

УДК 655.027

## ХАРАКТЕРИСТИКИ НАФАРБЛЕННЯ КВАДРАТНИХ РАСТРОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ФАРБОДРУКАРСЬКІЙ СИСТЕМІ ШОСТОЇ РОЗМІРНОСТІ

П. З. Курка

Українська академія друкарства,  
вул. Підголоско, 19, м. Львів, 79020, Україна

*Розглядається задача побудови моделі та аналізу характеристики нафарблення растрових елементів квадратної форми у фарбодрукарській системі послідовної структури шостої розмірності. Опрацьовано симулятор нафарблення, подані результати імітаційного моделювання.*

**Ключові слова:** *фарбодрукарська система, анілокс, моделювання, растр, нафарблення, характеристики, властивості, нелінійність, графіки.*

**Постановка проблеми.** Покращення якості растрових зображень одержаних на сучасних простих офсетних коротких фарбодрукарських системах, є однією із важливих задач в офсетному друці на даному етапі його розвитку. Запатентовано ряд нових схем коротких фарбових апаратів різної структури, які у більшості випадків не виконані в металі, тому не відомі їх властивості, отже не можна визначити який із них є кращим [1, 2]. Експериментальні дослідження вимагають виготовлення апарата, встановлення на офсетній машині та складної апаратури для вимірювання товщини фарби на валиках і друкарській формі, що обертаються, отож вимагають великих витрат коштів і часу. Тому для визначення властивостей фарбодрукарських систем і побудови характеристик нафарблення растрових елементів методом математичного моделювання є актуальною задачею.

**Мета статті.** Опрацювання математичної моделі нафарблення растрових елементів квадратної форми у короткій фарбодрукарській системі шостої розмірності і симулятора нафарблення, побудова характеристики та аналіз властивостей.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Короткі анілоксові апарати почали впроваджуватися при модернізації офсетних друкарських машин в Німеччині, Бельгії, Великій Британії та інших [1, 2]. Найчастіше ними оснащують чотирифарбові офсетні газетні машини. Вони є зручнішими в обслуговуванні. Відпадає потреба в регулювальних гвинтах подачі фарби за допомогою складних багатозональних систем налагодження фарбового апарата на заданий наклад.

У фарбових апаратах протікають складні процеси передачі й переміщення фарбових потоків промодульованих растровою друкарською формою. Останнім часом опубліковано декілька статей [3, 4], у яких досліджено властивості окремих коротких фарбодрукарських систем шляхом математичного моделювання та комп'ютерного симулювання. У роботах [3, 4], аналітичним методом визначена статична точність окремих фарбодрукарських систем різної структури і розмірності й побудовано статичні характеристики покриття растрового відбитка фарбою на заданому інтервалі

тонопередачі. Встановлено, що точність покриття фарбою растрових відбитків залежить від діапазону тонопередачі і знаходиться в межах -10-25%.

Зауважимо, що ці та інші публікації аналізують точність покриття фарбою у загальному плані й не враховують вплив форми растрових елементів і їх лініатури на тонопередачу. В нашому дослідженні [5] вперше опрацьовано математичну модель покриття растрових елементів квадратної і круглої форми шаром фарби, опрацьовано залежність кількості фарби на поверхні растрових елементів за умови, що керований вплив здійснюється зміною геометричного розміру. Однак модель не враховує структуру і розмірність фарбового апарата.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Враховуючи новизну і складність поставленої проблеми, розглянемо в загальному плані задачу моделювання автотипного перетворення для короткої фарбодрукарської системи, яка здійснюється шляхом модуляції неперервного фарбового потоку растровою друкарською формою і передачу фарбового зображення на офсетний циліндр, а з нього на поверхню растрового елемента в автотипній тонопередачі подано у загальному вигляді

$$V(x, L) = S(x, L) \times H(x), \quad (1)$$

де  $S(x, L)$  – площа растрового елемента,  $x$  – просторова змінна, яка описує геометричні розміри елемента, що відповідають тону зображення,  $H(x)$  – товщина фарби на растровому елементі,  $L$  – лініатура растра.

Товщина фарби на поверхні растрового елемента на відбитку

$$H(x) = F_c H_0, \quad (2)$$

де  $F_c$  – функція, яка описує залежність товщини фарби на виході моделі фарбодрукарської системи залежно від інтервалу тонопередачі,  $H_0$  – товщина потоку фарби, яка подається на вхід системи.

Отже, у загальному вигляді автотипне перетворення описується сукупністю двох виразів, які назвемо моделлю автотипного перетворення. На основі викладеного на рис. 1 подано загальна схема моделі автотипного перетворення.



Рис. 1. Схема моделі автотипного перетворення

Схема включає модель фарбодрукарської системи й модель растрування, яка описує залежність площі растрового елемента від просторової змінної. Розв'язок поставленої задачі залежить від структури і параметрів фарбодру-

карської системи, лініатури і форми растрового елемента. Для прикладу розглянемо коротку фарбодрукарську систему послідовної структури шостої розмірності, схема якої подана на рис. 2.

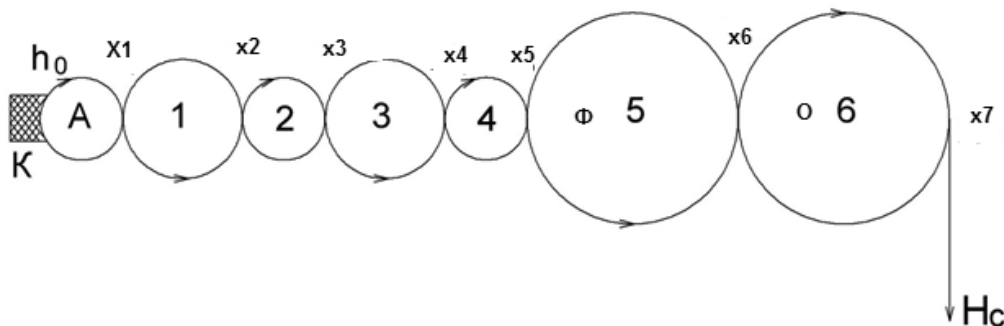


Рис. 2. Схема фарбового апарату друкарської системи шостої розмірності

Із анілоксового фарбоживильного пристрою (К- камера, А- анілокс) дозований потік фарби подається на шостий валик і послідовно розкочується. Друкарська растрова форма Ф здійснює модуляцію фарбового потоку, який передається на офсетний циліндр О, а з нього на задруковуваний матеріал. Після модуляції на накочувальному валіку 3 формуються неговані зворотні потоки фарби, частина з яких через анілокс повертається назад у камеру.

Модель передачі модульованих фарбових потоків є відома і складається на основі рівнянь балансу потоків у системі [7]. Зауважимо, що наша модель модульованих потоків подається середніми значеннями товщини потоків фарби з врахуванням процесу растровання

$$\begin{aligned}
 x_0 &= H_0 + \gamma_6 x_6 \\
 l_0 &= \gamma_0 x_0 \\
 x_6 &= \alpha_6 x_0 + \gamma_5 x_5 \\
 x_5 &= \alpha_5 x_6 + \gamma_4 x_4 \\
 x_4 &= \alpha_4 x_5 + P_3 x_3 \\
 x_3 &= \alpha_3 x_4 + \gamma_2 x_2 \\
 x_2 &= P_2 x_3 + \gamma_1 x_1 \\
 x_1 &= \alpha_1 x_2 \\
 H_a &= P_a x_1, \quad ,
 \end{aligned} \tag{3}$$

де  $x_i$ - середнє значення товщини фарбового потоку в точках контакту фарбових валів, формного і офсетного циліндрів,  $H_0$  - товщина фарбового потоку на вході системи,  $H_a$  - амплітудне значення товщини фарби на виході системи,  $l_0$ - товщина потоку, який повертається назад у фарбову камеру,  $\gamma_i$ ,  $\alpha_i$ - коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків фарби,  $P_2$ ,  $P_3$ - передачі модульованих і негованих потоків растровою друкарською формою,  $P_a$  - передача виходу моделі.

Передачі модульованих і негованих потоків визначається виразами

$$P_2 = M \alpha_2 P, \text{ якщо } 0 \leq P \leq 1$$

$$P_3 = 1 - M\gamma_2 P \text{ де } 0 \leq x \leq X_M. \quad (4)$$

де  $M = 1/X_M$  – коефіцієнт масштабу, який залежить від лініатури растрівання, Р-ступінь покриття форми растровими елементами,  $X_M$  – максимальне значення просторової змінної, яка залежить від лініатури і форми растрового елемента.

Передача виходу моделі

$$P_a = \frac{\beta}{Mx}, \text{ якщо } 0 \leq x \leq X_M, \quad (5)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт передачі фарби із офсетного циліндра на задрукований матеріал.

Якщо у виразі (3) лінійно змінювати незалежну просторову змінну  $x$  у заданих межах для заданого сталого значення товщини фарби  $H_0$  на вході моделі, то за ним можна розрахувати і побудувати графічну залежність товщини фарби  $H_a$  на виході моделі системи. Розв'язання цієї задачі здійснюватимемо методом імітаційного моделювання. Для цього на основі відомих методів опису фарбових систем за допомогою графа [7] за схемою рис. 2 і системою рівнянь (3) побудовано граф модульованих і негованих потоків фарбодрукарської системи, поданий на рис. 3.

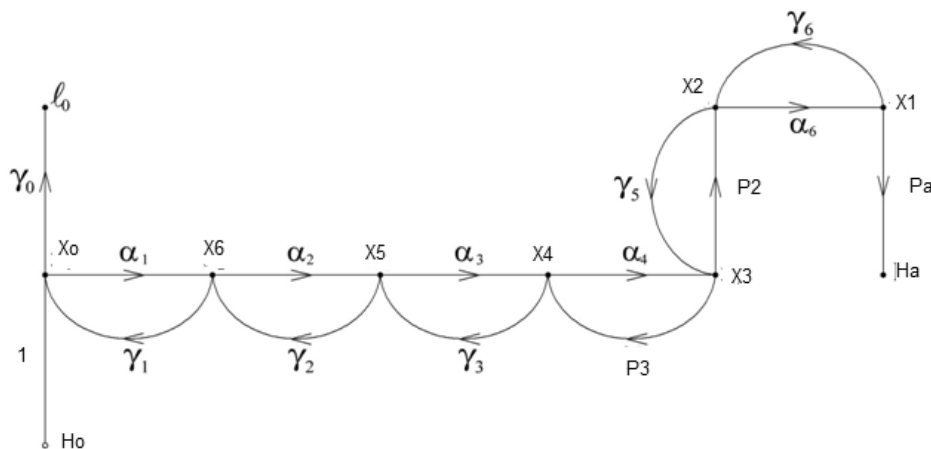


Рис. 3. Граф модульованих і негованих потоків фарбодрукарської системи

Вершини графа відповідають середнім значенням товщини потоків фарби у точках контакту. Вихідна вершина графа відповідає амплітудному значенню товщини фарби на виході моделі. Дуги графа ( $\gamma_i$ ,  $\alpha_i$ ) відповідають коефіцієнтам передачі прямих і зворотніх потоків фарби. Стрілки на дугах показують напрям руху потоків. Безпосередньо за графом на основі формули Мезона [6] запишемо залежність товщини фарби на виході системи у загальному вигляді

$$H_a = \frac{\prod_{i=1}^{m-1} \alpha_i P_2 P_a}{D_M} H_0, \quad (6)$$

де  $m$  – розмірність фарбодрукарської системи,  $D_M$  – визначник графа, який характеризує контурну складову графа.

Граф фарбодрукарської системи є основою для об'єктно-орієнтованого програмування у пакеті MATLAB-Simulink.

Квадратний растровий елемент вписано в растрову сітку (растровий квадрат). У процесі растрівання збільшуються розміри сторони квадрата від 0 до  $X_M$  (максимальне значення розміру), тоді площа растрового елемента визначається площею квадрата

$$S = x^2, \text{ якщо } 0 \leq x \leq X_M. \quad (7)$$

Для зручності аналізу визначимо відносну площу растрового елемента через його лініатуру  $L$

$$S = x^2 L^2, \text{ якщо } 0 \leq x \leq X_M. \quad (8)$$

Після підстановки у вираз (1) відносної площі (8) і товщини фарбового потоку (6), одержимо модель нафарблення растрового елемента

$$V_a(x) = \frac{\prod_{i=1}^{m-1} \alpha_i P_2 P_a}{D_M} x^2 L^2 H_0. \quad (9)$$

Цей вираз називатимемо математичною моделлю нафарблення растрових елементів у короткій фарбодрукарській системі. На основі системи рівнянь (3) і графа відповідно до парадигми програмування опрацьована структурна схема імітаційної системи фарбодрукарської моделі рис. 4.

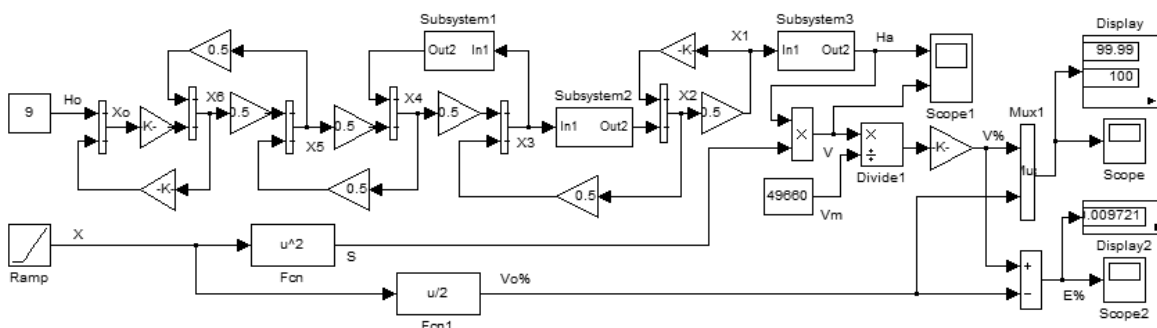


Рис. 4. Структурна схема імітаційної моделі фарбодрукарської системи

Дугам графа відповідають блока Gain. На входах симуляторів додаються прямі і зворотні потоки фарби. Входам відповідають товщини фарби  $x_i$ . Передачі модульованих і негованих потоків реалізовані блоками Subsystem відповідно до виразу (4), а передача виходу відповідно виразу (5). Результати обчислень візуалізуються блоком Skore у вигляді графіка. У нижній частині моделі розташовано модель растрівання у замаскованому блоці  $F_{cn}$ . У діалогових вікнах блоків Gain задали номінальні коефіцієнти передачі  $\gamma_i = \alpha_i = 0,5$ ,  $\beta = 0,8$ . Задали лініатуру растра  $L = 50$  лін/см, що відповідає  $X_M = 200$  мкм. Задали товщину фарби на виході моделі  $H_0 = 2$  мкм. Результати імітаційного моделювання подані на рис. 5 у вигляді графіків.

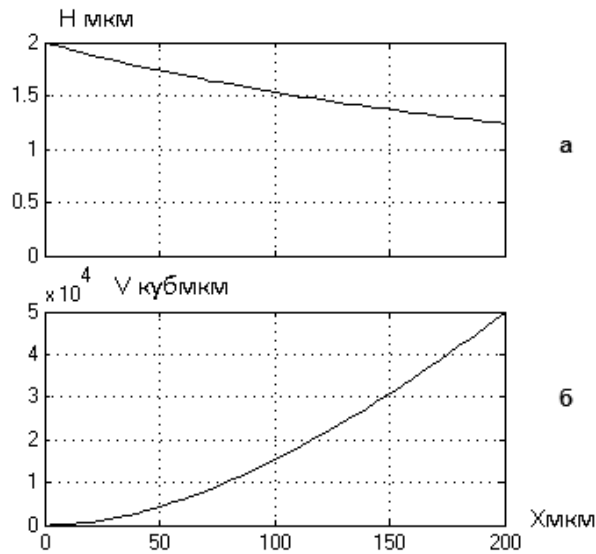


Рис. 5. Характеристики нафарблення растрового елемента квадратної форми

Товщина фарби на інтервалі тонопередачі нелінійно спадає від 2 до 1,143  $\mu\text{m}$ . На рис. 5б подана характеристика нафарблення, яка є квадратичною кривою. І в кінці діапазону тонопередачі прямує до мінімального значення 57600 куб  $\mu\text{m}$ . Отже, характеристика нафарблення автотипної тонопередачі є нелінійною, що погіршує якість растрового зображення. На рис. 6 подана характеристика нафарблення у відносних значеннях.

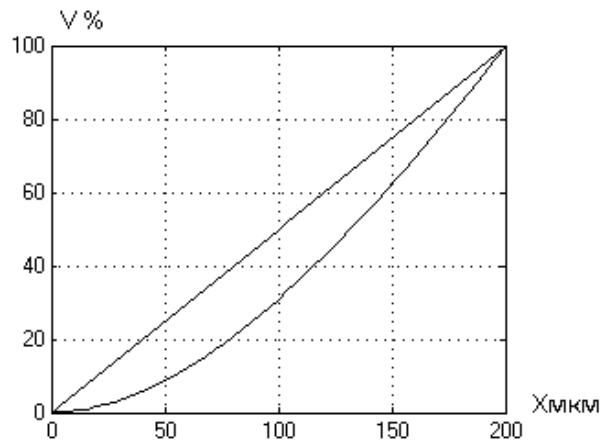


Рис. 6. Характеристика нафарблення квадратного растрового елемента у відносних одиницях

Для порівняння на рисунку подана характеристика нафарблення у відсотках. Характеристика нафарблення розташована нижче лінійної і прямує до кінцевого значення 100%. Максимальне відносне відхилення від лінійності є на середньому діапазоні тонопередачі і становить -19,42%, що викликати розсвітлення растрових зображень на середньому діапазоні тонопередачі.

**Висновки.** Вперше опрацьовано математичну модель автотипного перетворення, яка описує залежність кількості фарби на поверхні растрових

елементів квадратної форми від діапазону тонопередачі для фарбодрукарської системи шостої розмірності. Розроблено структурну схему математичної моделі на основі якої в пакеті MATLAB-Simulink розроблено симулятор, який розраховує і будує графіки характеристики нафарблення растрових елементів квадратної форми. Встановлено, що характеристика нафарблення є нелінійною, а максимальне відхилення від лінійності становить -19,42%, що викликатиме розсвітлення растрових зображень на середньому діапазоні тонопередачі.

### Список використаних джерел

1. Ярема С. М. Фарбові та зволожувальні апарати, ракульні та лакувальні пристрої друкарських машин / С. М. Ярема, Б. Г. Мамут. — К. : Україна. ХК «Бліц Інформ». — 2003. — 191 с.
2. Ciplaski S. Maszyny offsetowe zwojowe. — Warszawa. Oficyna wydawnicza politechniki Warszawskiej. — 2000. — 274 s
3. М. Косик, 2010 Побудова характеристики покриття зображення фарбою в короткій фарбодрукарській системі по-слідовно-паралельної структури // Комп'ютерні технології друкарства: Зб. наук. пр. — Львів, 2010. — Вип. . - С. 74-83.
4. Мусійовська М. М. Аналіз точності короткої фарбодрукарської системи послідовної структури залежно від її порядку / М. М. Мусійовська // Квалілогія книги. - 2010. - № 2. - С. 43-51. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kk\\_2010\\_2\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kk_2010_2_10).
5. Курка П. Модель нафарблення растрових елементів квадратної форми/П.З. Курка // Наукові записки.-Львів:УАД. 2016 №1 (52). — С.100-107.
6. Луцків М. М. Цифрові технології друкарства : моногр. / М. М. Луцків. — Львів : УАД, 2012. — 488 с.
7. Верхола М. І. Розширений сигнальний граф розгалужених фарбових груп / М. І. Верхола, М. М. Луцків // Поліграфія і виробнича справа. — 1999. — №35. — С. 196–200.

### References

1. Yarema S. M. (2003). Farbovi ta zvolozhuval'ni aparaty, rakel'ni ta lakuval'ni prystroyi dru kars'kykh mashyn / S. M. Yarema, B. H. Mamut. — K. : Ukrayina. KhK «Blits Inform». 191 s. (in Ukrainian)
2. Ciplaski S. (2000). Maszyny offsetowe zwojowe. - Warszawa. Oficyna wydawnicza politechniki Warszawskiej. 274 s (in Polish)
3. M. Kosyk.(2010). Pobudova kharakterystyky pokryttya zobrazhennya farboyu v korotkiy farbodrukars'kiy systemi po- slidovno-paralel'noyi strukturyv// Komp'yuterni tekhnolohiyi drukarstva: Zb. nauk. pr. — L'viv, 2010. — Vyp. . - S. 74-83. (in Ukrainian)
4. Musiyovs'ka M. M. (2010). Analiz tochnosti korotkoyi farbodrukars'koyi systemy poslidovnoyi struktury zalezchno vid yiyi poryadku / M. M. Musiyovs'ka // Kvalilohiya knyhy. #2. - S. 43-51. - Rezhym dostupu: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kk\\_2010\\_2\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kk_2010_2_10). (in Ukrainian)
5. Kurka P. (2016). Model' nafarblennya rastrovyykh elementiv kvadratnoyi formy/P.Z. Kurka//Naukovi zapysky.-L'viv:UAD. #1(52). S.100-107. (in Ukrainian)
6. Lutskiv M. M. (2012). Tsyfrovi tekhnolohiyi drukarstva : monohr. / M. M. Lutskiv. — L'viv : UAD, 488 s. (in Ukrainian)
7. Verkhola M. I. (1999). Rozshyrenyy syhnal'nyy hraf roz·haluzhenykh farbovykh hrup / M. I. Verkhola, M. M. Lutskiv // Polihrafiya i vyrobnycha справа. #35. — S. 196–200. (in Ukrainian)

---

**FEATURES OF INK APPLICATION ON SQUARE RASTER ELEMENTS  
IN INK PRINTING SYSTEM OF THE SIXTH DIMENSION**

P. Z. Kurka

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

*The task of a model design and analysis of features of ink application on square raster elements in the ink printing system of parallel structure of the sixth dimension has been reviewed. The simulator of ink application has been processed; the results of the simulation modeling have been presented.*

**Keywords:** *ink printing system anilox, modeling, raster, ink applying, characteristics, properties, nonlinearity, graphs.*

*Стаття надійшла до редакції 15.03.2016.*

*Received 15.03.2016.*