

КОРЕКЦІЯ АВТОТИПНОЇ ТОНОПЕРЕДАЧІ  
ДЛЯ РАСТРОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ КВАДРАТНОЇ ФОРМИ

М. М. Луцків, П. З. Курка

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

*Розроблено метод корекції для двопараметричної автотипної тонопередачі із растровим елементом квадратної форми, структурну схему моделі, подані результати імітаційного моделювання відтворення лінійної растрової шкали.*

**Ключові слова:** *корекція, автотипія, моделі, тонопередача, растр, шкала, нелінійність, нафарблення, характеристики.*

**Постановка проблеми.** Автотипне відтворення зображень різноманітної тональності на відбитку поліграфічними методами забезпечується відповідною змінною кількістю фарби на одиницю площі растрових елементів. Залежно від способу друку це досягається функціональною зміною співвідношень площ друкувальних елементів і пробільних елементів або товщини фарби на їх поверхні. Зазвичай в офсетному друці тим чи іншим способом підтримується стала товщина шару фарби на поверхні растрових друкувальних елементах форми, а залежно від оптичної густини оригіналу змінюється один параметр — площа друкувальних елементів [1]. Щоб забезпечити сталу товщину фарби, застосовують ручне зональне налагодження подачі фарби, а також складні та дорогі багатоканальні автоматичні системи попереднього зонального налагодження фарбових апаратів на заданий наклад.

Основні технологічно-формні та друкарські процеси мають нелінійні характеристики тонопередачі, які залежать від різних впливів [5]. Організація тоновідтворення напівтонових оригіналів для сталої товщини фарби на друкарській формі, типи тонопередачі, схеми тоновідтворення і програма тонопередачі (корекція) є відома і викладена в окремих публікаціях [5, 7, 3].

На початку 20-х років зарубіжні фірми почали застосовувати для офсетних машин прості за конструкцією (короткі) фарбові апарати із анілоксовим фарбоживильним пристроєм, які мають тільки декілька фарбових валиків, але в них нема механізмів регулювання зональної подачі фарби. Вони не забезпечують сталої товщини фарби на поверхні растрового відбитку на усьому інтервалі тонопередачі, що обмежує їх застосування для друкування якісної книжкової та журнальної продукції [2]. Вибір нормованої ємності анілоксового валика не забезпечує потрібного діапазону тонопередачі для заданого накладу. На відміну від традиційних офсетних систем, у коротких фарбодрукарських системах кількість фарби на поверхні растрових відбитків залежить від двох основних факторів: площі растрових елементів і товщини фарби на його поверхні. Окрім цього, значний

вплив має лініатура растра, форма елемента і характеристика растрового перетворення. Тому виникає задача корекції автотипної тонопередачі для коротких фарбодрукарських систем, яка паралельно здійснює функціональну зміну площі растрових елементів при зміні товщини фарби на їх поверхні на заданому діапазоні тонопередачі. У статті розв'язано актуальну задачу побудови моделі та корекції для двопараметричної автотипної тонопередачі при зменшенні товщини фарби на інтервалі тонопередачі.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** На стадії підготовки ілюстраційних форм у поліграфії застосовують растрове перетворення неперервних аналогових зображень (оригіналів) та дискретних цифрових зображень, а також аналогове і цифрове управління записом і формуванням растрових елементів на друкарській пластині, зокрема корекцію процесу растрування [7, 3].

Традиційна організація автотипної тонопередачі фактично зводиться до синтезу площі растрових елементів заданої лініатури і форми при умові, якщо товщина фарби є сталою і не залежить від інтервалу тонопередачі. Опрацьовані типи тонопередач, схеми тоновідтворення, суміщення інтервалів тонопередачі відбитка і оригінала, методи корекції відповідають однопараметричній автотипній тонопередачі, тому їх безпосереднє застосування для розв'язання поставленої задачі практично неможливе, оскільки для корекції необхідно врахувати два параметри. Основний управляючий, який полягає у функціональній зміні площі растрових елементів, залежно від оптичної густини оригінала і впливу зміни товщини фарби залежно від інтервалу тонопередачі.

Для компенсації нелінійності формного і друкарських процесів додатково здійснюють корегування на стадії растрування, яке визначає закон (алгоритм) зміни відносних площ друкувальних елементів і досягнення загальної лінійності систем. Компенсацію нелінійності здійснюють шляхом введення корегувальної ланки, яка компенсує нелінійність системи [10]. В публікаціях [5, 3, 7] побудовано характеристики процесу растрування цифрового зразка тональної шкали і оцінено якість растрового перетворення. Аналітичний метод корекції растрового перетворення опрацьовано в дисертаційній роботі [5]. У публікаціях [3, 7, 8] опрацьовано математичні моделі коротких фарбодрукарських систем, на основі яких побудовано характеристики покриття шкал фарбою для заданих параметрів системи. Аналіз точності товщини фарби виявив, що вона залежить від діапазону тонопередачі, а відхилення може становити 20–20 % і більше, що не відповідає нормативним вимогам до якості книжково журнальної продукції. У публікаціях авторів [3, 7, 8] побудовано моделі нафарблення растрових елементів квадратної та ромбічної форми, подані результати імітаційного моделювання у вигляді графіків кривих нафарблення. Максимальне відхилення від лінійності є на середніх тонах і становить -25 %.

**Мета статті** — опрацьовати модель двопараметричної автотипної тонопередачі в інтерактивному режимі роботи визначити параметри корегувальної ланки, подати результати імітаційного моделювання корекції.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** На стадії підготовки ілюстраційних форм у поліграфії застосовують растрування неперервних аналогових зображень

(оригіналів) та дискретних цифрових зображень, а також аналогове і цифрове управління записом і формування величини площі на друкарській пластині, що ускладнює розв'язання задачі корекції растрів аналітичним методом. Для спрощення вирішення проблеми не будемо акцентувати на конкретному поданні аналогово чи цифрового елемента. Крім цього, у коротких фарбодрукарських системах товщина фарби залежить від інтервалу тонопередачі. Для побудови моделі двопараметричної автотипної тонопередачі приймаємо такі припущення: вхідне зображення є лінійною неперервною шкалою, аналогові відеосигнали які відповідають заданому варіанту редакційного тоновідтворення для здійснення корекції процесів растрів і нафарблення застосуємо послідовне включення корегувальної ланки, вихідною змінною процесу растрів є величина відносної площі растрового елемента, яка відповідає площі друкувальних елементів форми, відома модель нафарблення растрових елементів на інтервалі тонопередачі, виходом якої є товщина фарби на поверхні растрової шкали відбитка. На основі викладеного у загальному плані задача побудови двопараметричної моделі автотипної тонопередачі з корекцією подано кількістю фарби на растрових елементах у загальному вигляді

$$V_{ak}(x) = S_k(x)H(x). \quad (1)$$

Товщина фарби на поверхні растрових елементів для заданого інтервалу тонопередачі (модель нафарблення растрових елементів)

$$H(x) = f_0(x, u, H_0), \quad (2)$$

де  $f_0$  — функція, яка описує товщину шару фарби, яка передається на растрові елементи,  $x$  — просторова змінна (геометричний розмір растрового елемента),  $H_0$  — початкове значення товщини фарби на початку інтервалу тонопередачі.

Растрове перетворення описується виразом

$$S_k(x) = F_{\Pi}(x, u_k), \quad (3)$$

де  $F_{\Pi}$  — функція растрового перетворення, яка описує залежність відносної площі растрового елемента від скоригованого відео сигналу  $u_k$  і форми елемента.

Послідовна коригувальна ланка формує скорочений сигнал

$$u_k = F_k(u), \quad (4)$$

де  $F_k(u)$  — шукана корегувальна функція.

На основі виразів (1–4) на рис. 1 подано функціональну схему двопараметричної автотипної тонопередачі з корегувальною ланкою.

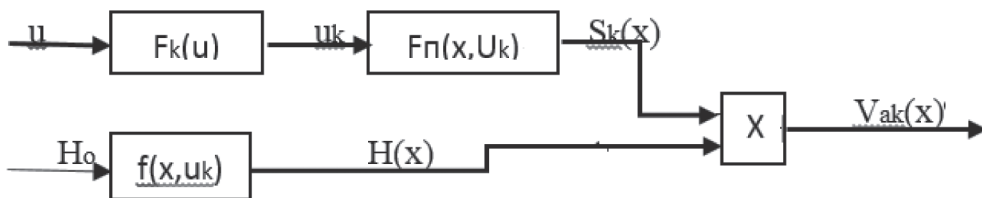


Рис. 1. Функціональна схема двопараметричної автотипної тонопередачі з коригувальною ланкою

Схема наочно відображає сутність корекції і є основою для розв'язання поставленої задачі, якщо у виразі (1) задати бажану автотипну тонопередачу, наприклад, лінійну то із схеми рис.1 визначимо шукану коригувальну функцію у загальному вигляді

$$F_k(u) = \frac{V_{ak}(x_0)}{F(x, u_k) u f(x, u_k) H_0}. \quad (5)$$

Оскільки у вираз (5) входять нелінійні функції, то шукана коригувальна функція буде нелінійною, що ускладнить її практичну реалізацію. Запропоновано наближене визначення шуканої коригувальної функції методом імітаційного моделювання на основі  $\gamma$ -корекції нормованої растрової шкали. Спочатку нормалізуємо лінійну растрову шкалу і здійснимо її  $\gamma$ -корекцію

$$u_k = M u^r, \text{ якщо } 0 \leq u \leq u_M, \quad (6)$$

де  $u_M$  — максимальне значення лінійної растрової шкали,  $\gamma$ -показник степені  $\gamma$ -корекції, додатне число, яке вибирається із діапазону  $0,1 \leq r \leq 0$  залежно від умов корекції.

Масштаб  $M$  залежить від вибраного інтервалу лінійної шкали  $M = 1/u_M$ . Наприклад, для  $u_M = 100$   $M = 0,01$ , для  $u_M = 255$   $M = 0,0255$ . Після  $\gamma$ -корекції здійснюють растрове перетворення скорегованого розміру растрового елемента і геометричного розміру растрового елемента та денормалізація відносних площ елементів. Наприклад, для растрового елемента квадратної форми

$$S_k(x) = \frac{u_k^2}{M}, \text{ якщо } 0 \leq u \leq u_M, \quad (7)$$

де  $x$  — геометричний розмір растрового елемента,  $x_M$  — його максимальний розмір.

Модель нафарблення растрової шкали залежить від типу короткої фарбодрукарської системи. Для досліджень прийнято лінійну спадаючу характеристику нафарблення шкали. На основі прийнятих припущень і викладеного матеріалу, опрацьована імітаційна модель двопараметричної автотипної тонопередачі для дослідження та визначення параметрів корегувальної ланки для лінійної 100 % шкали з растровими елементами квадратної форми рис. 2.

Операційний блок Ramp генерує лінійну просторову шкалу (сигнал), який нормується (множиться на  $M$ ) блоком Gain2 і подається на операційний блок Fcn Fcn3 (блок математичних функцій), який здійснює  $\gamma$ -корекцію відповідно до виразу (5). Растрове перетворення скорегованого сигналу здійснює другий операційний блок Fcn2, який, згідно з виразом (6), його денормалізує. Операційний блок Fcn1 обчислює спадаючу лінійну характеристику нафарблення  $H(x)$ . Після множення площі  $S_k$  і товщини фарби  $H(x)$  на растрових елементах у блоці Produkt2 розраховують характеристику автотипної тонопередачі, яка після ділення у блоці Divide2 на максимальне значення кількості фарби  $V_m$  на растровому квадраті, одержують характеристику скорегованої автотипної тонопередачі  $V_{ak}$ .

Для дослідження і аналізу результатів імітаційного моделювання операційний блок Fcn обчислює абсолютне значення площі  $S$  растрового елемента, а на виході операційного блоку Divide одержують характеристику автотипної тонопередачі в абсолютних одиницях. Сигнал  $V_0$  імітує лінійну автотипну тонопередачу. Для

визначення відхилення скорегованої автотипної тонопередачі від лінійності застосовано блоки Add, на виходах яких одержують відхилення  $E$  тонопередачі від лінійності. Для візуалізації результатів імітаційного моделювання застосовано блок Scope.

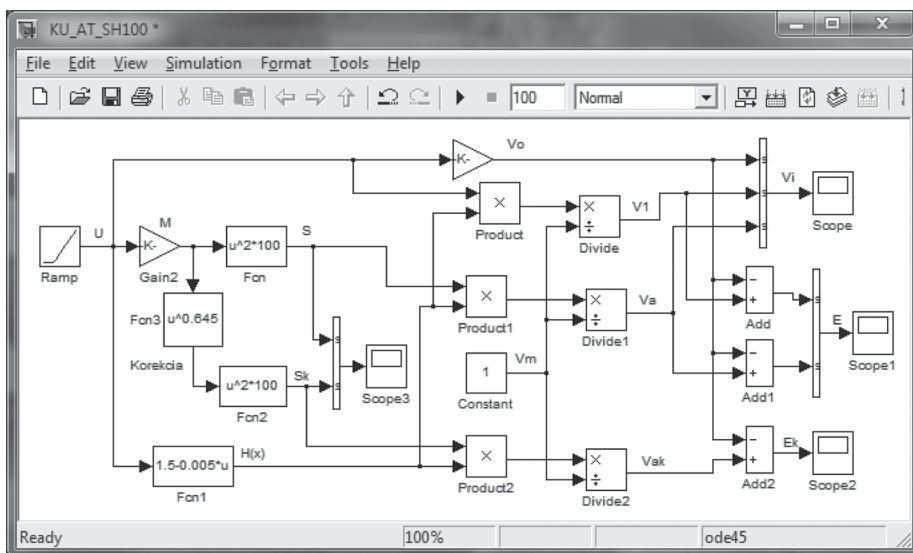


Рис. 2. Вікно імітаційної моделі двопараметричної автотипної тонопередачі

Для прикладу, задали максимальне значення лінійної растрової шкали у відносних одиницях  $u_M=100\%$ . Визначили масштаб  $M=0,01$ , максимальний геометричний розмір растрового елемента  $x_M=100$  мкм, задали межі зміни товщини фарби  $1,5 \leq H(x) \leq 1$  мкм, налагодили імітаційну модель на задані параметри. Визначення потрібної скорегованої характеристики растрового перетворення здійснено за допомогою імітаційної моделі рис. 3 шляхом інтерактивного підбору показника степені  $\gamma=0,645$  в блоці корекції (операційний блок Fcn3) і візуального спостереження характеристики автотипної тонопередачі у блоці Scope. Скорегована таким чином характеристика растрового перетворення подана на рис. 3.

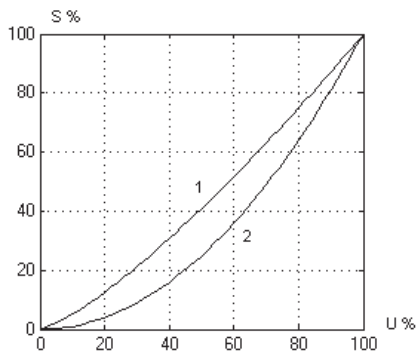


Рис. 3. Характеристика растрового перетворення: 2 — вихідна квадратична, 1 — скорегована характеристика

Скорегована характеристика растрового перетворення розміщується вище вихідної, є менш вгнута ніж вихідна і близька до лінійної. Результати імітаційного моделювання автотипної тонопередачі для скорегованого растрового перетворення при зменшенні товщини шару фарби в межах  $1,5 \leq H(x) \leq 1$  мкм подані на рис. 4.

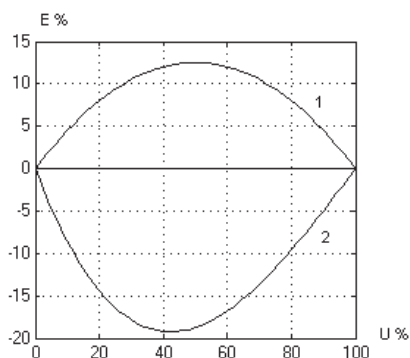


Рис. 4. Характеристики автотипної тонопередачі: 1 — для лінійного растрового перетворення, 2 — для скорегованого растрового перетворення, 3 — для квадратичного перетворення

Після  $\gamma$ -корекції для показника степеня  $\gamma=0,645$  одержують практично лінійну характеристику автотипної тонопередачі. Для порівняння на рис. 4 додатково подана характеристика автотипної тонопередачі для лінійного растрового перетворення, яка розташована над лінійною. Натомість характеристика автотипної тонопередачі для квадратичного растрівання розміщена нижче. Для зручності виконання інтерактивної корекції і кількісної оцінки організували відхилення автотипної тонопередачі від лінійності, застосували блоки Add на виходах, якщо є відхилення  $E$  від лінійної  $E_0$ . Результати імітаційного моделювання оцінок відхилення автотипної тонопередачі від лінійності для різних характеристик растрового перетворення подані на рис. 5.

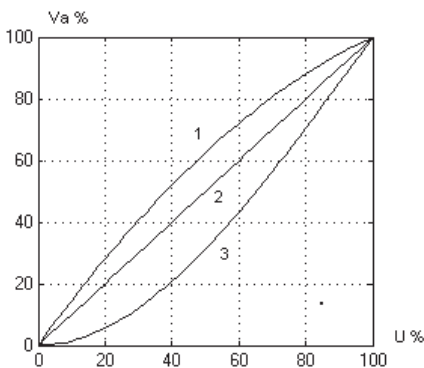


Рис. 5. Характеристики відхилення автотипної тонопередачі від лінійності: 1 — для лінійної характеристики растрового перетворення, 2 — для квадратичної

Відхилення характеристик автотипної тонопередачі від лінійної для квадратичного растрового перетворення є від'ємне. Максимальне відхилення від лінійності є на середніх тонах і становить  $-19,25\%$ . Натомість для лінійного растрового перетворення відхилення є додатне, а його максимальне значення є на сірих ділянках зображення і становить  $+12,5\%$ , що не відповідає нормативним вимогам. Отже, квадратичне і лінійне растрове перетворення не забезпечує лінійність автотипної тонопередачі, що викликає спотворення растрових зображень.

Для визначення точності здійснюються  $g$ -корекції ( $g=0,645$ ) на рис. 6 подані результати імітаційного моделювання відхилення скорегованої характеристики автотипної тонопередачі від лінійності.

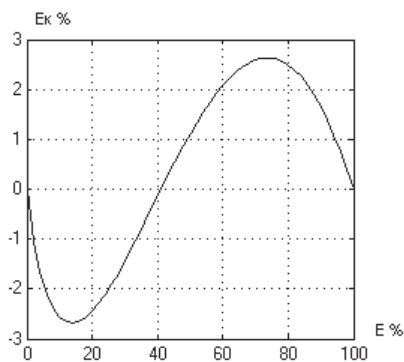


Рис. 6. Відхилення скорегованої автотипної тонопередачі від лінійності

Відхилення характеристики автотипної тонопередачі від лінійності є синусоподібне. На світлих ділянках відхилення є від'ємне. Максимальне відхилення становить  $-2,68\%$ . На сірих ділянках відхилення від лінійності є додатне. Максимальне значення становить  $+2,63\%$ . Отже, запропонований метод  $g$ -корекції та опрацювання імітаційної моделі для двопараметричної автотипної тонопередачі із растровим елементом квадратної форми забезпечують вимоги до лінійності тонопередачі при зменшенні товщини фарби на інтервалі тонопередачі.

**Висновки.** Запропоновано і опрацювано метод  $g$ -корекції для двопараметричної автотипної тонопередачі із растровим елементом квадратної форми. Розроблено структурну схему моделі корекції у пакеті Matlab Simulink, яка паралельно обчислює характеристики растрового перетворення і здійснює їх корекцію, будує характеристики вихідної і скорегованої автотипної тонопередачі та їх відхилення від лінійності. Запропонований метод  $g$ -корекції і опрацювана імітаційна модель забезпечують вимоги до лінійності тонопередачі при зменшенні товщини фарби на інтервалі тонопередачі при зменшенні товщини фарби на інтервалі тонопередачі.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барановський І. В., Яхимович Ю. П. Поліграфічна переробка образотворчої інформації: навч. посіб. Київ — Львів: ІЗМН, 1998. 400 с.
2. Гультьєв А. К. MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде WINDOWS: практ. пособ. Санкт-Петербург: Корона Принт, 1999. 282 с.

3. Луцків М. М., Курка П. З. Модель нафарблення растрових елементів круглої форми. Комп'ютерні технології друкарства [Української академії друкарства]. 2015. № 33. С. 108–115.
4. Мельничук С. І., Ярема С. М. Офсетний друк: Технологія та обладнання додрукарських процесів: навч. посіб. Київ: УкрНДІСВД—Ха Гар, 2000. 467 с.
5. Мусійовська М. М. Аналіз точності покриття растрової шкали фарбою у короткій друкарській системі послідовної структури. Комп'ютерні технології друкарства [Української академії друкарства]. 2015. № 33. С. 116–124.
6. Ярема С. М., Мамут Б. Г. Фарбові та зволожувальні апарати, ракульні лакувальні пристрої друкарських машин. Київ: Україна. Бліцінформ, 2003. 191 с.
7. Луцків М., Курка П. З. Модель нафарблення растрових елементів ромбічної форми. Комп'ютерні технології друкарства [Української академії друкарства]. 2015. № (2) 34. С. 80–87.
8. Курка П. З. Характеристики нафарблення квадратних растрових елементів у фарбодрукарській системі шостої розмірності. Комп'ютерні технології друкарства [Української академії друкарства]. 2016. № (1) 35. С. 26–33.
9. Луцків М. М. Цифрові технології друкарства: моногр. Львів: Українська академія друкарства, 2012. 488 с.
10. Кузнецов Ю. В. Технология обработки изобразительной информации. Санкт-Петербург: Петербургский ин-т печати, 2002. 312 с.
11. Ciupalski S. Maszyny offsetowe zwojowe. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2000. 274 s.

#### REFERENCES

1. Baranovskyi, I. V. Yakhymovych, Iu. P. (1998). Polihrafichna pererobka obrazotvorchoi informatsii. Kyiv — Lviv: IZMN (in Ukrainian).
2. Gultiaev, A. K. (1999). MATLAB 5.2. Imitatsionnoe modelirovanie v srede WINDOWS. Sankt-Peterburg: Korona Print (in Russian).
3. Lutskiv, M. M. & Kurka, P. Z. (2015). Model nafarblennia rastrovyykh elementiv kruhloi formy: Komp'uterni tekhnolohii drukarstva. [Ukrainskoi akademii drukarstva], 33, 108-115 (in Ukrainian).
4. Melnychuk, S. I. & Yarema, S. M. (2000). Ofsetnyi druk: Tekhnolohiia ta obladnannia dodrukarskykh protsesiv. Kyiv: UkrNDISVD — Kha Har (in Ukrainian).
5. Musiiivska, M. M. (2015). Analiz tochnosti pokryttia rastrovoi shkaly farboiu u korotkii drukarkii systemi poslidovnoi struktury: Komp'uterni tekhnolohii drukarstva. [Ukrainskoi akademii drukarstva], 33, 116-124 (in Ukrainian).
6. Iarema, S. M. & Mamut, B. H. (2003). Farbovi ta zvolozhuvalni aparaty, rakelni lakuvalni prystroi drukarskykh mashyn. Kyiv: Ukraina. Blitsinform (in Ukrainian).
7. Lutskiv, M. & Kurka, P. Z. (2015). Model nafarblennia rastrovyykh elementiv rombichnoi formy: Komp'uterni tekhnolohii drukarstva. [Ukrainskoi akademii drukarstva], (2)34, 80-87 (in Ukrainian).
8. Kurka, P. Z. (2016). Kharakterystyky nafarblennia kvadratnykh rastrovyykh elementiv u farbo-drukarskii systemi shostoї rozmirnosti: Komp'uterni tekhnolohii drukarstva. [Ukrainskoi akademii drukarstva], (1) 35, 26-33 (in Ukrainian).



9. Lutskiv, M. M. (2012). Tsyfrovi tekhnolohii drukarstva. Lviv: Ukrainska akademiia drukarstva (in Ukrainian).
10. Kuznetsov, Iu. V. (2002). Tekhnologiia obrabotki izobrazitelnoi informacii. Sankt-Peterburg: Peterburskii in-t pechati (in Russian).
11. Ciupalski, S. (2000). Maszyny offsetowe zwojowe. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej (in Polish).

## AUTOTYPE TONE REPRODUCTION CORRECTION FOR SQUARE RASTER ELEMENTS

M. M. Lutskiv, P. Z. Kurka

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

*The article is devoted to the development of the method of correction for two-parameter autotype tone reproduction with a raster element of square shape, the structural scheme of the model; the results of the simulation of the reproduction of a linear raster scale have been presented.*

**Keywords:** *correction, autotypic, model, tone reproduction, raster, scale, nonlinearity, inking, characteristics.*

*Стаття надійшла до редакції 06.03.2017.*

*Received 06.03.2017.*