

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ
ТОЧНОСТІ ВІДТВОРЕННЯ ЗОБРАЖЕННЯ НА
ВІДБИТКАХ ФАРБОДРУКАРСЬКОЮ СИСТЕМОЮ
ПОСЛІДОВНО-ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ**

Побудована трьохмірна модель фарбодрукарської системи, яка відображає процес колового та осевого розподілу фарби та передачі її на відбитки. Запропонована інформаційна технологія визначення точності передачі фарби друкарськими елементами форми в будь-якій точці відбитка.

The three-dimensional model of the paintprinting system, which represents the process of the circular and axial distributing of paint and its transmission on imprints is built. Information technology of determination of exactness of paint's transmission by the form's printing elements in any point of impress is offered.

1. ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ ТА ЇЇ АКТУАЛЬНІСТЬ

Фарбові системи офсетних фарбодрукарських машин мають складну багатоелементну структуру. Це пов'язано з тим, що в офсетному друці використовуються фарби, які мають підвищену в'язкість [1]. Тому така фарба повинна бути певним чином «підготовлена» до нанесення її на форму, тобто перетворена у відносно малов'язку рідину, здатну рівномірно передаватися на поверхню друкувальних елементів форми. В процесі підготовки фарба проходить декілька стадій: подається фарбоживильним пристроєм у розкочувальну систему; розкочується шляхом накладання потоків фарби при входженні у зону контакту валиків і циліндрів та одночасно розщеплення фарби при виході з цих зон [2, 3, 4], а після поступлення на накочувальні валики передається на друкарську форму. Оскільки фарба сприймається тільки друкувальними елементами форми, то на накочувальних валиках утворюватиметься рельєф, що відобразить характер розщеплення пробільних елементів. Цей рельєф передаватиметься у фарбову систему і негативно впливатиме на рівномірність товщини шару фарби на відбитках. Для вирівнювання

¹ Українська академія друкарства

рельєфів фарби у фарбових системах використовують розтиральні циліндри, яким, крім обертового руху, одночасно надається осьове зворотно-поступальне переміщення. Осьовий рух цих циліндрів приводить до перерозподілу між собою колових потоків фарби, які задаються дукторно-ножовим фарбоживильним пристроєм у межах певної зони однакової товщини і ширини. А це, в свою чергу, негативно впливає на точність попереднього налагодження подачі фарби.

Від точності налагодження фарбодрукарської системи для заданого накладу безпосередньо залежить якість друкованої продукції.

Тому при попередньому налагодженні бажано враховувати вплив усіх збурень, які діють на фарбодрукарські системи зі сторони виходу та входу фарбової системи, а також ті, які вносяться розтиральними циліндрами.

Похибка роботи фарбодрукарської системи відображається на друкарських відбитках. Безпосередньо виміряти товщину шару фарби в будь-якій точці відбитка неможливо. Існують методи і засоби опосередкованого визначення товщини фарби на відбитках через оптичну щільність, які, в свою чергу, є інтегральними параметрами. Крім того між оптичною щільністю і товщиною фарби немає чіткої математичної залежності, а від точності визначення товщини фарби на відбитку залежатиме точність попереднього налагодження фарбодрукарської системи.

Тому проблема визначення товщини фарби в будь-якій точці відбитка є актуальною.

2. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ ПОВ'ЯЗАНИХ З ДАНОЮ ТЕМОЮ

Вирішити дану проблему експериментальним шляхом практично неможливо, оскільки на процес розкочування і передачі фарби впливає чимало факторів: навколишнє середовище, збурення, що передаються від друкарської форми, фарбоживильного пристрою та розтиральних циліндрів, яких може бути в різних офсетних друкарських машинах від 3-х до 5-ти та ряд інших чинників. Тому для вирішення цієї проблеми пропонується розробити інформаційну технологію, яка дала б можливість проводити симулювання та аналіз процесів, що протікають у фарбодрукарських системах з врахуванням усіх наявних збурень, що пов'язані з реалізацією технологічного процесу. А це вимагає адекватного математичного опису процесів колового і осьового розподілу та передачі фарби з врахуванням структури і геометричних розмірів елементів фарбової системи. На підставі математичних моделей розробляються програми на базі однієї з мов об'єктно-

орієнтованого програмування таких як Delphi, Java, C++, або будуються симулятори моделей в середовищі Matlab-Simulink.

Так, в роботі [5] побудовано математичний опис, який відображає процес формування подачі фарби у вигляді певної порції товщини і ширини та передачу їх до розкочувального валика, але не описує передачу фарби у зворотному напрямі. Більш детальний математичний опис процесу подачі фарби представлено в роботі [6]. Проведено моделювання і дослідження процесу розподілу і передачі фарби при різних параметрах тоновідтворення зображення, але при цьому приймаємо, що друкувальні елементи рівномірно розміщені на формі. В статті [7] представлені результати дослідження впливу розміщення друкувальних елементів на процес осьового розподілу і передачі фарби у фарбовій системі. В працях [8, 9] розглядається задача дослідження точності простих фарбодрукарських систем на базі їх статичних моделей. Визначено похибки тоновідтворення зображення в різних інтервалах: у світлих тонах, середніх тонах і тінях, що відповідає різній площі заповнення форми друкувальними елементами.

Варто зазначити, що якщо площа друкувальних елементів, які забезпечують тоновідтворення відбитка, змінюється в коловому напрямі, тобто за координатою часу, то досліджувати точність фарбопередачі за допомогою статичних моделей фарбодрукарських систем неможливо. В статті [10] аналізується точність передачі фарби короткої фарбодрукарської системи при відтворенні растрової шкали. Представлені графічні залежності статичної похибки від інтервалу тонопередачі. Як і в попередніх роботах, для аналізу використовується статична модель, яка не може адекватно відобразити точність фарбодрукарської системи через те, що зміна тонопередачі задається в напрямі координати часу, а на статичних моделях цей параметр відсутній. В роботі [11] досліджується точність передачі фарби на відбитки на базі динамічної моделі фарбової системи в квазіусталеному режимі її роботи. Представлено результати точності фарбопередачі для різних діапазонів передачі тону та способів подачі фарби. Однак в даному випадку не враховується дія розтиральних циліндрів. Отже, як видно з викладеного вище, проблема визначення точності відтворення зображення на даний час не вирішена.

3. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ

Оскільки проблема створення математичної моделі є дуже складною, пропонуємо її вирішувати покроково, тобто не враховувати роботу фарбоживильного пристрою. Щоб відобразити процеси

колового і осьового розподілу та передачі фарби використаємо фарбодрукарську систему розгалуженої структури до складу якої входять чотири розкочувальні валики, розтиральний циліндр, два накочу вальні валики, офсетний і формний циліндри.

Структура фарбодрукарської системи представлена у вигляді багатозонного графа на рис. 1.

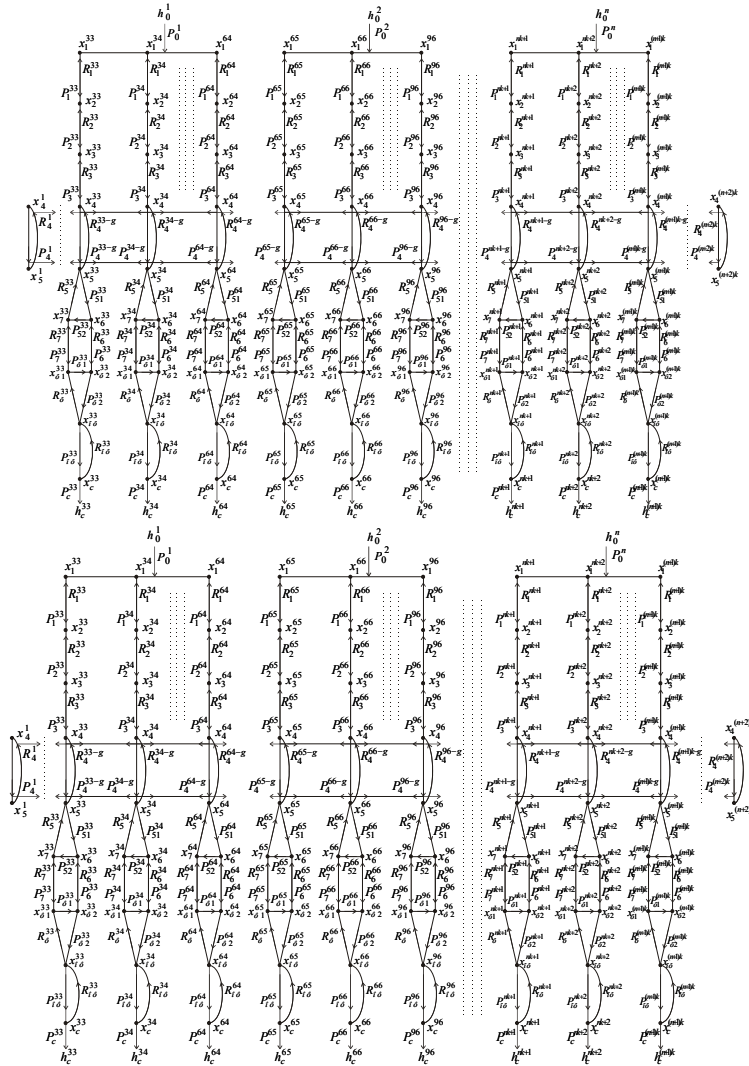


Рис. 1. Граф фарбодрукарської системи

Перша вершина на вході сигнального графа відповідає товщині потоку фарби, яка подається на частину поверхні першого розкочувального валика, ширина якої відповідає ширині зони подачі фарби. А остання вершина на вході графа відображає товщину потоку, що подається на поверхню валика в останній n -ній зоні подачі фарби. Інші вершини графа відповідають товщинам мікропотоків фарби у відповідних точках контакту фарбових валиків і циліндрів. Вершинам на виході фарбодрукарської системи відповідають товщини мікропотоків фарби, які передаються на відбиток. Вершини графа з'єднані дугами, яким відповідають мікропотоки фарби, що циркулюють поверхнями елементів фарбодрукарської системи.

При складанні математичної моделі приймаємо наступні припущення: лінійні швидкості поверхонь фарбових валиків і циліндрів в коловому напрямі рівні між собою; тиск у зонах контакту валиків, розтирального, формного і офсетного циліндрів є сталим; проковзування в коловому напрямі між елементами фарбодрукарської системи відсутнє; довжини кіл валиків і циліндрів поділені на ціле число умовних одиниць; час проходження потоку фарби поверхнею валика, або циліндра – одна умовна одиниця – відповідає одній відносній одиниці; цикл переміщення розтирального циліндра в осьовому напрямі дорівнює часу одного оберта формного, а відповідно і офсетного циліндрів; фарбодрукарська система умовно розділена на n зон, число яких дорівнює кількості регульовальних елементів подачі фарби; величина осьового ходу розтирального циліндра відповідає ширині зони подачі фарби, яка дорівнює 32 у.о.; ширина потоку фарби в кожній зоні складається з k мікропотоків шириною 1 у.о.

На підставі матеріалів публікацій [12, 13, 14, 15] та з врахуванням прийнятих вище припущень складемо за схемою сигнального графа систему рівнянь, що описує процес розподілу і передачі фарби на відбитки:

- для першого мікропотoku на поверхні елементів фарбодрукарської системи, які не переміщуються в осьовому напрямку:

$$\begin{aligned}x_1^{33}(z) &= R_1^{33}(z)x_2^{33}(z) + P_0^1(z)h_0^1(z); \\x_2^{33}(z) &= P_1^{33}(z)x_1^{33}(z) + R_2^{33}(z)x_3^{33}(z); \\x_3^{33}(z) &= P_2^{33}(z)x_2^{33}(z) + R_3^{33}(z)x_4^{33}(z); \\x_4^{33}(z) &= P_3^{33}(z)x_3^{33}(z) + R_4^{33-g}(z)x_5^{33}(z); \\x_5^{33}(z) &= P_4^{33-g}(z)x_4^{33}(z) + R_5^{33}(z)x_6^{33}(z); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
x_6^{33}(z) &= P_{51}^{33}(z)x_5^{33}(z) + R_6^{33}(z)x_{\phi 2}^{33}(z); \\
x_7^{33}(z) &= P_{52}^{33}(z)x_6^{33}(z) + R_7^{33}(z)x_{\phi 1}^{33}(z); \\
x_{\phi 1}^{33}(z) &= P_7^{33}(z)x_7^{33}(z) + R_{\phi}^{33}(z)x_{o\phi}^{33}(z); \\
x_{\phi 2}^{33}(z) &= P_{\phi 1}^{33}(z)x_{\phi 1}^{33}(z) + R_6^{33}(z)x_6^{33}(z); \\
x_{o\phi}^{33}(z) &= P_{\phi 2}^{33}(z)x_{\phi 2}^{33}(z) + R_{o\phi}^{33}(z)x_c^{33}(z); \\
x_c^{33}(z) &= h_c^{33}(z) = P_{o\phi}^{33}(z)x_{o\phi}^{33}(z).
\end{aligned}$$

- для другого мікропотуку:

$$\begin{aligned}
x_1^{34}(z) &= R_1^{34}(z)x_2^{34}(z) + P_0^1(z)h_0^1(z); \\
x_2^{34}(z) &= P_1^{34}(z)x_1^{34}(z) + R_2^{34}(z)x_3^{34}(z); \\
x_3^{34}(z) &= P_2^{34}(z)x_2^{34}(z) + R_3^{34}(z)x_4^{34}(z); \\
x_4^{34}(z) &= P_3^{34}(z)x_3^{34}(z) + R_4^{34-g}(z)x_5^{34}(z); \\
x_5^{34}(z) &= P_4^{34-g}(z)x_4^{34}(z) + R_5^{34}(z)x_6^{34}(z); \\
x_6^{34}(z) &= P_{51}^{34}(z)x_5^{34}(z) + R_6^{34}(z)x_{\phi 2}^{34}(z); \\
x_7^{34}(z) &= P_{52}^{34}(z)x_6^{34}(z) + R_7^{34}(z)x_{\phi 1}^{34}(z); \\
x_{\phi 1}^{34}(z) &= P_7^{34}(z)x_7^{34}(z) + R_{\phi}^{34}(z)x_{o\phi}^{34}(z); \\
x_{\phi 2}^{34}(z) &= P_{\phi 1}^{34}(z)x_{\phi 1}^{34}(z) + R_6^{34}(z)x_6^{34}(z); \\
x_{o\phi}^{34}(z) &= P_{\phi 2}^{34}(z)x_{\phi 2}^{34}(z) + R_{o\phi}^{34}(z)x_c^{34}(z); \\
x_c^{34}(z) &= h_c^{34}(z) = P_{o\phi}^{34}(z)x_{o\phi}^{34}(z).
\end{aligned}$$

.....
- для останнього мікропотуку першої зони:

$$\begin{aligned}
x_1^{64}(z) &= R_1^{64}(z)x_2^{64}(z) + P_0^1(z)h_0^1(z); \\
x_2^{64}(z) &= P_1^{64}(z)x_1^{64}(z) + R_2^{64}(z)x_3^{64}(z); \\
x_3^{64}(z) &= P_2^{64}(z)x_2^{64}(z) + R_3^{64}(z)x_4^{64}(z); \\
x_4^{64}(z) &= P_3^{64}(z)x_3^{64}(z) + R_4^{64-g}(z)x_5^{64}(z); \\
x_5^{64}(z) &= P_4^{64-g}(z)x_4^{64}(z) + R_5^{64}(z)x_6^{64}(z); \\
x_6^{64}(z) &= P_{51}^{64}(z)x_5^{64}(z) + R_6^{64}(z)x_{\phi 2}^{64}(z);
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
x_7^{64}(z) &= P_{52}^{64}(z)x_6^{64}(z) + R_7^{64}(z)x_{\phi_1}^{64}(z); \\
x_{\phi_1}^{64}(z) &= P_7^{64}(z)x_7^{64}(z) + R_{\phi}^{64}(z)x_{o\phi}^{64}(z); \\
x_{\phi_2}^{64}(z) &= P_{\phi_1}^{64}(z)x_{\phi_1}^{64}(z) + R_6^{64}(z)x_6^{64}(z); \\
x_{o\phi}^{64}(z) &= P_{\phi_2}^{64}(z)x_{\phi_2}^{64}(z) + R_{o\phi}^{64}(z)x_c^{64}(z); \\
x_c^{64}(z) &= h_c^{64}(z) = P_{o\phi}^{64}(z)x_{o\phi}^{64}(z).
\end{aligned}$$

.....
.....
.....

- для останнього мікропотoku фарбової системи:

$$\begin{aligned}
x_1^{(n+1)k}(z) &= R_1^{(n+1)k}(z)x_2^{(n+1)k}(z) + P_0^n(z)h_0^n(z); \\
x_2^{(n+1)k}(z) &= P_1^{(n+1)k}(z)x_1^{(n+1)k}(z) + R_2^{(n+1)k}(z)x_3^{(n+1)k}(z); \\
x_3^{(n+1)k}(z) &= P_2^{(n+1)k}(z)x_2^{(n+1)k}(z) + R_3^{(n+1)k}(z)x_4^{(n+1)k}(z); \\
x_4^{(n+1)k}(z) &= P_3^{(n+1)k}(z)x_3^{(n+1)k}(z) + R_4^{(n+1)k-g}(z)x_5^{(n+1)k}(z); \\
x_5^{(n+1)k}(z) &= P_4^{(n+1)k-g}(z)x_4^{(n+1)k}(z) + R_5^{(n+1)k}(z)x_6^{(n+1)k}(z); \\
x_6^{(n+1)k}(z) &= P_{51}^{(n+1)k}(z)x_5^{(n+1)k}(z) + R_6^{(n+1)k}(z)x_{\phi_2}^{(n+1)k}(z); \\
x_7^{(n+1)k}(z) &= P_{52}^{(n+1)k}(z)x_6^{(n+1)k}(z) + R_7^{(n+1)k}(z)x_{\phi_1}^{(n+1)k}(z); \\
x_{\phi_1}^{(n+1)k}(z) &= P_7^{(n+1)k}(z)x_7^{(n+1)k}(z) + R_{\phi}^{(n+1)k}(z)x_{o\phi}^{(n+1)k}(z); \\
x_{\phi_2}^{(n+1)k}(z) &= P_{\phi_1}^{(n+1)k}(z)x_{\phi_1}^{(n+1)k}(z) + R_6^{(n+1)k}(z)x_6^{(n+1)k}(z); \\
x_{o\phi}^{(n+1)k}(z) &= P_{\phi_2}^{(n+1)k}(z)x_{\phi_2}^{(n+1)k}(z) + R_{o\phi}^{(n+1)k}(z)x_c^{(n+1)k}(z); \\
x_c^{(n+1)k}(z) &= h_c^{(n+1)k}(z) = P_{o\phi}^{(n+1)k}(z)x_{o\phi}^{(n+1)k}(z),
\end{aligned}$$

де $x_i^v(z)$ ($i=1,2,3,\dots$) – товщина шару фарби v -го мікропотoku у точках контакту валиків та циліндрів, nk – число мікропотоків фарби; $x_{\phi}^v(z)$, $x_{o\phi}^v(z)$, $x_c^v(z)$ – товщина шару фарби в точках контакту накочувального валика, формного та офсетного циліндрів і паперової стрічки на відповідних мікропотках, $h_0^j(z)$ – товщина шару фарби, яка подається у відповідні зони на вході фарбодрукарської системи; $h_c^v(z)$ – товщина шару фарби мікропотoku на виході; $P_0^j(z)$ – оператор подачі ліній фарби від джерела живлення на перший валик;

$P_i^v(z) = \alpha_i z^{-p_i}$ та $R_i^v(z) = (1 - \alpha_{i+1}) z^{-r_i}$ – оператори передачі прямих і зворотних потоків фарби в коловому напрямку для відповідних мікропотоків; $R_6^v(z) = (1 - \alpha_i F(z) z^{-p_{\phi 1}}) z^{-r_6}$, $R_7^v(z) = (1 - \alpha_i F(z)) z^{-r_7}$, $P_{\phi 1}^v(z) = \alpha_{\phi} z^{-p_{\phi 1}} F(z)$, $P_{\phi 2}^v(z) = \alpha_{\phi} z^{-p_{\phi 2}} F(z) z^{-p_{\phi 2}}$, $R_{\phi}^v(z) = (1 - \alpha_{o\phi}) z^{-r_6}$, $P_{o\phi}^v(z) = \alpha_{o\phi} z^{-p_{o\phi}}$, $R_{o\phi}^v(z) = (1 - \beta) z^{-r_{o\phi}}$ – оператори подачі прямих та зворотних потоків фарби у відповідних мікропотоках на поверхні формного та офсетного циліндрів, $F(z)$ – оператор формування навантаження, $P_c^v(z)$ – оператор передачі фарби з офсетного циліндра на матеріал, який задруковується, $P_i^{v+b-g}(z)$, $R_i^{v+b-g}(z)$ – оператори передачі фарби розтиральним циліндром в коловому й осьовому напрямках одночасно для прямих і зворотних потоків, $g(z)$ – переміщення мікропотоків фарби в осьовому напрямі.

Подамо наведені вище системи рівнянь в матричній формі запису, застосувавши блочні матриці:

$$\begin{bmatrix} \bar{x}_{33}(z) \\ \bar{x}_{34}(z) \\ \bar{x}_{35}(z) \\ \bar{x}_{36}(z) \\ M \\ \bar{x}_{(n+1)k-1}(z) \\ \bar{x}_{(n+1)k}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{P}_{33}(z) & 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \bar{P}_{34}(z) & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \bar{P}_{35}(z) & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \bar{P}_{36}(z) & L & 0 & 0 & 0 \\ M & M & M & M & L & M & M & M \\ 0 & 0 & 0 & 0 & L & 0 & \bar{P}_{(n+1)k-1}(z) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & \bar{P}_{(n+1)k}(z) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \bar{x}_{33}(z) \\ \bar{x}_{34}(z) \\ \bar{x}_{35}(z) \\ \bar{x}_{36}(z) \\ M \\ \bar{x}_{(n+1)k-1}(z) \\ \bar{x}_{(n+1)k}(z) \end{bmatrix} +$$

$$+ \begin{bmatrix} \bar{P}_{33}^1(z) & 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \bar{P}_{34}^1(z) & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \bar{P}_{35}^1(z) & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \bar{P}_{36}^1(z) & L & 0 & 0 & 0 \\ M & M & M & M & L & M & M & M \\ 0 & 0 & 0 & 0 & L & 0 & \bar{P}_{(n+1)k-1}^1(z) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & \bar{P}_{(n+1)k}^1(z) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \bar{H}_{33}^1(z) \\ \bar{H}_{34}^1(z) \\ \bar{H}_{35}^1(z) \\ \bar{H}_{36}^1(z) \\ M \\ \bar{H}_{(n+1)k-1}^1(z) \\ \bar{H}_{(n+1)k}^1(z) \end{bmatrix},$$

де $\bar{P}_v^1(z)$ – блочна матриця операторів передачі прямих та зворотних потоків фарби між точками контактів у відповідних мікропотоках; $\bar{x}_v(z)$ – блок векторів товщин ліній фарби у зонах контакту елементів

фарбової системи; $\bar{P}_v^j(z)$ – блочна матриця операторів подачі ліній фарби на перший валік кожної зони; $\bar{H}_v^j(z)$ – блок векторів товщин ліній фарби, які надходять від джерела живлення на вхід фарбової системи

$$\bar{P}_v(z) = \begin{bmatrix} 0 & R_1^v & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_1^v & 0 & R_2^v & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_2^v & 0 & R_3^v & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_3^v & 0 & R_4^{v-g} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_4^{v-g} & 0 & R_5^v & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & P_{s1}^v & 0 & 0 & 0 & R_6^v & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{s2}^v & 0 & R_7^v & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_7^v & 0 & 0 & R_\phi^v & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_6^v & 0 & P_{\phi1}^v & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{\phi2}^v & 0 & R_{of}^v & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{of}^v & 0 & 0 \end{bmatrix}; \bar{x}_v(z) = \begin{bmatrix} x_1^v(z) \\ x_2^v(z) \\ x_3^v(z) \\ x_4^v(z) \\ x_5^v(z) \\ x_6^v(z) \\ x_7^v(z) \\ x_{\phi1}^v(z) \\ x_{\phi2}^v(z) \\ x_{of}^v(z) \\ x_c^v(z) \end{bmatrix};$$

$$\bar{P}_v^j(z) = \begin{bmatrix} P_0^j(z) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; \bar{H}_v^j(z) = \begin{bmatrix} h_0^j(z) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Використавши попередні залежності запишемо, наприклад, матрицю, яка відображає процес розподілу і передачі мікропотоків фарби від входу фарбодрукарської системи до відбитка в межах першої зони:

$$\begin{bmatrix} X_1^{33}(z) \\ X_2^{33}(z) \\ X_3^{33}(z) \\ X_4^{33}(z) \\ X_5^{33}(z) \\ X_6^{33}(z) \\ X_7^{33}(z) \\ X_{\phi 1}^{33}(z) \\ X_{\phi 2}^{33}(z) \\ X_{\phi c}^{33}(z) \\ L \\ X_1^{64}(z) \\ X_2^{64}(z) \\ X_3^{64}(z) \\ X_{\phi 1}^{64}(z) \\ X_{\phi 2}^{64}(z) \\ X_{\phi c}^{64}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & R_1^{33} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & M & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_1^{33} & 0 & R_2^{33} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & M & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_2^{33} & 0 & R_3^{33} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & M & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_3^{33} & 0 & R_4^{33-g} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & M & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_4^{33-g} & 0 & R_5^{33} & 0 & 0 & 0 & 0 & M & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & P_{s1}^{33} & 0 & 0 & 0 & R_6^{33} & 0 & 0 & M & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{s2}^{33} & 0 & R_7^{33} & 0 & 0 & 0 & M & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{s3}^{33} & 0 & 0 & R_{\phi}^{33} & 0 & M & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{\phi 1}^{33} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{\phi 2}^{33} & 0 & 0 & R_{\phi}^{33} & M & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{\phi c}^{33} & 0 & M & 0 & 0 \\ L & L & L & L & L & L & L & L & L & L & L & L & L & L & L & L & L \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X_1^{33}(z) \\ X_2^{33}(z) \\ X_3^{33}(z) \\ X_4^{33}(z) \\ X_5^{33}(z) \\ X_6^{33}(z) \\ X_7^{33}(z) \\ X_{\phi 1}^{33}(z) \\ X_{\phi 2}^{33}(z) \\ X_{\phi c}^{33}(z) \\ L \\ X_1^{64}(z) \\ X_2^{64}(z) \\ X_3^{64}(z) \\ X_{\phi 1}^{64}(z) \\ X_{\phi 2}^{64}(z) \\ X_{\phi c}^{64}(z) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} P_0^{64} & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} h_0^i(z) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ L \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

4. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ

Сучасні інформаційні технології шляхом комп'ютерного симулювання дозволяють здійснювати імітацію реальних фізичних процесів будь-якої степені складності.

На підставі математичного опису фарбодрукарської системи представленій у вигляді блочних матриць будуємо симулятор процесів розкочування і передачі від джерела живлення до відбитка за допомогою програмного пакету Matlab-Simulink (рис. 2).

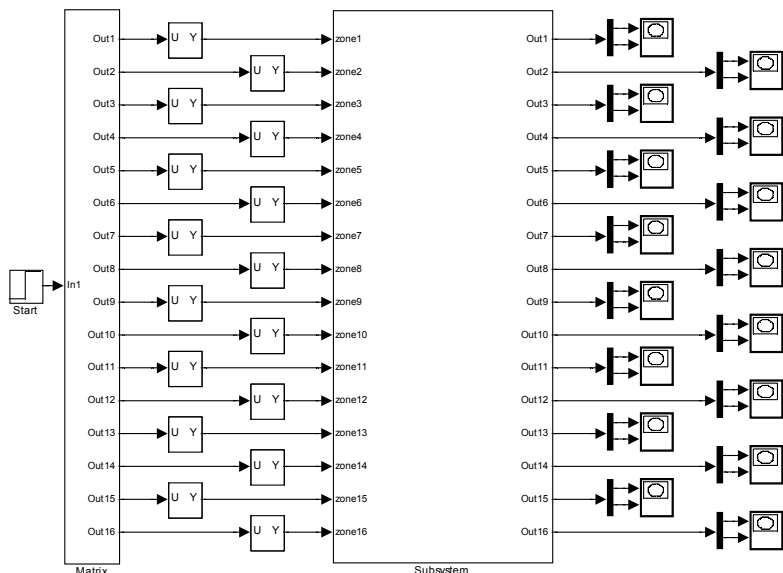


Рис. 2. Симулятор фарбодрукарської системи

При створенні симулятора геометричні розміри фарбодрукарської системи задаємо через відповідні транспортні запізнення при передачі прямих і зворотних мікропотоків фарби $P_i, r_i, P_\phi, r_\phi, P_{of}, r_{of}$. Задаємо значення коефіцієнтів передачі фарби в точках контакту елементів фарбодрукарської системи $\alpha_i, \gamma_i, \alpha_\phi, \gamma_\phi, \alpha_{of}, \gamma_{of}$ – кожен з яких дорівнює 0,5, а коефіцієнт передачі фарби з поверхні формного циліндра на матеріал, що задруковується $\beta=0,7$, кількість зон подачі фарби приймаємо рівною 16-ти. Приймаємо, що характер переміщення мікропотоків фарби в осьовому напрямі описується наступним виразом:

$$g(z) = ENT \left(\frac{e_{oc}}{2\Delta e} Z \left\{ \frac{1 - e^{-Ts}}{s} L \left\{ \sin \frac{2\pi}{T_f} \right\} \right\} \right),$$

де ENT – ціла частина виразу; e_{oc} – величина осьового ходу розтирального циліндра; Δe – ширина ν -го мікропотoku; T_f – період одного оберта формного циліндра, якому відповідає час циклу роботи розтирального циліндра.

Для створення форми на підставі праць [16, 17] оператор формування зображення в межах окремого ν -го мікропотoku задамо наступним чином:

$$F^\nu(z) = (1 - z^{-a_1^\nu} + z^{-(a_1^\nu + c_1^\nu)} - z^{-(a_1^\nu + c_1^\nu + a_2^\nu)} + z^{-(a_1^\nu + c_1^\nu + a_2^\nu + c_2^\nu)} - z^{-(a_1^\nu + c_1^\nu + L + c_{n-1}^\nu + a_n^\nu)} + z^{-(a_1^\nu + c_1^\nu + L + a_n^\nu + c_n^\nu)})(1 - z^{-d_f})^{-1},$$

де a_i^ν, c_i^ν – висоти друкувальних і пробільних елементів в межах ν го мікропотoku, d_f – відносний час одного оберту формного циліндра.

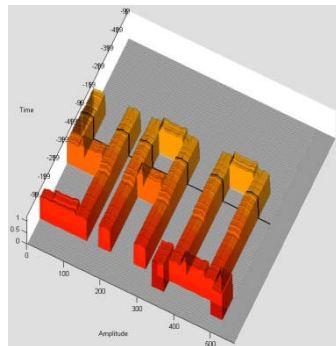


Рис. 3. Трьохмірне зображення відбитка абрєвіатури «УАД»

Після створення зображення на формі, яка відображає абрєвіатуру «УАД», визначаємо коефіцієнти заповнення форми в усіх 16-ти зонах. Задаємо товщини шарів фарби на вході кожної зони такої величини, щоб при передачі їх на відбиток товщина фарби у всіх його точках була однаковою і рівною бажаній, яка становить 1 у.о.

Після симулювання роботи фарбодрукарської системи отримаємо трьохмірне зображення відбитка, представленого на рис. 3.

Для аналізу точності відтворення процесу передачі фарби на відбиток виводимо профілі мікропотоків фарби в поздовжньому напрямку відбитка в трьох різних зонах, зображення яких представлені на рис. 4.

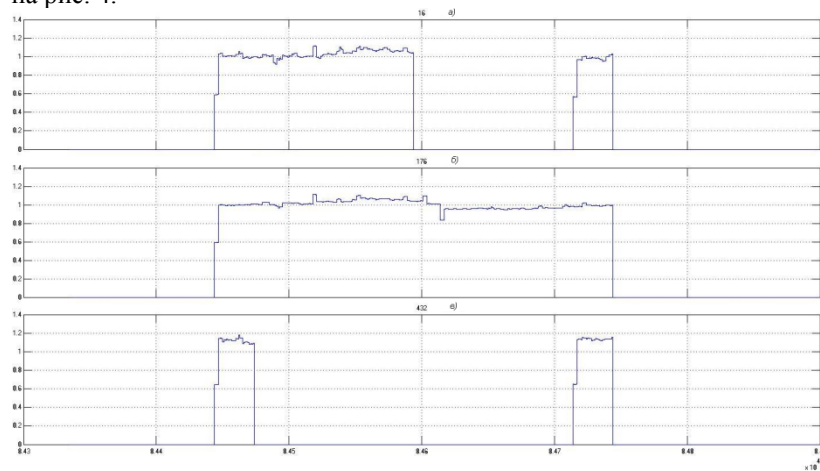


Рис. 4. Зображення профілів мікропотоків фарби відбитка абрєвіатури «УАД»

У першій зоні, яка частково охоплює елементи букви «У», вибрано 16-ий мікропотік, профіль якого відображений на рис. 4.а. Наступний мікропотік за номером 176 (рис. 4.б) знаходиться в межах 6-ї зони, яка проходить вздовж букви «А», а рельєф 432-го мікропотіку 14-ї зони, який проходить вздовж букви «Д», зображений на рис. 4.в. З представлених профілів видно, що товщина фарби на відбитку має нерівномірний характер і відрізняється від бажаної. Для кількісної оцінки точності відтворення фарбовідбитка за товщиною шару фарби використовуємо наступний вираз:

$$\delta_{h_c}(z), \% = \left[(h_c(z) - h_{Сбаж}(z)) \cdot h_{Сбаж}^{-1}(z) \right] \cdot 100\%.$$

Абсолютні і відносні відхилення товщин в окремих позиціях відбитка, які отримані на підставі аналізу моделювання, зведені в таблицю.

Для більш повного представлення можливостей запропонованої інформаційної технології аналізу відтворення точності фарбопередачі на відбиток була створена форма зі складнішим розміщенням друкувальних елементів, яке відображає напис «Українська академія друкарства» та її логотип. Після визначення коефіцієнтів заповнення та відповідного завдання товщин фарби на вході фарбодрукарської системи проведено симулювання і отримано відбиток, який представлено на рис. 5. Як і в попередньому випадку, проводимо

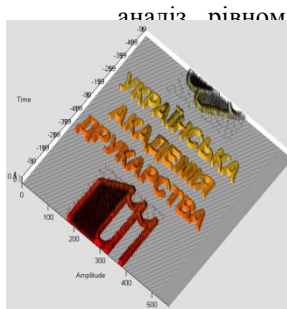


Рис. 5. Трьохмірне зображення відбитка напису «Українська академія друкарства»

аналіз рівномірності товщини шару іманому відбитку при друкарській системі на режим на базі профілів фарби (рис. 6). Рельєф 144-го мікропотуку 5-ї зони на рис. 6.а, рельєф 272-го мікропотуку 9-ї зони на рис. 6.б, а рельєф зони фарби 464-го мікропотуку 15-ї зони представлений на рис. 6.в. Абсолютні і відносні відхилення товщин в окремих позиціях відбитка подані в нижній частині таблиці 1.

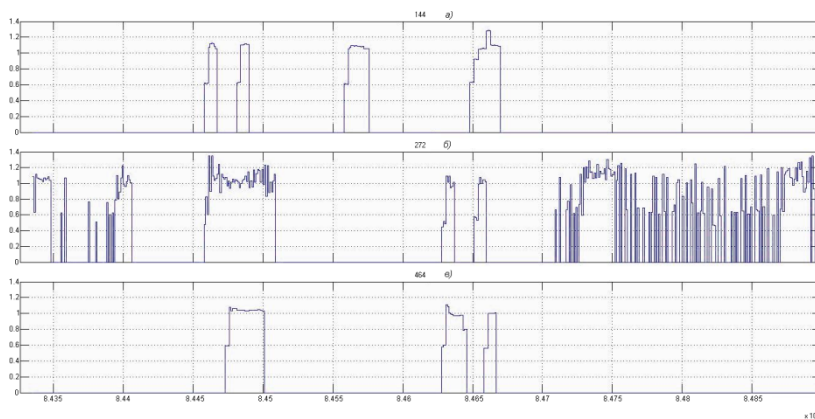


Рис. 6. Зображення профілів мікропотоків фарби відбитка напису «Українська академія друкарства» з логотипом

Таблиця 1

Результати аналізу точності відтворення відбитків

№ зони	№ мікропотуку	Вихідна товщина фарби	Абсолютне відхилення Δ , у.о.	Відносне відхилення, δ , %
1	2	3	4	5
<i>зображення абрєвіатури "УАД"</i>				
1 зона	16 мікропотік	$h_{c \max}=1,118$	0,118	11,8
		$h_{c \min}=0,583$	-0,417	-41,7

1	2	3	4	5
6	176	$h_{c\ max}=1,117$	0,117	11,7
зона	мікропотік	$h_{c\ min}=0,612$	-0,388	38,8
14	432	$h_{c\ max}=1,118$	0,118	11,8
зона	мікропотік	$h_{c\ min}=0,651$	-0,349	34,9
<i>зображення напису "Українська академія друкарства" з логотипом</i>				
5	141	$h_{c\ max}=1,311$	0,311	31,1
зона	мікропотік	$h_{c\ min}=0,625$	-0,375	-37,5
9	272	$h_{c\ max}=1,361$	0,361	36,1
зона	мікропотік	$h_{c\ min}=0,593$	-0,407	-40,7
15	464	$h_{c\ max}=1,141$	0,141	14,1
зона	мікропотік	$h_{c\ min}=0,595$	-0,405	-40,5

5. ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що при зміні тональності фарбопередачі, яка забезпечується друкарською формою в напрямку колового руху друкарської системи, описувати тонопередачу за статичними характеристиками не коректно.

2. При виготовленні форми для відтворення тональних зображень застосовується растрівання. Тому одно- та двомірні моделі не в повній мірі відображають процеси розподілу та передачі фарби.

3. В роботі створена трьохмірна математична модель, яка дає можливість більш точно відтворювати процеси колового й осевого розподілу та передачі фарби в фарбодрукарських системах.

4. Побудовано симулятор фарбодрукарської системи в середовищі Matlab-Simulink, який дає можливість досліджувати процеси передачі фарби на відбиток для різної складності навантаження (широкого діапазону тонопередачі).

5. Запропонована інформаційна технологія дає можливість визначити як поздовжні так і поперечні профілі товщини шару фарби друкарського відбитка в будь-якій точці. Фрагменти аналізу точності відтворення зображення передачі фарби на відбиток, які отриманні за допомогою цієї технології, представлені в таблиці.

1. Раскин А.Н. и др. *Технология печатных процессов*. – М.: Книга. 1989. – 389 с. 2. Алексеев Г.В. *Красочные аппараты ротационных машин высокой и плоской печати*. – М.: Книга. 1980. – 184 с. 3. Митрофанов В.П. и др. *Печатное оборудование*. – М.: Из-во МГУП, 1999. – 442 с. 4. Верхола М.І., Луцків М.М. *Основні засади та сутність розкочування фарби у фарбових системах // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць /Українська академія друкарства (УАД)*. – Львів, 2004, №12.–С.14-25. 5. Верхола М.І., Бабінець В.М., Гук І.Б. *Моделювання та аналіз режиму подачі*

фарби на процес її розкочування у фарбовій системі // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць /УАД. – Львів, 2002, №8.–С.3-15.

6. Верхола М.І., Бабінець В.М. Визначення коефіцієнта передачі фарби передаючим валиком та аналіз розподілу фарби між входом та виходом фарбової системи з трьома накочувальними валіками // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць/УАД. – Львів, 2008, №20.–С.3-24.

7. Верхола М.І., Гук І.Б., Бабінець В.М. Моделювання та аналіз впливу розміщення друкуючих елементів на формі на процес розподілу фарби у фарбових системах // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць/УАД. – Львів, 2007, №18.–С.5-21.

8. Луцків М.М., Рибак В.М. Визначення точності фарбо-друкарської системи послідовної структури для заданих інтервалів тоновідтворення зображення // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць/УАД. – Львів, 2008, №20.–С.25-33.

9. Лозовий П.І. Визначення точності коротких фарбодрукарських систем при відтворенні зображень. // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць/УАД. – Львів, 2010, №23.–С.35-44.

10. Верхола М.І., Споляк Р.М. Моделювання та експериментальне дослідження перехідного процесу фарбодрукарської системи машини Heidelberg GTO-52-2/P // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць /УАД. – Львів, 2011, №26.–С.3-15.

11. Верхола М.І., Гук І.Б., Споляк Р.М. Моделювання та визначення впливу характеру навантаження на точність фарбодрукарської системи в динаміці // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць /УАД. – Львів, 2012, №27.–С.13-23.

12. Верхола М.І., Гук І.Б., Бабінець В.М. Моделювання та аналіз впливу фази розтиральних циліндрів фарбової системи на рівномірність товщини шару фарби на виході // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць /УАД. – Львів, 2002, №9.–С.12-32.

13. Верхола М.І. Двовірна модель фарбової системи з розтиральним циліндром і дослідження на її основі розкочування та передачі фарби // Поліграфія і видавнича справа: Науково-технічний збірник /УАД. – Львів, 2003, №40.–С.73-93.

14. Верхола М., Гук І. Аналіз осьового розкочування фарби в усталеному режимі роботи фарбової системи // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць /УАД. – Львів, 2005, №13.–С.14-34.

15. 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. – Львів, 2010, №23.–С.22-34.

16. Верхола М.І., Гук І.Б., Шаварський Т. Аналіз процесів осьового розкочування фарби розтирочними циліндрами, які контактують з різною кількістю валіків // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць /УАД. – Львів, 2002, №7.–С.49-58.

17. Верхола М.І., Гук І.Б., Бабінець В.М. Моделювання та аналіз впливу розміщення друкуючих елементів на формі на процес розподілу фарби у фарбових системах // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць /УАД. – Львів, 2007, №18.–С.5-21.