

**СЕКЦІЯ
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І АВТОМАТИЗАЦІЇ
ПОЛІГРАФІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА**

УДК 681.624

М.І. Верхола

**МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛУ
(ОСНОВИ ВІДБИТКІВ) І ТОВЩИНИ ФАРБИ НА ФОРМІ НА ЇЇ РОЗКОЧУВАННЯ І
ПЕРЕДАЧУ**

Побудовано двомірну модель фарбової системи й на підставі її проведено моделювання та дослідження впливу властивостей матеріалу (основи відбитків) на розкочування і передачу фарби при різних її завданнях.

Построено двухмерную модель красочной системы и на основании её проведено моделирование и исследование влияния свойств материала (основы оттисков) на раскатывание и передачу краски при различных её заданиях.

Більшість аркушевих і рулонних машин високого й офсетного друку оснащені фарбовими апаратами традиційного типу. Основними елементами їх є валики і циліндри, що контактують між собою й утворюють функціональні групи різного призначення. Передача фарби від дукторного корита до форми супроводжується послідовним підсумовуванням і розщепленням фарбового шару в кожній контактній зоні елементів фарбової системи. Як показано в роботі [1], рівномірність і постійність товщини фарби, яка накопичується на друкарській формі, суттєво залежить від конструкції фарбового апарата, перш за все від кількості, геометричних розмірів і деформаційних властивостей його елементів, а також від кількості контактних зон.

На початку друкування тиражу або після налагодження фарбової системи, тобто після виконання певних регулювальних дій чи після вимушених зупинок друкарської машини, кількість фарби у фарбовій системі змінюється, а відповідно змінюється і товщина шару фарби, що передається на матеріал. З часом між кількістю фарби, що надходить з дукторного вала, і кількістю фарби, яка передається на матеріал, настає рівновага. Тривалість перехідного процесу безпосередньо пов'язана з числом фарбовідбитків, які будуть відбраковуватися як некондиційні. Тому скорочення часу виходу фарбової системи на квазіусталений режим є проблемою, до якої виявляють постійний інтерес розробники фарбових апаратів і систем керування ними.

Зусиллями ряду дослідників на даний час досить різнобічно вивчені проблеми розподілу фарби у фарбових апаратах при усталеному режимі їх роботи [1, 10]. У роботі [10] наведено формулу для визначення кількості циклів роботи друкарської машини, необхідних для стабілізації процесу розкочування і передачі фарби після чергового збурення. Але використання такого підходу має суттєвий недолік: товщину шару фарби на відбитку потрібно вимірювати до дії збурення і після неї, що зробити з достатньою точністю надзвичайно складно. У публікації [8] отримано вираз для визначення часу перехідного процесу фарбової системи, але без врахування дії розтиральних циліндрів. У роботах [2, 4] побудовано моделі та розроблено відповідні програми, які дають можливість визначати час перехідного процесу фарбової системи певної структури з врахуванням осьового розкочування фарби при постійній і дискретній її подачі на вхід відповідних зон. Однак дані моделі відображають процес зміни середнього значення товщини шару фарби в окремій зоні і не враховують впливу властивостей матеріалу, на який передається фарба.

На процес розкочування та передачі фарби, крім будови фарбового апарата й параметрів його налагодження, впливають згідно з [9] реологічні властивості друкарської фарби, температурно-вологісний режим приміщення, питомий тиск на матеріал, тривалість друкарського контакту, товщина шару фарби на друкарській формі та властивість друкарського матеріалу

вбирати фарбу. Такий інтегрований вплив сукупності вищеперахованих факторів створює значні труднощі для експериментального дослідження фарбових систем. Тому виявлення та аналіз впливу окремо взятого фактора на динаміку процесу розкочування і передачі фарби доцільно проводити шляхом комп'ютерного моделювання, що, в свою чергу, вимагає розроблення відповідних моделей.

Отже, побудова двомірних моделей, які давали б можливість досліджувати процес розкочування та передачі фарби, наглядно відображаючи його в динаміці для будь-якої точки як на поверхні елементів фарбової системи, так і на поверхні матеріалу, що задруковується, з врахуванням властивостей останнього, є актуальною задачею.

Розглянемо дане питання на прикладі фарбової системи, представленої в роботі [5]. Структура та діаметри валиків і розтиральних циліндрів відповідають першим семи від входу елементам розкочувально-накочувальної групи фарбового апарата друкарської машини "Romayor-314".

При побудові моделі приймаємо наступні припущення: довжини кіл валиків і циліндрів поділені на ціле число умовних одиниць, яке відповідає довжині кола валика або циліндра в міліметрах; тиск і проковзування в точках контактів елементів фарбової системи відсутні; лінійні швидкості поверхонь валиків і циліндрів однакові; дукторний циліндр розділений на зони однакової ширини, число яких дорівнює кількості регульовальних гвинтів подачі фарби в реальній машині; товщина шару фарби, що подається на вхід фарбової системи, у межах однієї зони стала; поверхні фарбових валиків розтиральних циліндрів, форми та офсетного циліндра розділені на лінії, по яких передається фарба; ширина ліній однакова і дорівнює одній умовній одиниці, що може відповідати одному або декільком міліметрам (чи його частинам) ширини фарбового апарата друкарської машини.

На основі вищезазначених припущень за схемою фарбової системи, зображеної на рис. 1 в роботі [5], будуємо сигнальний граф (рис. 1). Вершини графа відображають змінні, що відповідають товщинам фарби в місцях контакту елементів фарбової системи в межах окремих ліній. Вертикальні відрізки зі стрілками відображають оператори передачі прямих і зворотних потоків фарби у відповідних лініях на поверхні елементів фарбової системи; вертикальні відрізки лише зі стрілками вниз відповідають операторам передачі прямих потоків фарби, а дуги – операторам зворотних потоків фарби на поверхні першого розтирального циліндра; відрізки з однією стрілкою, які утворюють різносторонні трикутники, відповідають операторам передачі потоків фарби у відповідних лініях на поверхні другого розтирального циліндра та формного циліндра, кожний з яких контактує з трьома сусідніми елементами; горизонтальні відрізки, що з'єднують між собою сусідні лінії передачі фарби, відображають переміщення в осьовому напрямку потоків фарби у відповідних лініях на поверхні розтиральних циліндрів.

За графом складаємо систему рівнянь, яка описує процес колового й осьового розкочування фарби та її транспортування від дукторного циліндра до друкарського матеріалу.

Для першої лінії першої зони:

$$x_1^1(z) = x_1^{\sigma+1-g(z)}(z) = P_0^1(z)h_0^1(z) + R_1^{[\sigma+1-g(z)]-\Delta g_{r1}(z)}(z)x_2^{1-\Delta g_{r1}(z)}(z);$$

$$x_2^1(z) = x_2^{\sigma+1-g(z)}(z) = P_1^{[\sigma+1-g(z)]-\Delta g_{p1}(z)}(z)x_1^{1-\Delta g_{p1}(z)}(z) + R_2^1(z)x_3^1(z);$$

$$x_3^1(z) = P_2^1(z)x_2^1(z) + R_3^1(z)x_4^1(z);$$

$$x_4^1(z) = P_3^1(z)x_3^1(z) + R_4^1(z)x_5^1(z);$$

$$x_5^1(z) = x_5^{\sigma+1-g(z)}(z) = P_4^1(z)x_4^1(z) + R_5^{[\sigma+1-g(z)]-\Delta g_{r5}(z)}(z)x_7^{1-\Delta g_{r5}(z)}(z);$$

$$x_6^1(z) = x_6^{\sigma+1-g(z)}(z) = P_5^{[\sigma+1-g(z)]-\Delta g_{p5}(z)}(z)x_5^{1-\Delta g_{p5}(z)}(z) + R_6^1(z)x_{\phi 6}^1(z);$$

$$x_{\phi 6}^1(z) = P_6^1(z)x_6^1(z) + A_{\phi}^1(z)x_{\phi 7}^1(z);$$

$$x_7^1(z) = x_7^{\sigma+1-g(z)}(z) = A_5^{[\sigma+1-g(z)]-\Delta g_{a5}(z)}(z)x_6^{1-\Delta g_{a5}(z)}(z) + R_7^1(z)x_{\phi 7}^1(z);$$

$$x_{\phi 7}^1(z) = P_7^1(z)x_7^1(z) + R_{\phi}^1(z)x_{o\phi}^1(z); \quad x_{o\phi}^1(z) = P_{\phi}^1(z)x_{\phi 6}^1(z) + R_{o\phi}^1(z)x_c^1(z);$$

$$x_c^1(z) = P_{o\phi}^1(z)x_{o\phi}^1(z); \quad h_c^1(z) = P_c^1(z)x_c^1(z).$$

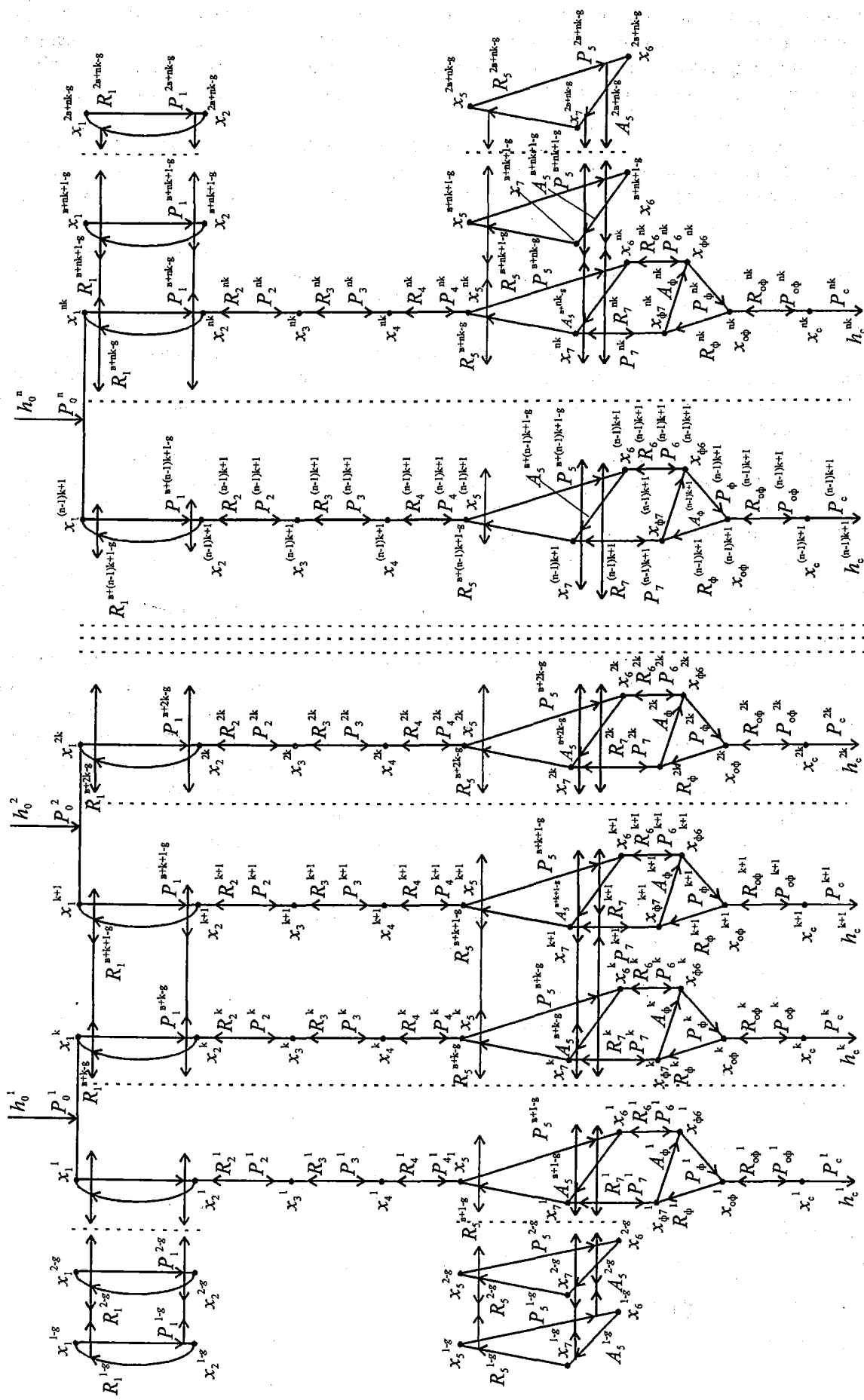


Рис.1. Сигнальний граф фарбової системи

.....
Для останньої лінії першої зони:

$$\begin{aligned} x_1^k(z) &= x_1^{\sigma+k-g(z)}(z) = P_0^1(z)h_0^1(z) + R_1^{\sigma+k-g(z)-\Delta g_{r1}(z)}(z)x_2^{k-\Delta g_{r1}(z)}(z); \\ x_2^k(z) &= x_2^{\sigma+k-g(z)}(z) = P_1^{\sigma+k-g(z)-\Delta g_{p1}(z)}(z)x_1^{k-\Delta g_{p1}(z)}(z) + R_2^k(z)x_3^k(z); \\ x_3^k(z) &= P_2^k(z)x_2^k(z) + R_3^k(z)x_4^k(z); \\ x_4^k(z) &= P_3^k(z)x_3^k(z) + R_4^k(z)x_5^k(z); \\ x_5^k(z) &= x_5^{\sigma+k-g(z)}(z) = P_4^k(z)x_4^k(z) + R_5^{\sigma+k-g(z)-\Delta g_{r5}(z)}(z)x_7^{k-\Delta g_{r5}(z)}(z); \\ x_6^k(z) &= x_6^{\sigma+k-g(z)}(z) = P_5^{\sigma+k-g(z)-\Delta g_{p5}(z)}(z)x_5^{k-\Delta g_{p5}(z)}(z) + R_6^k(z)x_{\phi 6}^k(z); \\ x_{\phi 6}^k(z) &= P_6^k(z)x_6^k(z) + A_{\phi}^k(z)x_{\phi 7}^k(z); \\ x_7^k(z) &= x_7^{\sigma+k-g(z)}(z) = A_5^{\sigma+k-g(z)-\Delta g_{a5}(z)}(z)x_6^{k-\Delta g_{a5}(z)}(z) + R_7^k(z)x_{\phi 7}^k(z); \\ x_{\phi 7}^k(z) &= P_7^k(z)x_7^k(z) + R_{\phi}^k(z)x_{\phi 6}^k(z); & x_{\phi 6}^k(z) &= P_{\phi}^k(z)x_{\phi 6}^k(z) + R_{\phi}^k(z)x_c^k(z); \\ x_c^k(z) &= P_{\phi}^k(z)x_{\phi 6}^k(z); & h_c^k(z) &= P_c^k(z)x_c^k(z). \end{aligned}$$

.....

.....
Для першої лінії n-ї зони:

$$\begin{aligned} x_1^{(n-1)k+1}(z) &= x_1^{\sigma+(n-1)k+1-g(z)}(z) = P_0^n(z)h_0^n(z) + R_1^{\sigma+(n-1)k+1-g(z)-\Delta g_{r1}(z)}(z)x_2^{((n-1)k+1)-\Delta g_{r1}(z)}(z); \\ x_2^{(n-1)k+1}(z) &= x_2^{\sigma+(n-1)k+1-g(z)}(z) = P_1^{\sigma+(n-1)k+1-g(z)-\Delta g_{p1}(z)}(z)x_1^{((n-1)k+1)-\Delta g_{p1}(z)}(z) + R_2^{(n-1)k+1}(z)x_3^{(n-1)k+1}(z); \\ x_3^{(n-1)k+1}(z) &= P_2^{(n-1)k+1}(z)x_2^{(n-1)k+1}(z) + R_3^{(n-1)k+1}(z)x_4^{(n-1)k+1}(z); \\ x_4^{(n-1)k+1}(z) &= P_3^{(n-1)k+1}(z)x_3^{(n-1)k+1}(z) + R_4^{(n-1)k+1}(z)x_5^{(n-1)k+1}(z); \\ x_5^{(n-1)k+1}(z) &= x_5^{\sigma+(n-1)k+1-g(z)}(z) = P_4^{(n-1)k+1}(z)x_4^{(n-1)k+1}(z) + R_5^{\sigma+(n-1)k+1-g(z)-\Delta g_{r5}(z)}(z)x_7^{((n-1)k+1)-\Delta g_{r5}(z)}(z); \\ x_6^{(n-1)k+1}(z) &= x_6^{\sigma+(n-1)k+1-g(z)}(z) = P_5^{\sigma+(n-1)k+1-g(z)-\Delta g_{p5}(z)}(z)x_5^{((n-1)k+1)-\Delta g_{p5}(z)}(z) + R_6^{(n-1)k+1}(z)x_{\phi 6}^{(n-1)k+1}(z); \\ x_{\phi 6}^{(n-1)k+1}(z) &= P_6^{(n-1)k+1}(z)x_6^{(n-1)k+1}(z) + A_{\phi}^{(n-1)k+1}(z)x_{\phi 7}^{(n-1)k+1}(z); \\ x_7^{(n-1)k+1}(z) &= x_7^{\sigma+(n-1)k+1-g(z)}(z) = A_5^{\sigma+(n-1)k+1-g(z)-\Delta g_{a5}(z)}(z)x_6^{((n-1)k+1)-\Delta g_{a5}(z)}(z) + R_7^{(n-1)k+1}(z)x_{\phi 7}^{(n-1)k+1}(z); \\ x_{\phi 7}^{(n-1)k+1}(z) &= P_7^{(n-1)k+1}(z)x_7^{(n-1)k+1}(z) + R_{\phi}^{(n-1)k+1}(z)x_{\phi 6}^{(n-1)k+1}(z); \\ x_{\phi 6}^{(n-1)k+1}(z) &= P_{\phi}^{(n-1)k+1}(z)x_{\phi 6}^{(n-1)k+1}(z) + R_{\phi}^{(n-1)k+1}(z)x_c^{(n-1)k+1}(z); \\ x_c^{(n-1)k+1}(z) &= P_{\phi}^{(n-1)k+1}(z)x_{\phi 6}^{(n-1)k+1}(z); & h_c^{(n-1)k+1}(z) &= P_c^{(n-1)k+1}(z)x_c^{(n-1)k+1}(z). \end{aligned}$$

.....

.....
Для останньої лінії n-ї зони:

$$\begin{aligned} x_1^{nk}(z) &= x_1^{\sigma+nk-g(z)}(z) = P_0^n(z)h_0^n(z) + R_1^{\sigma+nk-g(z)-\Delta g_{r1}(z)}(z)x_2^{nk-\Delta g_{r1}(z)}(z); \\ x_2^{nk}(z) &= x_2^{\sigma+nk-g(z)}(z) = P_1^{\sigma+nk-g(z)-\Delta g_{p1}(z)}(z)x_1^{nk-\Delta g_{p1}(z)}(z) + R_2^{nk}(z)x_3^{nk}(z); \\ x_3^{nk}(z) &= P_2^{nk}(z)x_2^{nk}(z) + R_3^{nk}(z)x_4^{nk}(z); \\ x_4^{nk}(z) &= P_3^{nk}(z)x_3^{nk}(z) + R_4^{nk}(z)x_5^{nk}(z); \\ x_5^{nk}(z) &= x_5^{\sigma+nk-g(z)}(z) = P_4^{nk}(z)x_4^{nk}(z) + R_5^{\sigma+nk-g(z)-\Delta g_{r5}(z)}(z)x_7^{nk-\Delta g_{r5}(z)}(z); \\ x_6^{nk}(z) &= x_6^{\sigma+nk-g(z)}(z) = P_5^{\sigma+nk-g(z)-\Delta g_{p5}(z)}(z)x_5^{nk-\Delta g_{p5}(z)}(z) + R_6^{nk}(z)x_{\phi 6}^{nk}(z); \\ x_{\phi 6}^{nk}(z) &= P_6^{nk}(z)x_6^{nk}(z) + A_{\phi}^{nk}(z)x_{\phi 7}^{nk}(z); \\ x_7^{nk}(z) &= x_7^{\sigma+nk-g(z)}(z) = A_5^{\sigma+nk-g(z)-\Delta g_{a5}(z)}(z)x_6^{nk-\Delta g_{a5}(z)}(z) + R_7^{nk}(z)x_{\phi 7}^{nk}(z); \\ x_{\phi 7}^{nk}(z) &= P_7^{nk}(z)x_7^{nk}(z) + R_{\phi}^{nk}(z)x_{\phi 6}^{nk}(z); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{оф}^{nk}(z) &= P_{ф}^{nk}(z)x_{ф6}^{nk}(z) + R_{оф}^{nk}(z)x_c^{nk}(z); \\ x_c^{nk}(z) &= P_{оф}^{nk}(z)x_{оф}^{nk}(z); \quad h_c^{nk}(z) = P_c^{nk}(z)x_c^{nk}(z). \end{aligned} \quad (1)$$

Тут $x_1^v(z) \div x_7^v(z)$ – товщина фарби в точках контакту валиків і розтиральних циліндрів у межах v -лінії ($v=1, 2, 3, \dots, nk$); $x_{ф6}^v(z)$, $x_{ф7}^v(z)$, $x_{оф}^v(z)$, $x_c^v(z)$ – товщина фарби в точках контакту на-кочувальних валиків, формного й офсетного циліндрів, паперової стрічки в межах відповідних ліній передачі фарби; $h_0^j(z)$ – товщина шару фарби, що подається у відповідні зони ($j=1, 2, 3, \dots, n$) першого розтирального валика; $P_0^j(z)$ – оператор передачі фарби від дукторного циліндра до розкочувальної групи для певної зони; $P_2^v(z)$, $P_3^v(z)$, $P_4^v(z)$, $P_6^v(z)$, $P_7^v(z)$ та $R_2^v(z)$, $R_3^v(z)$, $R_4^v(z)$, $R_6^v(z)$, $R_7^v(z)$ – оператори передачі прямих і зворотних потоків фарби валиками в коловому напрямку у v -лініях; $P_1^{\sigma+v-g(z)}(z)$ – оператори передачі фарби першим розтиральним циліндром в коловому і осьовому напрямках для прямого та $R_1^{\sigma+v-g(z)}(z)$ зворотного потоків фарби; $P_5^{\sigma+v-g(z)}(z)$, $A_5^{\sigma+v-g(z)}(z)$, $R_5^{\sigma+v-g(z)}(z)$ – оператори передачі фарби в коловому і осьовому напрямках другим розтиральним циліндром; $P_{ф}^v(z)$, $A_{ф}^v(z)$, $R_{ф}^v(z)$ – оператори передачі фарби формним циліндром у відповідних лініях; $P_{оф}^v(z)$, $R_{оф}^v(z)$ – оператори передачі прямих і зворотних потоків фарби у v -лініях; $P_c^v(z)$, $h_c^v(z)$ – оператори передачі фарби з офсетного циліндра на матеріал та товщина фарби на останньому у відповідних лініях.

Процес передачі фарби ділянками розтиральних циліндрів, які в осьовому напрямку виходять за межі сусідніх з ними фарбових валиків, що мають лише обертовий рух, можна описати такими рівняннями:

для лівого краю першого розтирального циліндра:

$$\begin{aligned} x_1^{1-g(z)}(z) &= R_1^{(1-g(z))-\Delta g_{r1}(z)}(z)x_2^{(1-g(z))-\Delta g_{r1}(z)}(z); \\ x_2^{1-g(z)}(z) &= P_1^{(1-g(z))-\Delta g_{p1}(z)}(z)x_1^{(1-g(z))-\Delta g_{p1}(z)}(z); \\ x_1^{2-g(z)}(z) &= R_1^{(2-g(z))-\Delta g_{r1}(z)}(z)x_2^{(2-g(z))-\Delta g_{r1}(z)}(z); \\ x_2^{2-g(z)}(z) &= P_1^{(2-g(z))-\Delta g_{p1}(z)}(z)x_1^{(2-g(z))-\Delta g_{p1}(z)}(z); \\ &\dots\dots\dots \\ x_1^{\sigma-g(z)}(z) &= R_1^{(\sigma-g(z))-\Delta g_{r1}(z)}(z)x_2^{(\sigma-g(z))-\Delta g_{r1}(z)}(z); \\ x_2^{\sigma-g(z)}(z) &= P_1^{(\sigma-g(z))-\Delta g_{p1}(z)}(z)x_1^{(\sigma-g(z))-\Delta g_{p1}(z)}(z); \end{aligned} \quad (2)$$

для другого розтирального циліндра:

$$\begin{aligned} x_5^{1-g(z)}(z) &= R_5^{(1-g(z))-\Delta g_{r5}(z)}(z)x_7^{(1-g(z))-\Delta g_{r5}(z)}(z); \\ x_6^{1-g(z)}(z) &= P_5^{(1-g(z))-\Delta g_{p5}(z)}(z)x_5^{(1-g(z))-\Delta g_{p5}(z)}(z); \\ x_7^{1-g(z)}(z) &= A_5^{(1-g(z))-\Delta g_{a5}(z)}(z)x_6^{(1-g(z))-\Delta g_{a5}(z)}(z); \\ x_5^{2-g(z)}(z) &= R_5^{(2-g(z))-\Delta g_{r5}(z)}(z)x_7^{(2-g(z))-\Delta g_{r5}(z)}(z); \\ x_6^{2-g(z)}(z) &= P_5^{(2-g(z))-\Delta g_{p5}(z)}(z)x_5^{(2-g(z))-\Delta g_{p5}(z)}(z); \\ x_7^{2-g(z)}(z) &= A_5^{(2-g(z))-\Delta g_{a5}(z)}(z)x_6^{(2-g(z))-\Delta g_{a5}(z)}(z); \\ &\dots\dots\dots \\ x_5^{\sigma-g(z)}(z) &= R_5^{(\sigma-g(z))-\Delta g_{r5}(z)}(z)x_7^{(\sigma-g(z))-\Delta g_{r5}(z)}(z); \\ x_6^{\sigma-g(z)}(z) &= P_5^{(\sigma-g(z))-\Delta g_{p5}(z)}(z)x_5^{(\sigma-g(z))-\Delta g_{p5}(z)}(z); \\ x_7^{\sigma-g(z)}(z) &= A_5^{(\sigma-g(z))-\Delta g_{a5}(z)}(z)x_6^{(\sigma-g(z))-\Delta g_{a5}(z)}(z). \end{aligned} \quad (3)$$

для правого краю обох розтиральних циліндрів:

$$\begin{aligned}
 x_1^{(\theta+kn+1)-g(z)}(z) &= R_1^{((\theta+kn+1)-g(z))-\Delta g_{r1}(z)}(z) x_2^{((\theta+kn+1)-g(z))-\Delta g_{r1}(z)}(z); \\
 x_2^{(\theta+kn+1)-g(z)}(z) &= P_1^{((\theta+kn+1)-g(z))-\Delta g_{p1}(z)}(z) x_1^{((\theta+kn+1)-g(z))-\Delta g_{p1}(z)}(z); \\
 x_1^{(\theta+kn+2)-g(z)}(z) &= R_1^{((\theta+kn+2)-g(z))-\Delta g_{r1}(z)}(z) x_2^{((\theta+kn+2)-g(z))-\Delta g_{r1}(z)}(z); \\
 x_2^{(\theta+kn+2)-g(z)}(z) &= P_1^{((\theta+kn+2)-g(z))-\Delta g_{p1}(z)}(z) x_1^{((\theta+kn+2)-g(z))-\Delta g_{p1}(z)}(z); \\
 &\dots\dots\dots \\
 x_1^{(2\theta+kn)-g(z)}(z) &= R_1^{((2\theta+kn)-g(z))-\Delta g_{r1}(z)}(z) x_2^{((2\theta+kn)-g(z))-\Delta g_{r1}(z)}(z); \\
 x_2^{(2\theta+kn)-g(z)}(z) &= P_1^{((2\theta+kn)-g(z))-\Delta g_{p1}(z)}(z) x_1^{((2\theta+kn)-g(z))-\Delta g_{p1}(z)}(z).
 \end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
 x_5^{(\theta+kn+1)-g(z)}(z) &= R_5^{((\theta+kn+1)-g(z))-\Delta g_{r5}(z)}(z) x_7^{((\theta+kn+1)-g(z))-\Delta g_{r5}(z)}(z); \\
 x_6^{(\theta+kn+1)-g(z)}(z) &= P_5^{((\theta+kn+1)-g(z))-\Delta g_{p5}(z)}(z) x_5^{((\theta+kn+1)-g(z))-\Delta g_{p5}(z)}(z); \\
 x_7^{(\theta+kn+1)-g(z)}(z) &= A_5^{((\theta+kn+1)-g(z))-\Delta g_{a5}(z)}(z) x_6^{((\theta+kn+1)-g(z))-\Delta g_{a5}(z)}(z); \\
 x_5^{(\theta+kn+2)-g(z)}(z) &= R_5^{((\theta+kn+2)-g(z))-\Delta g_{r5}(z)}(z) x_7^{((\theta+kn+2)-g(z))-\Delta g_{r5}(z)}(z); \\
 x_6^{(\theta+kn+2)-g(z)}(z) &= P_5^{((\theta+kn+2)-g(z))-\Delta g_{p5}(z)}(z) x_5^{((\theta+kn+2)-g(z))-\Delta g_{p5}(z)}(z); \\
 x_7^{(\theta+kn+2)-g(z)}(z) &= A_5^{((\theta+kn+2)-g(z))-\Delta g_{a5}(z)}(z) x_6^{((\theta+kn+2)-g(z))-\Delta g_{a5}(z)}(z); \\
 &\dots\dots\dots \\
 x_5^{(2\theta+kn)-g(z)}(z) &= R_5^{((2\theta+kn)-g(z))-\Delta g_{r5}(z)}(z) x_7^{((2\theta+kn)-g(z))-\Delta g_{r5}(z)}(z); \\
 x_6^{(2\theta+kn)-g(z)}(z) &= P_5^{((2\theta+kn)-g(z))-\Delta g_{p5}(z)}(z) x_5^{((2\theta+kn)-g(z))-\Delta g_{p5}(z)}(z); \\
 x_7^{(2\theta+kn)-g(z)}(z) &= A_5^{((2\theta+kn)-g(z))-\Delta g_{a5}(z)}(z) x_6^{((2\theta+kn)-g(z))-\Delta g_{a5}(z)}(z),
 \end{aligned} \tag{5}$$

де $g(z)$ – цифрова величина колового й осьового переміщення частини лінії передачі фарби завширшки $\Delta\sigma$ та одиничної довжини; σ – цифрова величина, яка відповідає $\sigma_{oc\ max}$ – максимальній величині осьового ходу розтиральних циліндрів; $\Delta g_{p1}(z)$ і $\Delta g_{r1}(z)$ – цифрові значення величини осьового переміщення ліній передачі фарби поверхнею першого розтирального циліндра в прямому та зворотному напрямках; $\Delta g_{p5}(z)$, $\Delta g_{a5}(z)$, $\Delta g_{r5}(z)$ – цифрові значення величини осьового переміщення ліній передачі фарби поверхнею другого розтирального циліндра між точками його контакту із сусідніми валиками.

Оператори, що відображають осьове розкочування фарби, детальніше можемо описати, спираючись на результати роботи [3].

Оператори формування рельєфів фарби друкарською формою за умови, що на момент початку руху друкарської машини передній край форми знаходиться в точці контакту з першим за напрямком руху формного циліндра накочувальним валиком, подамо згідно з роботою [6] в такому вигляді:

$$\begin{aligned}
 F_1^v &= [1 - z^{-a_1^v} + z^{-(a_1^v + \sigma_1^v)} - z^{-(a_1^v + \sigma_1^v + a_2^v)} + z^{-(a_1^v + \sigma_1^v + \dots + a_{n-1}^v + \sigma_{n-1}^v + a_n^v)}] \frac{z^{d_f}}{z^{d_f} - 1}; \\
 F_2^v &= [z^{-a_\phi^v} + z^{-(a_\phi^v + \sigma_1^v)} - z^{-(a_\phi^v + \sigma_1^v + \sigma_1^v)} + z^{-(a_\phi^v + \sigma_1^v + \sigma_1^v + \dots + a_{n-1}^v + \sigma_{n-1}^v + a_n^v)}] \frac{z^{d_f}}{z^{d_f} - 1},
 \end{aligned} \tag{6}$$

де a_i^v і σ_i^v – висота друкувальних і пробільних елементів у v -й лінії в напрямку обертання форми.

Оператори передачі фарби формним циліндром із закріпленою на його поверхні формою можна описати наступним чином:

$$\begin{aligned}
 P_\phi^1(z) &= \alpha F_2^1(z) z^{-p_\phi}; & P_\phi^2(z) &= \alpha F_2^2(z) z^{-p_\phi}; & \dots, & & P_\phi^{nk}(z) &= \alpha F_2^{nk}(z) z^{-p_\phi}; \\
 A_\phi^1(z) &= \alpha F_1^1(z) z^{-a_\phi}; & A_\phi^2(z) &= \alpha F_1^2(z) z^{-a_\phi}; & \dots, & & A_\phi^{nk}(z) &= \alpha F_1^{nk}(z) z^{-a_\phi}; \\
 R_\phi^1(z) &= \alpha z^{-r_\phi}; & R_\phi^2(z) &= \alpha z^{-r_\phi}; & \dots, & & R_\phi^{nk}(z) &= \alpha z^{-r_\phi}.
 \end{aligned} \tag{7}$$

Тоді оператори передачі зворотних потоків фарби на накочувальних валіках матимуть такий вигляд:

$$R_6^1(z)=(1-\alpha F_2^1(z))z^{-r_6}; R_6^2(z)=(1-\alpha F_2^2(z))z^{-r_6}; \dots, R_6^{nk}(z)=(1-\alpha F_2^{nk}(z))z^{-r_6};$$

$$R_7^1(z)=(1-\alpha F_1^1(z))z^{-r_7}; R_7^2(z)=(1-\alpha F_1^2(z))z^{-r_7}; \dots, R_7^{nk}(z)=(1-\alpha F_1^{nk}(z))z^{-r_7}.$$

(8)

Оператори подачі фарби в розкочувальну групу фарбової системи згідно з [5] можна описати виразом

$$P_0^j(z)=(1-z^{-e_c})(1-z^{-d_j})^{-1}, \quad (9)$$

де e_c – ширина порції фарби, яка передається коливним валіком на перший розтиральний циліндр.

Оператори передачі фарби в коловому напрямку подамо, спираючись на результати роботи [7]:

$$P_i^j(z)=\alpha z^{-p_i}; R_i^j(z)=(1-\alpha)z^{-r_{i+1}}. \quad (10)$$

Оператор передачі фарби з офсетного циліндра на матеріал у v -лінії в спрощеному вигляді набуває вигляду

$$P_c^j(z)=\beta, \quad (11)$$

де β – коефіцієнт ділення фарби в точці контакту поверхні циліндра і матеріалу, що задруковується.

Таке подання операторів передачі фарби на виході фарбової системи може бути тоді, коли при моделюванні немає потреби враховувати властивості матеріалу або коли товщина фарби на офсетному циліндрі буде значною (більше 4 мкм) і передаватиметься на матеріал, що не всмоктує фарбу.

Для випадків, коли виникає потреба враховувати властивості матеріалу, що задруковується, через сприйняття ним фарби, а також властивості самої фарби та технологічні умови її передачі, то оператор передачі фарби на папір, спираючись на роботу [9], можемо подати так:

$$P_c^j(z)=(1-e^{-\beta^2(x_c^v(z))^2})[(1-\beta)(x_c^v(z))^{-1}h_{\omega\max}(1-e^{-x_c^v(z)/h_{\omega\max}})+\beta], \quad (12)$$

де β – коефіцієнт ділення вільної фарби, тобто тієї, що всмоктується в папір (картон); $h_{\omega\max}$ – максимальна глибина проникнення фарби в матеріал.

Товщина фарби, яка в процесі друкування всмокталася в матеріал, визначається за таким виразом:

$$h_\omega=(1-e^{-x_c^v(z)/h_{\omega\max}})h_{\omega\max}. \quad (13)$$

Коли друкування проводиться на матеріалі, що не вбирає фарбу, то вираз (12) перетвориться в такий:

$$P_c^j(z)=(1-e^{-\beta^2(x_c^v(z))^2})\beta. \quad (14)$$

Враховуючи, що покриття офсетного циліндра, форма та поверхні всіх інших елементів фарбової системи не вбирають фарбу, аналогічно до останнього виразу можемо описати всі інші оператори передачі фарби, якщо коефіцієнт α в них замінити виразом

$$\alpha_i^v(z)=(1-e^{-\alpha^2 x_i^v(z)})\alpha. \quad (15)$$

Аналогічним чином можна отримати $\alpha_{\phi 6}^v(z)$, $\alpha_{\phi 7}^v(z)$ і $\alpha_{\text{оф}}^v(z)$, коли в рівняння (14) підставити значення товщини фарби $x_{\phi 6}^v(z)$, $x_{\phi 7}^v(z)$ та $x_{\text{оф}}^v(z)$.

При офсетному друці товщина шару фарби на відбитку дорівнює 1–2 мм, тоді товщина шару фарби в зоні контакту офсетного і формного циліндра на v -й лінії при $\alpha=0,5$ становитиме $x_{\text{оф}}^v(z)\geq 4\text{ мкм}$. В інших зонах контакту товщини $x_{\phi 6}^v(z)$, $x_{\phi}^v(z)$ та $x_i^v(z)$ будуть більшими і вираз (15), що описує розподіл фарби в зонах контакту елементів фарбової системи, набуде вигляду $\alpha_i^v(z)=\alpha$.

Отже, як бачимо, подання операторів передачі фарби з використанням виразу (15) дещо по-іншому впливатиме на процес її розкочування лише в початковий момент роботи друкарсь-

кої машини. Для виявлення характеру цього впливу, а також властивостей матеріалу, що задруковується, на процес передачі фарби з входу на вихід потрібно провести моделювання.

На основі математичної моделі (1–5) з урахуванням операторів передачі фарби розроблено програму для дослідження фарбової системи з врахуванням особливостей матеріалу, на який передається фарба. Задасмо значення відповідних операторів, що враховують геометричні розміри елементів фарбової системи та коефіцієнти ділення незв'язаної фарби в місцях їх контактів, рисунок зображення на формі та режими роботи розтиральних циліндрів. Приймаємо, що розтиральні циліндри здійснюють повний робочий цикл за один оберт формного циліндра, а амплітуда осьового ходу, як і в реальній машині, становить 18 мм. Кількість зон регулювання подачі фарби $n=22$, кожна з них має ширину 22 мм. За умови, що ширина однієї лінії передачі фарби $\Delta s=1$ мм, кількість ліній в зоні становитиме $v=22$.

Дослідимо вплив здатності матеріалу (паперу, картону) до всмоктування фарби на динаміку розкочування і передачі фарби. Задасмо рисунок форми у вигляді суцільної плашки, довжина якої в коловому напрямку становить 280 мм. Подача фарби постійна, і надходить вона на перший розтиральний циліндр з трьох зон регулювання (десятої, одинадцятої та дванадцятої) завтовшки $h_0^{10}=h_0^{11}=h_0^{12}=1$ умовна одиниця. При відсутності осьового ходу отримаємо наступні графіки перехідних процесів зміни товщини шару фарби на поверхні відбитків (рис. 2) при різних максимальних глибинах проникнення фарби в матеріал: 1 – $h_{\omega max}=0$ у.о. (мкм); 2 – $h_{\omega max}=0,5$ у.о.; 3 – $h_{\omega max}=1$ у.о.; 4 – $h_{\omega max}=2$ у.о.

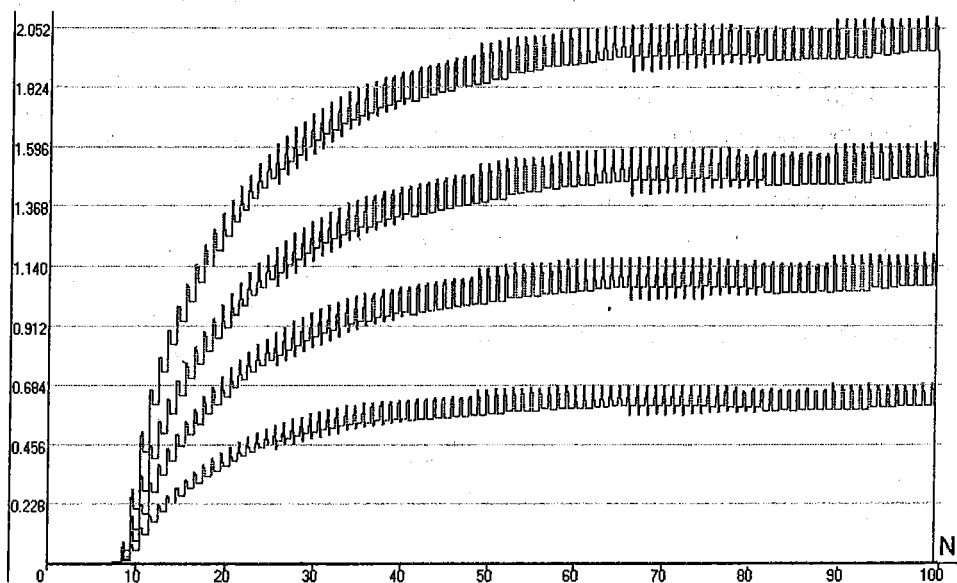


Рис.2. Графіки зміни товщини шару фарби на відбитках з врахуванням всмоктування

Як видно з графіків, фарба на відбитках при різних значеннях $h_{\omega max}$ появляється одночасно і перехідний процес закінчується для всіх варіантів за 50–60 циклів роботи машини. Незважаючи на те, що загальна товщина шару фарби, а відповідно і її кількість, яка передається на папір (картон) з різною здатністю до всмоктування у всіх випадках залишається сталою, товщина шару фарби на поверхні матеріалу зі збільшенням $h_{\omega max}$ зменшується.

Якщо оператори передачі фарби елементами фарбової системи в коловому напрямку та передачі фарби на матеріал подати виразами (10) і (11) при незмінних усіх інших умовах задання, отримаємо залежність, зображену на рис. 3.

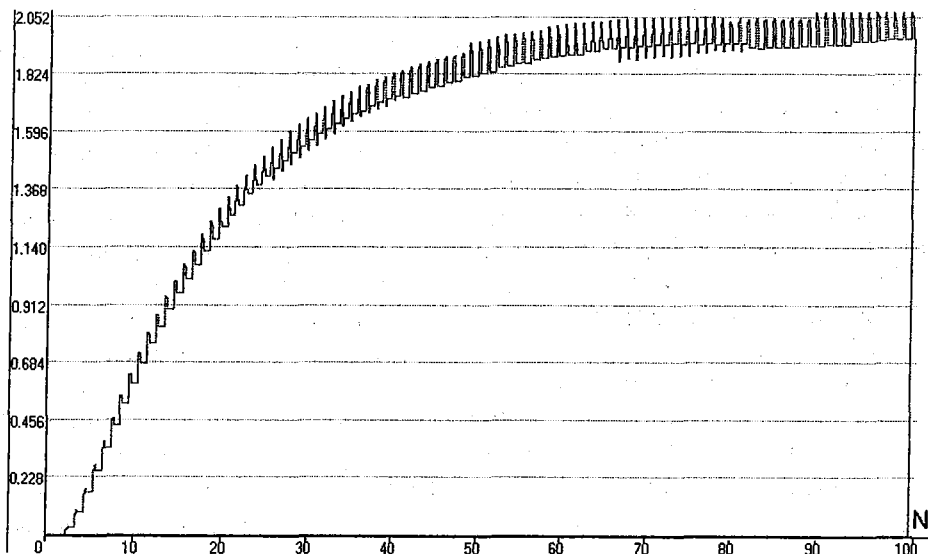


Рис.3. Графік перехідного процесу зміни товщини шару фарби на відбитках

Оскільки оператори передачі фарби, що використовуються в даному випадку, не враховують здатності матеріалу, що задруковується, до всмоктування, то даний графік можна порівняти з графіком 1 (рис. 2). У випадку, наведеному на рис. 3, фарба на відбитках з'являється з випередженням на чотири цикли роботи машини і приріст її на наступних відбитках дещо менший, ніж у варіанті, зображеному на рис. 2 (графік 1). Але на сотому відбитку товщини шару фарби на відбитках в обох випадках збігаються.

Спробуємо виявити, що впливає на зміщення початку перехідного процесу зміни товщини фарби на відбитках. Подачу фарби будемо здійснювати в тих самих зонах, але дискретно при ширині порцій фарби $v_c=20$ у.о. та відсутності осьового ходу розтиральних циліндрів. Змінюючи товщину шару подачі фарби у відповідних зонах, отримуємо графіки, зображені на рис. 4: 1 – $h_0^{10}=h_0^{11}=h_0^{12}=20$ у.о.; 2 – $h_0^{10}=h_0^{11}=h_0^{12}=10$ у.о.; 3 – $h_0^{10}=h_0^{11}=h_0^{12}=5$ у.о.

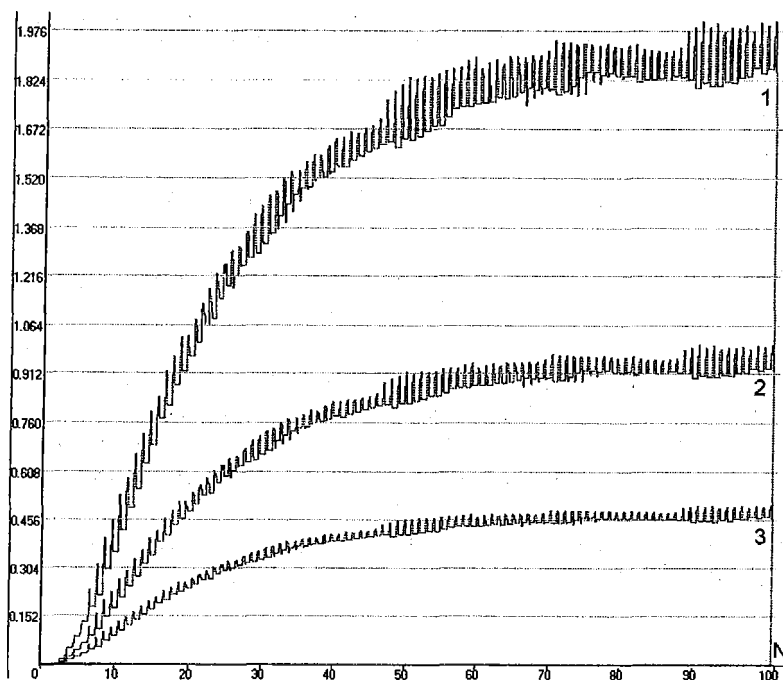


Рис.4. Графіки перехідного процесу зміни товщини шару фарби на відбитках при дискретній її подачі

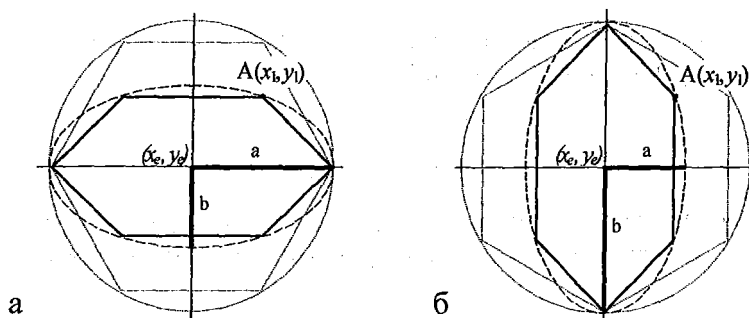


Рис. 1. Вхідні ознаки графічної моделі альтернативного многокутника

Для виконання зазначених чинників геометричне місце точок такого еліпса вирішено вибирати із співвідношення півосей $a = \sqrt{3} \cdot b$ при горизонтальному розташуванні многокутника (рис. 1а) та $a = b / \sqrt{3}$ при вертикальному (рис. 1б). А характеристики поточної вершини цього многокутника розраховуватимуться за системою рівнянь

$$\begin{aligned} x_v &= x_e + a \cos t, \\ y_v &= y_e + b \sin t, \end{aligned} \tag{1}$$

де x_e, y_e – координати точки перетину півосей еліпса; t – кут, створюваний рухомим радіусом з додатним напрямком осі Ox .

Рис. 1 ілюструє, а математична модель (1) підтверджує, що ординати вершин ГО вертикально розташованого деформованого полігона та абсциси вершин горизонтально розміщеної моделі повністю збігатимуться з характеристиками зображення правильного многокутника, вписаного в коло [4]. Тоді, з огляду на вимоги [9], при розрахунку співвідношень півосей слід враховувати чинні базові параметри:

при горизонтальному розташуванні – $b=0.2 P K_z$;

при вертикальному розташуванні – $b=0.6 P K_z$,

де $P=(6,8,9,10,...)$ – кегель основного шрифту видання; K_z – коефіцієнт візуалізації, що враховує основні співвідношення роздільної здатності монітора, графічних чи шрифтових елементів формули.

Такий стан речей забезпечує образну логіку друкарського компоновання формульного об'єкта (ФО) і не руйнує композиційної цілісності видань 3–4-го рівнів складності, які містять значну кількість хімічних виразів. Таким чином, створена на основі запропонованого методу графічна модель вихідного зображення циклу відповідає затвердженим в Україні технологічними інструкціями поліграфічним нормам [6].

У разі побудови моделі ненасичених вуглеводнів замкненої структури узагальнена електронна хмара в площині поповненого полігона подається визначеною кількістю відрізків, паралельних відповідним сторонам контурного многокутника, або суцільною чи пунктирною лінією в середині кільця – для ароматичних сполук [2, 10].

Графічний образ k -го кратного хімічного зв'язку запропоновано будувати як сторону подібного контурному n -кутника, вписаного у коло пропорційно меншого радіуса. Таким чином, порядок зв'язку між атомами вуглецевого скелета визначає кількість концентричних кіл, радіуси яких різняться на деяку сталу величину.

При поданні зображення циклу деформованим многокутником складові кратного хімічного зв'язку моделюватимуться як сторони полігона, вписаного в допоміжний еліпс, подібний до базового. Як і при побудові ГО кратних зв'язків зображення моноцикла, поданого правильним многокутником, тут справедливе твердження про відповідність кількості k допоміжних еліпсів порядку зв'язку.

Слід також зазначити, що у цих еліпсів спільною є точка перетину півосей. Самі півосі відповідно пропорційні і різняться на деяку сталу величину

$$\begin{aligned} \Delta a &= 0,14 a, \\ \Delta b &= 0,14 b, \end{aligned} \tag{2}$$

визначену, виходячи з умов якісної розпізнаваності й структурної узгодженості компонентів формульного об'єкта [9]. Величина півосей k -го еліпса

$$\begin{aligned} a_k &= a - \Delta a(k-1), \\ b_k &= b - \Delta b(k-1). \end{aligned} \quad (3)$$

Тоді координати кінців k -го компонента поточного спряженого зв'язку знаходяться за методом моделювання деформованого багатокутника підставленням результатів (3) у математичну модель (1):

$$\begin{aligned} x_k &= x_e + a_k \cos t, \\ y_k &= y_e + b_k \sin t. \end{aligned} \quad (4)$$

Таким чином, графічний образ моноцикла довільної конфігурації та насиченості доцільно будувати з використанням єдиного алгоритму (рис. 2), попередньо опрацюовуючи вхідні ознаки зображення (рис. 1). Такий уніфікований алгоритм дозволить уникнути нагромадження вузькоспеціалізованих громіздких процедур [3], використовуваних у більшості середовищ підготування хімічних формул [5].

Для ідентифікації вхідних ознак запропоновано ввести деяку відносну величину, що є результатом порівняння основних характеристик зображення елементів вуглецевого скелета замкненої структури при різних способах подання, названу коефіцієнтом моделювання. Так, екранна позиція k -го елемента поточної вершини з врахуванням відповідного коефіцієнта моделювання

$$\begin{aligned} x_k &= x_e + MX[R_k \cos t], \\ y_k &= y_e + MY[R_k \sin t]. \end{aligned} \quad (5)$$

Коефіцієнт моделювання абсцис (MX) та ординат (MY) графічного образу циклу, поданою відповідним багатокутником, для моделі (5) визначається з таблиці:

Коефіцієнт моделювання		
Многокутник	MX	MY
Правильний	1	1
Деформований, вертикального розташування	0,577	1
Деформований, горизонтального розташування	1	0,577

Величина коефіцієнта моделювання прийнята з огляду на оптимальні візуальні пропорції зображення, виходячи з раніше обґрунтованих співвідношень півосей еліпса, описаного навколо контурного багатокутника.

Отже, розглянуті методи візуалізації графічних образів зображень ненасичених моноциклів, поданих деформованими симетричними багатокутниками горизонтального й вертикального розташування, не лише враховують значення кегля, але й забезпечують гармонійну композицію поліграфічного оформлення шляхом вибору оптимального співвідношення між осями еліпса та дозволяють значно спростити алгоритм побудови моделі зображення моно-

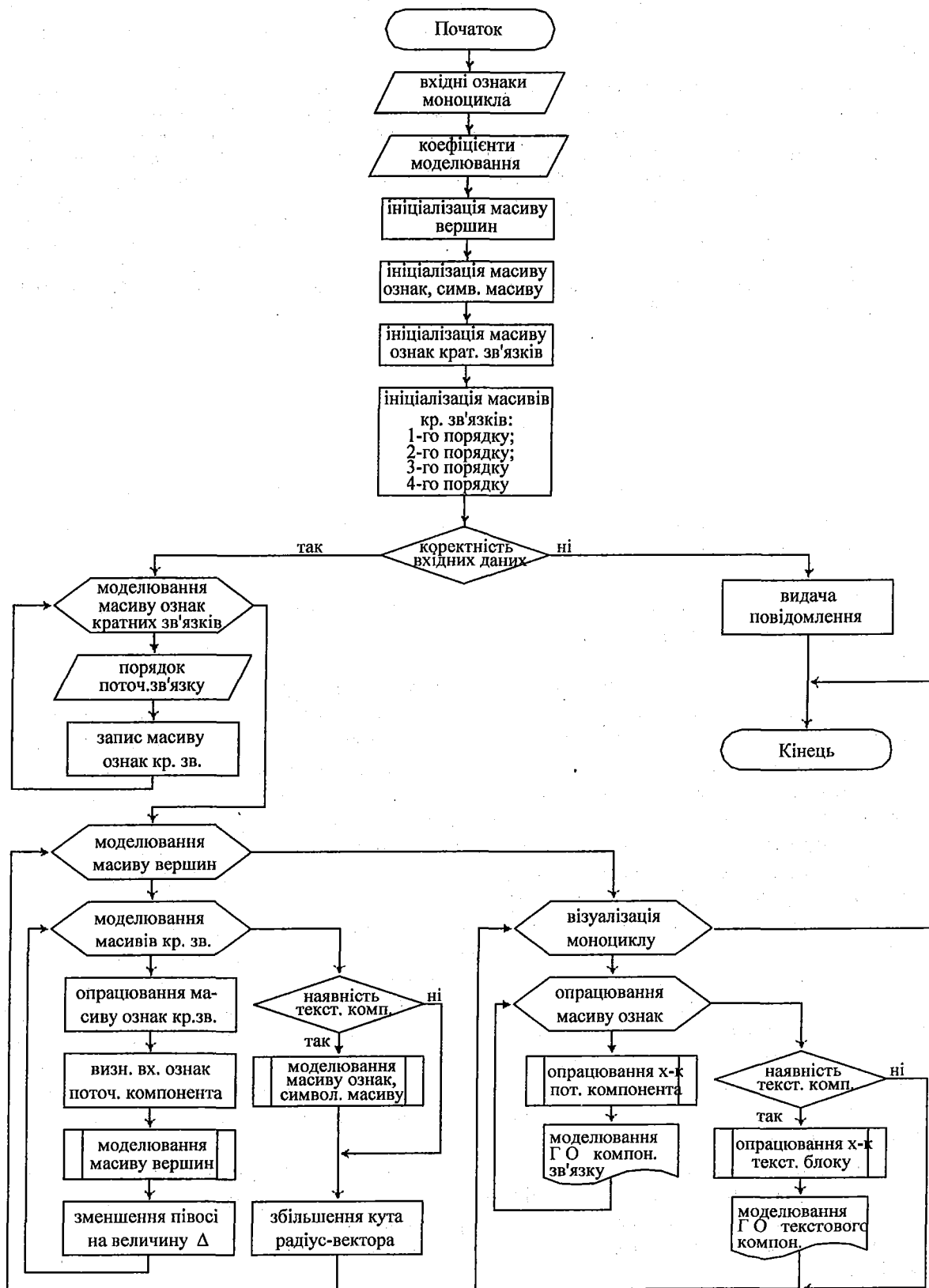


Рис. 2. Алгоритм моделювання графічного образу моноциклів довільної кратності та конфігурації

цикла довільної структури. Такий алгоритм разом із виконанням технологічних вимог коректного поліграфічного відтворення повністю забезпечує створення формульних об'єктів фраг-

ментів сполук класичної будови, описуваних циклічними системами, і може застосовуватись як складова частина автоматизованого редактора хімічних виразів для комп'ютерно-видавничих систем.

1. Временная технологическая инструкция по набору химических формул с использованием новой системы элементов химического набора «Химия-245». М., Л., 1974. 2. Грандберг И.И. Органическая химия: Учеб. для хим. и биол. спец. вузов. М., 1987. 3. Нерода Т. Аналіз та класифікація систем кодування хімічних формул // Наукові записки / УАД. 2002. Вип. № 5. С. 107–110. 4. Нерода Т. Метод побудови правильних многокутників як фрагментів структури хімічних формул // Комп'ютерні технології друкарства. 2000. № 4. С. 90–95. 5. Нерода Т. Огляд програм формування хімічних формул // Комп'ютерні технології друкарства. 1999. № 3. С. 137–140. 6. Партико З.В. Загальне редагування: нормативні основи. Л., 2001. 7. Пидоу Д. Геометрия и искусство: Пер. с англ. М., 1979. 8. Технологические инструкции по наборным процессам. М., 1963. 9. Чихольд Я. Облик книги: Избранные статьи о книжном оформлении. М., 1980. 10. Patterson A.M., Capell L., Walker D. The Ring Index, 2-nd ed, Washington, Amer. Chem. Soc., 1960; Suppl. I., 1963; Suppl. II., 1964; Suppl. III., 1965. 11. www.pubs.acs.org/chemcy

УДК 681.513:519.713

Т.М. Басюк

КРИТЕРІЇ ВІДОБРАЖЕННЯ ГРАФІВ У ПРОЦЕСІ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

Запропоновано критерії відтворення графів і наведено рекомендації щодо їх застосування в процесі візуалізації.

Предложены критерии воспроизведения графов и приведены рекомендации относительно их применения в процессе визуализации.

На сучасному етапі розвитку науки і техніки генерація зображень графів дістає все ширше застосування. Зокрема, в інформаційних системах (організаційні схеми), у системах реального часу (мережі Петрі, діаграми станів і переходів), програмуванні (керуючі графи, діаграми потоку даних, графи виклику процедур), базах даних (діаграми переходів), системах штучного інтелекту (діаграми представлення знань) тощо. Різноманітність областей використання графів пов'язана з тим, що вони є природним засобом для опису складних ситуацій. Переваги подання складних структур і процесів графами стають ще значнішими при наявності хороших засобів для їх візуалізації. Тому не випадково останнім часом зростає інтерес до методів і систем візуальної обробки графів і графових моделей [4].

Задача візуалізації графів полягає в такому їх відтворенні, при якому отримані зображення були б простими для споглядання та оцінювання. Однак складність самого процесу візуалізації в тому, що в комп'ютері дана структура подається у вигляді масиву чисел (матриць) [1]. Особливістю цього подання є те, що зберігається тільки структура зв'язків, а відомості про взаємне розміщення елементів системи відсутні, що є недоліком. Адже якщо вузли, які відображають елементи системи, розташувати абсолютно довільно і з'єднати їх прямими лініями, можна домогтися ще меншої наочності, ніж при математичному поданні. Саме тому актуальним є завдання визначення критеріїв, використання яких давало б позитивний результат у процесі візуалізації [2, 3].

Основними завданнями дослідження є: формування критеріїв оптимального відтворення рисунків-графів і висновків про доцільність їх застосування в процесі візуалізації.

Для отримання оптимального, з точки зору сприйняття та оцінювання рисунків-графів, необхідно забезпечити ряд критеріїв, виконання яких дало б позитивний результат в процесі візуалізації:

- 1) рівномірне розташування вершин на екрані;
- 2) мінімальна кількість перетинань дуг між собою;
- 3) неприпустимість перетину вершин графа;
- 4) мінімальна площа, яку займає рисунок.