

УДК 655.027

## МОДЕЛЬ АВТОТИПНОЇ ТОНОПЕРЕДАЧІ РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ФЛЕКСОГРАФІЧНОЇ ДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ ПОСЛІДОВНОЇ СТРУКТУРИ

М. М. Луцків, О. С. Сідікі

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

*У статті розроблено модель автотипної тонопередачі растрових зображень у флексографічній друкарській системі послідовної структури з анілоксовим фарбоживильним пристроєм, яка описує процеси растрового перетворення і друкування, подані результати імітаційного моделювання відтворення лінійної растрової шкали із елементами квадратної форми.*

**Ключові слова:** *флексографія, тонопередача, автотипія, растрування, модель, граф, не лінійність, моделювання, характеристики.*

**Постановка проблеми.** Флексографія – це динамічний і універсальний спосіб друку який широко розповсюджений, зокрема, в пакувальному виробництві, створення рекламної продукції, виготовленні етикеток і т.п.

Застосування флексографії для друкування журналів показало їх конкурентоздатність з рулонним і аркушевим способом друку [5,6,7]. Фарбові апарати флексографічних друкарських машин на основі анілоксового фарбоживильного пристрою не мають механізмів регулювання зональної подачі фарби, тому не забезпечують сталої товщини фарби на поверхні растрового відбитка на усьому інтервалі тонопередачі, що обмежує їх застосування для друкування якісної книжкової і журнальної продукції. Зауважимо, що в офсетному друці товщина фарби на друкувальних елементах растрової форми практично є сталою, тому синтез тонопередачі зводиться до синтезу відносних площ растрових елементів на стадії растрування, отже синтез є однопараметричним, однак, він забезпечує якісну автотипну тонопередачу. Оскільки у флексографії товщини фарби на поверхні растрових відбитків не є сталою, тому виникає задача аналізу впливу зміни товщини шару фарби на інтервалі тонопередачі на автотипну тонопередачу. В статті виконана актуальна задача побудови моделі і аналізу автотипної тонопередачі растрових зображень у флексографічній у друкарській системі, яка описує процеси растрового перетворення і друкування у системі послідовної структури.

**Аналіз останніх досліджень.** Флексографічні друкарські системи за структурою і конструкцією значною мірою відрізняються від традиційних офсетних машин із фарбо живильним пристроєм дукторного типу, що обумовлює їх статичні і динамічні властивості та передачу фарбового зображення з форми на офсет і на задруковуваний матеріал. Математичні моделі офсетних фарбодрукарських систем є досить розвинуті та описують передачу промодульованих

растровою друкарською формою фарбових зображень з форми на проміжний офсетний циліндр з наого на матеріал [1,2]. Однак, флексографічні друкарські системи не мають офсетного циліндра, а тому відбувається безпосередня передача фарбового зображення із еластичної друкарської форми на задрукований матеріал [5,6]. Тому існуючі моделі офсетних фарбо друкарських систем безпосередньо неможливо застосувати до флексографічних друкарських систем.

У статтях [3,4] опрацьовано математичну модель флексографічної друкарської системи з паралельною подачею фарби і на її основі побудовано характеристики покриття растрового зображення фарбою на відбитку. На основі результатів імітаційного моделювання встановлено, що статична точність системи за товщиною фарби залежить від інтервалу тонопередачі і може знаходитися в межах  $\pm 15\%$  і не повною мірою задовільняє технічні вимоги до якісного флексографічного друку. У статті [7] опрацьовано математичну модель покриття растрової десятипальної шкали фарбою у флексографічній друкарській системі послідовної структури і розроблено імітаційну модель системи в пакеті Matlab: Simulink. За результатами імітаційного моделювання встановлено, що двократне зменшення ємності анілоксового валика фарбо живильного пристрою призводить до зменшення товщини фарби на полях удвічі, натомість відносна похибка покриття не залежить від ємності анілоксового валика. Найбільша похибка є на десятипроцентному полі і становить  $+8,64\%$ , змінює знак, поступово зменшується і прямує до  $-16,6\%$ . Отже флексографічна друкарська система послідовної структура не в повній мірі забезпечує точність покриття растрових відбитків фарбою на світлих і темних діапазонах тонопередачі для якісної продукції.

**Мета роботи.** Опрацювати модель автотипної тонопередачі растрових зображень флексографічної друкарської системи послідовної структури, яка описує процеси растрового перетворення і друкування з врахуванням зміни товщини фарби у друкарській системі послідовної структури, здійснити імітаційне моделювання автотипної тонопередачі для лінійної растрової шкали із елементами квадратної форми.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У сучасних флексографічних друкарських системах використовуються еластичні та тверді фотополімери друкарські форми. Залежно від типу друкарської форми конструкція і розміщення фарбових валиків і циліндрів за принципом твердий – м'який. Для зручності проведення досліджень не акцентувалось уваги на твердості чи еластичності друкарської форми. За основу візьмемо флексографічну друкарську систему послідовної структури четвертої розмірності, яка має три фарбові валики, що забезпечують більш рівномірну товщину потоку фарби на формі.

Для побудови моделі автотипної тонопередачі растрових зображень приймаємо такі основні припущення: анілоксовий валик подає рівномірний дозований потік фарби сталої товщини на вхід системи, вихідне зображення є лінійна растрова шкала, автотипну тонопередачу описуємо двома параметрами

(площею растрових елементів і товщиною фарби на їх поверхні), що відповідає кількості фарби на поверхні шкали відбитка, форма є растрова шкала яка відповідає шкалі і здійснює модуляцію неперервного фарбового потоку, виходом системи є товщина фарби на поверхні растрової шкали відбитка, розглядаються усталені режими роботи системи.

На основі викладеного опрацьована і подана на рис.1 загальна функціональна схема автотипної тонопередачі для флексографічної друкарської системи.



Рис. 1. Функціональна схема автотипної тонопередачі

Схема наочно відображає сутність автотипної тонопередачі, яка описується двома параметрами (площею растрових елементів  $S$  і товщиною  $H(x)$  фарби на її поверхні), що відповідає кількості фарби на її поверхні і є основою для побудови моделі. Вихід схеми що описує автотипну тонопередачу визначається виразом

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

де  $S(x)$  – площа растрових елементів на заданому інтервалі тонопередачі,  
 $x$  – геометричний розмір растрового елемента незалежна просторова змінна.

Товщина фарби на виході системи (на поверхні растрових елементів відбитка) для заданого інтервалу тонопередачі

$$V(x) = S(x)H(x), \quad (2)$$

де  $F_c(\cdot)$  – функція що описує друкарську систему,  
 $H_0$  – товщина фарби на вході системи.

Растрове перетворення описується виразом

$$S(x) = F_p(x,u)U, \quad (3)$$

де  $F_p(\cdot)$  – описує растрове перетворення (модуляцію неперервного фарбового потоку растровою друкарською формою);  
 $U$  – вхідний відеосигнал (лінійна растрова шкала).

Розв'язання поставленої задачі моделювання автотипної тонопередачі залежить від типу друкарської системи, прийнятого растрового перетворення, форми растрового елемента і лініатури растра. Для прикладу розглянемо флексографічну друкарську систему послідовної структури четвертої розмірності.

Розв'язок системи рівнянь (1) – (3) традиційним методом, складання алгоритму і програми є трудомістким. Тому для спрощення задачі застосуємо імітаційне моделювання. Для цього спочатку здійснимо опис друкарської системи за допомогою графа поданого у праці автора [7] (рис.2).

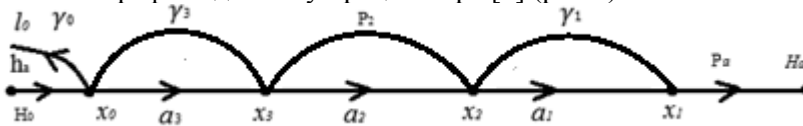


Рис.2 Граф флексографічної друкарської системи послідовної структури

Вершини графа позначені відповідають середнім значенням товщини фарбового потоку в точках контакту валиків і формного циліндра,  $H_0$  – товщина фарбового потоку який подається на вхід системи,  $H_a$  – амплітудне значення товщини фарби на виході графа (на растровому відбитку),  $H_0$  – товщина потоку, який повертається назад у фарбову камеру. Дуги графа відповідають коефіцієнтам ( $\alpha_i$ ,  $\gamma_i$ ) передачі прямих і зворотних потоків фарби,  $P_1$ ;  $P_2$  – передачі модульованих і негованих потоків растровою друкарською формою,  $P_a$  – передача виходу моделі.

Безпосередньо за графом на основі формули Мезона визначимо залежність амплітудного значення товщини фарби на виході графа (товщини фарби на поверхні растрових елементів відбитка) від товщини потоку поданого на вхід системи.

$$H_a = \frac{\alpha_3 \alpha_2 \gamma_1(s) \beta(s)}{1 - \alpha_3 \gamma_3 - \alpha_2 P_2 - P_1 \gamma_1 - \alpha_3 \gamma_3 P_1 \gamma_1} H_0 \quad (4)$$

Для побудови характеристики автотипної тонопередачі друкарської системи припускаємо, що друкарська форма є неперервною лінійною растровою шкалою, а ступень її покриття растровими елементами здійснюється в межах  $[0 \leq s \leq 1]$ . Тоді передачі модульованих і негованих потоків растровою друкарською формою визначатиметься виразами

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= M \alpha_1 s \\ P_2 &= 1 - M \gamma_2 s \end{aligned} \right\} \text{ якщо } 0 \leq s \leq 1, \quad (5)$$

Для  $0 \leq x \leq X_m$ ,  $M=1/X_m$  – коефіцієнт масштабу, який залежить від лініатури для якої здійснюється растрування  $s$  – відносна площа растрових елементів форми  $X_m=1/L$  – максимальне значення просторової змінної, яка залежить від лініатури растра  $L$  і форми елемента.

Передача виходу моделі

$$P_a = \beta/M_x, \text{ якщо } 0 \leq x \leq X_m, \quad (6)$$

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



абсолютних одиницях, яка після ділення у блоці Divide на максимальне значення кількості фарби  $V_m$  на растровому елементі одержується характеристика автотипної тонопередачі у відносних одиницях. Візуалізація результатів імітаційного моделювання в абсолютних одиницях здійснює блок Score, а у відносних блоком Score1. Для визначення відхилення  $E\%$  автотипної тонопередачі від лінійності застосовано блок Sum3 на входи якого подано лінійне значення автотипних тонопередачі  $V_0$  і розраховано в моделі  $V\%$ , яке візуалізується блоком Score2.

Для прикладу задавали лінійну растрову шкалу у відносних одиницях ( $0 \leq U \leq 100\%$ ) із растровими елементами квадратної форми лініатурою  $L = 50$  лін/см, якій відповідає макс. розмір  $X_m = 300$  мкм. Налагодили модель на номінальні параметри ( $\alpha_i = \gamma_i 0,5$ ,  $\beta = 0,8$ ) і параметри блоків Subsystem, які відповідають растровій друкарській формі. Результати імітаційного моделювання характеристики автотипної тонопередачі і товщини фарби на растровій шкалі в абсолютних одиницях подано на рис.4.

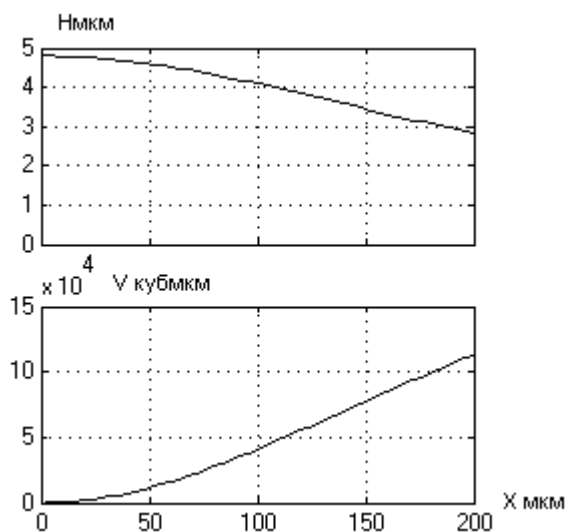


Рис.4 Характеристики тонопередачі і товщини фарби

На початку інтервалу тонопередачі товщина фарби становить 4,80 мкм, поступово зменшується і в кінці інтервалу прямує до 2,82 мкм. Отже, за нерівномірністю товщини фарби на поверхні растрового відбитка флексографічна друкарська система послідовної структури не відповідає вимогам до якісної книжкової і журнальної продукції.

Для зручності порівняно на рис.5 подані результати імітаційного моделювання характеристики автотипної тонопередачі відтворення лінійної растрової шкали і лінійної тонопередачі у відносних одиницях.

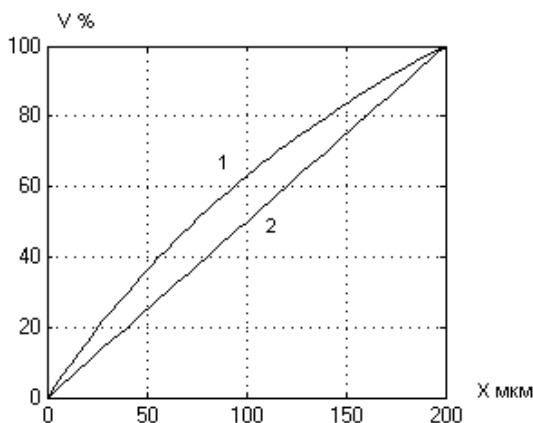


Рис.5 Характеристики автотипної тонопередачі у відносних одиницях: 1 – відтворення лінійної растрової шкали, 2 – лінійної тонопередачі

Характеристика автотипної тонопередачі відтворення лінійної растрової шкали у флексографічній друкарській системі є вигнутою і розташована вище лінійної. Для кількісної оцінки характеристики тонопередачі визначимо її відхилення від лінійної (рисю.6).

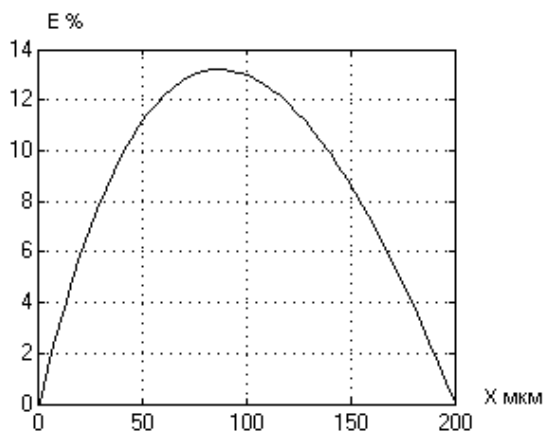


Рис.6 Відхилення автотипної тонопередачі від лінійної

На початку інтервалу відхилення від лінійності дорівнює нулеві і поступово збільшується. Максимальне відхилення від лінійності на середині інтервалу становить +13,2%, поступово зменшується і в тінях прямує до нуля. Отже, флексографічна друкарська система послідовної структури четвертої розмірності притемнює растрові зображення на середньому діапазоні тонопередачі.

**Висновки.** Опрацьована модель автотипної тонопередачі растрових зображень у флексографічній друкарській системі послідовної структури з анілоксовим фарбоживильним пристроєм, виражена кількістю фарби на одиницю площі. Розроблено структурну схему імітаційної моделі в пакеті Matlab: Simulink, яка паралельно

обчислює і візуалізує характеристики тонопередачі, їх відхилення від лінійності. Подані результати імітаційного моделювання у вигляді характеристик тонопередачі при відтворенні лінійної растрової шкали. Максимальне відхилення характеристики тонопередачі від лінійності є на середньому діапазоні і становить +13,2%.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Верхола М.І. Основні засади та сутність розкочування фарби у фарбових системах / Верхола М.І., Луцків М.М. // Комп'ютерні технології друкарства – Львів, 2004. №12. – С.14-25.
2. Верхола М.І. Сигнальний граф процесу розкочування фарби / Верхола М.І., Луцків М.М. // Вісник ДУ “Львівська політехніка”. Львів, 1988. Том 2. – С.348-353.
3. Луцків М. Побудова характеристик покриття растрових зображень фарбою у флексографічних друкарських системах з паралельною подачею / М. Луцків, С. Сичак // Комп'ютерні технології друкарства. - 2013. - №29. - С. 43-53.
4. Сичак С.В. Точносні характеристики флексографічних фарбо друкарських систем з паралельною структурою/Сичак С.В.//Комп'ютерні технології друкарства. Зб. наук. праць-Львів.2013 №30 с.58-66.
5. Ярема С.М.Флексографія / Ярема С.М. // – К.: Лебідь. 1998. – 310с.
6. Ярема С.М. Фарбові та зволожувальні апарати, ракелі та ланувальні пристрої друкарських машин. / Ярема С.М., Мамут Б.Г. // - К.: Ун-т “Україна”: ХК “Бліц-Інформ. 2003. - 191с.
7. Сідікі О.С. Визначення покриття десятипольної шкали фарбою фарбодрукарської системи послідовної структури /Ком'ютерні технології друкарства Випуск № 2 (36) 2016.-48-55с.
8. Cichon H. Formy fleksodrukowe. /Crichon H. Crichon M.// Warszawa. OW Politechniki Warszawskiej. 2006. p.188.
9. W.Barabasz. Wahirastrowy:Podstawowe parametry wyboru/Barabasz W.Wydawca: Zrzeszenie Polskich Fleksografow.Warszawa,www.flekso.pl, biro@flekso.pl p. 15.

### REFERENCES

1. Verkhola M.I. (2004). Basic principles and the essence of paint splitting in paint systems / Verkholov MI, Lutsk MM // Computer technologies of printing - Lviv, 2004. №12. - P.14-25. Verkhola MI Basic principles and the essence of paint splitting in paint systems / Verkholov MI, Lutsk MM // Computer technologies of printing - Lviv, №12. - P.14-25. (in Ukrainian)
2. Verkhola M.I. (1988). Signal graph of the process of painting the paint / Verkholov MI, Luts'kiv MM // Bulletin of the Lviv Polytechnic State University. Lviv Volume2. – P.348-353. (in Ukrainian)
3. Lutskiv M. (2013). Pobudova kharakterystyk pokryttia rastrovnykh zobrazhen farboiu u fleksografichnykh drukarskykh systemakh z paralelnoiu podacheiu / M. Lutskiv, S. Sychak // Komp'uterni tekhnolohii drukarstva. - - №29. - P. 43-53. (in Ukrainian)
4. Sychak S.V. (2013). Tochnosni kharakterystyky fleksografichnykh farbo drukarskykh system z paralelnoiu strukturoiu/Sychak S.V.//Komp'uterni tekhnolohii drukarstva. Zb. nauk. prats-Lviv. №30 P.58-66. (in Ukrainian)
5. Yarema S.M. (1998). Fleksografia / Yarema S.M. // – K.: Lebid.– 310 p. (in Ukrainian)
6. Yarema S.M. (2003). Farbovi ta zvolozhuvalni aparaty, rakelі ta lanuvalni prystroi drukarskykh mashyn. / Yarema S.M., Mamut B.H. // - K.: Un-t “Ukraina”: KhK “Blits-Inform.– 191 p. (in Ukrainian)



7. Sidiki O.S. (2016).-Determination of coverage of a ten-foot scale with paint by a color printing system of a consecutive structure / Computer technologies of printing Issue number 2 (36), p. 48-55. (in Ukrainian)
8. Cichon H. (2006). Formy fleksodrukowe. /Crichon H. Crichon M.// Warszawa. OW Politechniki Warszawskiej. 188 p. (in Polish)
9. W.Barabasz. Wahirastrowy:Podstawowe parametry wyboru/Barabasz W.Wydawca:Zrzeszenie Polskich Fleksografow.Warszawa,www.flekso.pl, biro@flekso.pl p.15. (in Polish)

**UDC 655.027**

**MODEL OF AUTOTICAL TONE REPRODUCTION OF RASTER IMAGES  
IN THE FLEXOGRAPHIC PRINTING SYSTEM OF THE SEQUENTIAL  
STRUCTURE**

M. M. Lutskiv, O. S. Sidiki  
*Ukrainian Academy of Printing,  
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine  
sidikioleg@gmail.com*

*In the article, a model of autotypic tone reproduction of raster images in a flexographic printing system of a sequential structure with an anilox inking device has been developed, which describes the processes of raster transformation and printing. The results of simulation of the reproduction of a linear raster scale with elements of square shape have been presented.*

**Keywords:** *flexography, tone reproduction, autotypic, screening, model, graph, nonlinearity, modeling, characteristics.*

*Стаття надійшла до редакції 25.05.2017  
Received 25.05.2017*