

М. М. Мусійовська
Українська академія друкарства

АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ КОРОТКОЇ ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ ПОСЛІДОВНОЇ СТРУКТУРИ ЗАЛЕЖНО ВІД ЇЇ ПОРЯДКУ

Розглядається задача аналізу статичної точності короткої фарбодрукарської системи послідовної структури при відтворенні растрової шкали залежно від порядку системи, приведені результати комп'ютерного симулювання.

The problem of static analysis of the short ink-printing system accuracy and the problem of successive structure at the recreation of raster scale depending on the order inside the system are considered. Results of computer simulating are presented.

Формулювання проблеми

Традиційні фарбові апарати друкарських машин високого і плоского друку мають складну конструкцію. Містять до двох десятків фарбових валиків, мають громіздкий фарбоживильний пристрій із регульовальними гвинтами для подачі фарби, вимагають багатоканальної автоматичної системи зональної подачі фарби на заданий наклад. Ці та інші недоліки обумовили розробку більш простих фарбових апаратів.

Західні фірми розробили нові прості конструкції коротких фарбових апаратів, у яких подача здійснюється растровим циліндром (анілоксом) і неперервно подається у фарбову систему. Вони мають 3 - 6 фарбових валиків, тому такі фарбові апарати одержали назву короткі. Вони не мають регульовальних гвинтів зональної подачі фарби, але забезпечують дозовану подачу фарби [3, 4, 6].

Перші взірці коротких фарбових апаратів були виготовлені і встановлені на рулонних офсетних газетних агрегатах показали добрі результати [6]. Це дає підставу для їх використання на аркушевих друкарських машинах. Вимоги до книжкової продукції значно вищі ніж до газетної. Експериментальні дослідження коротких фарбодрукарських апаратів є складні, вимагають дорогої виміральної апаратури, коштів і часу, тому виникає актуальна проблема аналізу статичної точності коротких фарбодрукарських систем.

Аналіз останніх досліджень

Короткі фарбодрукарські системи мало вивчені, що обумовлено коротким часом їх застосування і складністю процесів, які в них протікають. Фарбові системи з анілоксовим фарбоживильним пристроєм широко застосовуються в флексографії. Розроблено десятки різних конструкцій фарбових апаратів із закритою фарбовою камерою, у яких фарба безпосередньо із растрового циліндра передається на флексографічну форму. Зауважимо, що офсетна друкарська форма значно відрізняється від флексографічної, яка є випукла і еластична. Натомість офсетна форма плоска і жорстка. Флексографічні фарби є рідкі, а офсетні – густі. Тому накопичений у флексографії досвід експлуатації і

налагодження фарбових апаратів безпосередньо неможливо використати в офсеті. Щоб надати фарбі необхідні реологічні властивості у фарбовій системі повинно бути декілька розкочувальних валиків.

Складність процесів що проходять у фарбодрукарських системах, і труднощі ідентифікації результатів контролю та експериментальних досліджень обумовили розвиток моделювання фарбових систем. В останні роки з'явилось ряд публікацій із моделювання статичних і динамічних властивостей фарбових систем. Побудовано математичні моделі фарбових систем різної структури, здійснено комп'ютерне симулювання, одержано ряд нових результатів[2]. У роботах [3, 4] розглянуто задачі розрахунку і побудови статичних характеристик коротких фарбодрукарських систем і визначено нерівномірність покриття відбитків фарбою.

Короткі фарбодрукарські системи не мають окремих механізмів для регулювання зональної подачі фарби, а тому не в повній мірі забезпечують рівномірність товщини фарби на всій поверхні відбитка.

Метою роботи є актуальна задача аналізу статичної точності короткої фарбодрукарської системи послідовної структури при відтворенні растрової шкали залежно від кількості фарбових валиків у системі, яка вирішується шляхом математичного моделювання усталеного режиму і комп'ютерного симулювання.

Побудова математичної моделі

Для визначення точності коротку фарбодрукарську систему можна розглядати як своєрідну систему регулювання, яка повинна забезпечити задану статичну точність. Особливість короткої фарбодрукарської системи полягає в тому, що основним збуренням є зображення, яке містить на поверхні друкарської форми і залежить від накладу, що ускладнює задачу. При цьому статична точність залежить від кількості фарбових валиків і циліндрів, які визначають порядок системи.

Враховуючи викладене, розглянемо схему короткої фарбодрукарської системи послідовної структури, для довільного числа фарбових валиків, схема якої зображена на рис. 1.

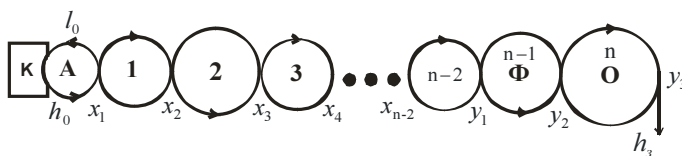


Рис. 1. Схема короткої фарбодрукарської системи послідовної структури

Фарба знаходиться у замкнутій камері К і під тиском заповнює дрібні растрові комірки на поверхні растрового циліндра А (анілокса). Надлишок фарби згортається з поверхні циліндра ракелем, а рівномірний дозований фарбовий шар подається на перший фарбовий валик і послідовно розкочується. Останній $n - 2$ валик накочує фарбу на друкарську форму Ф і покриває форму з якої фарбове зображення переноситься на проміжний офсетний циліндр О і передається на задруковуваний матеріал. Частина фарби, яка не сприйнялася формою і не передалася на задруковуваний матеріал повертається назад і

створює зворотній потік фарби, який через растровий циліндр повертається назад до фарбової камери. Друга частина зворотнього потоку фарби через зону контакту з растровим циліндром знову подається у фарбову систему. Отже, у короткій фарбодрукарській системі відбувається інтенсивна циркуляція і змішування прямих і зворотних потоків фарби, тому при малій кількості фарбових валиків створюються потрібні реологічні властивості фарби, яка краще накочується на растрові друкувальні елементи і покращує якість відбитків.

Статичну точність можна визначити із рівняння усталеного режиму роботи фарбодрукарської системи, яке складемо на основі наступних припущень:

- на вхід першого фарбового валика системи подається суцільний рівномірний шар фарби, який поступово розкочується;
- існують стабільні умови друкарського процесу (стала швидкість друкування, сталий тиск у зонах контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів);
- відсутнє розтискування растрових точок;
- враховується відбір фарби на вході системи;
- зображення на друкарській формі є лінійна растрова тональна шкала, довжина якої дорівнює довжині кола формного циліндра.

На основі відомих співвідношень у фарбодрукарських системах в усталеному режимі роботи [2, 3, 4], прийнятих припущень відповідно до рис. 1 складемо систему рівнянь:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= h_0 + \gamma_1 x_2 & x_{n-2} &= \alpha_{n-3} x_{n-3} + f_{n-2}(S) y_1 \\
 l_0 &= K_0 x_0 x_1 & y_1 &= \alpha_{n-2} x_{n-2} + f_{n-1}(S) y_2 \\
 x_2 &= K_1 x_1 + \gamma_2 x_3 & y_2 &= \alpha_{n-1} y_1 + \gamma_n y_3 \\
 x_3 &= \alpha_2 x_2 + \gamma_3 x_4 & y_3 &= \alpha_n y_2 \\
 & \dots \dots \dots & h_3 &= \beta y_3,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де x_i, y_i – товщина шару фарби в точках контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів, h_0, h_C – товщина фарби на вході і виході (на задрукованому зображенні шкали) фарбодрукарської системи, l_0 – товщина зворотнього потоку фарби, α_i, γ_i , – коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків фарби на виході із точок контакту валиків, K_1, β – коефіцієнти передачі фарби на вході і виході системи, K_0 – коефіцієнт передачі зворотнього потоку фарби, $f_{n-2}(S), f_{n-1}(S)$ – функції передачі, які враховують зміну коефіцієнта передачі на накочувальному валику і друкарській формі при відтворенні лінійної растрової шкали, S – відносна площа поверхні растрової шкали, яка характеризує ступінь її покриття, n – порядок фарбової системи.

Для спрощення задачі визначення точності застосовуємо комп'ютерне симулювання. Для цього за системою рівнянь (1) побудовано граф фарбодрукарської системи, який зображений на рис. 2.

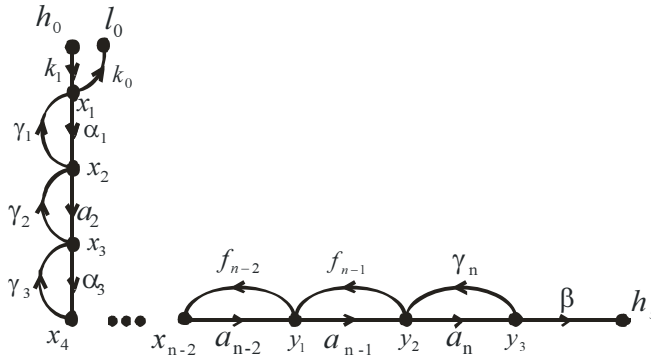


Рис. 2 Граф фарбодрукарської системи

Вершини графа позначені $x_1 - x_{n-2}$ та $y_1 - y_3$ – відповідають товщинам фарби у точках контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів, h_0, h_3 – товщини шару фарби на вході системи і на зображенні. Дуги графа підпорядковані коефіцієнтам передачі прямих і зворотних потоків фарби, які позначені стрілками.

У загальному випадку статична точність короткої фарбодрукарської системи при відтворенні растрової шкали залежно від порядку і параметрів системи можна подати таким виразом:

$$\Delta h = F(h_0, K_0 K_1, \alpha_i, \gamma_i, \beta, f(S)), \quad (2)$$

де $F(\cdot)$ – шукана функція.

Для її визначення використаємо граф. Спочатку за формулою Мезона безпосередньо за графом визначимо товщину задрукуваного зображення.

$$h_3 = \frac{K_1 \beta \prod_{i=2}^{n-2} a_i}{\Delta_n} h_0. \quad (3)$$

Визначник графа Δ_n характеризує контурну частину графа і визначається безпосередньо за графом.

На основі виразу (3) визначимо статичну похибку відхилення, товщини фарби на зображенні від заданого значення:

$$\Delta h = \frac{K_1 \beta \prod_{i=2}^{n-2} a_i}{\Delta_n} h_0 - h_{30}. \quad (4)$$

Для зручності обчислення приймаємо задане значення товщини фарби на зображенні рівне одиниці. Тоді із (4) легко визначити відносну статичну похибку фарбодрукарської системи в процентах:

$$\delta_n = \left[\frac{K_1 \prod_{i=2}^{n-2} a_i}{\Delta_n} - 1 \right] 100\%. \quad (5)$$

Для прикладу визначимо статичну похибку фарбодрукарської системи шостого порядку:

$$\delta = \left[\frac{K_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \beta}{\Delta_6} \right] - 1 \quad (6)$$

Визначник графа Δ_6 характеризує контурну частину графа і визначається безпосередньо за графом:

$$\begin{aligned} \Delta_6 = & 1 - K_1 \gamma_1 - \alpha_2 \gamma_2 - \alpha_3 \gamma_3 - \alpha_4 f_4(S) - \alpha_5 f_5(S) - \alpha_6 \gamma_6 + \\ & + K_1 \gamma_1 [\alpha_3 \gamma_3 + \alpha_4 f_4(S) + \alpha_5 f_5(S) + \alpha_6 \gamma_6] + \\ & + \alpha_2 \gamma_2 [\alpha_4 f_4(S) + \alpha_5 f_5(S) + \alpha_6 \gamma_6] + \\ & + \alpha_3 \gamma_3 [\alpha_5 f_5(S) + \alpha_6 \gamma_6] + \alpha_4 f_4(S) \alpha_6 \gamma_6 - \\ & - a_1 \gamma_1 \alpha_3 \gamma_3 \alpha_5 f_5(S) - a_1 \gamma_1 \alpha_3 \gamma_3 \alpha_6 \gamma_6 - \alpha_2 \gamma_2 \alpha_4 f_4(S) \alpha_6 \gamma_6. \end{aligned} \quad (7)$$

Сучасні інформаційні технології дозволяють шляхом комп'ютерного симулювання розраховувати і побудувати графіки статистичної похибки для заданого інтервалу тону шкали. Для цього опишемо растрову шкалу відносно площею растрових точок, яка може змінюватися в межах $0 \leq S \leq 1$. Для зручності моделювання подано її лінійною функцією часу, яку задамо виразом:

$$S(t) = \begin{cases} S_o & \text{для } t = t_0 \\ S_o + kt & \text{для } t_0 \leq t \leq t_1, \end{cases} \quad (8)$$

де S_o – початкове значення відносної площі растрових точок шкали, t_0 – початковий час, який відповідає початковому значенню площі, t_1 – кінцевий час, який відповідає кінцевому найбільшому значенню відносної площі на заданому інтервалі тонопередачі, k – масштабний коефіцієнт (наприклад, $k = 1$).

Традиційний шлях розрахунку і побудови графіка статичної похибки фарбодрукарської системи безпосередньо за виразами (5) – (8) є громіздкий, вимагає складання системи рівнянь і його розв'язання. Тому нижче ця задача розв'язується шляхом комп'ютерного симулювання.

Результати комп'ютерного симулювання

Для спрощення вирішення поставленої задачі пропонується її розв'язувати шляхом комп'ютерного симулювання в популярному пакеті MATLAB: Simulink, який широко використовується для моделювання різного роду систем [5]. Безпосередньо за графом у вікні моделі із операційних блоків бібліотеки Simulink за допомогою графічного редактора побудовано симулятор статичної похибки короткої фарбодрукарської системи послідовної структури. Вікно симулятора представлено на рис. 3.

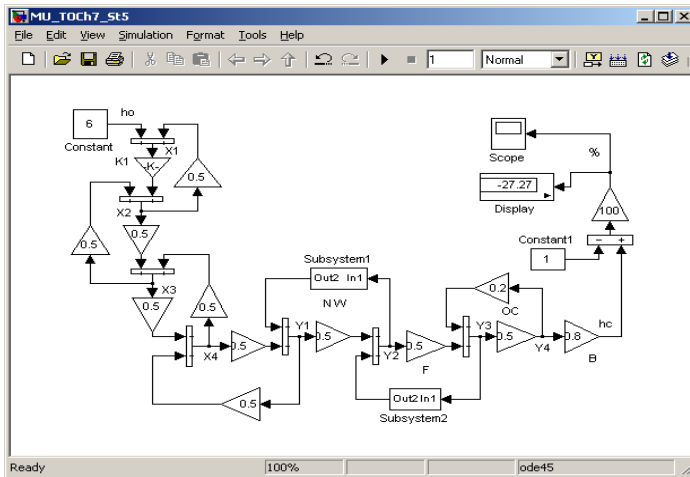


Рис. 3. Вікно симулятора статичних похибок фарбодрукарської системи послідовної структури

У вікні вершинам графа відповідають блоки сумування, на вході яких додаються прямі і зворотні потоки фарби, а на їх виходах розділяються. Дугам графа відповідають блоки підсилення Gain, які задають коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків фарби. Для спрощення задачі функції передачі $f_4(S)$ і $f_5(S)$ реалізовано за допомогою блоків Subsystem, згідно виразу (8) для чого використано блок Ramp. Встановлення заданого значення товщини фарби на вході моделі фарбодрукарської системи здійснюється за допомогою блока Constant. Візуалізація результатів симулювання здійснюється за допомогою блоків Skope і Display.

Метою комп'ютерного симулювання було побудова сімейства статистичних похибок короткої фарбодрукарської системи послідовної структури при відтворенні растрової шкали залежно від порядку системи.

При моделюванні задавали номінальні параметри фарбодрукарської системи ($\alpha_i = \gamma_i = 0,5; K_1 = 0,5; \beta = 0,8$). Приймали растрову шкалу із лінійною зміною відносної площі растрових точок на інтервалі ($0 \leq S \leq 1$). Досліджували вплив порядку системи на статичну точність.

Результати першої серії комп'ютерного симулювання у вигляді сімейства кривих статистичних похибок для фарбодрукарських систем 4, 5, 6 і 7 порядку представлені на рис. 4.

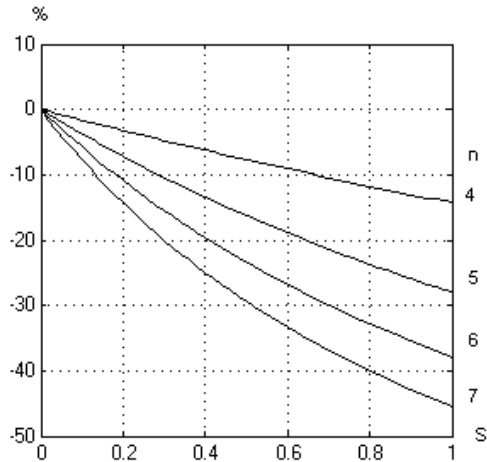


Рис. 4. Сімейство кривих статистичних похибок фарбових систем різного порядку

Як це видно із рисунка на яскравих ділянках шкали ($S \approx 0$) статична похибка фарбодрукарської системи близька до нуля і мало залежить від порядку системи. При переході до світлих ділянок зображення статична похибка поступово збільшується і в тінях складає: -14,29; -28; -37,93; -46,45 %.

Отже, підвищення порядку фарбодрукарської системи приводить до збільшення статичної похибки.

Точність короткої фарбодрукарської системи можна підвищити шляхом налагодження подачі фарби у систему, яке можна здійснити вибором відповідної ємності растрового циліндра. При моделюванні налагодження можна легко здійснити підбором товщини фарби на вході моделі.

Результати другої серії комп'ютерного симулювання після налагодження подачі фарби на вході моделі ($h_0 = 4,8; 5,2; 5,6; 6$ в. о.) у вигляді сімейства кривих статичних похибок для фарбових систем різного порядку представлено на рис. 5.

На яскравих ділянках шкали $S \approx 0$ статистична похибка короткої фарбодрукарської системи складає 6,649; 15,51; 24,37; 33,22 %. При переході до середніх тонів похибка помало зменшується і прямує до нуля. При $S \approx 0,4$ переході до темних ділянок похибка змінює знак і наростає. У тінях ($S = 1$) статистична похибка складає -8,572; -16,8; -22,76; -27,27%. Отже, налагодження подачі фарби на вході фарбової системи майже у двічі зменшує похибку, що необхідно враховувати при експлуатації коротких фарбових апаратів.

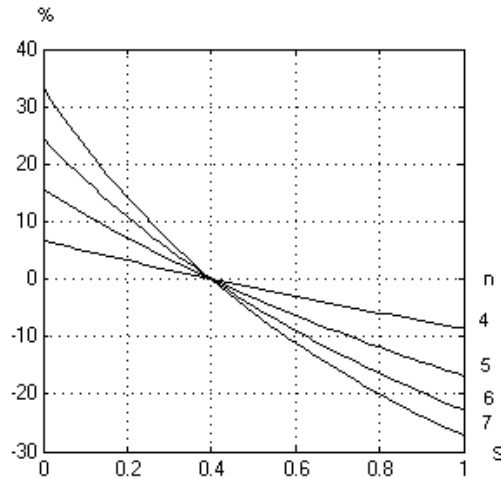


Рис. 5. Сімейство кривих статистичних похибок після налагодження подачі фарби систем різного порядку

Порівнюючи статичні похибки коротких фарбодрукарських систем послідовної структури на всьому інтервалі тоновідтворення, доходимо висновку що для системи четвертого порядку точність знаходиться в межах [6,649; -8,572]%, яка є близька за технічними вимогами до книжково-журнальної продукції [1]. Натомість статична похибка системи сьомого порядку знаходиться в межах [33,22; -27,27]% – значно перевищує вимоги.

Висновки

1. Традиційні фарбові апарати офсетних друкарських машин дукторно-ножового типу мають складну конструкцію, вимагають ручного або автоматичного зонального налагодження на заданий наклад, що обумовило розробку більш простих фарбових апаратів на основі растрового циліндра (анілокса).

2. Короткі фарбодрукарські системи мало вивчені, що обумовлено коротким часом їх застосування і складністю процесів, які в них протікають.

3. Побудована математична модель короткої фарбодрукарської системи, на основі якої визначена статична похибка відхилення товщини фарби при відтворенні растрової шкали залежно від параметрів і порядку системи.

4. За результатами комп'ютерного симулювання встановлено, що статична похибка на всьому інтервалі тоновідтворення для системи четвертого порядку знаходиться в межах $[6,649 < \delta < - 8,572]$ %, яка є близька за технологічними вимогами до книжково-журнальної продукції, натомість похибка системи сьомого порядку знаходиться в межах $[33,22 < \delta < - 27,27]$ % – значно перевищує вимоги.

5. Налаштування подачі фарби майже у двічі зменшує похибку, що необхідно враховувати при експлуатації коротких фарбових систем.

1. Величко О. М. *Опрацювання інформаційного потоку взаємодією елементів друкарського контакту: Монографія.* – К.: Видавництво – поліграфічний центр “Київський університет”. 2005. – 264 с.

2. *Верхола М. І., Луцків М. М. Основні засади та сутність розкочування фарби у фарбових системах // Комп'ютерні технології друкарства. – Львів. 2004. №12, С. 14–25.*
3. *Луцків М. М. Стемпень К. Статичні характеристики фарбових апаратів з анілоксовим валом. // Комп'ютерні технології друкарства. Зб. наук. праць. . – Львів. 2002. №7. С. 27–34.*
4. *Луцків М., Лозовий П. Симулятор статичних характеристик фарбо-друкарських систем. // Комп'ютерні технології друкарства. – Львів. 2007, № 17, С. 3 - 10.*
5. *Дяков В. П. Matlab 6.5 SP1(7)7 SP1(7) SP2 – Simulink 5/6. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики. Серия Библиотека профессионалов / В. П. Дяков, В. В. Круглов. – М.: Салон – Пресс, 2006. 456 с.*
6. *Śiurpalski S. Maszyny offsetowe zwojowe. Warszawa. OW Politechniki Warszawskiej. 2000. 274 с.*