

УДК 681.6.004.9

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АНАЛІЗУ
ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ
З ЧОТИРМА НАКОЧУВАЛЬНИМИ ВАЛИКАМИ
НА ОСНОВІ ЇЇ ТРИВИМІРНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ**

М. І. Верхола

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

Розв'язано завдання розроблення інформаційної технології аналізу фарбодрукарських систем офсетних машин. Для цього створено математичну модель фарбодрукарської системи, яка описує процеси циркулювання потоків фарби і відтворення відбитків у тривимірному зображенні. Модель відображає роботу n-зонного фарбоживильного пристрою, який забезпечує дискретне подавання фарби. Процес передавання фарби в кожній зоні представлено k мікропотоками, кожен з яких описується системою рівнянь за допомогою z-перетворень. Математично описано роботу розтиральних циліндрів, які виконують складний рух, оскільки одночасно з обертанням здійснюють осьове зворотно-поступальне переміщення. Зображення на друкарській формі описується операторами формування друкувальних елементів. На основі математичної моделі побудовано симулятор фарбодрукарської системи в середовищі Matlab Simulink, який дає можливість проводити дослідження розподілу і передавання фарби в таких системах з урахуванням дії технологічних збурень та визначати товщину шару фарби в будь-якій точці фарбодрукарської системи.

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

Постановка проблеми. Фарбодрукарські системи офсетних машин, які використовуються в поліграфічному виробництві для отримання друкованої продукції, мають різну структуру. Кількість валиків і циліндрів, яка входить до складу фарбодрукарських систем, може змінюватись у досить широкому діапазоні — від дев'яти до двадцяти восьми [1]. Як відомо, фарбову систему ділять на три основні частини: фарбоживильну, розкочувальну та накочувальну [2]. В офсетних друкарських машинах переважно застосовують дукторно-ножевий фарбоживильний пристрій, до складу якого входять дукторний циліндр, передавальний валик та органи регулювання подавання фарби в окремих зонах. Розкочувальна група складається з металевих циліндрів, які мають примусовий привід, синхронізований з обертанням формного циліндра та валиків з еластичним покриттям, які обертаються фрикційно. Для вирівнювання рельєфу фарби, який виникає на поверхні елементів розкочувальної групи через відбір фарби друкувальними елементами форми, можливі дефекти

і деформації валиків, розкочувальним циліндрам, крім обертового, надається ще й осьовий зворотно-поступальний рух. Але таке розкочування фарби розтиральними циліндрами призводить до перерозподілу фарби в поперечному напрямі і, відповідно, ускладнює попереднє регулювання її подавання. В накочувальній групі кількість валиків може бути від одного до п'яти. У більшості офсетних машин малого формату є три накочувальних валики, а великого формату — чотири.

Беручи до уваги лише конструктивні параметри фарбодрукарської системи офсетних машин, важко зробити однозначний висновок про те, яка із машин забезпечує вищу якість друкованої продукції. Експериментальним шляхом розв'язувати цю задачу недоцільно, оскільки, по-перше, це потребуватиме великих матеріальних затрат, а по-друге, не дасть остаточної відповіді щодо точності відтворення зображення фарбодрукарською системою через недосконалість наявних засобів вимірювання товщини фарби.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Розв'язувати задачі аналізу фарбодрукарських систем та визначати точність відтворення друкованого зображення пропонується шляхом розроблення інформаційної технології. Для цього потрібно скласти математичну модель відповідної фарбодрукарської системи і на її основі розробити програму на базі однієї з мов об'єктно-орієнтованого програмування або побудувати симулятор моделі в середовищі Matlab Simulink.

У праці [3] запропоновано математичний опис, який відображає подавання фарби у вигляді порцій певної товщини і ширини та передавання її до відбитків, але не враховує зворотнє передавання фарби від першого розкочувального валика до дукторного циліндра. У публікаціях [4, 5] досліджено точність простих фарбодрукарських систем на основі їх статичних моделей. Визначено похибки тоновідтворення зображення в різних інтервалах, які відповідають різній щільності заповнення форми друкувальними елементами. Але ці моделі не враховують збурюючої дії розтиральних циліндрів та фарбоживильного пристрою. У праці [6] досліджується точність передавання фарби на відбитки для різних діапазонів передавання тону та способів подавання фарби, але в цьому випадку не враховується дія розтиральних циліндрів. У публікації [7] розроблена математична модель фарбодрукарської системи з двома накочувальними валиками та розтиральним циліндром, яка дає можливість відтворювати тривимірні зображення відбитків. На основі цієї моделі проведено дослідження точності фарбодрукарської системи при передаванні складних зображень. Однак ця модель не враховує роботу фарбоживильного пристрою, тому не повною мірою описує процеси розподілу і передавання фарби, які відбуваються в реальних фарбодрукарських системах.

Мета статті — розроблення інформаційної технології дослідження фарбодрукарської системи з чотирма накочувальними валиками на основі її тривимірної математичної моделі, яка дає можливість проводити аналіз і визначати точність таких систем при відтворенні зображень різної складності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Завдання розроблення тривимірної математичної моделі фарбодрукарської системи з чотирма накочувальними валиками розглянемо на прикладі фарбодрукарської системи офсетної машини GTO-52, схема якої зображена на рис. 1. Порції фарби від дукторного циліндра ДЦ транспортуються передавальним валиком ПВ до розтирального циліндра 1. Далі

потоки фарби циркулюють поверхнями валиків і циліндрів, сумуючись при входженні в місця їх контактів і розщеплюючись на виході. На друкувальні елементи форми, яка закріплена на формному циліндрі ФЦ, фарба передається накочувальними валиками 7, 8, 10, 13. До складу фарбодрукарської системи входять чотири розтиральні циліндри (1, 3, 5 та 12), які одночасно з обертним рухом здійснюють зворотно-поступальне осьове переміщення. З поверхні форми фарба передається на офсетний циліндр ОЦ, який наносить відбитки на матеріал, що задруковується.

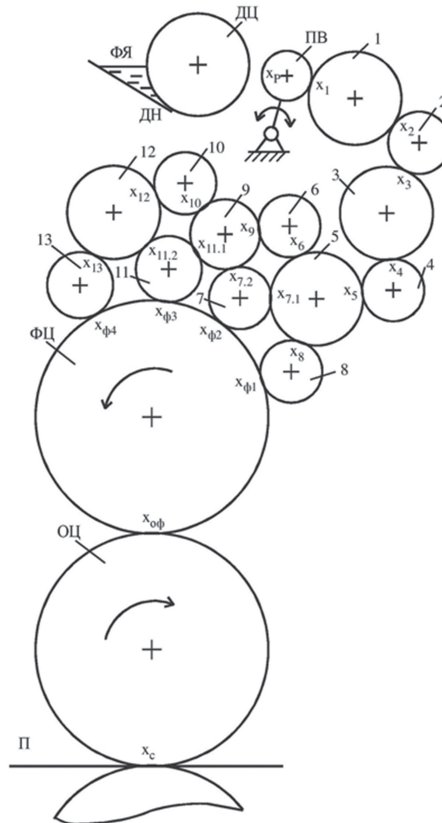


Рис.1. Схема фарбодрукарської системи офсетної машини GTO-52

За схемою фарбодрукарської системи побудовано сигнальний граф (рис. 2), який наочно відображає циркулювання мікропотоків фарби. Вершини на вході сигнального графа відповідають товщинам шарів фарби, що подаються у відповідних зонах на вхід фарбодрукарської системи. Всі інші вершини графа відображають товщини мікропотоків фарби у відповідних точках контакту елементів фарбодрукарської системи. Вершини сигнального графа з'єднані відрізками та дугами, які відображають переміщення мікропотоків фарби поверхнями валиків і циліндрів. Вершини на виході фарбодрукарської системи відповідають мікروتовщинам фарби на друкарських відбитках.

Розробляючи математичну модель, робимо такі припущення: діаметри валиків та циліндрів мають різну величину; діаметр формного циліндра задається з ура-

хуванням товщини друкарської форми, а діаметр офсетного циліндра — з урахуванням товщини офсетного полотна; лінійні швидкості поверхонь фарбових валиків та циліндрів однакові; поверхні елементів фарбодрукарської системи умовно поділені на зони, кількість яких дорівнює кількості органів регулювання подавання фарби, а ширина — ширині зони регулювання; в кожній зоні циркулює k -мікропотоків фарби; довжини кіл валиків та циліндрів поділені на ціле число умовних одиниць; час проходження мікропоту фарби поверхнею елементів фарбодрукарської системи шляху довжиною в 1 у.о. відповідає одній відносній одиниці; період переміщення розтиральних циліндрів в осьовому напрямі відповідає одному або декільком циклам роботи офсетної друкарської машини; ширини потоків фарби, які переміщуються в осьовому напрямі краями розтиральних циліндрів за межі крайніх зон валиків, що мають тільки обертовий рух, складаються з b_i мікропотоків; ширина окремого мікропоту фарби становить 1 у.о.

Враховуючи зроблені припущення, за сигнальним графом, який зображений на рис. 2, складаємо системи рівнянь:

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

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

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

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

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

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

$$X_3^1(z) = P_2^1(z)X_2^1(z) + R_3^{b_3+1-g_3}(z)X_4^1(z);$$

$$X_4^1(z) = P_3^{b_3+1-g_3}(z)X_3^1(z) + R_4^1(z)X_5^1(z);$$

$$X_5^1(z) = P_4^1(z)X_4^1(z) + R_5^{b_5+1-g_5}(z)X_8^1(z);$$

$$X_6^1(z) = P_{5.1}^{b_5+1-g_5}(z)X_5^1(z) + R_6^1(z)X_9^1(z);$$

$$X_{7.1}^1(z) = P_{5.2}^{b_5+1-g_5}(z)X_6^1(z) + P_{7.2}^1(z)X_{7.2}^1(z);$$

$$X_{7.2}^1(z) = P_{9.3}^{b_5+1-g_5}(z)X_{11.1}^1(z) + R_7^1(z)X_{12}^1(z);$$

$$X_8^1(z) = P_{5.3}(z)X_{7.1}^1(z) + R_8^1(z)X_{f1}^1(z);$$

$$X_9^1(z) = P_6^1(z)X_1^1(z) + R_9^1(z)X_{7.2}^1(z);$$

$$X_{10}^1(z) = P_{9.1}^1(z)X_9^1(z) + R_{10}^1(z)X_{12}^1(z);$$

$$X_{11.1}^1(z) = P_{9.2}^1(z)X_{10}^1(z) + P_{11.2}^1(z)X_{11.2}^1(z);$$

$$X_{11.2}^1(z) = P_{12.2}^{b_{12}+1-g_{12}}(z)X_{13}^1(z) + R_{11}^1(z)X_{f3}^1(z);$$

$$X_{12}^1(z) = P_{10}^1(z)X_{10}^1(z) + R_{12}^{b_{12}+1-g_{12}}(z)X_{11.2}^1(z);$$

$$X_{13}^1(z) = P_{12.1}^{b_{12}+1-g_{12}}(z)X_{12}^1(z) + R_{13}^1(z)X_{f4}^1(z);$$

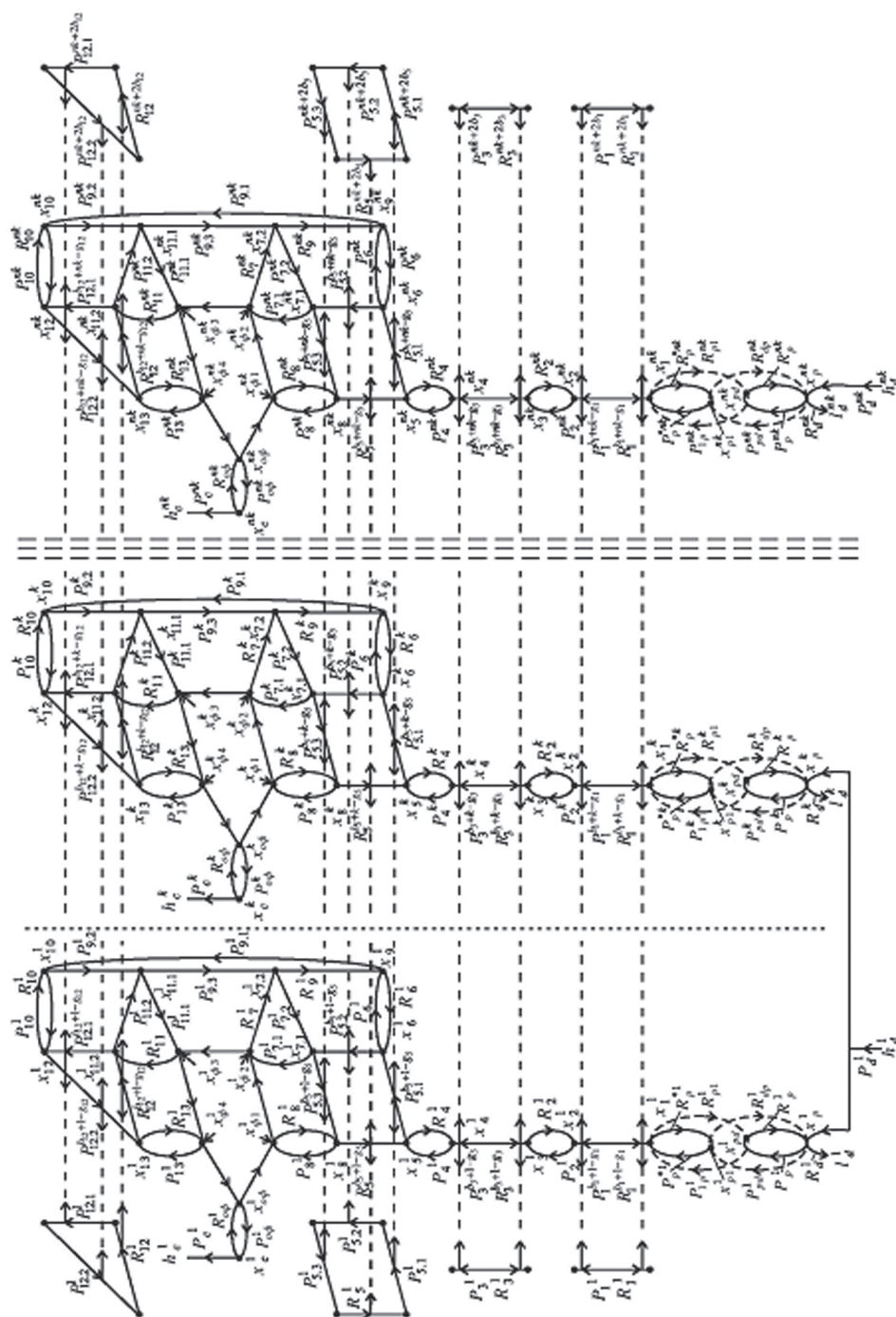


Рис.2. Сигнальний граф тривимірної моделі фарбодрукерської системи з чотирма накопувальними ваннами

$$\begin{aligned}
X_{f1}^1(z) &= P_8^1(z)X_8^1(z) + R_f^1(z)X_{of}^1(z); \\
X_{f2}^1(z) &= P_{f1}^1(z)X_{f1}^1(z) + P_{7.1}^1(z)X_{7.1}^1(z); \\
X_{f3}^1(z) &= P_{f2}^1(z)X_{f2}^1(z) + P_{11.1}^1(z)X_{11.1}^1(z); \\
X_{f4}^1(z) &= P_{f3}^1(z)X_{f3}^1(z) + P_{13}^1(z)X_{13}^1(z); \\
X_{of}^1(z) &= P_{f4}^1(z)X_{f4}^1(z) + P_{of}^1(z)X_c^1(z); \\
X_c^1(z) &= P_{of}^1(z)X_{of}^1(z); \quad h_c^1(z) = P_c^1(z)X_c^1(z);
\end{aligned}$$

– для останнього k -го мікропотоків першої зони:

$$\begin{aligned}
X_p^k(z) &= P_d^k(z)h_d^k(z) + R_p^k(z)X_{pd}^k(z) + R_p^k(z)R_{dp}^k(z)X_1^k(z); \\
X_{pd}^k(z) &= P_p^k(z)P_g(z)X_p^k(z) + R_{p1}^k(z)X_{p1}^k(z); \quad l_d^k(z) = R_d^k(z)X_p^k(z); \\
X_{p1}^k(z) &= P_{pd}^k(z)X_{pd}^k(z) + R_{p1}^{*k}(z)P_r(z)X_1^k(z); \\
X_1^k(z) &= P_{1p}^k(z)P_p^k(z)X_p^k(z) + P_p^{*k}(z)X_{p1}^k(z) + R_1^{b_1+k-g_1}(z)X_2^k(z); \\
X_2^k(z) &= P_1^{b_1+k-g_1}(z)X_1^k(z) + R_2^k(z)X_3^k(z); \\
X_3^k(z) &= P_2^k(z)X_2^k(z) + R_3^{b_3+k-g_3}(z)X_4^k(z); \\
X_4^k(z) &= P_3^{b_3+k-g_3}(z)X_3^k(z) + R_4^k(z)X_5^k(z); \\
X_5^k(z) &= P_4^k(z)X_4^k(z) + R_5^{b_5+k-g_5}(z)X_8^k(z); \\
X_6^k(z) &= P_{5.1}^{b_5+k-g_5}(z)X_5^k(z) + R_6^k(z)X_9^k(z); \\
X_{7.1}^k(z) &= P_{5.2}^{b_5+k-g_5}(z)X_6^k(z) + P_{7.2}^k(z)X_{7.2}^k(z); \\
X_{7.2}^k(z) &= P_{9.3}^{b_5+k-g_5}(z)X_{11.1}^k(z) + R_7^k(z)X_{12}^k(z); \\
X_8^k(z) &= P_{5.3}^k(z)X_{7.1}^k(z) + R_8^k(z)X_{f1}^k(z); \\
X_9^k(z) &= P_6^k(z)X_1^k(z) + R_9^k(z)X_{7.2}^k(z); \\
X_{10}^k(z) &= P_{9.1}^k(z)X_9^k(z) + R_{10}^k(z)X_{12}^k(z); \\
X_{11.1}^k(z) &= P_{9.2}^k(z)X_{10}^k(z) + P_{11.2}^k(z)X_{11.2}^k(z); \\
X_{11.2}^k(z) &= P_{12.2}^{b_{12}+k-g_{12}}(z)X_{13}^k(z) + R_{11}^k(z)X_{f3}^k(z); \\
X_{12}^k(z) &= P_{10}^k(z)X_{10}^k(z) + R_{12}^{b_{12}+k-g_{12}}(z)X_{11.2}^k(z); \\
X_{13}^k(z) &= P_{12.1}^{b_{12}+k-g_{12}}(z)X_{12}^k(z) + R_{13}^k(z)X_{f4}^k(z); \\
X_{f1}^k(z) &= P_8^k(z)X_8^k(z) + R_f^k(z)X_{of}^k(z); \\
X_{f2}^k(z) &= P_{f1}^k(z)X_{f1}^k(z) + P_{7.1}^k(z)X_{7.1}^k(z); \\
X_{f3}^k(z) &= P_{f2}^k(z)X_{f2}^k(z) + P_{11.1}^k(z)X_{11.1}^k(z); \\
X_{f4}^k(z) &= P_{f3}^k(z)X_{f3}^k(z) + P_{13}^k(z)X_{13}^k(z);
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X_{of}^k(z) &= P_{f4}^k(z)X_{f4}^k(z) + P_{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); \\
- \text{ для останнього мікропотоків } n\text{-ї зони:} \\
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^k(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^{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^{b_3+nk-g_3}(z)X_4^{nk}(z); \\
X_4^{nk}(z) &= P_3^{b_3+nk-g_3}(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_8^{nk}(z); \\
X_6^{nk}(z) &= P_{5.1}^{b_5+nk-g_5}(z)X_5^{nk}(z) + R_6^{nk}(z)X_9^{nk}(z); \\
X_{7.1}^{nk}(z) &= P_{5.2}^{b_5+nk-g_5}(z)X_6^{nk}(z) + P_{7.2}^{nk}(z)X_{7.2}^{nk}(z); \\
X_{7.2}^{nk}(z) &= P_{9.3}^{b_5+nk-g_5}(z)X_{11.1}^{nk}(z) + R_7^{nk}(z)X_{12}^{nk}(z); \\
X_8^{nk}(z) &= P_{5.3}^{nk}(z)X_{7.1}^{nk}(z) + R_8^{nk}(z)X_{f1}^{nk}(z); \\
X_9^{nk}(z) &= P_6^{nk}(z)X_1^{nk}(z) + R_9^{nk}(z)X_{7.2}^{nk}(z); \\
X_{10}^{nk}(z) &= P_{9.1}^{nk}(z)X_9^{nk}(z) + R_{10}^{nk}(z)X_{12}^{nk}(z); \\
X_{11.1}^{nk}(z) &= P_{9.2}^{nk}(z)X_{10}^{nk}(z) + P_{11.2}^{nk}(z)X_{11.2}^{nk}(z); \\
X_{11.2}^{nk}(z) &= P_{12.2}^{b_{12}+nk-g_{12}}(z)X_{13}^{nk}(z) + R_{11}^{nk}(z)X_{f3}^{nk}(z); \\
X_{12}^{nk}(z) &= P_{10}^{nk}(z)X_{10}^{nk}(z) + R_{12}^{b_{12}+nk-g_{12}}(z)X_{11.2}^{nk}(z); \\
X_{13}^{nk}(z) &= P_{12.1}^{b_{12}+nk-g_{12}}(z)X_{12}^{nk}(z) + R_{13}^{nk}(z)X_{f4}^{nk}(z); \\
X_{f1}^{nk}(z) &= P_8^{nk}(z)X_8^{nk}(z) + R_f^{nk}(z)X_{of}^{nk}(z); \\
X_{f2}^{nk}(z) &= P_{f1}^{nk}(z)X_{f1}^{nk}(z) + P_{7.1}^{nk}(z)X_{7.1}^{nk}(z); \\
X_{f3}^{nk}(z) &= P_{f2}^{nk}(z)X_{f2}^{nk}(z) + P_{11.1}^{nk}(z)X_{11.1}^{nk}(z); \\
X_{f4}^{nk}(z) &= P_{f3}^{nk}(z)X_{f3}^{nk}(z) + P_{13}^{nk}(z)X_{13}^{nk}(z); \\
X_{of}^{nk}(z) &= P_{f4}^{nk}(z)X_{f4}^{nk}(z) + P_{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 $P_d^j(z) = P_g^j(z)z^{-p_d}$ — оператори передавання прямих потоків фарби в j -й зоні дукторного циліндра; n — кількість зон подавання фарби у фарбодрукарську систему; k — кількість v -х мікропотоків в окремій j -тій зоні; $P_p^v(z) = (P_g^v(z)\alpha_p + \bar{P}_g^v(z))z^{-p_p}$,

$R_p^v(z) = P_g^v(z)z^{-r_p}$, $R_d^v(z) = P_g^v(z)\gamma_d z^{-rd}$, $P_p^{*v}(z) = P_r^v(z)z^{-p_p}$, $R_p^{*v}(z) = \gamma_p P_r^v(z)z^{-r_p}$,
 $P_g^v(z)$, $\overline{P}_g^v(z)$, $P_{nd}^v(z) = z^{-r_p} \overline{P}_g^v(z)z^{-p_r}$, $P_{lp}^v(z) = \overline{P}_g^v(z)z^{-p_r}$, $R_{n1}^v(z) = z^{-p_p} \overline{P}_r^v(z)z^{-R_r}$,
 $R_{dn}^v(z) = \overline{P}_r^v(z)z^{-R_r}$ — оператори передавання v -х мікропотоків фарби поверхнею передавального валика під час його коливального руху між дукторним циліндром та першим розтиральним циліндром розкочувальної групи; p_d, r_d — 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 мікро потоків 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; $X_i^z(z)$ ($i = 1, 2, 3, \dots$) — товщини шарів фарби v -го мікропотoku у точках контакту валиків і циліндрів; $X_{fn}^v(z)$, $X_{of}^v(z)$ — товщини потоків фарби в точках контакту накочувальних валиків формного та офсетного циліндрів; $P_i^v(z) = \alpha_i z^{-p_i}$, $R_i^v(z) = (1 - \alpha_{i+1})z^{-r_i}$, $R_6^v(z) = (1 - \alpha_{f1}F^v(z))z^{-r_6}$,
 $R_7^v(z) = (1 - \alpha_{f2}F^v(z)z^{-p_{f1}})z^{-r_7}$, $R_9^v(z) = (1 - \alpha_{f3}F^v(z)z^{-(p_{f1}+p_{f2})})z^{-r_9}$, $P_{f1}^v(z) = \alpha_{f1}F^v(z)z^{-p_{f1}}$,
 $P_{f2}^v(z) = \alpha_{f2}F^v(z)z^{-(p_{f1}+p_{f2})}$, $P_{f3}^v(z) = \alpha_{f3}F^v(z)z^{-(p_{f1}+p_{f2}+p_{f3})}$, $R_f^v(z) = (1 - \alpha_{of})z^{-r_f}$,
 $P_{of}^v(z) = \alpha_{of}z^{-p_{of}}$, $R_{of}^v(z) = (1 - \beta)z^{-r_{of}}$ — оператори передавання прямих і зворотних мікропотоків фарби в коловому напрямі; $F^v(z)$ — оператор формування навантаження; $P_i^{bi+v-gi}(z)$, $R_i^{bi+v-gi}(z)$ — оператори передавання мікропотоків фарби розтиральними циліндрами; $g_i = g_i(z)$ — переміщення мікропотоків фарби в осьовому напрямі розтиральними циліндрами [7]; $P_c^v(z)$ — оператор передавання мікропотоків фарби з офсетного циліндра на матеріал, що задруковується; $h_c^v(z)$ — товщина мікропотoku на поверхні відбитка.

На підставі математичної моделі (1) та сигнального графа (рис. 2) побудовано симулятор фарбодрукарської системи з чотирма накочувальними валиками, схема якого зображена на рис. 3.

При побудові симулятора геометричні розміри елементів фарбодрукарської системи задаємо через відповідні транспортні запізнення мікропотоків фарби $p_i, r_i, p_{\phi}, r_{\phi}, p_{of}, r_{of}$. Задаємо значення коефіцієнтів передавання фарби в точках контакту елементів фарбодрукарської системи $\alpha_p, \gamma_p, \alpha_r, \gamma_r, \alpha_{\phi}, \gamma_{\phi}, \alpha_{of}, \gamma_{of}$ кожен з яких дорівнює 0,5, а коефіцієнт передавання фарби з поверхні формного циліндра на матеріал, що задруковується $\beta = 0,7$, кількість зон подавання фарби вважаємо рівною 16, що відповідає кількості зон подавання фарби в офсетній машині ГТО-52. Характер переміщення мікропотоків фарби в осьовому напрямі $g(z)$ описуємо рівнянням, поданим у праці [7].

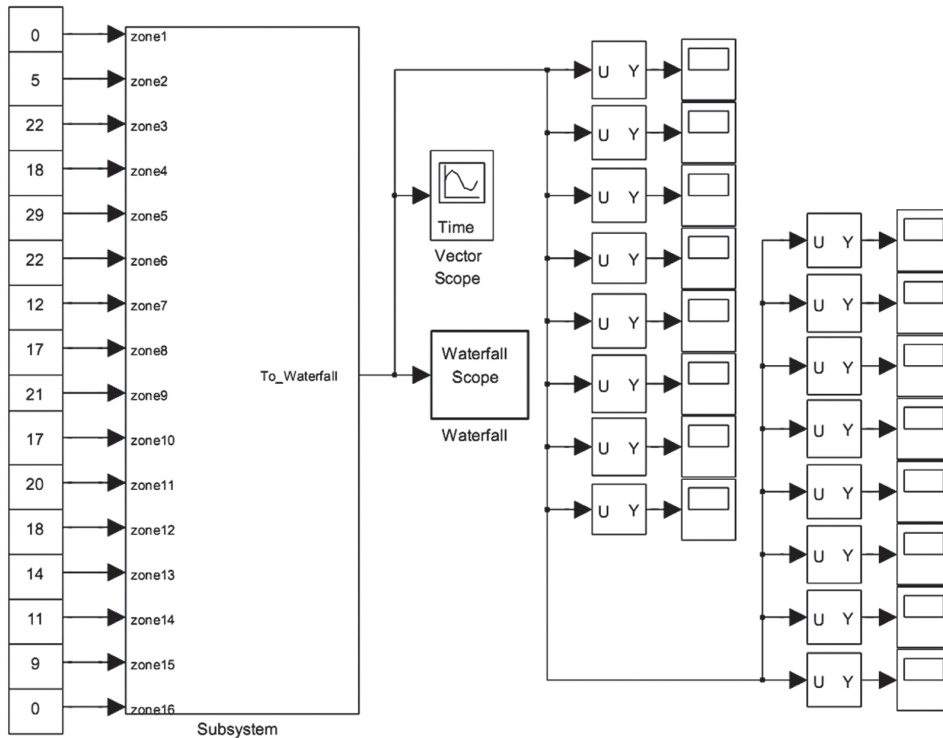


Рис. 3. Симулятор фарбодрукарської системи офсетної машини GTO-52

Для створення форми оператор формування зображення в межах окремого мікропотуку задамо так:

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

де a_i^v, c_i^v — висоти друкувальних і пробільних елементів у межах v -го мікропотуку, d_f — відносний час циклу роботи фарбодрукарської системи.

Для візуального відображення результатів симулювання використовується відповідні блоки: Waterfall Scope — для отримання об'ємного зображення, Vector Scope — для отримання зображення поперечних профілів відбитка та інші Scope — для отримання зображень поздовжніх профілів відбитка в 16 зонах.

Після введення інформації про розроблену друкарську форму, яка відображає напис «АНАЛІЗ ФДС», визначаємо коефіцієнти заповнення форми в усіх 16 зонах. На підставі отриманих даних здійснюємо попереднє налагодження фарбодрукарської системи при відключенні осьового ходу розтиральних циліндрів, яке повинне забезпечити бажану товщину фарби на відбитку в 1 у.о. Після симулювання роботи фарбодрукарської системи отримуємо тривимірне зображення відбитка (рис. 4, а). Проводимо повторне симулювання для цієї форми і попереднього зонального завдання за умови дії розтиральних циліндрів, результат якого зображений на рис. 4, б.

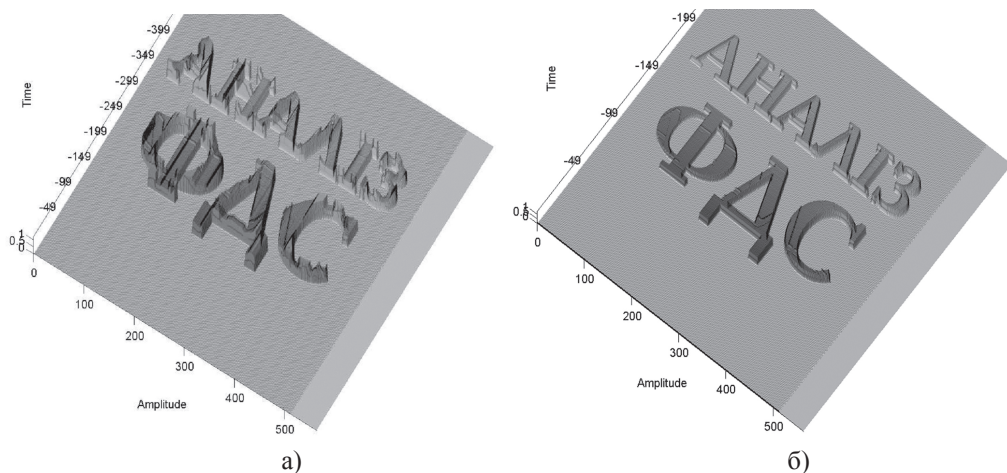


Рис. 4. Тривимірні зображення відбитка напису «Аналіз ФДС»

Нерівномірність товщини шару фарби на поверхні відбитка (рис. 4, а) пояснюється наявністю рельєфів фарби на накочувальних валиках за відсутності осьового ходу розтиральних циліндрів.

Кількісну оцінку точності передавання u -х мікропотоків фарби на поверхню матеріалу, що задруковується, можна провести за таким виразом:

$$\delta_{h_C}^v, \% = \left[(h_C^v(z) - h_{C_{баж}}^v(z)) \cdot (h_{C_{баж}}^v(z))^{-1} \right] \cdot 100\%,$$

де $h_{C_{баж}}^v$ і h_C^v — бажана і отримана товщина мікропотoku фарби на поверхні матеріалу, що задруковується.

Висновки. У праці запропоновано методику побудови інформаційної технології аналізу фарбодрукарських систем. Для цього розроблено тривимірну математичну модель фарбодрукарської системи, яка описує роботу n -зонного фарбоживильного пристрою, циркулювання мікропотоків фарби поверхню елементів фарбодрукарської системи, враховує зміщення мікропотоків фарби в осьовому напрямі, спричинене рухом розтиральних циліндрів, та збурення, спричинені вибіркоким відбором фарби друкувальними елементами форми. На підставі математичної моделі побудовано симулятор фарбодрукарської системи, який імітує роботу всіх її елементів і дає можливість досліджувати процеси фарбопередавання та визначати точність відтворення друкарських відбитків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шаблій І. В. Оцінка фарбових апаратів аркушевих офсетних машин / І. В. Шаблій // Палітра друку. — 2000. — № 1. — С. 30–38.
2. Алексеев Г. В. Красочные аппараты ротационных машин высокой и плоской печати / Г. В. Алексеев. — М. : Книга, 1980. — 184 с.
3. Верхола М. І. Моделювання та аналіз режиму подавання фарби на процес її розкочування у фарбовій системі / М. І. Верхола, В. М. Бабінець, І. Б. Гук // Комп'ютерні технології друкарства. — 2002. — № 8. — С. 3–15.

4. 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.
5. Лозовий П. І. Визначення точності коротких фарбодрукарських систем при відтворенні зображень / П. І. Лозовий // Комп'ютерні технології друкарства. — 2010. — № 23. — С. 35–44.
6. 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.
7. 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.

REFERENCES

1. Shabliy, I.V. (2000). Otsinka farbovikh apparativ arkushevih ofsetnih mashin. Palitra druku, 1, 30–38 (in Ukrainian).
2. Alekseev, G.V. (1980). Krasochnye apparaty rotatsionnyh mashin vysokoy i ploskoy pechati. Moscow: Kniga (in Russian).
3. Verhola, M.I., Babinets, V.M., Guk, I.B. (2002). Modelyuvannya ta analiz rezhimu podachi farbi na protsesy iyi rozkochuvannya u farboviy sistemi. Komp'yuterni tehnologiyi drukarstva, 8, 3–15 (in Ukrainian).
4. Lutskevych, M.M., Ribak, V.M. (2008). Vyznachennya tochnosti farbo-drukarskoyi sistemi poslidovnoyi strukturi dlya zadanih intervaliv tonovidtvorenniya zobrazhenniya. Komp'yuterni tehnologiyi drukarstv, 20, 25–33 (in Ukrainian).
5. Lozoviy, P.I. (2010). Vyznachennya tochnosti kortokh farbodrukarskikh sistem pri vidtvorenni zobrazhen. Komp'yuterni tehnologiyi drukarstva, 23, 35–44 (in Ukrainian).
6. Verhola, M.I., Guk, I.B., Spolyak, R.M. (2012). Modelyuvannya ta vyznachennya vplyvu harakteru navantazhennya na tochnist farbodrukarskoyi sistemi v dinamitsi. Komp'yuterni tehnologiyi drukarstva, 27, 13–23 (in Ukrainian).
7. Verhola, M.I., Durnyak, B.V., Guk, I.B., Panovik, U.P. (2014). Informatsiyna tehnologiya vyznachennya tochnosti vidtvorenniya zobrazhennya na vidbitkah farbodrukarskoyu sistemoyu poslidovno paralelnoyi strukturi. Komp'yuterni tehnologiyi drukarstva, 31, 3–17 (in Ukrainian).

INFORMATION TECHNOLOGY FOR ANALYSIS OF INK PRINTING SYSTEM WITH FOUR FORM ROLLERS BASED ON ITS THREE-DIMENSIONAL MODEL

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 the information technology development for offset machine ink printing systems analysis. For this reason an ink printing system

mathematical model has been created that describes the process of ink flows circulation and imprints reproduction in three-dimensional image. The model displays the work of ink feeding n-zone unit that provides a discrete ink supply. The process of ink transferring in each zone is presented by k ink microflows, each of which is described by z-transformation equations. The work of oscillation cylinders is mathematically described which perform a complex movement, because simultaneously with the rotation they are engaged in axial reciprocating movement. The printing plate image is described by form printing elements operators. Based on the mathematical model of ink printing system a simulator in Matlab Simulink environment has been constructed, which makes it possible to conduct research of ink distribution and transmission in such systems, taking into account the technological disturbances and determining the ink layer thickness at any point of ink printing system.

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

Стаття надійшла до редакції 18.03.2016.

Received 18.03.2016.