

УДК 681.624

УНІВЕРСАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА ТРИВИМІРНА МОДЕЛЬ ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ ОФСЕТНОЇ МАШИНИ «SPEEDMASTER-74»

М. І. Верхола

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

Запропоновано алгоритм створення тривимірних моделей фарбодрукарських систем, на основі якого розроблено універсальну інформаційну модель фарбодрукарської системи офсетної машини фірми Heidelberg «Speedmaster-74». Передання та розподіл фарби у фарбодрукарській системі представлено $k \cdot n$ мікропотоками, кожен із яких описується системою рівнянь на основі методів дискретного перетворення. Математично описано режим роботи n -зонного фарбоживильного пристрою та розтиральних циліндрів, які мають складну траєкторію руху, оскільки обертаючись вони одночасно здійснюють і осьове переміщення. Зображення на поверхні друкарської форми задається системою відповідних операторів, які генерують характер розміщення друкувальних і пробільних елементів. Розроблена математична модель є універсальною, оскільки, дає можливість досліджувати процеси фарбопередачі при відтворенні растрових зображень з різною роздільною здатністю та отримувати тривимірні зображення відбитків на виході фарбодрукарської системи.

Ключові слова: *тривимірна математична модель, фарбоживильна система, розгалужений сигнальний граф, розтиральний циліндр, процеси передання та розподілу фарби, мікропотоки фарби, друкарська форма.*

Постановка проблеми. Важливим завданням поліграфічного виробництва є одержання відбитків заданого накладу, які б із бажаною точністю відповідали оригіналу. Оригінал може бути текстовим, ілюстраційним або із текстово-ілюстраційною інформацією. Ступінь відповідності відбитків оригіналу визначає якість друкованої продукції. Якість, отриманого в процесі друку ілюстраційного зображення, залежить від роздільної здатності його відтворення на друкарській формі та рівномірності нанесення фарби на поверхню її друкувальних елементів.

У фарбодрукарських системах передача фарби від фарбоживильного пристрою до друкарської форми супроводжується послідовним накладанням і розчепленням фарби в місцях контакту валиків і циліндрів [1]. Офсетні друкарські машини в основному оснащені дукторно-ножевим фарбоживильним пристроєм, до складу якого входять дукторний циліндр і дукторний ніж, щілини між якими в кожній зоні подачі фарби регулюються гвинтами або кулачковими механізмами, і передавальний валик, період роботи якого відповідає часу одного або двох

обертів формного циліндра. Фарба системою валиків і циліндрів транспортується до накочувальних валиків і передається на поверхню друкувальних елементів форми. Рельєфи, які утворюються при цьому на поверхні накочувальних валиків, вирівнюються циліндрами, які, крім обертового, мають ще й зворотно-поступальний рух. Робота розтиральних циліндрів призводить до перерозподілу фарби в поперечному напрямі, що суттєво ускладнює попереднє налагодження зональної подачі фарби. Технологічні збурення, які виникають у фарбодрукарській системі, спричинені дією фарбоживильного пристрою та розтиральних циліндрів, негативно впливають на якість друкованої продукції.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вирішити поставлене завдання, тобто мінімізувати збурювальну дію елементів фарбодрукарської системи на рівномірність товщини шару фарби на відбитках можливо лише комп'ютерним симулюванням і дослідженням процесів, які відбуваються у фарбодрукарських системах офсетної машини. Для цього потрібно розробити математичну модель фарбодрукарської системи, яка б описувала процес передання та розподілу фарби з урахуванням роботи фарбоживильного пристрою, розтиральних циліндрів і роздільної здатності зображення на друкарській формі. У публікаціях [2, 3] розроблено математичні моделі та досліджено точність простих фарбодрукарських систем. Визначено похибки тоновідтворення зображення в різних інтервалах, які відповідають щільності заповнення форми друкувальними елементами. Проте ці моделі не враховують дії розтиральних циліндрів і фарбоживильного пристрою. У праці [4] досліджено точність передання фарби для різних діапазонів тоноутворення та способи подачі фарби на основі динамічної моделі фарбодрукарської системи, але без урахування дії розтиральних циліндрів. У роботі [5] запропоновано математичну модель фарбодрукарської системи з двома накочувальними валиками та розтиральним циліндром. На її основі побудовано симулятор та досліджено точність при переданні тривимірних зображень. Але у цій моделі не враховано збурювальної дії фарбоживильного пристрою. У публікації [6] розроблено тривимірну математичну модель фарбодрукарської системи з чотирма накочувальними валиками, яка враховує дію фарбоживильного пристрою і розтиральних циліндрів. На її основі розроблено симулятор, який дає можливість визначати точність фарбопередачі на поверхні відбитків. Проте ця модель може відтворювати зображення лише з невисокою роздільною здатністю — до 10 точок на сантиметр.

Мета статті — розробити універсальну тривимірну математичну модель фарбодрукарської системи з чотирма накочувальними валиками, яка описує роботу розтиральних циліндрів і багатозонного фарбоживильного пристрою та дає можливість змінювати точність елементів фарбодрукарської системи і роздільну здатність відтворюваного формного зображення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розроблення універсальної тривимірної математичної моделі фарбодрукарської системи розглянемо на прикладі фарбодрукарської системи офсетної друкарської машини фірми Heidelberg «Speedmaster-74», схема якої зображена на рис. 1.

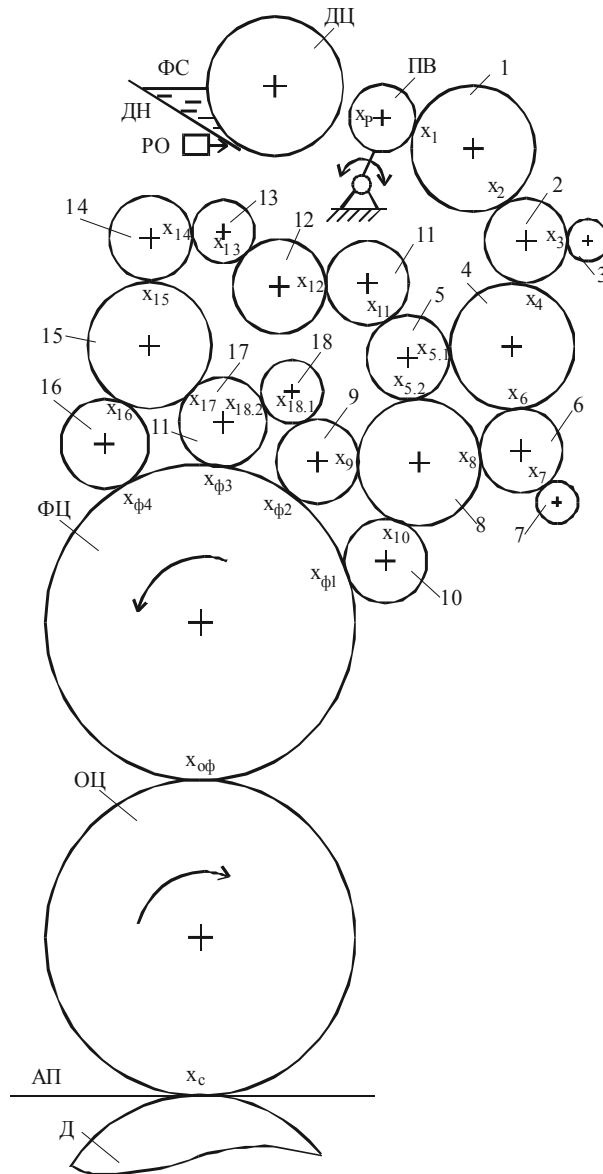


Рис. 1. Схема фарбодрукарської системи офсетної машини Speedmaster-74

Товщина шару фарби в кожній зоні її подачі регулюється відповідними регульовальними органами РО. При обертанні дукторного циліндра фарба з дукторної скриньки крізь щілини між дукторним ножем і циліндром виводиться на поверхню останнього. Порції фарби періодично забираються з поверхні дукторного циліндра та передаються до розтирального циліндра 1.

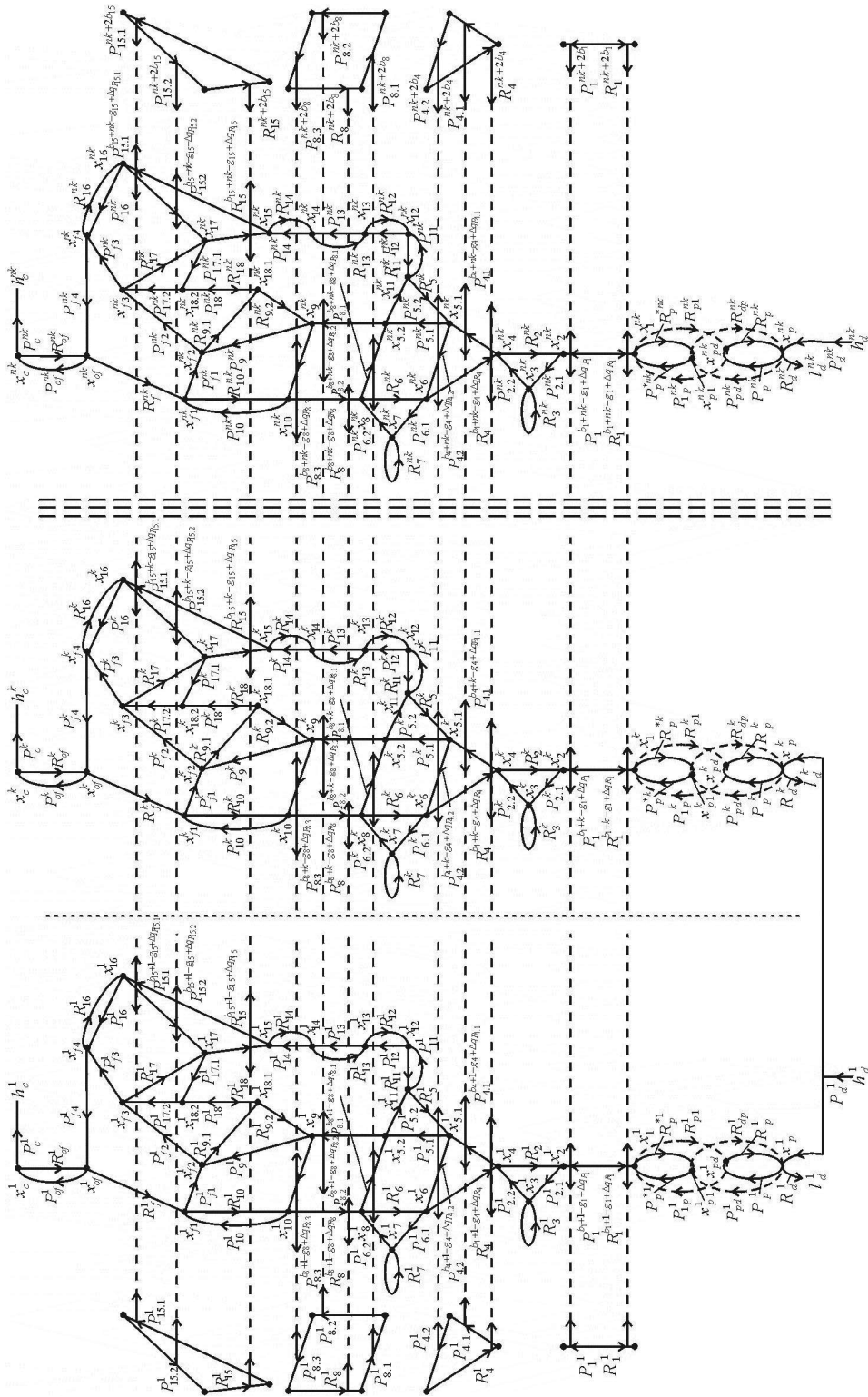


Рис. 2. Сигнальний граф фарбодрукарської системи офсетної машини Speedmaster-74

Дальше потоки фарби транспортуються системою валиків і розтиральних циліндрів 4, 8, 15 до накочувальних валиків 9, 10, 16, 17, які наносять фарбу на поверхню друкувальних елементів форми. Із друкарської форми фарба передається на поверхню офсетного полотна, закріпленого на офсетному циліндрі ОЦ. При проходженні аркушів паперу АП між офсетним і друкарським циліндром на поверхні аркушів утворюються фарбові відбитки.

За схемою фарбодрукарської системи побудовано розгалужений сигнальний граф, який наочно відображає циркулювання потоків фарби. Вершини на вході графа відповідають товщинам шарів зональної подачі фарби на вході фарбодрукарської системи h_d^j . Усі інші вершини графа відображають товщини мікропотоків фарби у відповідних місцях контакту валиків і циліндрів фарбодрукарської системи. Вершини сигнального графа з'єднані дугами та відрізками, які відображають переміщення мікропотоків фарби поверхнями елементів фарбодрукарської системи. Вершини на виході графа фарбодрукарської системи відповідають мікропотокам фарби на відбитках.

При розробленні математичної моделі приймаємо такі допущення: діаметри елементів моделі відповідають діаметрам валиків і циліндрів фарбодрукарської системи офсетної машини «Speedmaster-74»; лінійні швидкості поверхонь валиків і циліндрів рівні між собою; довжини кіл валиків і циліндрів поділені на ціле число умовних одиниць; час проходження мікропотoku фарби поверхнею елементів фарбодрукарської системи шляху довжиною в 1 у.о. відповідає одній відносній одиниці; поверхні валиків і циліндрів фарбодрукарської системи умовно розділені на зони в напрямку транспортування фарби від дукторного циліндра до друкарських відбитків; кількість зон дорівнює кількості органів регулювання подачі фарби, а їхня ширина — ширині зони регулювання; в кожній зоні циркулює k -мікропотоків фарби; тривалість циклу роботи розтиральних циліндрів відповідає часу двох обертів формного циліндра; ширини потоків фарби, які переміщуються краями розтиральних циліндрів за межі валиків, які з ними контактують, складаються з b_i мікропотоків шириною в 1 у.о.; період подачі фарби фарбоживильним пристроєм на вхід першого розтирального циліндра може дорівнювати одному або двом циклам роботи офсетної друкарської машини.

На основі прийнятих допущень складаємо за розгалуженим сигнальним графом (рис. 2) системи рівнянь:

- для першого мікропотoku фарби першої зони фарбодрукарської системи:

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

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

$$X_{p1}^1(z) = P_{pd}^1(z)X_{pd}^1(z) + R_{p1}^{*1}(z)P_r(z)X_1^1(z);$$

$$X_1^1(z) = P_{1p}^1(z)P_p^1(z)X_p^1(z) + P_p^{*1}(z)X_{p1}^1(z) + R_1(z)^{b_1+1-g_1(z)+\Delta g_{R_1}(z)} X_2^1(z);$$

$$X_2^1(z) = P_1(z)^{b_1+1-g_1(z)+\Delta g_{R_1}(z)} X_1^1(z) + R_2^1(z)X_4^1(z);$$

$$X_3^1(z) = P_{21}^1(z)X_2^1(z) + R_3^1(z)X_3^1(z);$$

$$\begin{aligned}
 X_4^1(z) &= P_{2,2}^1(z)X_3^1(z) + R_4(z)^{b_4+1-g_4(z)+\Delta g_{R_4}(z)} X_6^1(z); \\
 X_{5,1}^1(z) &= P_{4,1}(z)^{b_4+1-g_4(z)+\Delta g_{P_{4,1}}(z)} X_4^1(z) + R_5^1(z)X_{11}^1(z); \\
 X_{5,2}^1(z) &= P_{5,1}^1(z)X_{5,1}^1(z) + P_{8,1}(z)^{b_8+1-g_8(z)+\Delta g_{P_{8,1}}(z)} X_8^1(z); \\
 X_6^1(z) &= P_{4,2}(z)^{b_4+1-g_4(z)+\Delta g_{P_{4,2}}(z)} X_{5,1}^1(z) + R_6^1(z)X_8^1(z); \\
 X_7^1(z) &= P_{6,1}^1(z)X_6^1(z) + R_7^1(z)X_7^1(z); \\
 X_8^1(z) &= P_{6,2}^1(z)X_7^1(z) + R_8(z)^{b_8+1-g_8(z)+\Delta g_{R_8}(z)} X_{10}^1(z); \\
 X_9^1(z) &= P_{8,2}(z)^{b_8+1-g_8(z)+\Delta g_{P_{8,2}}(z)} X_{5,2}^1(z) + R_{9,2}^1(z)X_{18,1}^1(z); \\
 X_{10}^1(z) &= P_{8,3}(z)^{b_8+1-g_8(z)+\Delta g_{P_{8,3}}(z)} X_9^1(z) + R_{10}^1(z)X_{f1}^1(z); \\
 X_{11}^1(z) &= P_{5,2}^1(z)X_{5,2}^1(z) + R_{11}^1(z)X_{12}^1(z); \\
 X_{12}^1(z) &= P_{11}^1(z)X_{11}^1(z) + R_{12}^1(z)X_{13}^1(z); \\
 X_{13}^1(z) &= P_{12}^1(z)X_{12}^1(z) + R_{13}^1(z)X_{14}^1(z); \\
 X_{14}^1(z) &= P_{13}^1(z)X_{13}^1(z) + R_{14}^1(z)X_{15}^1(z); \\
 X_{15}^1(z) &= P_{14}^1(z)X_{14}^1(z) + R_{15}(z)^{b_{15}+1-g_{15}(z)+\Delta g_{R_{15}}(z)} X_{17}^1(z); \\
 X_{16}^1(z) &= P_{15,1}(z)^{b_{15}+1-g_{15}(z)+\Delta g_{P_{15,1}}(z)} X_{15}^1(z) + R_{16}^1(z)X_{f4}^1(z); \\
 X_{17}^1(z) &= P_{15,2}(z)^{b_{15}+1-g_{15}(z)+\Delta g_{P_{15,2}}(z)} X_{16}^1(z) + R_{17}^1(z)X_{f3}^1(z); \\
 X_{18,1}^1(z) &= R_{9,1}^1(z)X_{f2}^1(z) + R_{18}^1(z)X_{18,2}^1(z); \\
 X_{18,2}^1(z) &= P_{18}^1(z)X_{18,1}^1(z) + P_{17,1}^1(z)X_{17}^1(z); \\
 X_{f1}^1(z) &= P_{10}^1(z)X_{10}^1(z) + R_f^1(z)X_{of}^1(z); \\
 X_{f2}^1(z) &= P_{f1}^1(z)X_{f1}^1(z) + P_9^1(z)X_9^1(z); \\
 X_{f3}^1(z) &= P_{f2}^1(z)X_{f2}^1(z) + P_{17,2}^1(z)X_{18,2}^1(z); \\
 X_{f4}^1(z) &= P_{f3}^1(z)X_{f3}^1(z) + P_{16}^1(z)X_{16}^1(z); \\
 X_{of}^1(z) &= P_{f4}^1(z)X_{f4}^1(z) + R_{of}^1(z)X_c^1(z); \\
 X_c^1(z) &= P_{of}^1(z)X_{of}^1(z); \quad h_c^1(z) = P_c^1(z)X_c^1(z);
 \end{aligned}$$

– для останнього k -го мікропотуку першої зони:

$$\begin{aligned}
 X_p^k(z) &= P_d^k(z)h_d^k(z) + R_p^k(z)X_{pd}^k(z) + R_p^k(z)R_{dp}^k(z)X_1^k(z); \\
 X_{pd}^k(z) &= P_p^k(z)P_g(z)X_p^k(z) + R_{p1}^k(z)X_{p1}^k(z); \quad l_d^k(z) = R_d^k(z)X_p^k(z); \\
 X_{p1}^k(z) &= P_{pd}^k(z)X_{pd}^k(z) + R_{p1}^{*k}(z)P_r(z)X_1^k(z); \\
 X_1^k(z) &= P_{1p}^k(z)P_p^k(z)X_p^k(z) + P_p^{*k}(z)X_{p1}^k(z) + R_1(z)^{b_1+k-g_1(z)+\Delta g_{R_1}(z)} X_2^k(z); \\
 X_2^k(z) &= P_1(z)^{b_1+k-g_1(z)+\Delta g_{P_1}(z)} X_1^k(z) + R_2^k(z)X_4^k(z);
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X_3^k(z) &= P_{2.1}^k(z)X_2^k(z) + R_3^k(z)X_3^k(z); \\
X_4^k(z) &= P_{2.2}^k(z)X_3^k(z) + R_4(z)^{b_4+k-g_4(z)+\Delta g_{R_4}(z)} X_6^k(z); \\
X_{5.1}^k(z) &= P_{4.1}(z)^{b_4+k-g_4(z)+\Delta g_{R_{4.1}}(z)} X_4^k(z) + R_5^k(z)X_{11}^k(z); \\
X_{5.2}^k(z) &= P_{5.1}^k(z)X_{5.1}^k(z) + P_{8.1}(z)^{b_8+k-g_8(z)+\Delta g_{R_{8.1}}(z)} X_8^k(z); \\
X_6^k(z) &= P_{4.2}(z)^{b_4+k-g_4(z)+\Delta g_{R_{4.2}}(z)} X_{5.1}^k(z) + R_6^k(z)X_8^k(z); \\
X_7^k(z) &= P_{6.1}^k(z)X_6^k(z) + R_7^k(z)X_7^k(z); \\
X_8^k(z) &= P_{6.2}^k(z)X_7^k(z) + R_8(z)^{b_8+k-g_8(z)+\Delta g_{R_8}(z)} X_{10}^k(z); \\
X_9^k(z) &= P_{8.2}(z)^{b_8+k-g_8(z)+\Delta g_{R_{8.2}}(z)} X_{5.2}^k(z) + R_{9.2}^k(z)X_{18.1}^k(z); \\
X_{10}^k(z) &= P_{8.3}(z)^{b_8+k-g_8(z)+\Delta g_{R_{8.3}}(z)} X_9^k(z) + R_{10}^k(z)X_{f1}^k(z); \\
X_{11}^k(z) &= P_{5.2}^k(z)X_{5.2}^k(z) + R_{11}^k(z)X_{12}^k(z); \\
X_{12}^k(z) &= P_{11}^k(z)X_{11}^k(z) + R_{12}^k(z)X_{13}^k(z); \\
X_{13}^k(z) &= P_{12}^k(z)X_{12}^k(z) + R_{13}^k(z)X_{14}^k(z); \\
X_{14}^k(z) &= P_{13}^k(z)X_{13}^k(z) + R_{14}^k(z)X_{15}^k(z); \\
X_{15}^k(z) &= P_{14}^k(z)X_{14}^k(z) + R_{15}(z)^{b_{15}+k-g_{15}(z)+\Delta g_{R_{15}}(z)} X_{17}^k(z); \\
X_{16}^k(z) &= P_{15.1}(z)^{b_{15}+k-g_{15}(z)+\Delta g_{R_{15.1}}(z)} X_{15}^k(z) + R_{16}^k(z)X_{f4}^k(z); \\
X_{17}^k(z) &= P_{15.2}(z)^{b_{15}+k-g_{15}(z)+\Delta g_{R_{15.2}}(z)} X_{16}^k(z) + R_{17}^k(z)X_{f3}^k(z); \\
X_{18.1}^k(z) &= R_{9.1}^k(z)X_{f2}^k(z) + R_{18}^k(z)X_{18.2}^k(z); \\
X_{18.2}^k(z) &= P_{18}^k(z)X_{18.1}^k(z) + P_{17.1}^k(z)X_{17}^k(z); \\
X_{f1}^k(z) &= P_{10}^k(z)X_{10}^k(z) + R_f^k(z)X_{of}^k(z); \\
X_{f2}^k(z) &= P_{f1}^k(z)X_{f1}^k(z) + P_9^k(z)X_9^k(z); \\
X_{f3}^k(z) &= P_{f2}^k(z)X_{f2}^k(z) + P_{17.2}^k(z)X_{18.2}^k(z); \\
X_{f4}^k(z) &= P_{f3}^k(z)X_{f3}^k(z) + P_{16}^k(z)X_{16}^k(z); \\
X_{of}^k(z) &= P_{f4}^k(z)X_{f4}^k(z) + R_{of}^k(z)X_c^k(z); \\
X_c^k(z) &= P_{of}^k(z)X_{of}^k(z); \quad h_c^k(z) = P_c^k(z)X_c^k(z);
\end{aligned}$$

– для останнього мікропотуку n -ної зони:

$$\begin{aligned}
X_p^{nk}(z) &= P_d^{nk}(z)h_d^{nk}(z) + R_p^{nk}(z)X_{pd}^{nk}(z) + R_p^{nk}(z)R_{dp}^{nk}(z)X_1^{nk}(z); \\
X_{pd}^{nk}(z) &= P_p^{nk}(z)P_g(z)X_p^{nk}(z) + R_{p1}^{nk}(z)X_{p1}^{nk}(z); \quad l_d^{nk}(z) = R_d^{nk}(z)X_p^{nk}(z); \\
X_{p1}^{nk}(z) &= P_{pd}^{nk}(z)X_{pd}^{nk}(z) + R_{p1}^{*nk}(z)P_r(z)X_1^{nk}(z); \\
X_1^{nk}(z) &= P_{1p}^{nk}(z)P_p^{nk}(z)X_p^{nk}(z) + P_p^{*nk}(z)X_{p1}^{nk}(z) + R_1(z)^{b_1+nk-g_1(z)+\Delta g_{R_1}(z)} X_2^{nk}(z);
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_2^{nk}(z) &= P_1^{nk}(z)^{b_1+nk-g_1(z)+\Delta g_{\beta_1}(z)} X_1^{nk}(z) + R_2^{nk}(z) X_4^{nk}(z); \\
 X_3^{nk}(z) &= P_{2.1}^{nk}(z) X_2^{nk}(z) + R_3^{nk}(z) X_3^{nk}(z); \\
 X_4^{nk}(z) &= P_{2.2}^{nk}(z) X_3^{nk}(z) + R_4(z)^{b_4+nk-g_4(z)+\Delta g_{\beta_4}(z)} X_6^{nk}(z); \\
 X_{5.1}^{nk}(z) &= P_{4.1}(z)^{b_4+nk-g_4(z)+\Delta g_{\beta_{4.1}}(z)} X_4^{nk}(z) + R_5^{nk}(z) X_{11}^{nk}(z); \\
 X_{5.2}^{nk}(z) &= P_{5.1}^{nk}(z) X_{5.1}^{nk}(z) + P_{8.1}(z)^{b_8+nk-g_8(z)+\Delta g_{\beta_{8.1}}(z)} X_8^{nk}(z); \\
 X_6^{nk}(z) &= P_{4.2}(z)^{b_4+nk-g_4(z)+\Delta g_{\beta_{4.2}}(z)} X_{5.1}^{nk}(z) + R_6^{nk}(z) X_8^{nk}(z); \\
 X_7^{nk}(z) &= P_{6.1}^{nk}(z) X_6^{nk}(z) + R_7^{nk}(z) X_7^{nk}(z); \\
 X_8^{nk}(z) &= P_{6.2}^{nk}(z) X_7^{nk}(z) + R_8(z)^{b_8+nk-g_8(z)+\Delta g_{\beta_8}(z)} X_{10}^{nk}(z); \\
 X_9^{nk}(z) &= P_{8.2}(z)^{b_8+nk-g_8(z)+\Delta g_{\beta_{8.2}}(z)} X_{5.2}^{nk}(z) + R_{9.2}^{nk}(z) X_{18.1}^{nk}(z); \\
 X_{10}^{nk}(z) &= P_{8.3}(z)^{b_8+nk-g_8(z)+\Delta g_{\beta_{8.3}}(z)} X_9^{nk}(z) + R_{10}^{nk}(z) X_{f1}^{nk}(z); \\
 X_{11}^{nk}(z) &= P_{5.2}^{nk}(z) X_{5.2}^{nk}(z) + R_{11}^{nk}(z) X_{12}^{nk}(z); \\
 X_{12}^{nk}(z) &= P_{11}^{nk}(z) X_{11}^{nk}(z) + R_{12}^{nk}(z) X_{13}^{nk}(z); \\
 X_{13}^{nk}(z) &= P_{12}^{nk}(z) X_{12}^{nk}(z) + R_{13}^{nk}(z) X_{14}^{nk}(z); \\
 X_{14}^{nk}(z) &= P_{13}^{nk}(z) X_{13}^{nk}(z) + R_{14}^{nk}(z) X_{15}^{nk}(z); \\
 X_{15}^{nk}(z) &= P_{14}^{nk}(z) X_{14}^{nk}(z) + R_{15}(z)^{b_{15}+nk-g_{15}(z)+\Delta g_{\beta_{15}}(z)} X_{17}^{nk}(z); \\
 X_{16}^{nk}(z) &= P_{15.1}(z)^{b_{15}+nk-g_{15}(z)+\Delta g_{\beta_{15.1}}(z)} X_{15}^{nk}(z) + R_{16}^{nk}(z) X_{f4}^{nk}(z); \\
 X_{17}^{nk}(z) &= P_{15.2}(z)^{b_{15}+nk-g_{15}(z)+\Delta g_{\beta_{15.2}}(z)} X_{16}^{nk}(z) + R_{17}^{nk}(z) X_{f3}^{nk}(z); \\
 X_{18.1}^{nk}(z) &= R_{9.1}^{nk}(z) X_{f2}^{nk}(z) + R_{18}^{nk}(z) X_{18.2}^{nk}(z); \\
 X_{18.2}^{nk}(z) &= P_{18}^{nk}(z) X_{18.1}^{nk}(z) + P_{17.1}^{nk}(z) X_{17}^{nk}(z); \\
 X_{f1}^{nk}(z) &= P_{10}^{nk}(z) X_{10}^{nk}(z) + R_f^{nk}(z) X_{of}^{nk}(z); \\
 X_{f2}^{nk}(z) &= P_{f1}^{nk}(z) X_{f1}^{nk}(z) + P_9^{nk}(z) X_9^{nk}(z); \\
 X_{f3}^{nk}(z) &= P_{f2}^{nk}(z) X_{f2}^{nk}(z) + P_{17.2}^{nk}(z) X_{18.2}^{nk}(z); \\
 X_{f4}^{nk}(z) &= P_{f3}^{nk}(z) X_{f3}^{nk}(z) + P_{16}^{nk}(z) X_{16}^{nk}(z); \\
 X_{of}^{nk}(z) &= P_{f4}^{nk}(z) X_{f4}^{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);
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де $P_d^j(z) = P_g^j(z)z^{-Pd}$, $R_d^v(z) = P_g^v(z)\gamma_d z^{-rd}$ — оператори передання прямих і зворотних потоків фарб в j -тій зоні дукторного циліндра; n — кількість зон регулювання подання фарби на вході фарбодрукарської системи; k — кількість v -мікропотоків фарби, які циркулюють в окремій j -тій зоні; $P_p^v(z) = (P_g^v(z)\alpha_p + \overline{P}_g^v(z))z^{-P_p}$, $R_p^v(z) = P_g^v(z)z^{-r_p}$, $P_p^{*v}(z) = P_r^v(z)z^{-P_p}$, $R_p^{*v}(z) = \gamma_p P_r^v(z)z^{-r_p}$, $P_g^v(z)$, $P_r^v(z)$, $P_{nd}^v(z) = z^{-r_p} \overline{P}_g^v(z)z^{-P_r}$,

$P_{1p}^V(z) = \bar{P}_g^V(z)z^{-p_r}$, $R_{n1}^V(z) = z^{-p_p} \bar{P}_r^V(z)z^{-R_r}$, $R_{dn}^V(z) = \bar{P}_r^V(z)z^{-R_r}$ — оператори передавання v -тих мікропотоків фарби передавальним валіком під час його циклічного переміщення між дукторним циліндром і першим розтиральним циліндром фарбодрукарської системи, які детально представлені в роботі [7]; $X_i^V(z)$ — товщини V -мікропотоків фарби в i -тих точках контакту валіків і циліндрів; $X_{fi}^V(z)$, $X_{of}^V(z)$ — товщини мікропотоків фарби в точках контакту формного циліндра з накочувальними валіками та офсетним циліндром; $X_c^V(z)$ — товщини мікропотоків фарби в місці контакту офсетного циліндра з матеріалом, який задруковується;

$P_i^V(z) = \alpha_i z^{-p_i}$, $R_i^V(z) = (1 - \alpha_{i+1})z^{-r_i}$, $R_{16}^V(z) = (1 - \alpha_{f4} F^V(z) z^{-(p_{f1} + p_{f2} + p_{f3})})z^{-r_{i6}}$,
 $R_{10}^V(z) = (1 - \alpha_{f1} F^V(z))z^{-r_{i0}}$, $P_{f2}^V(z) = \alpha_{f2} F^V(z) z^{-(p_{f1} + p_{f2})}$, $R_9^V(z) = (1 - \alpha_{f2} F^V(z) z^{-p_{f1}})z^{-r_9}$,
 $R_{17}^V(z) = (1 - \alpha_{f3} F^V(z) z^{-(p_{f1} + p_{f2})})z^{-r_{i7}}$, $R_f^V(z) = (1 - \alpha_{of})z^{-r_f}$, $P_{f1}^V(z) = \alpha_{f1} F^V(z) z^{-p_{f1}}$,
 $P_{f3}^V(z) = \alpha_{f3} F^V(z) z^{-(p_{f1} + p_{f2} + p_{f3})}$, $P_{f4}^V(z) = \alpha_{f4} F^V(z) z^{-(p_{f1} + p_{f2} + p_{f3} + p_{f4})}$, $P_{of}^V(z) = \alpha_{of} z^{-p_{of}}$,
 $R_{of}^V(z) = (1 - \beta)z^{-r_{of}}$ — оператори передавання прямих і зворотних мікропотоків фарби елементами фарбодрукарської системи в коловому напрямі; $F^V(z)$ — оператор формування зображення, $P_c^V(z)$ — оператор передавання мікропотоків фарби на папір; $h_c^V(z)$ — товщина мікропотоків фарби, який передається на поверхню відбитка; $P_i(z)^{b_i + v - g_i(z) + \Delta g_{p_i}(z)}$, $R_i(z)^{b_i + v - g_i(z) + \Delta g_{r_i}(z)}$ — оператори передавання прямих і зворотних мікропотоків фарби розтиральними циліндрами.

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

$$g_i(z) = INT \left(\frac{b_{oci}}{2\Delta b} \cdot \frac{z-1}{z} Z \left\{ \frac{1}{s} L \left\{ \sin \frac{2\pi t}{T_f} \right\} \right\} \right), \quad (2)$$

де b_{oci} — величина осьового ходу i -го розтирального циліндра; Δb — ширина V -го мікропотоків фарби; T_f — тривалість циклу роботи розтирального циліндра.

Зазначимо, що на процес переміщення фарби в осьовому напрямі між двома сусідніми валіками суттєво впливає і топологія фарбової групи, тобто позиції точок контактів валіків із розтиральним циліндром. Так, при переміщенні V -мікропотоків фарби поверхнею розтирального циліндра між двома сусідніми валіками за час p_i відносних одиниць цей мікропотік зміститься і в осьовому напрямі на величину $\Delta g_{p_i}(z)$, яка визначається рівнянням:

$$\Delta g_{p_i}(z) = g_i(z)(1 - z^{-p_i}). \quad (3)$$

Аналогічно можна визначити зміщення і зворотніх потоків фарби $\Delta g_{r_i}(z)$ при переміщенні їх поверхнею розтирального циліндра між двома сусідніми валіками.

Для створення моделі форми оператори формування зображення в межах кожного ν -мікропотoku можна подати в такому вигляді:

$$F^\nu(z) = (1 - z^{-a_1^\nu} + z^{-(a_1^\nu + c_1^\nu)} - z^{-(a_1^\nu + c_1^\nu + a_2^\nu)} + z^{-(a_1^\nu + c_1^\nu + a_2^\nu + c_1^\nu)} - \\ - z^{-(a_1^\nu + c_1^\nu + \dots + c_{n-1}^\nu + a_n^\nu)} + z^{-(a_1^\nu + c_1^\nu + \dots + a_n^\nu + c_n^\nu)})(1 - z^{-d_f})^{-1}, \quad (4)$$

де a_i^ν , c_i^ν — розміри друкувальних і пробільних елементів у межах ν -го мікропотoku фарби, d_f — відносний час циклу роботи фарбодрукарської системи офсетної машини.

Розроблена математична модель дає можливість змінювати кількість, а відповідно і ширину фарбових мікропотоків та з різною точністю задавати транспортні запізнення передачі фарби, що уможливило відтворення растрових зображень із будь-якою роздільною здатністю.

Висновки. У публікації розроблено універсальну тривимірну математичну модель фарбодрукарської системи офсетної машини фірми Heidelberg «Speedmaster-74», до механізму якої входять n -зонний фарбоживильний пристрій, чотири розтиральні циліндри та чотири накочувальні валики. Циркулювання кожного з фарбових мікропотоків поверхнею валиків і циліндрів задається відповідною системою рівнянь. Детально описано роботу багатозонного фарбоживильного пристрою та розтиральних циліндрів. Модель дає можливість отримати інформацію про динамічну зміну параметрів мікропотоків фарби на поверхні елементів фарбодрукарської системи та відбитках. Розроблена математична модель є універсальною, оскільки вона придатна для симулювання і дослідження процесів фарбопередачі при відтворенні растрових зображень із різною роздільною здатністю та отримувати тривимірні зображення відбитків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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

6. Верхола М. І. Інформаційна технологія аналізу фарбодрукарської системи з чотирма накочувальними валіками на основі її тривимірної математичної моделі / М. І. Верхола // Поліграфія і видавнича справа. — 2016. — № 1 (71). — С. 39–50.
7. Верхола М. І. Двовимірна модель фарбодрукарської системи з трьома накочувальними валіками / М. І. Верхола // Наукові записки [Української академії друкарства]. — 2016. — № 1(52). — С.32–41.

REFERENCES

1. Alekseyev, G. V. (1980). Krasochnyye apparaty rotatsionnykh mashin vysokoy i ploskoy pechati. Moskva: Kniga (in Russian).
2. Lutskiv, M. M. (2008). Vyznachennya tochnosti farbo-drukars'koyi systemy poslidovnoyi struktury dlya zadanykh intervaliv tonovidtvorennya zobrazhennya. Komp'yuterni tekhnolohiyi drukarstva, 20, 25–33 (in Ukrainian).
3. Lozovy, P. I. (2010). Vyznachennya tochnosti korotkykh farbodrukars'kykh system pry vidtvorenni zobrazhen'. Komp'yuterni tekhnolohiyi drukarstva, (23), 35–44 (in Ukrainian).
4. Verkhola, M. I., Huk, I. B. & Spolyak, R. M. (2012). Modelyuvannya ta vyznachennya vplyvu kharakteru navantazhennya na tochnist' farbodrukars'koyi systemy v dynamitsi. Komp'yuterni tekhnolohiyi drukarstva, 27, 13–23 (in Ukrainian).
5. Verkhola, M. I., Durnyak, B. V., Huk, I. B. & Panovyk, U. P. (2014). Informatsiyana tekhnolohiya vyznachennya tochnosti vidtvorennya zobrazhennya na vidbytkakh farbodrukars'koyu systemoyu poslidovno paralel'noyi struktury. Komp'yuterni tekhnolohiyi drukarstva, 31, 3–17 (in Ukrainian).
6. Verkhola, M. I. (2016). Informatsiyana tekhnolohiya analizu farbodrukars'koyi systemy z chotyryma nakochuval'nymy valykamy na osnovi yiyi tryvymirnoyi matematychnoyi modeli. Polihrafiya i vydavnycha справа, 1 (71), 39–50 (in Ukrainian).
7. Verkhola, M. I. (2016) Dvovymirna model' farbodrukars'koyi systemy z tr'oma nakochuval'nymy valykamy. Naukovi zapysky, 1 (52), 32–41 (in Ukrainian).

UNIVERSAL INFORMATION THREE-DIMENSIONAL INK PRINTING SYSTEM MODEL OF OFFSET PRESS «SPEEDMASTER-74»

M. I. Verkhola

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

The algorithm for creating of ink printing systems three-dimension model has been proposed, under which the universal three-dimensional mathematical model of ink printing system offset press of the company Heidelberg «Speedmaster-74» has been developed. The ink transfer and its distribution in ink printing system are presented by

k · n microflows each of which is described by equations based on discrete transformation methods. The working mode of n-zones of ink feeding unit and oscillating cylinders with a complex trajectory has been mathematically described because they both perform turning and axial movements. The image on the surface of the printing plate system is set by the operator that generates the character of printing and blank elements placement. The developed mathematical model is universal because it makes possible to research ink transfer processes for raster images reproduction with different resolution and obtain three-dimensional images of imprints in the ink printing system output.

Keywords: *three-dimension mathematical model, ink feeding system, branched signal graph, oscillating cylinder, processes of ink transfer and distribution, ink micro flows, printing plate.*

Стаття надійшла до редакції 01.08.2016.

Received 01.08.2016.