

УДК 659.023

**СИНТЕЗ ДВОПАРАМЕТРИЧНОГО
АВТОТИПНОГО ТОНОВІДТВОРЕННЯ
КОРОТКИХ ФАРБОДРУКАРСЬКИХ СИСТЕМ
ПОСЛІДОВНОЇ СТРУКТУРИ**

М. М. Луцків, П. З. Курка

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

У статті розроблено модель двопараметричного автотипного тоновідтворення і метод синтезу коригувальної ланки, компенсуючої нелінійності процесів растрівання і друкування короткої друкарської системи послідовної структури, подані результати імітаційного моделювання відтворення лінійної растрової шкали.

Ключові слова: *тоновідтворення, автотипія, модель, синтез, корекція, нелінійність, растр, шкала, друкарська система, характеристики.*

Постановка проблеми. Відтворення гами напівтонових зображень поліграфічними засобами забезпечує автотипія—спосіб передачі тонів зміною відносних площ пробільних і друкувальних елементів покритих фарбою. Зазвичай в офсетному друці підтримується стала товщина шару фарби на поверхні растрових друкувальних елементів форми, а залежно від оптичної густини оригіналу змінюється тільки один параметр—площа друкувальних елементів [1]. Основні технологічно-растровий, формний і друкарський процеси мають нелінійні характеристики тонопередачі, які залежать від різних впливів [1]. Організація тоновідтворення напівтонових зображень для сталої товщини фарби на друкарській формі, типи тонопередачі, схема тоновідтворення, синтез і корегування тонопередачі є відомі і широко висвітлені в окремих публікаціях [4, 5].

На офсетних машинах для друкування газети західні фірми почали застосовувати прості за конструкцією короткі фарбодрукарські апарати із анілоксовим фарбоживильним пристроєм, які мають тільки декілька валиків, однак 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 та журнальної продукції [3, 4]. На відміну від традиційного офсету у коротких друкарських системах кількість фарби на поверхні залежить від двох факторів: площі растрових елементів і товщини фарби на його поверхні, яка залежить від інтервалу тонопередачі. Тому, для підвищення якості відбитків на стадії растрівання необхідно враховувати два параметри. Отже, виникає задача двопараметричного автотипного тоновідтворення коротких друкарських систем із врахуванням зміни товщини фарби на поверхні друкувальних елементів. В статі виконана актуальна задача побудови моделі двопараметричного тоновід-

творення і синтезу коригувальної ланки, компенсуючої нелінійності процесів растрування і друкування для короткої друкарської системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У поліграфії найчастіше застосовують редакційну тонопередачі при якій задана форма результуючої градації характеристики і на її основі здійснюють практичну реалізацію закону тонопередачі описаного цією характеристикою. Перетворення зображення (оригіналу) у відбиток багатостадійне (сканування, цифрова обробка зображень, растрування, наświetлення, виготовлення форми, друкування та інше) мають свої характеристики передачі, які зв'язують вихідні і вхідні значення оптичного параметра, вихідних і вхідних перетворень сигналу зображень, характеристики репродукції системи [7]. У [8] подана і описана схема тонопередачі в поліграфічному процесі. Окремі характеристики є нелінійними, тому для їх компенсації застосовують коригувальні ланки, наприклад при сканування та пакети цифрової обробки зображень (Photoshop) для покращення їх візуальної якості. В сучасній поліграфії управління тонопередачею є поетапним, коли нелінійність кожної ланки компенсується окремо. Процеси растрування і друкування є також нелінійними [4].

У традиційному процесі приготування до друкування при умові, що відбулася цифрова обробка зображень тільки стадія растрування, яка визначає закон зміни площі друкувальних елементів, може бути застосована для досягнення зональної лінійності системи. В сучасних системах скорегована характеристика растрування може бути задана відповідним алфавітом друкувальних елементів (набором бітових карт) або табличним способом («програмою») відносних площ елементів, які застосовуються в системах лазерного наświetлення друкарських пластин у системах СТР [9]. Сучасні системи растрування є однопараметричними і не враховують зміни товщини фарби на інтервалі тонопередачі, тому не забезпечують якісної компенсації нелінійності короткої друкарської системи.

У публікаціях [3, 7, 8] побудовано характеристики процесу растрування для елементів різної форми і встановлено, що відхилення від лінійності залежить від інтервалу тонопередачі, а максимально відхилення становить -25%. Для компенсації нелінійності растрування опрацьовано аналітичний метод послідовної корекції.

У публікаціях [3, 7, 8] опрацьовані математичні моделі коротких друкарських систем, побудовано характеристики покриття растрових шкал фарбою для заданих параметрів системи. Встановлено, що точність товщини фарби залежить від лінійності, становить 10-20%, що не відповідає нормативним вимогам для якісної продукції. Натомість публікаціях авторів [7,8] побудовані моделі нафарблення растрових елементів квадратної та ромбічної форми, подані результати імітаційного моделювання у вигляді графіків кривих нафарблення. Максимальне відхилення від лінійності на середніх тонах і становить 25%.

Мета статті. Опрацьовати модель двопараметричного автотипного тоновідтворення і метод синтезу корегувальної ланки, компенсуючої нелінійності процесів растрування і друкування короткої друкарської системи послідовної структури, подати результат імітаційного моделювання відтворенням лінійної растрової шкали.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як уже відзначалося задача тоновідтворення є складною і неоднозначною. Тому, для розв'язання поставленої задачі застосуємо редакційну тонопередачу при якій задана форма результуючої градації лінійної характеристики і на її основі здійснимо реалізацію поставленої задачі синтезу двопараметричного автотипного тоновідтворення і корекції нелінійності процесів растровання і друкування коротких друкарських систем.

Для побудови моделі двопараметричної автотипної тонопередачі приймаємо такі основні припущення: вихідне зображення пройшло усі стадії пов'язані із скануванням, корекцією, перетворенням і цифровою обробкою відповідно до прийнятого закону редакційної тонопередачі, вхідне зображення є лінійною растровою шкалою, якій відповідає аналоговий або цифровий відео сигнал, для аналізу і синтезу тоновідтворення подамо фізично кількість фарби на поверхні шкали відбитка в абсолютних та відносних одиницях, враховуємо нелінійність растрового перетворення, для корекції процесів друкування і растровання застосуємо послідовне включення корегуючої ланки, вихідною змінною процесу растровання є величина відносної площі растрових елементів, яка відповідає площі друкувальних елементів форми, растрова форма здійснює модуляцію неперервного фарбового потоку, виходом друкарської системи є кількість фарби на поверхні растрової шкали відбитка.

На основі викладеного опрацьована і подана на рис. 1 загальна функціональна схема моделі короткої друкарської системи з двопараметричним автотипним тоновідтворенням із послідовною коригувальною ланкою.

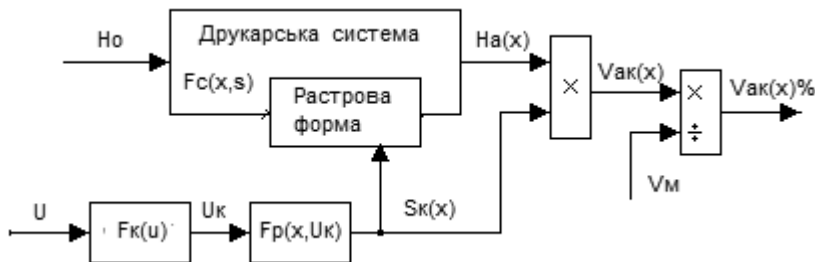


Рис. 1. Загальна функціональна схема моделі короткої друкарської системи з двопараметричним автотипним тоновідтворенням

Схема наочно відображає сутність двопараметричного автотипного тоновідтворення з послідовною корекцією і є основною для розв'язання поставленої задачі. Вихід системи моделі двопараметричного автотипного тоновідтворення є кількістю фарби на растрових елементах відбитка, визначається виразом

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

де $S_k(x)$ – площа растрових елементів на заданому інтервалі тонопередачі, індекс k означає скореговану площу елемента, x – геометричний розмір растрового елемента (незалежна просторова змінна).

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

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

де $F_c(x, S_k)$ – функція, що описує друкарську систему,
 H_0 – товщина фарби на виході системи.

Растрове перетворення описується виразом

$$S_k(x) = F_p(x, U_k), \quad (3)$$

де $F_p(x, U_k)$ – описує растрове перетворення і модуляцію неперервного фарбового потоку растровою друкарською формою.

Скорегований сигнал

$$U_k = F_k(U), \quad (4)$$

де $F_k(U)$ – шукана функція корегованої ланки,
 U – вхідний відео сигнал (лінійна растрова шкала).

Оскільки вирази (1)-(3) описуються нелінійними функціями, то шукана функція корегувальної ланки буде також нелінійною функцією, що ускладнить її практичну реалізацію. Запропоновано наближене значення шуканої коригувальної функції методом імітаційного моделювання -корекції нормальної растрової шкали. Спочатку нормалізуємо лінійну растрову шкалу і здійснимо її r -корекцію

$$U_k = NUr, \text{ якщо } 0 \leq U \leq U_M, \quad (5)$$

де U_M – максимальне значення лінійної растрової шкали,
 r – показник степені r -корекції, достатнє число, яке вибирається із діапазону $0,1 \leq r \leq 1$ залежно від умов корекції.

Нормування залежить від вибраного інтервалу лінійної шкали $N = 1/U_M$. Наприклад для $U_M = 100$, $N=0,01$, для $U_M = 255$, $N = 0,00392$. Після r -корекції здійснюється растрове перетворення скорегованого сигналу U_k для заданої форми і геометричних розмірів растрового елемента і денормалізація площ растрових елементів. Наприклад, для елемента квадратної форми

$$S_k(x) = \frac{U_k^2}{N}, \text{ якщо } 0 \leq x \leq X_M, \quad (6)$$

де x – геометричний розмір растрового елемента на інтервалі тонопередачі,
 X_M – його максимальний розмір.

Практична реалізація поставленої задачі синтезу і корекції двопараметричного автотипного тоновідтворення залежить від типу друкарської системи, форми растрового елемента і лініатури растра. Для прикладу розглянемо коротку друкарську систему послідовної структури п'ятої розмірності. Опис

системи в установленому режимі роботи за умови, що вона є фільтром низьких частот і враховує модуляцію фарбових потоків растровою друкарською формою є відомий і може бути поданий за допомогою сигнального графа [8] рис. 2.

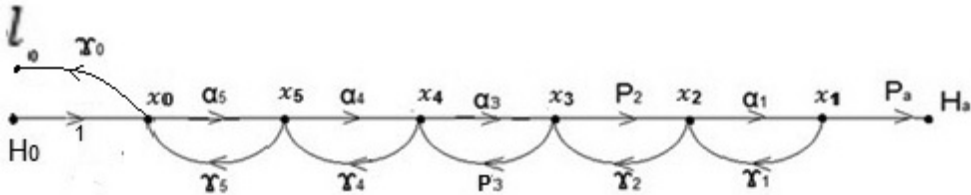


Рис. 2. Граф друкарської системи послідовної структури

Вершини графа позначені x_i відповідають середнім значенням товщини фарбового потоку в точках контакту фарбових валиків, формного й офсетного циліндрів, H_0 – товщина фарбового потоку, який подається на вхід системи, H_a – амплітудне значення товщини фарби на виході системи (на растровому відбитку), l_0 – товщина потоку, який повертається назад у фарбову камеру. Дуги графа позначені α_i , γ_i відповідають коефіцієнтам передачі прямих і зворотніх потоків фарби, P_2 , P_3 – передачі модульованих і негованих потоків растровою друкарською формою, P_a – передача виходу моделі.

Передачі модульованих і негованих фарбових потоків визначається виразами

$$\begin{cases} P_2 = M\alpha_2 S, \text{ якщо } 0 \leq S \leq 1 \\ P_3 = 1 - M\gamma_{i2} S, \text{ для } 0 \leq x \leq X_M \end{cases} \quad (7)$$

де M – коефіцієнт масштабу, який залежить від лініатури для якої здійснюється растрування,

S – відносна площа растрових елементів форми,

X_M – максимальне значення просторової змінної, яка залежить від лініатури і форми растрового елемента.

Коефіцієнт масштабу визначається виразом

$$M = \frac{1}{X_M}. \quad (8)$$

Передача виходу моделі

$$P_a = Mx, \text{ якщо } 0 \leq x \leq X_M, \quad (9)$$

де β – коефіцієнт передачі фарби із офсетного циліндра на задруковуваний матеріал.

Якщо у виразі (7) лінійно змінювати незалежні просторову змінну у заданих межах для заданого сталого значення товщини шару фарби на вході графа, то за графом можна розрахувати і побудувати графічну залежність амплітудного значення товщини фарби на виході. Безпосередньо за графом на основі фор-

мули Мезона [9] запишемо залежність амплітудного значення товщини фарби на виході

$$H_a = \frac{\alpha_5 \alpha_4 \alpha_3 P_2 \alpha_1 P_a}{D_5} H_0. \quad (10)$$

Визначник графа визначається безпосередньо за графом

$$D_5 = 1 - \alpha_5 \gamma_5 - \alpha_4 \gamma_4 - \alpha_3 P_3 - P_2 \gamma_2 - \alpha_1 \gamma_1 + \alpha_5 \gamma_5 (\alpha_3 P_3 + P_2 \gamma_2 + \alpha_1 \gamma_1) + \alpha_4 \gamma_4 (P_2 \gamma_2 + \alpha_1 \gamma_1) + \alpha_3 P_3 \alpha_1 \gamma_1 - \alpha_5 \gamma_5 \alpha_3 P_3 \alpha_1 \gamma_1. \quad (11)$$

Отже, товщина фарби визначається нелінійним виразом (10), залежить від параметрів друкарської системи і від відносної площі друкарських елементів форми.

На основі викладеного, функціональної схеми рис. 1, виразів (1)-(9) і графа опрацьована імітаційна модель двопараметричного автотипного тоновідтворення і синтезу корегувальної ланки і пакеті Matlab: Simulink для короткої друкарської системи послідовної структури (рис. 3).

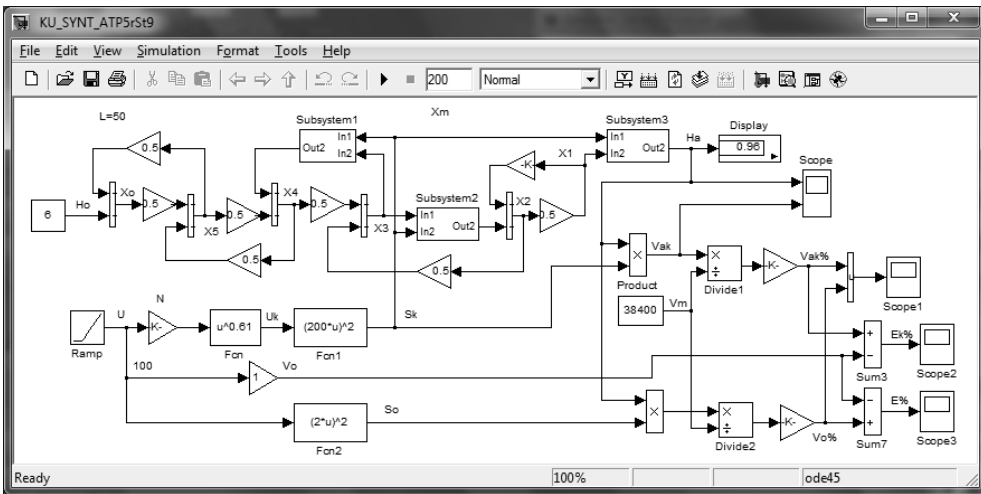


Рис. 3. Вікно імітаційної моделі двопараметричного автотипного відтворення короткої друкарської системи

У верхній частині вікна розташована модель друкарської системи. Дугами графа відповідають блоки Gain, у діалогових вікнах яких задаються коефіцієнти передачі α_i , γ_i прямих і зворотних потоків фарби при виході із зон контакту фарбових валиків. Передачі модульованих і негованих потоків растровою формою реалізовані блоками Subsystem відповідно до виразів (7) і (9). Вузли графа відповідають блокам сумування на входах яких фігурують середні значення товщин потоків x_i у точках контакту валиків.

Операційний блок Ramp генерує лінійну растрову шкалу (сигнал U), який нормується (множиться на N) і подається на операційний блок F_{cn} (блок математичних функцій), який здійснює γ -корекцію відповідно до виразу (5). Операційний блок F_{cn1} обчислює абсолютне значення скорегованої площі растрового

елемента S_k . Після множення площі S_k і товщини фарби H_a на растрових елементах у блоці Product розраховується характеристика скорегованої автотипної тонопередачі, яка після ділення у блоці Divide на максимальне значення кількості фарби V_m на растровому квадраті одержується характеристика скорегованої автотипної тонопередачі $V_{ak}\%$. Візуалізація результатів імітаційного моделювання в абсолютних одиницях здійснюється блоком Score, а у відносних одиницях блоком Score1.

Для дослідження і аналізу результатів імітаційного моделювання операційний блок F_{cn2} обчислює абсолютне значення нескорегованої площі S_0 растрових елементів, а на виході операційного блоку Divide2 одержується характеристика квадратної тонопередачі необхідна для порівняння. Для визначення відхилення скорегованої автотипної тонопередачі від лінійності застосовано блоки Sum на виходах яких одержуються відхилення E тонопередачі V_0 від лінійної, яке візуалізується блоками Score2 і Score3.

Для прикладу задавали максимальне значення лінійної растрової шкали у відносних одиницях $U_M = 100\%$. Визначали коефіцієнт нормування $N=0,01$, максимальний геометричний розмір квадратного растрового елемента $x_M=200$ мкм, відповідає лінійності растра $L=50$ лін/см.

Налагодили модель друкарської системи на номінальні параметри ($\alpha_i = \gamma_i = 0,5$, $\beta=0,8$) і налагодили параметри блоків Subsystem. Визначення потрібної скорегованої характеристики двопараметричного автотипного тоновідтворення здійснювали за допомогою імітаційної моделі рис. 3 шляхом інтерактивного підбору показника степені $r=0,61$ в блоці корекції (операційний блок F_{cn}) і візуального спостереження характеристики автотипного тоновідтворення у блоці Score1 та її відхилення від лінійної в блоці Score2. Скорегована таким чином характеристика автотипного тоновідтворення і товщина фарби в абсолютних одиницях одержані шляхом імітаційного моделювання подані на рис. 4.

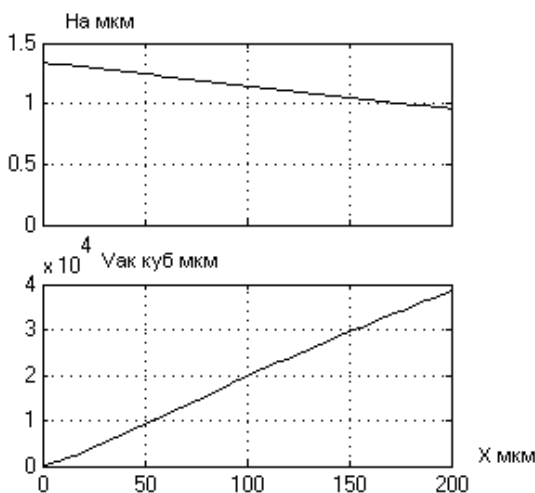


Рис. 4. Скорегована характеристика тоновідтворення і товщини фарби

На початку інтервалу тонопередачі ($x=1$ мкм) товщина фарби становить 1,33 мкм. Із збільшенням інтервалу товщина фарби поступова зменшується і в кінці інтервалу становить 0,96 мкм. Скорегована характеристика тоновідтворення близька до лінійної.

Для зручності порівняння на рис. 5 подані результати імітаційного моделювання вихідної і корегованої характеристики автотипного тоновідтворення у відносних одиницях.

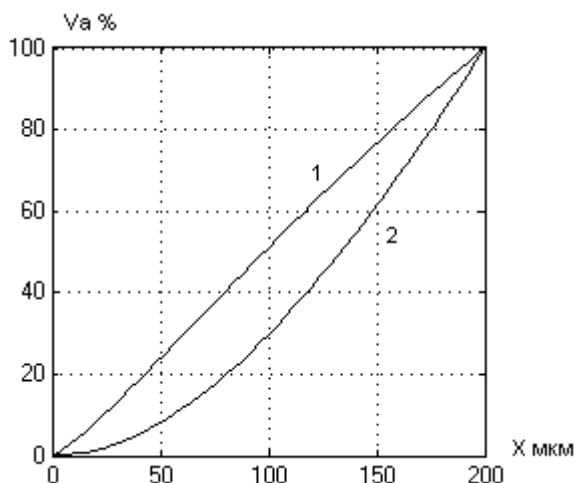


Рис. 5. Характеристики автотипного тоновідтворення у відносних одиницях:
1- скорегована, 2-вихідна

Вихідна характеристика тоновідтворення є вигнутою близько до квадратичної кривої. Скорегована характеристика є близька до лінійної і розміщена вище вихідної. Для кількісної оцінки характеристики тоновідтворення визначали відхилення вихідної (не скорегованої) характеристики від лінійної рис. 6.

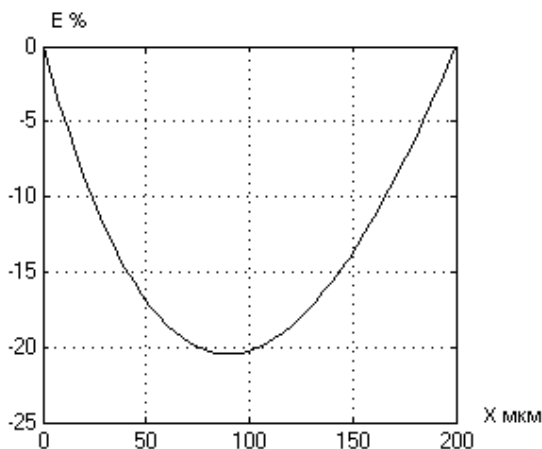


Рис. 6. Відхилення автотипного тоновідтворення від лінійної

На початку інтервалу відхилення від лінійності дорівнює нулеві і поступово збільшується. Максимальне відхилення від лінійності є на середині інтервалу і становить 20,47%, поступово зменшується і в кінці інтервалу прямує до нуля. Отже, за відхиленням від лінійності тоновідтворення вихідна не скорегована друкарська система послідовної структури не відповідає нормативним вимогам до якісної книжкової і журнальної продукції.

Для визначення точності здійсненої γ -корекції ($\gamma=0,61$) на рис. 7 подані результати імітаційного моделювання відхилення скорегованої характеристики двопараметричного тоновідтворення від лінійності.

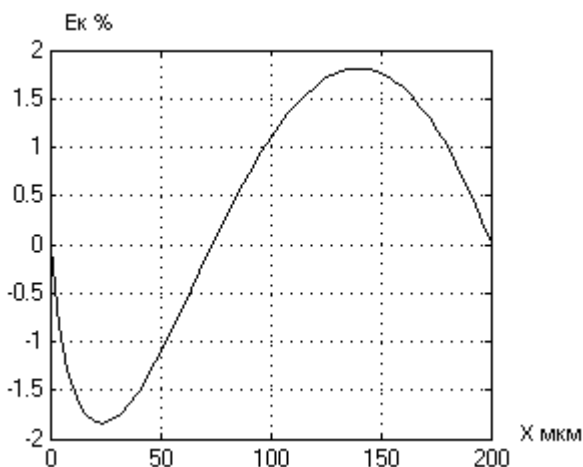


Рис. 7. Відхилення скорегованої характеристики від лінійності

Відхилення скорегованої характеристики від лінійності є синусоподібне. На світлих ділянках відхилення є від'ємне. Максимальне від'ємне відхилення становить -1,82%. На сірих ділянках відхилення від лінійності є додатне, а його максимальне значення становить +1,81%. Отже, запропонований метод γ -корекції і опрацьована імітаційна модель для двопараметричного автотипного тоновідтворення із растровим елементом квадратної форми для короткої друкарської системи послідовної структури забезпечують вимоги до лінійності тонопередачі.

Висновки. Опрацьована модель двопараметричного автотипного тоновідтворення виражена кількістю фарби на одиницю площі і визначено параметри коригувальної ланки, компенсуючої нелінійності процесів растрування і друкування короткої друкарської системи послідовної структури. Розроблено структурну схему імітаційної моделі в пакеті Matlab: Simulink, яка паралельно обчислює і візуалізує характеристики вихідної і скорегованої системи та їх відхилення від лінійності. За результатами імітаційного моделювання встановлено, що запропонований метод γ -корекції забезпечує вимоги до лінійності автотипного тоновідтворення фарби на інтервалі тонопередачі.

Список використаних джерел

1. Барановський І., В. Яхимович Ю. П. Поліграфічна переробка образотворчої інформації: Навч. посібник. — Київ — Львів: ІЗМН, 1998. — 400 с..
2. Гультяев А. К. MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде WINDOWS: Практическое пособие. С-Пт. : Корона Принт, 1999. -282с.
3. Луцків М.М. Модель нафарблення растрових елементів круглої форми / Луцків М.М., Курка П. З., // Комп'ютерні технології друкарства: зб. наук. праць. — Львів: УАД. 2015.-№ 33. С.108-115.
4. Мельничук С. І., Ярема С. М. Офсетний друк: Навчальний посібник: у 2-х кн. Кн. 1.: Технологія та обладнання додрукарських процесів. — К.: 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: зб. наук. праць. - Львів: УАД, 2015. - №33. - С.116-124.
6. Ярема С. М, Фарбові та зволожувальні апарати, ракельні лакувальні пристрої друкарських машин/ Ярема С. М., Мамут Б. Г.-К.: Блізінформ. 2003. — 191с.
7. Луцків М. М. Модель нафарблення растрових елементів ромбічної форми/ Луцків М. М., Курка П. З., // Комп'ютерні технології друкарства: зб. наук. праць. - Львів: УАД. 2015. - № (2) 34. С. 80-87.
8. Курка П. З. Характеристики нафарблення квадратних растрових елементів у фарбодрукарській системі шостої розмірності/ Курка П. З., // Комп'ютерні технології друкарства: зб. наук. праць.-Львів: УАД. 2016. - № (1) 35. — С. 26-33.
9. Луцків М. М. Цифрові технології друкарства : моногр. / М. М. Луцків. — Львів : УАД, 2012. — 488 с
10. Кузнецов Ю. В. Технология обработки изобразительной информации / Ю. В. Кузнецов. — СПб: Петербургский ин-т печати, 2002. — 312 с.
11. Ciupalski S.: Ciupalski S.: Maszyny offsetowe zwojowe. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000. — 274s.

REFERENCES

1. Baranovsky I. V. Yakhimovich Yu.P. (1998). Polygraphic processing of graphic information: Teach. manual. - Kiev -Lviv: IZMN - 400 s. (in Ukrainian)
2. Gulyayev A. K. (1999). MATLAB 5.2. Imitation simulation in WINDOWS environment: Practical manual. S-Fr Crown Print -282s. (in Russian)
3. Lutskiv M. (2015). Model of coloring raster elements of round shape / Lutsk M. M., Kurka P. S., // Computer Technologies of Printing: Collection of Scientific Works.-Lviv: UAD. -№33. P.108-115. (in Ukrainian)
4. Melnichuk S.I., Yarema S.M. (2000). Offset printing: Textbook: in 2 books. Kn. 1: Technology and Equipment for Preprinting Processes. - K. : UkrNDISVD-HaGar - 467 pp. (in Ukrainian)
5. Musiyovskaya M.M. (2015). Analysis of the accuracy of the coverage of a bitmap scale with paint in a short printing system of a sequential structure // Computer Technologies of Printing: Collection of Scientific Works.--Lviv: UAD -№33.-p.116-124. (in Ukrainian)
6. Yarema S.M., (2003). Inking and moisturizers, rocket lacquer devices of typewriters / Yarema SM, Mamut B.G. -K. : Ukraine. Blizinform -191s. (in Ukrainian)

7. Lutskiv M . (2015).-The model of inking of raster elements of rombic form / Lutskiv M. M., Kurka P. Z., // Computer Technologies of Printing: Collection of Scientific Works.-Lviv: UAD. No. (2) 34. Pp. 80-87. (in Ukrainian)
8. Kurka P. Z. (2016). Characteristics of the coloring of square raster elements in the color printing system of the sixth dimension / Kurka P. Z., // Computer Technologies of Printing: Collection of Scientific Works.-Lviv: UAD. -№ (1) 35. P. 26-33. (in Ukrainian)
9. Lutskiv M. M. (2012). Digital Printing Technologies: monogr. / M. Lutskiv – Lviv: UAD- 488 p. (in Ukrainian)
10. Kuznetsov Yu.V. (2002). Technology of processing of graphic information / Yu. V. Kuznetsov. - St. Petersburg: St. Petersburg Institute of Printing, - 312 p. (in Russian)
11. Ciupalski S. : Ciupalski S. : (2000). Maszyny offsetowe zwojowe. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 274s. (in Polish)

UDC 659.023

**SYNTHESIS OF TWO-PARAMETER AUTOTYPICAL TONE
REPRODUCTION OF SHORT INK-PRINTING SYSTEMS OF THE
SEQUENTIAL STRUCTURE**

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

The article presents the model of two-parameter autotypical tone reproduction and the method of correctional synthesis, compensating non-linearity of the processes of screening and printing of the short printing system of the sequential structure. The results of the simulation modeling of the linear raster scale reproduction have been presented.

Keywords: *tone reproduction, autotype, model, synthesis, correction, nonlinearity, raster, scale, printing system, characteristics.*

Стаття надійшла до редакції 25.05.2017

Received 25.05.2017