

УДК 655.027

**МОДЕЛЮВАННЯ І СИНТЕЗ ТОНОПЕРЕДАЧІ ДЛЯ ФЛЕКСОГРАФІЧНОЇ ДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ ЧЕТВЕРТОЇ РОЗМІРНОСТІ**

О. С. Сідікі

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

*Розроблено структурну схему стимулятора синтезу тонопередачі в пакеті Matlab:Simulink, який дає можливість розрахувати і будувати характеристики тонопередачі та визначати параметри коригувальних ланок. Запропоновано новий двопараметричний метод синтезу тонопередачі флексографічної друкарської системи послідовної структури на основі кількості фарби на одиницю площі на поверхні растрового відбитка для елементів круглої форми. Подано результати імітаційного моделювання двопараметричного синтезу тонопередачі у вигляді характеристики скорегованої тонопередачі та встановлено, що запропонований синтез забезпечує нормативні вимоги щодо якості книжкової і журнальної продукції.*

**Ключові слова:** *синтез, тонопередача, растрування, товщина фарби, флексографія, коригувальна ланка, симулятор, характеристики.*

**Постановка проблеми.** Оскільки флексографічні друкарські машини не мають механізмів регулювання зональної подачі фарби, то вони не забезпечують сталої товщини фарби на інтервалі тонопередачі. Наявна організація тоновідтворення полягає у визначенні зміни оптичної густини растрового відбитка у заданому інтервалі тонопередачі, досяжного у друкарському процесі. Зазвичай вважають, що оригінал, сканований і опрацьований в системах комп'ютерної графіки, наприклад Photoshop, зорозуміється як якісне зображення. За таких умов приймають, що тонопередача є лінійна, що є основою для наявних методів синтезу тонопередачі [1, 4, 8]. Як показали експериментальні дослідження і моделювання флексографічних друкарських систем, товщина фарби на поверхні растрового відбитка залежить від інтервалу тонопередачі та схеми системи і може змінюватися на 20–40 % [6, 7, 9, 12], що є однією із головних причин застосування для друкування якісної книжкової і журнальної продукції. Отже, двопараметричний синтез флексографічної тонопередачі для растрових елементів круглої форми є актуальною задачею.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У світі більше десяти фірм виготовляють обладнання для CtFP-флексографічних технологій. Зокрема, CtFP-технологія прямого запису інформації на фотополімерну формну пластину, покриту чорним термочутливим шаром, яка після гравіювання перетворюється у фотоформу [5, 8, 10, 12]. Розроблено технологію гравіювання лазерним променем на повну глибину рельєфу для полімерних пластин [9, 12]. Для компенсації різних

впливів застосовують компенсаційні криві та різні показники, які визначають за результатами вимірювання на тестових шкалах за допомогою денситометрів. Більш ефективним виявляється застосування відповідних програм, наприклад СуFus (DuPont) [8, 11]. Програма комплектується тест-формою, з якої замовник виготовляє друкарські форми і друкує в робочому режимі. Заміри, які виконані на кожному етапі, заносять в програму, яка створює коректну криву розтиску для кожного друкарського апарату для різних кольорів. Програма StFP визначає коригування розтискування та інших впливів для підвищення якості.

У доступних джерелах немає інформації, які саме методи чи алгоритми застосовано для компенсації різних впливів. Оскільки компенсація впливів здійснюється на основі експериментальних даних, одержаних шляхом вимірювання на тестових полях відбитка за допомогою денситометра, то немає можливості оптимізувати синтез тонопередачі та якість растрових друкарських зображень на відбитку, що обмежує їх можливості і є основним недоліком. Окрім цього, технолог, дизайнер і друкар не мають можливості безпосередньо управляти процесом синтезу, контролювати процес чи планувати, що зменшує ефективність управління синтезом тонопередачі, компенсації різних впливів і коригування. Тому вирішення проблеми підвищення якості флексографічної тонопередачі на основі двопараметричного синтезу для елементів круглої форми є актуальною.

**Мета статті** — розв'язати задачу двопараметричного синтезу флексографічної тонопередачі при зміні товщини фарби на інтервалі на основі кількості фарби на одиницю площі растрових елементів круглої форми, моделі друкарської системи і растрового перетворення, побудувати симулятор синтезу, визначити параметри коригувальної ланки, подати результати імітаційного моделювання.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для розв'язання задачі двопараметричного синтезу тонопередачі приймаємо такі основні припущення: оригінал — лінійна шкала, растрове перетворення зображення подається відносними одиницями площі елементів, растрова друкарська форма здійснює модуляцію неперервного фарбового потоку друкарської системи, фарбове зображення передається з форми на задруковуваний матеріал, товщина фарби на поверхні растрового відбитка залежить від властивостей друкарської системи та інтервалу тонопередачі, тональність зображення відбитка виражається кількістю фарби на одиницю площі. За таких припущень синтез тонопередачі зводиться до визначення параметрів коригувальної ланки і здійснюється на стадії растрування.

Для розв'язання задачі двопараметричного синтезу тонопередачі необхідні такі основні моделі: модель флексографічної друкарської системи, модель растрової друкарської форми (тестової шкали), модель растрового перетворення, які є відомі [2, 6, 7]. Коригування тонопередачі здійснюється на основі порівняння тональності лінійної растрової шкали і моделі тонопередачі друкарської системи, вираженої кількістю фарби на поверхні шкали растрового відбитка

$$E_{min} = V_{uu} - V_g, \quad (1)$$

де  $V_{uu}$  — тональність лінійної шкали;  $V_g$  — тональність шкали відбитка;  $E_{min}$  — відхилення (результат порівняння), яке мінімізується.

Оскільки моделі растрового перетворення і друкарської системи є нелінійні, то коригувальна ланка також буде нелінійною, що ускладнює коригування. На основі викладеного, розглянемо задачу синтезу тонопередачі у загальному плані. При двопараметричному синтезі тонопередача описується двома параметрами і виражається кількістю фарби на поверхні растрової шкали відбитка

$$V_s = S_\phi(x)H(x), \quad (2)$$

де  $S_\phi(x)$  — площа друкувальних елементів форми на заданому інтервалі тонопередачі;  $x$  — геометричний розмір растрового елемента;  $H(x)$  — товщина шару фарби на поверхні шкали відбитка.

Товщина фарби на відбитку на інтервалі тонопередачі

$$H(x) = F_c(x, S_0, H_0), \quad (3)$$

де  $F_c(x)$  — функція, що описує залежність товщини фарби на вихідні моделі друкарської системи залежно від інтервалу тонопередачі;  $H_0$  — товщина фарби, що подається на вхід моделі.

Растрове перетворення подано таким виразом:

$$S = F_p(x, U_k, L), \quad (4)$$

де  $F_p(\cdot)$  — функція, яка описує растрове перетворення;  $L$  — лініатура растра;  $U_k$  — сигнал коригування.

Коригувальну ланку описуємо таким виразом:

$$U_k = F_k(S, x), \quad (5)$$

де  $F_k(\cdot)$  — шукана функція коригувальної ланки.

Оскільки окремі моделі і вирази є нелінійними, то визначення функції коригувальної ланки аналітичним методом у класі функціональних функцій неможливе, то для спрощення задачі задаємо клас функцій  $F_k(\cdot)$  і шляхом послідовної варіації параметрів, обчислюючи  $E_{min}$ , досягаємо його мінімального значення. Розв'язання поставленої задачі двопараметричного синтезу тонопередачі класичним методом вимагає розв'язання системи рівнянь (1) – (4) із врахуванням входів і виходів моделей, масштабування змінних і сигналів, що ускладнює задачі. Для визначення параметрів коригувальної ланки (5) необхідно задати модель конкретної друкарської системи і лініатуру растрових елементів, а після цього визначати оптимальні параметри коригувальної ланки і здійснити її налаштування. Для спрощення розв'язання задачі і його реалізації застосовано об'єктно-орієнтоване програмування в пакеті Matlab:Simulink. Для прикладу розглянемо флексографічну друкарську систему послідовної структури четвертої розмірності [7]. Фарбоживильний пристрій складається із замкнутої фарбової камери, у якій встановлений анілоксовий валик. Фарба під тиском заповнює растрові комірки анілоксового валика. Надлишок фарби знімається ракелем, а дозований потік фарби поступово розкочується і другим накочувальним валиком подає на поверхню формового циліндра. Растрова друкарська форма здійснює модуляцію неперервного потоку, формуючи фарбове зображення, яке передається на задруковуваний матеріал. За аналогією з [7] на рис. 1 побудовано граф флексографічної друкарської системи.

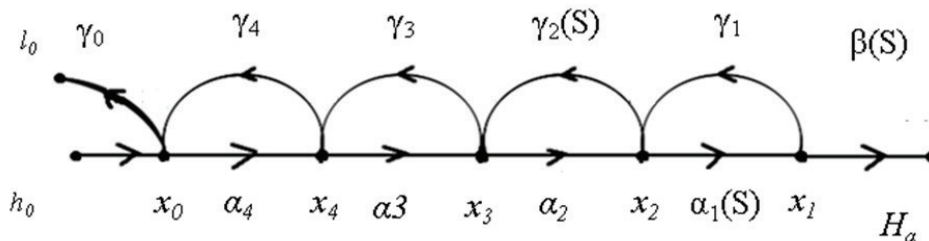


Рис. 1. Граф флексографічної друкарської системи

Вершини графа, позначені точками, відповідають товщинам потоків фарби  $x_i$  у точках контактів валиків і формного циліндра. Дуги графа відповідають коефіцієнтам передачі. Стрілки показують напрямок прямих і зворотних потоків у системі. Вхідна і вихідна вершини графа відповідають товщині потоку фарби, яка подається на вхід системи і передається на задруковуваний матеріал. За графом на основі топологічної формули Мезона [3, 7] визначимо залежність товщини фарби на задруковуваному матеріалі від товщини потоку, поданого на вхід системи:

$$H_a = \frac{\alpha_1(s)\alpha_2\alpha_3\alpha_4\beta(s)}{\Delta} h_0. \quad (6)$$

Визначник графа фарбодрукарської системи характеризує його контурну частину, визначається безпосередньо за графом:

$$\begin{aligned} \Delta = & 1 - \alpha_1(s)\gamma_1 - \alpha_2\gamma_2(s) - \alpha_3\gamma_3 - \alpha_4\gamma_4 + \\ & + \alpha_1(s)\gamma_1[\alpha_3\gamma_3 + \alpha_4\gamma_4] + \alpha_2\gamma_2(s)\alpha_4(\gamma_1), \end{aligned} \quad (7)$$

де  $S$  — відносна площа растрових елементів друкарської форми;  $\alpha_i, \gamma_i$  — коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків фарби при виході із точок контакту.

Для розрахунків коефіцієнтів передачі прямих і зворотних потоків після їх модуляції растровою друкарською формою визначаються виразами [7]:

$$\begin{aligned} \alpha_1(s) &= \alpha_1 s; \\ \gamma_2(s) &= 1 - \gamma_2; \\ \beta(s) &= \beta/s. \end{aligned} \quad (8)$$

Для побудови характеристики покриття друкарської системи вважаємо, що друкарська форма є неперервною лінійною растровою тональною шкалою, яка відповідає ширині форми, а ступінь її покриття змінюється в межах  $[0 \leq S \leq 1]$ .

Растрове перетворення для елементів круглої форми описується його площею, за умови, що управляючою змінною растрування є геометричний розмір елемента, який лінійно змінюється залежно від діапазону тонопередачі. Схема геометрії растрування для елемента круглої форми подана на рис. 2.

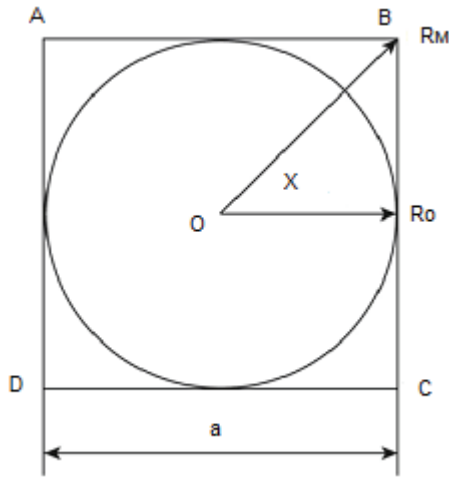


Рис. 2. Схема геометрії растрування до елементів круглої форми

Растровий елемент розміщується в центрі растрової решітки. Розміри елементарного квадрата ABCD є сталі і визначаються лініатурою растра. У процесі растрування змінюються його геометричні розміри, які подамо радіусом кола, відповідно, збільшується площа растрового елемента, яка є носієм інформації про тональне зображення, яку визначимо із геометрії растрування (рис. 2):

$$S_1 = \pi x^2, \text{ якщо } 0 \leq x \leq R_0, \tag{9}$$

де  $x$  — геометричний розмір растрового елемента;  $R_0$  — половина сторони елемента (радіус кола, вписаного в растровий квадрат).

При подальшому збільшенні радіуса растровий елемент втрачає форму кола і його поверхня поступово обмежується растровим квадратом. Тоді площа елемента на другому діапазоні зміни радіуса  $[R_0 \leq x \leq R_m]$  описується досить громіздким виразом [2], тому її площу подамо у загальному плані:

$$S_2 = F(x_n^2), \text{ якщо } R_0 \leq x_k \leq R_m = \sqrt{2}R_0, \tag{10}$$

де  $F(x_n^2)$  — квадратична функція, параметри якої визначено нижче;  $x_k$  — скоригований геометричний розмір.

Коригування нелінійності тонопередачі здійснимо на стадії растрування окремо для кожного діапазону тонопередачі. Запропоновано послідовну коригувальну ланку для першого діапазону у вигляді степеневі функції:

$$U_{k1}(x) = N \cdot b_1 x^{r_1}, \text{ якщо } 0 \leq x \leq R_0, \tag{11}$$

де  $N=1/R_0$  — масштаб;  $b_1, r_1$  — шуканий коефіцієнт і показник степеня, які визначаються із умови мінімізації відхилення коригованої характеристики від лінійної.

Для коригування тонопередачі на другому діапазоні запропоновано коригувальну ланку, яка описується таким виразом:

$$U_{k2}(x) = b_2 x^{r_2}, \text{ якщо } R_0 \leq x \leq R_m, \tag{12}$$

де  $b_2, r_2$  — шуканий коефіцієнт і показник степеня, які визначаються із умови мінімізації відхилення коригованої характеристики від лінійної.

Тоді площа растрового елемента круглої форми після коригування:

$$S_k = S_1 + S_2 = \pi U^2 k_1(x), \text{ якщо } 0 \leq x \leq R_0 M_2 U^2 k_2(x), \text{ якщо } R_0 \leq x \leq R_m, \quad (13)$$

де  $M_2 = 1/S_m$  — максимальне значення площі растрового квадрата.

Звідси визначимо кількість фарби на поверхні растрових елементів на інтервалі тонопередачі після коригування:

$$V_a = S_k H_a, \quad (14)$$

де  $H_a$  — амплітудне значення товщини фарби на виході моделі друкарської системи.

Відносне значення кількості фарби

$$V = \frac{V_a}{V_m}, \quad (15)$$

де  $V_m$  — максимальне значення кількості фарби після коригування.

Для оцінки якості скоригованої тонопередачі запропоновано визначати відхилення скоригованої характеристики тонопередачі від лінійної

$$E = [V - V_0] \cdot 100\%, \quad (16)$$

де  $V_0$  — лінійна характеристика тонопередачі.

На основі графа флексографічної друкарської системи (рис. 1), виразу моделі (6), растрового перетворення (9) – (10), виразів коригувальних ланок (11) і (12) та кількості фарби на одиницю площі розроблена структурна схема симулятора синтезу тонопередачі друкарської системи четвертої розмірності для растрових елементів круглої форми в пакеті Matlab:Simulink (рис. 3).

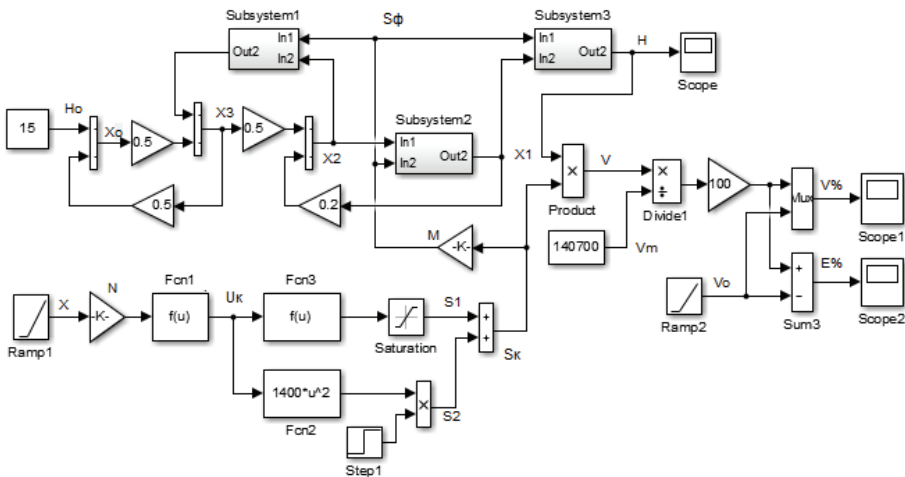


Рис. 3. Структурна схема симулятора двопараметричного синтезу тонопередачі друкарської системи четвертої розмірності для растрових елементів круглої форми

Схема містить три основні моделі: модель флексографічної друкарської системи, модель растрової друкарської форми і модель растрового перетворення з корегувальними ланками. У верхній частині рисунка розташована схема моделі друкарської системи, побудована на основі графа (рис. 1) і реалізована за допомогою блоків сумування і блоків *Cain*. Передачі модульованих фарбових потоків растровою

формою реалізовані за виразом (8) і замасковані у блоках Subsystem. У нижній частині рисунка розміщена модель растрового перетворення і коригувальних ланок (11) і (12), які реалізовані блоками математичних функцій Fcn. Блок Step комутує діапазони тонопередачі. Обчислені скориговані площі растрових елементів на першому і другому діапазоні тонопередачі сумуються, масштабуються і подаються на входи блоків Subsystem, які реалізують растрову друкарську форму. На входи блока множення Produkt подається товщина фарби із виходу моделі друкарської системи і площа растрових елементів, а на його виході одержується кількість фарби на поверхні растрових елементів, а на виході блоку ділення Divide одержується відносне значення кількості фарби на растровій шкалі у відсотках, яка відповідає оптичній густині. Візуалізація результатів імітаційного моделювання здійснюється за допомогою блоків Score і Display.

При моделюванні налаштували параметри моделі друкарської системи на номінальні параметри ( $\alpha_i = \gamma_i = 0,5$ ). Для прикладу задали лініатуру 50 лін/см, визначили радіус кола растрової комірки  $R_o = 100$  мкм,  $R_m = 141$  мкм. Подали на вхід моделі друкарської системи товщину фарби  $H_o = 25$  мкм. Окремі дані подані на схемі стимулятора  $N = 0,01$ ,  $M = 0,000025$ . В інтерактивному режимі роботи з моделлю підібрали оптимальне значення степеня (11) коригувальної ланки  $r_1 = 0,1$  і коефіцієнт  $b_1 = 0,88$ . Результати імітаційного моделювання залежності товщини фарби від діапазону тонопередачі подані на рис. 4.

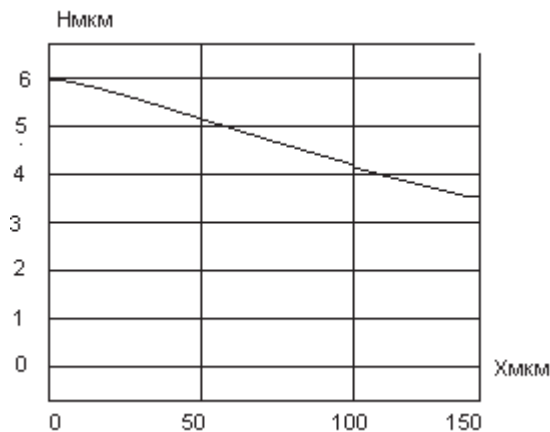


Рис. 4. Залежність товщини фарби від інтервалу тонопередачі

На початку інтервалу тонопередачі товщина фарби на растровій шкалі становить 6,00 мкм, послідовно зменшується і в кінці діапазону становить 3,538 мкм. Отже, за рівномірністю покриття растрового відбитка фарбою флексографічна друкарська система послідовної структури четвертої розмірності не відповідає вимогам до якісного друку.

Характеристика тонопередачі вихідної нескоригованої системи подана на рис. 5 у відносних одиницях.

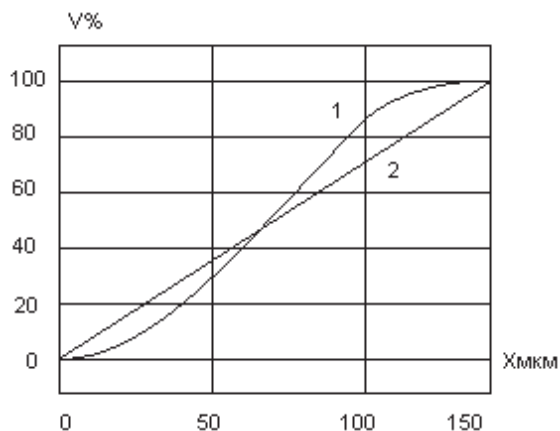


Рис. 5. Характеристики тонопередачі: 1 — нескоригованої тонопередачі; 2 — лінійної

Характеристика нескоригованої тонопередачі є *S*-подібною кривою. На початку діапазону характеристика тонопередачі розміщується нижче лінійної. Максимальне відхилення від лінійної становить 9,8 %. На другому діапазоні характеристика тонопередачі розміщена вище лінійної, а максимальне відхилення становить +15,9 %. Отже, флексографічна друкарська система послідовної структури четвертої розмірності не забезпечує нормативні вимоги до лінійності тонопередачі, тому необхідно коригувати тонопередачу на стадії растрового перетворення. Вибір параметрів коригувальних ланок (11) і (12) здійснили методом інтерактивної роботи із симулятором

$$U_{k1} = 0,8U^{0,7}; U_{k2} = 1400U_k^2. \quad (17)$$

Характеристика скоригованої тонопередачі у відносних одиницях подана на рис. 6.

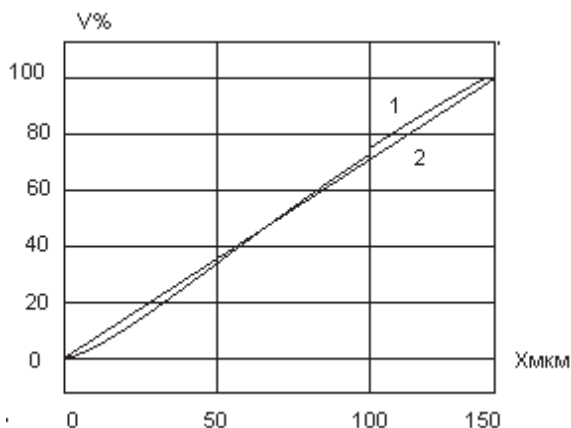


Рис. 6. Характеристики скоригованої (1) і лінійної (2) тонопередачі друкарської системи четвертої розмірності



Як це видно із рис. 6, характеристика скоригованої тонопередачі досить близька до лінійної. На початку інтервалу тонопередачі відхилення від лінійної є від'ємне, а його максимальне значення становить 3,7 %, максимальне відхилення не більше +3,9 % і в кінці діапазону прямує до нуля. Отже, запропонований дво-параметричний синтез тонопередачі флексографічної друкарської системи відповідає вимогам до якісного друку.

**Висновки.** Запропоновано новий двопараметричний метод синтезу тонопередачі флексографічної друкарської системи послідовної структури на основі кількості фарби на одиницю площі на поверхні растрового відбитка для елементів круглої форми.

Опрацьовано структурну схему симулятора синтезу тонопередачі в пакеті Matlab:Simulink, яка дає можливість розраховувати і будувати характеристики тонопередачі і визначати параметри коригувальних ланок.

Подані результати імітаційного моделювання двопараметричного синтезу тонопередачі у вигляді характеристики скоригованої тонопередачі і встановлено, що запропонований синтез забезпечує нормативні вимоги щодо якості книжкової і журнальної флексографічної продукції.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барановський І. В., Яхимович Ю. Л. Поліграфічна переробка образотворчої інформації. Київ-Львів : ІЗММ, 1998. 400 с.
2. Барановський І. В., Філь Л. В. Аналіз характеристики растрування для круглого растрового елемента. Комп'ютерні технології друкарства. 2013. № 13. С. 150–157 с.
3. Верхола М. І., Луцків М. М. Визначення передачі ланцюгового багатоконтурного графа. Комп'ютерні технології друкарства. 2000. № 15. С. 10–16.
4. Кузнецов Ю. В. Технология обработки изобразительной информации. Санкт-Петербург : Петербургский институт печати, 2002. 312 с.
5. Computer-to-Plate для флексографии: Ключевые аспекты технологии / Ласкин А. В., Минин П. В., Маик В. З., Сорокин Б. А. Москва : «Курсив», 2002. 80 с.
6. Луцків М., Стемпель К. Статичні характеристики фарбодрукарських апаратів флексографських машин. Комп'ютерні технології друкарства. 2002. № 9. С. 169–171.
7. Луцків М. М., Сідікі О. С. Моделювання покриття тестової шкали фарбою у флексографічній друкарській системі послідовної структури. Комп'ютерні технології друкарства. 2017. № 37. С. 42–49.
8. Пашуля П. Л. Стандартизація, метрологія, відповідність, якість у поліграфії : підруч. Львів : УАД, 2004. 408 с.
9. Ярема С. М., Мамут Б. Г. Фарбові та зволожувальні апарати, ракелі та лакувальні пристрої друкарських машин. Київ : Університет «Україна», ХК «Бліц-Інформ», 2003. 191 с.
10. Ярема С. М. Флексографія: обладнання технологічне : навч. посіб. Київ : «Либідь», 1998. 310 с.
11. German Ch. Systemy produkcyjne w poligrafii. Praktyczny przewodnik. Warszawa, 2007. 180 s.

12. Czichon H., Czichon M. *Formy fleksodrukowe / Oficyna Wydawnicza Politechniki. Warszawa : OW Politechniki Warszawskiej, 2000. 188 s.*

#### REFERENCES

1. Baranovskyi, I. V., & Yakhymovych, Yu. L. (1998). *Polihrafichna pererobka obrazotvorchoi informatsii. Kyiv-Lviv : IZMM (in Ukrainian).*
2. Baranovskyi, I. V., & Fil, L. V. (2013). *Analiz kharakterystyky rastruvannia dlia kruhloho rastrovoho elementa: Komp'uterni tekhnologii drukarstva, 13, 150–157 (in Ukrainian).*
3. Verkhola, M. I., & Lutskiv, M. M. (2000). *Vyznachennia peredachi lantsiuhovoho bahatokonturnoho hrafa: Komp'uterni tekhnologii drukarstva, 15, 10–16 (in Ukrainian).*
4. Kuznecov, Ju. V. (2002). *Tehnologija obrabotki izobrazitel'noj informacii. Sankt-Peterburg : Peterburgskij institut pechati (in Russian).*
5. Laskin, A. V., Minin, P. V., Maik, V. Z., & Sorokin, B. A. (2002). *Computer-to-Plate dlja fleksografii: Kljuचेve aspekty tehnologii. Moskva : «Kursiv» (in Russian).*
6. Lutskiv, M., & Stempel, K. (2002). *Statychni kharakterystyky farbodrukarskykh aparativ fleksografskykh mashyn: Komp'uterni tekhnologii drukarstva, 9, 169–171 (in Ukrainian).*
7. Lutskiv, M. M., & Sidiki, O. S. (2017). *Modeliuvannia pokryttia testovoi shkaly farboiu u fleksografichnii drukarskii systemi poslidoivnoi struktury: Komp'uterni tekhnologii drukarstva, 37, 42–49 (in Ukrainian).*
8. Pashulia, P. L. (2004). *Standartyzatsiia, metrolohiia, vidpovidnist, yakist u polihrafii. Lviv : UAD (in Ukrainian).*
9. Yarema, S. M., & Mamut, B. H. (2003). *Farbovi ta zvolozhuvalni aparaty, rakel ta lakuvalni prystroi drukarskykh mashyn. Kyiv : Universytet «Ukraina», KhK «Blits-Form» (in Ukrainian).*
10. Yarema, S. M. (1998). *Fleksografia: obladdannia tekhnolohichne. Kyiv : «Lybid» (in Ukrainian).*
11. German, Ch. (2007). *Systemy produkeyjne w poligrafii. Praktyczny przewodnik. Warszawa (in Polish).*
12. Czichon, H., & Czichon, M. (2000). *Formy fleksodrukowe / Oficyna Wydawnicza Politechniki. Warszawa : OW Politechniki Warszawskiej (in Polish).*

doi: 10.32403/0554-4866-2020-2-80-61-71

#### MODELLING AND SYNTHESIS OF TONE TRANSFER FOR FOURTH DIMENSIONAL FLEXOGRAPHIC PRINTING SYSTEMS

O. S. Sidiki

*Ukrainian Academy of Printing,  
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine  
lutolen@i.ua*

*To solve the tasks set for the work, there have been used: methods of mathematical modelling; graph theory to construct graphs of ink streams circulating in the printing*

*system; signal theory to describe the modulation of ink flows by raster printing plate; image processing theory for analysis of colour raster image reproduction; object-oriented programming using the Matlab: Simulink software package for software development and simulation and tone synthesis of flexographic printing systems.*

*The study has developed an analytical method of two-parameter synthesis of tone transfer in flexographic printing system of the fourth dimension for raster elements of round shape, determined the parameters of the corrective link, which includes models of flexographic system and raster printing plate, which modulates raster flow and image transfer. The results of simulation modelling of the synthesized tone transfer are presented.*

*The scientific novelty of the obtained results is that mathematical models of flexographic printing systems of different structure and dimension are constructed, which describe the process of colour ink transfer, the thickness of which depends on the degree of coverage of the printing plate by raster elements in the tone transfer interval. Under different technological influences, a two-parameter mathematical model of auto-typical tone transfer has been constructed, including a model of a printing system, which modulates the ink flow and takes into account the change in ink thickness depending on the tone interval, which is the basis for synthesis.*

*Simulators of ink-printing systems of different structure are developed, which model the processes that take place during printing, calculate the static characteristics of the systems under different influences, model the auto-typical tone transfer and visualize the results.*

**Keywords:** *synthesis, tone transfer, rasterization, ink thickness, flexography, corrective link, simulator, characteristics.*

*Стаття надійшла до редакції 08.07.2020.*

*Received 08.07.2020.*