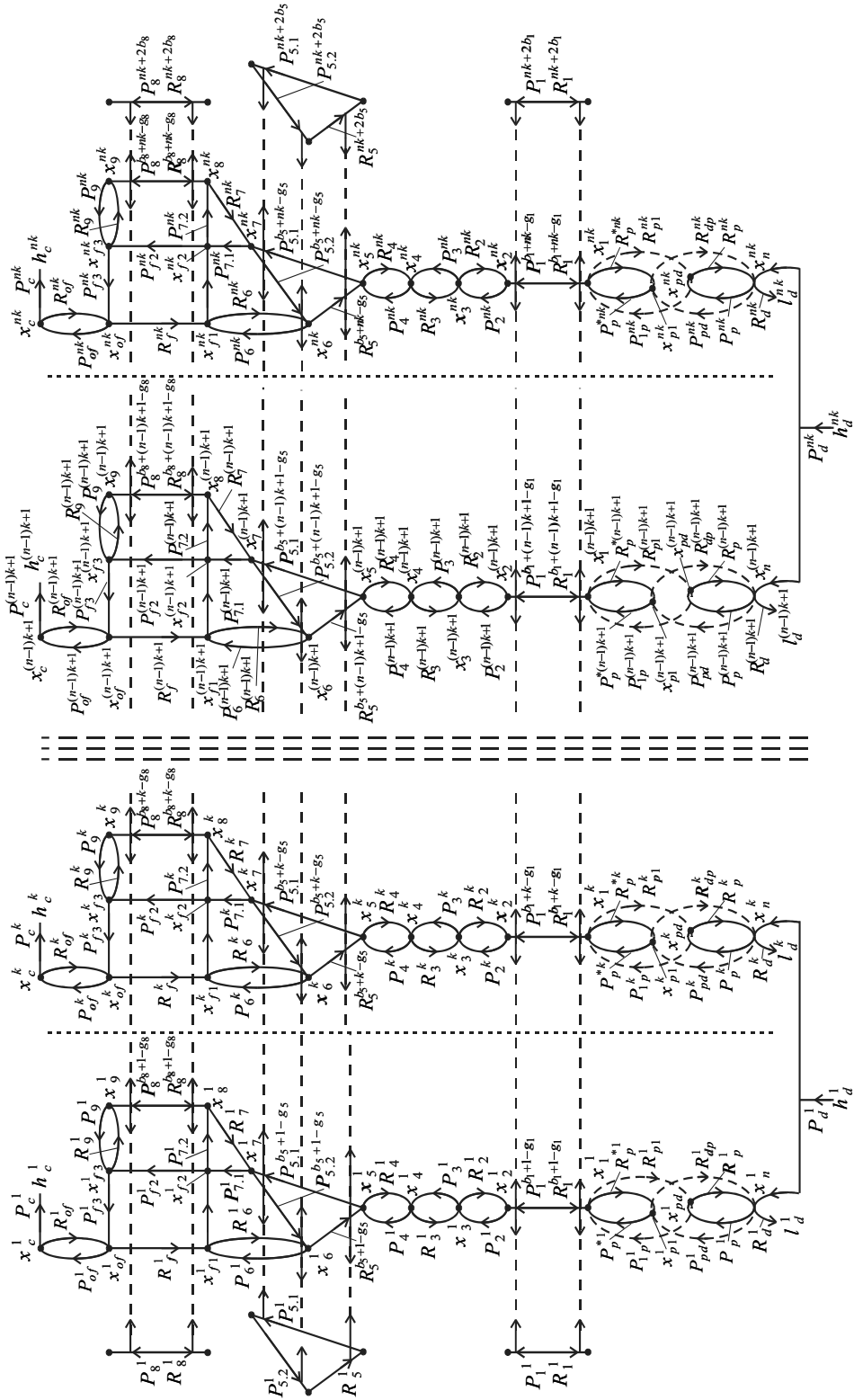


Рис.1. Сигнальний граф двовимірної моделі фарбодруківської системи з трьома накочувальними валками

$$X_4^1(z) = P_3^1(z)X_3^1(z) + R_4^1(z)X_5^1(z);$$

$$X_5^1(z) = P_4^1(z)X_4^1(z) + R_5^{b_5+1-g_5}(z)X_6^1(z);$$

$$X_6^1(z) = P_{5,2}^{b_5+1-g_5}(z)X_7^1(z) + R_6^1(z)X_7^1(z);$$

$$X_7^1(z) = P_{5,1}^{b_5+1-g_5}(z)X_5^1(z) + R_7^1(z)X_8^1(z);$$

$$X_8^1(z) = P_{7,2}^1(z)X_{f_2}^1(z) + R_8^{b_8+1-g_8}(z)X_9^1(z);$$

$$X_9^1(z) = P_8^{b_8+1-g_8}(z)X_8^1(z) + R_9^1(z)X_{f_3}^1(z);$$

$$X_{f_1}^1(z) = P_6^1(z)X_6^1(z) + R_f^1(z)X_{of}^1(z);$$

$$X_{f_2}^1(z) = P_{7,1}^1(z)X_7^1(z) + R_{f_1}^1(z)X_{f_1}^1(z);$$

$$X_{f_3}^1(z) = P_9^1(z)X_9^1(z) + R_{f_2}^1(z)X_{f_2}^1(z);$$

$$X_{of}^1(z) = P_{f_3}^1(z)X_{f_3}^1(z) + R_{of}^1(z)X_c^1(z);$$

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

– для другого мікропотoku першої зони:

$$X_p^2(z) = P_d^2(z)h_d^2(z) + R_p^2(z)X_{pd}^2(z) + R_p^{*2}(z)R_{dp}^2(z)X_1^2(z);$$

$$X_{pd}^2(z) = P_p^2(z)P_g(z)X_p^2(z) + R_{p1}^2(z)X_{p1}^2(z); \quad l_d^2(z) = R_d^2(z)X_p^2(z);$$

$$X_{p1}^2(z) = P_{nd}^2(z)X_{nd}^2(z) + R_p^{*k}(z)P_r(z)X_1^2(z);$$

$$X_1^2(z) = P_p^2(z)P_p^2(z)X_p^2(z) + P_p^{*k}(z)X_{p1}^2(z) + R_1^{b_1+2-g_1}(z)X_2^2(z);$$

$$X_2^2(z) = P_1^{b_1+2-g_1}(z)X_1^2(z) + R_2^2(z)X_3^2(z);$$

$$X_3^2(z) = P_2^2(z)X_2^2(z) + R_3^2(z)X_4^2(z);$$

$$X_4^2(z) = P_3^2(z)X_3^2(z) + R_4^2(z)X_5^2(z);$$

$$X_5^2(z) = P_4^2(z)X_4^2(z) + R_5^{b_5+2-g_5}(z)X_6^2(z);$$

$$X_6^2(z) = P_{5,2}^{b_5+2-g_5}(z)X_7^2(z) + R_6^2(z)X_7^2(z);$$

$$X_7^2(z) = P_{5,1}^{b_5+2-g_5}(z)X_5^2(z) + R_7^2(z)X_8^2(z);$$

$$X_8^2(z) = P_{7,2}^2(z)X_{f_2}^2(z) + R_8^{b_8+2-g_8}(z)X_9^2(z);$$

$$X_9^2(z) = P_8^{b_8+2-g_8}(z)X_8^2(z) + R_9^2(z)X_{f_3}^2(z);$$

$$X_{f_1}^2(z) = P_6^2(z)X_6^2(z) + R_f^2(z)X_{of}^2(z);$$

$$X_{f_2}^2(z) = P_{7,1}^2(z)X_7^2(z) + R_{f_1}^2(z)X_{f_1}^2(z);$$

$$X_{f_3}^2(z) = P_9^2(z)X_9^2(z) + R_{f_2}^2(z)X_{f_2}^2(z);$$

$$X_{of}^2(z) = P_{f_3}^2(z)X_{f_3}^2(z) + R_{of}^2(z)X_c^2(z);$$

$$X_c^2(z) = P_{of}^2(z)X_{of}^2(z); \quad h_c^2(z) = P_c^2(z)X_c^2(z);$$

– для останнього  $k$ -го мікропотoku першої зони:

$$X_p^k(z) = P_d^k(z)h_d^k(z) + R_p^k(z)X_{pd}^k(z) + R_p^{*k}(z)R_{dp}^k(z)X_1^k(z);$$

$$\begin{aligned}
 X_{pd}^k(z) &= P_p^k(z)P_g(z)X_p^k(z) + R_{p1}^k(z)X_{p1}^k(z); \quad l_d^k(z) = R_d^k(z)X_p^k(z); \\
 X_{p1}^k(z) &= P_{nd}^k(z)X_{nd}^k(z) + R_p^{*k}(z)P_r(z)X_1^k(z); \\
 X_1^k(z) &= P_p^k(z)P_{p1}^k(z)X_p^k(z) + P_p^{*k}(z)X_{p1}^k(z) + R_1^{b_1+k-g_1}(z)X_2^k(z); \\
 X_2^k(z) &= P_1^{b_1+k-g_1}(z)X_1^k(z) + R_2^k(z)X_3^k(z); \\
 X_3^k(z) &= P_2^k(z)X_2^k(z) + R_3^k(z)X_4^k(z); \\
 X_4^k(z) &= P_3^k(z)X_3^k(z) + R_4^k(z)X_5^k(z); \\
 X_5^k(z) &= P_4^k(z)X_4^k(z) + R_5^{b_5+k-g_5}(z)X_6^k(z); \\
 X_6^k(z) &= P_{5.2}^{b_5+k-g_5}(z)X_7^k(z) + R_6^k(z)X_7^k(z); \\
 X_7^k(z) &= P_{5.1}^{b_5+k-g_5}(z)X_5^k(z) + R_7^k(z)X_8^k(z); \\
 X_8^k(z) &= P_{7.2}^k(z)X_{f2}^k(z) + R_8^{b_8+k-g_8}(z)X_9^k(z); \\
 X_9^k(z) &= P_8^{b_8+k-g_8}(z)X_8^k(z) + R_9^k(z)X_{f3}^k(z); \\
 X_{f1}^k(z) &= P_6^k(z)X_6^k(z) + R_f^k(z)X_{of}^k(z); \\
 X_{f2}^k(z) &= P_{7.1}^k(z)X_7^k(z) + R_{f1}^k(z)X_{f1}^k(z); \\
 X_{f3}^k(z) &= P_9^k(z)X_9^k(z) + R_{f2}^k(z)X_{f2}^k(z); \\
 X_{of}^k(z) &= P_{f3}^k(z)X_{f3}^k(z) + R_{of}^k(z)X_c^k(z); \\
 X_c^k(z) &= P_{of}^k(z)X_{of}^k(z); \quad h_c^k(z) = P_c^k(z)X_c^k(z);
 \end{aligned}$$

– для останнього мікропотуку  $n$ -ної зони:

$$\begin{aligned}
 X_p^{nk}(z) &= P_d^{nk}(z)h_d^{nk}(z) + R_p^{nk}(z)X_{pd}^{nk}(z) + R_p^{*nk}(z)R_{dp}^{nk}(z)X_1^{nk}(z); \\
 X_{pd}^{nk}(z) &= P_p^{nk}(z)P_g(z)X_p^{nk}(z) + R_{p1}^{nk}(z)X_{p1}^{nk}(z); \quad l_d^{nk}(z) = R_d^{nk}(z)X_p^{nk}(z); \\
 X_{p1}^{nk}(z) &= P_{nd}^{nk}(z)X_{nd}^{nk}(z) + R_p^{*nk}(z)P_r(z)X_1^{nk}(z); \\
 X_1^{nk}(z) &= P_p^{nk}(z)P_{p1}^{nk}(z)X_p^{nk}(z) + P_p^{*nk}(z)X_{p1}^{nk}(z) + R_1^{b_1+nk-g_1}(z)X_2^{nk}(z); \\
 X_2^{nk}(z) &= P_1^{b_1+nk-g_1}(z)X_1^{nk}(z) + R_2^{nk}(z)X_3^{nk}(z); \\
 X_3^{nk}(z) &= P_2^{nk}(z)X_2^{nk}(z) + R_3^{nk}(z)X_4^{nk}(z); \\
 X_4^{nk}(z) &= P_3^{nk}(z)X_3^{nk}(z) + R_4^{nk}(z)X_5^{nk}(z); \\
 X_5^{nk}(z) &= P_4^{nk}(z)X_4^{nk}(z) + R_5^{b_5+nk-g_5}(z)X_6^{nk}(z); \\
 X_6^{nk}(z) &= P_{5.2}^{b_5+nk-g_5}(z)X_7^{nk}(z) + R_6^{nk}(z)X_7^{nk}(z); \\
 X_7^{nk}(z) &= P_{5.1}^{b_5+nk-g_5}(z)X_5^{nk}(z) + R_7^{nk}(z)X_8^{nk}(z); \\
 X_8^{nk}(z) &= P_{7.2}^{nk}(z)X_{f2}^{nk}(z) + R_8^{b_8+nk-g_8}(z)X_9^{nk}(z); \\
 X_9^{nk}(z) &= P_8^{b_8+nk-g_8}(z)X_8^{nk}(z) + R_9^{nk}(z)X_{f3}^{nk}(z); \\
 X_{f1}^{nk}(z) &= P_6^{nk}(z)X_6^{nk}(z) + R_f^{nk}(z)X_{of}^{nk}(z);
 \end{aligned}$$

$$X_{f_2}^{nk}(z) = P_{7,1}^{nk}(z)X_7^{nk}(z) + R_{f_1}^{nk}(z)X_{f_1}^{nk}(z);$$

$$X_{f_3}^{nk}(z) = P_9^{nk}(z)X_9^{nk}(z) + R_{f_2}^{nk}(z)X_{f_2}^{nk}(z);$$

$$X_{of}^{nk}(z) = P_{f_3}^{nk}(z)X_{f_3}^{nk}(z) + R_{of}^{nk}(z)X_c^{nk}(z);$$

$$X_c^{nk}(z) = P_{of}^{nk}(z)X_{of}^{nk}(z); \quad h_c^{nk}(z) = P_c^{nk}(z)X_c^{nk}(z),$$

де  $P_d^j(z) = P_g^j(z)z^{-pd}$  — оператори передавання прямих потоків фарби в  $j$ -й зоні дукторного циліндра;  $n$  — кількість зон подачі фарби у фарбодрукарську систему;  $k$  — кількість мікропотоків в окремій  $j$ -й зоні;  $\nu = nk$  — кількість мікропотоків у фарбодрукарській системі;  $P_p^v(z) = (P_g^v(z)\alpha_p + \overline{P_g^v}(z))z^{-p_p}$ ,  $R_p^v(z) = P_g^v(z)z^{-r_p}$  — оператори передавання мікропотоків фарби поверхнею передавального валика під час його спільного руху з дукторним циліндром;  $R_d^v(z) = P_g^v(z)\gamma_d z^{-rd}$  — оператори передавання зворотних мікропотоків фарби поверхнею дукторного циліндра;  $P_p^{*v}(z) = P_r^v(z)z^{-p_p}$ ,  $R_p^v(z) = P_g^v(z)z^{-r_p}$  — оператори передавання мікропотоків фарби поверхнею передавального валика під час його руху в контакт з першим розтиральним циліндром;  $P_g^v(z)$ ,  $P_r^v(z)$  — оператори формування мікропотоків фарби під час спільного руху передавального валика з дукторним та розтиральним циліндрами;  $P_{nd}^v(z) = z^{-r_p} \overline{P_g^v}(z)z^{-p_r}$ ,  $P_{1p}^v(z) = \overline{P_g^v}(z)z^{-p_r}$  — оператори передавання мікропотоків фарби під час переміщення передавального валика від дукторного циліндра до розтирального циліндра;  $R_{n1}^v(z) = z^{-p_p} \overline{P_r^v}(z)z^{-R_r}$ ,  $R_{dn}^v(z) = \overline{P_r^v}(z)z^{-R_r}$  — оператори передавання мікропотоків фарби під час переміщення передавального валика від розтирального циліндра до дукторного циліндра;  $p_p$ ,  $r_p$  — транспортне запізнення передавання мікропотоків фарби від дукторної скриньки до місця контакту дукторного циліндра з передавальним валиком і в зворотному напрямі у відносних одиницях;  $p_p$ ,  $r_p$  — транспортне запізнення переміщення прямих і зворотних мікропотоків фарби поверхнею передавального валика у відносних одиницях;  $P_z$  — тривалість вистою передавального валика біля дукторного циліндра в сумі з тривалістю його переміщення до першого розтирального циліндра у відносних одиницях;  $R_z$  — тривалість переміщення передавального валика від розтирального до дукторного циліндра в сумі з тривалістю вистою до початку руху дуктора у відносних одиницях;  $X_i^v(z)$   $i=1,2,3,\dots$  — товщини шарів фарби  $\nu$ -го мікропотoku у точках контакту валиків і циліндрів;  $X_{f_i}^v(z)$ ,  $X_{of}^v(z)$  — товщини потоків фарби в точках контакту накочувальних валиків формного та офсетного циліндрів;  $P_i^v(z) = \alpha_i z^{-p_i}$  та  $R_i^v(z) = (1 - \alpha_{i+1})z^{-r_i}$  — оператори передавання прямих і зворотних потоків фарби в коловому напрямі для відповідних мікропотоків;  $R_6^v(z) = (1 - \alpha_{f_1} F^v(z))z^{-r_6}$ ,  $R_7^v(z) = (1 - \alpha_{f_2} F^v(z))z^{-r_7}$ ,  $R_9^v(z) = (1 - \alpha_{f_3} F^v(z))z^{-(p_{f_1} + p_{f_2})} z^{-r_9}$  — оператори передавання зворотних мікропотоків фарби поверхнею накочувальних валиків;  $P_{f_1}^v(z) = \alpha_{f_1} F^v(z)z^{-p_{f_1}}$ ,  $P_{f_2}^v(z) = \alpha_{f_2} F^v(z)z^{-(p_{f_1} + p_{f_2})}$ ,  $P_{f_3}^v(z) = \alpha_{f_3} F^v(z)z^{-(p_{f_1} + p_{f_2} + p_{f_3})}$ ,  $R_f^v(z) = (1 - \alpha_{of})z^{-r_f}$ ,  $P_{of}^v(z) = \alpha_{of} z^{-p_{of}}$ ,  $R_{of}^v(z) = (1 - \beta)z^{-r_{of}}$  — оператори передавання прямих та зворотних мікропотоків фарби поверхнею формного та офсетного циліндрів;  $F^v(z)$  — оператор формування навантаження, тобто заповнення частини форми друкувальними елементами шириною 1 у.о.;  $P_i^{b_i + \nu - g_i}(z)$ ,  $R_i^{b_i + \nu - g_i}(z)$  — оператори

передавання мікропотоків фарби розтиральними циліндрами;  $g_i = g_i(z)$  — переміщення мікропотоків фарби в осьовому напрямі розтиральними циліндрами;  $P_c^v(z)$  — оператор передавання мікропотоків фарби з офсетного циліндра на матеріал, що задруковується;  $h_c^v(z)$  — товщина мікропотоків на поверхні відбитка;  $\alpha_p, \alpha_i, \alpha_{fi}, \alpha_{of}, \beta$  — значення коефіцієнтів передавання фарби при виході з точок контакту елементів фарбодрукарської системи.

Характер переміщення мікропотоків фарби розтиральними циліндрами в осьовому напрямі можна описати виразом:

$$g_i(z) = INT \left( \frac{b_{oci}}{2\Delta b} Z \left\{ \frac{1 - e^{-Ts}}{s} L \left\{ \sin \frac{2\pi t}{d_f} \right\} \right\} \right),$$

де  $b_{oci}$  — величина осьового ходу  $i$ -го розтирального циліндра;  $\Delta b$  — ширина мікропотоків фарби, яка дорівнює 1 у.о.;  $d_f$  — тривалість циклу роботи розтирального циліндра, який відповідає часу одного оберту формного циліндра у відносних одиницях.

**Висновки.** У праці запропоновано методику для побудови двовимірних моделей фарбодрукарських систем, на основі якої розроблено математичну модель фарбодрукарської системи, до складу якої входять  $n$ -зонний фарбоживильний пристрій, три розтиральні циліндри та три накочувальні валики. Двовимірна модель відображає циркулювання  $nk$  мікропотоків фарби, кожен з яких описується відповідною системою рівнянь, і дає можливість враховувати зміщення потоків фарби в осьовому напрямі, спричинене рухом розтиральних циліндрів, та дію інших збурень, які створюються формою і фарбоживильним пристроєм. Двовимірна математична модель зі значною вірогідністю відтворює процеси, що відбуваються у реальних фарбодрукарських системах офсетних машин, і дає змогу досліджувати точність таких систем при різних навантаженнях та є об'єктом для здобуття нових знань.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алексеев Г. В. Красочные аппараты ротационных машин высокой и плоской печати / Г. В. Алексеев. — М. : Книга, 1980. — 184 с.
2. Бабінець В. М. Визначення коефіцієнта передавання фарби передаючим валиком та аналіз розподілу фарби між входом та виходом фарбової системи з трьома накочувальними валиками / В. М. Бабінець // Комп'ютерні технології друкарства. — 2008. — № 20. — С. 3–24.
3. Луцків М. М. Визначення точності фарбодрукарської системи послідовної структури для заданих інтервалів тоновідтворення зображення / М. М. Луцків, В. М. Рибак // Комп'ютерні технології друкарства. — 2008. — № 20. — С. 25–33.
4. Лозовий П. І. Визначення точності коротких фарбодрукарських систем при відтворенні зображень / П. І. Лозовий // Комп'ютерні технології друкарства. — 2010. — № 23. — С. 35–44.
5. Верхола М. І. Моделювання та визначення впливу характеру навантаження на точність фарбодрукарської системи в динаміці // Комп'ютерні технології друкарства / М. І. Верхола, І. Б. Гук, Р. М. Споляк. — 2012. — № 27. — С. 13–23.



6. Верхола М. І. Інформаційна технологія визначення точності відтворення зображення на відбитках фарбодрукарською системою послідовно паралельної структури / М. І. Верхола, Б. В. Дурняк, І. Б. Гук, У. П. Пановик // Комп'ютерні технології друкарства. — 2014. — № 31. — С. 3–17.
7. Верхола М. І. Моделювання та експериментальне дослідження осевого розкочування фарби у фарбовому апараті офсетної друкарської машини Romayor 314 / М. І. Верхола, І. Б. Гук, В. М. Бабінець // Поліграфія і видавнича справа. — 2002. — № 38. — С.113–138.
8. Верхола М. І. Двомірна модель фарбової системи з розтиральним циліндром і дослідження на її основі розкочування та передавання фарби / М. І. Верхола // Поліграфія і видавнича справа. — 2003. — № 40. — С. 73–93.
9. Верхола М. І. Моделювання та комп'ютерне визначення зонального розподілу товщини шарів фарби на виході фарбодрукарської системи з розтиральним циліндром / М. І. Верхола, І. Б. Гук, Р. М. Споляк // Комп'ютерні технології друкарства. — 2010. — № 23. — С. 22–34.

#### REFERENCES

1. Alekseyev, G. V. (1980). Krasochnyye apparaty rotatsionnykh mashin vysokoy i ploskoy pechati. Moscow: Kniga (in Russian).
2. Babinets', V. M. (2008). Vznachennya koyefitsienta peredachi farbi peredayuchim valikom ta analiz rozpodilu farbi mizh vkhodom ta vikhodom farbovoi sistemi z tr'oma nakochuval'nimi valikami. Komp'yuterni tekhnologii drukarstva, 20, 3–24 (in Ukrainian).
3. Lutskiv, M. M., & Ribak, V. M. (2008). Vznachennya tochnosti farbo-drukars'koi sistemi poslidovnoi strukturi dlya zadanikh intervaliv tonovidvorennya zobrazhennya. Komp'yuterni tekhnologii drukarstva, 20, 25–33(in Ukrainian).
4. Lozoviy, P. I. (2010). Vznachennya tochnosti korotkikh farbodrukars'kikh system pri vidtvorenni zobrazhen'. Komp'yuterni tekhnologii drukarstva, 23, 35–44(in Ukrainian).
5. Verkhola, M. I. Guk, I. B., & Spolyak, R. M. (2012). Modelyuvannya taviznachennya vplivu kharakteru navantazhennya na tochnist' farbodrukars'koi sistemi v dinamitsi. Komp'yuterni tekhnologii drukarstva, 27, 13–23 (in Ukrainian).
6. Verkhola, M. I., Durnyak, B. V., Guk, I. B., & Panovik, U. P. (2014). Informatsiyana tekhnologiya vznachennya tochnosti vidtvorennya zobrazhennya na vidbitkakh farbodrukars'koyu sistemoyu poslidovno paralel'noi strukturi. Komp'yuterni tekhnologii drukarstva, 31, 3–17 (in Ukrainian).
7. Verkhola, M. I., Guk, I. B., & Babinets', V. M. (2002). Modelyuvannya ta eksperimental'ne doslidzhennya os'ovogo rozkochuvannya farbi u farbovomu aparati ofsetnoi drukars'koi mashini Romayor 314. Poligrafiya i vidavniacha справа, 38, 113–138 (in Ukrainian).
8. Verkhola, M. I. (2003). Dvomirna model' farbovoi sistemi z roztral'nim tsilindrom i doslidzhennya na ii osnovi rozkochuvannya ta peredachi farbi. Poligrafiya i vidavniacha справа: Naukovo-tekhnichniy zbirnik, 40, 73–93 (in Ukrainian).
9. Verkhola M. I., Guk I. B., & Spolyak R. M. (2010). Modelyuvannya ta komp'yuterne vznachennya zonal'nogo rozpodilu tovshchini shariv farbi na vikhodi farbodrukars'koi sistemi z roztral'nim tsilindrom. Komp'yuterni tekhnologii drukarstva, 23, 22–34 (in Ukrainian).

## TWO-DIMENSIONAL INK PRINTING SYSTEM MODEL WITH THREE FORM ROLLERS

M. I. Verkhola

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

*The article solves the problem of developing a two-dimensional mathematical model of ink printing system of small format offset machine. The description of ink transfer by all elements of ink printing system has been realized by z-transformation. The mathematical model reflects the work of ink feeding n-zone unit that provides a regulated ink supply on the ink printing system entrance. The transfer of ink in each zone is represented by k micro flows, each of which is described by corresponding system of equations. Oscillating cylinders working mode was mathematically described, one of which is in contact with the transmission roller of ink printing system, and two others - with form rollers. Form image that creates a load for ink printing system is set by using the printing elements forming operator. The developed model describes in detail functioning of ink printing system elements and enables research and analysis processes of ink distribution and transmission in such systems and determination the ink layer thickness at any imprint point and at each element surface of ink printing system.*

**Keywords:** *ink printing system, two-dimensional model, ink micro flows, signal graph, ink feeding unit, oscillation cylinder, form rollers, ink rolling and transfer processes.*

*Стаття надійшла до редакції 18.04.2016.*

*Received 18.04.2016.*