УДК 681.3.655
© М. Луцків[1], М. Косик[1], 2010

МОДЕЛЮВАННЯ ВІДТВОРЕННЯ ТОНАЛЬНОЇ ШКАЛИ КОРОТКОЮ ФАРБО-ДРУКАРСЬКОЮ СИСТЕМОЮ ПОСЛІДОВНОЇ СТРУКТУРИ

Розглядається задача побудови математичної моделі відтворення лінійної тональної шкали короткою фарбо-друкарською системою послідовної структури, зумовлене її властивостями і параметрами. Приведено результати комп'ютерного симулювання.

The problem building a mathematical model of linear tone scale reproduction of a short-ink printing system of coherent structures caused by its properties and parameters. Results over of computer simulation are brought.

1. ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ

Основним недоліком фарбових апаратів офсетних друкарських машин дукторно-ножового типу є дискретна подача фарби і значні труднощі, пов'язані з попереднім налагодженням фарбового апарата на заданий наклад, які обумовлені великою кількістю регулювальних гвинтів (до 26 гвинтів). При автоматичній роботі система попереднього автоматичного налагодження повинна мати стільки каналів управління і виконавчих мікродвигунів, скільки є регулюючих гвинтів. Щоб подолати ці недоліки, були створені нові конструкції фарбового апарата із фарбо-живильним пристроєм на основі растрового циліндра (анілокса), у якому немає спеціальної системи налагодження апарата на заданий наклад. Ці фарбові апарати є значно простіші за традиційні фарбові апарати і мають значно меншу кількість валиків, тому вони одержали назву короткі фарбові апарати [6,7,8,9].

Зауважимо, що з анілоксового циліндра раклем згортається надлишок фарби, тому він подає її дозовану кількість. Крім цього, анілоксовий циліндр відбирає надлишок фарби, яка не передалася на задруковуваний матеріал. Для зміни кількості поданої фарби використовують анілоксові циліндри різної ємкості. Вибором відповідної ємкості можна забезпечити більш рівномірну подачу фарби при різній тональності зображення накладу, що є їх основною перевагою.

Перші конструкції коротких фарбових апаратів почали встановлювати на газетних друкарських машинах, які не вимагають високої якості відбитків [9].

[1] Українська академія друкарства

На даний час немає досвіду вибору ємкості анілоксового вала для конкретного накладу і виробничого досвіду експлуатації коротких фарбових апаратів. Експериментальні дослідження нових конструкцій коротких фарбових апаратів різної структури є складними, вимагають створення апаратури для вимірювання товщини шару фарби та інших параметрів, що вимагає значних затрат коштів і часу. На сьогоднішній день бракує методів аналізу коротких фарбових апаратів. Отже, проблема моделювання коротких фарбо-друкарських систем і, зокрема, відтворення тональної шкали при поліграфічному відтворенні різних відбитків зображення є актуальним завданням.

2. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Фарбові апарати з анілоксовим циліндром вже тривалий час застосовуються у флексографії. Рівномірний шар фарби з анілоксового циліндра безпосередньо передається на еластичну друкарську форму [8]. Особливість офсетного друку і офсетних друкарських фарб полягає у тому, що фарбу спочатку потрібно розкочувати і розтирати, щоб сформувати тонкий шар з потрібними реологічними і адгезійними властивостями. Це не обхідно для того, аби вона рівномірно покривала растрові друкувальні елементи на формі і з мінімальними спотвореннями передавала дрібні растрові точки, відтворювала фарбове зображення на задруковуваному матеріалі. Структура фарбового шару починає формуватися спочатку в анілоксовому циліндрі і ракельним ножем, але цього недостатньо, тому фарбові апарати повинні додатково мати ще декілька розкочуючих валиків. Отже, короткі фарбові апарати офсетних машин значно складніші, ніж флексографських, що зумовлює їх окреме вивчення.

Широко застосовують оперативний контроль друкарського процесу з метою забезпечення високої якість друкованої продукції в офсеті. Для цього використовують різні контрольні шкали, які можуть бути у вигляді плашок або растрових полів, і спеціальні тести, що відтворюються на відбитку. Оперативне оцінювання здійснюють візуально, спостерігаючи тести, а також із використанням вимірювальних приладів [1,5]. За результатами контролю здійснюють налагодження друкарської машини, а також застосовують для корегування виготовлення друкарських форм у комп'ютерних видавничих системах.

Зауважимо, що окремі результати контролю за тестами дають у більшості інтегральні оцінки, включаючи процес підготовки і виконання друкарської форми і процес друкування. Отже, за результатами контролю важко, а інколи неможливо оцінити вплив того чи іншого параметра на процес друкування.

Поліграфічний процес відтворення зображення за допомогою передачі фарбового зображення з друкарської форми на задруковуваний матеріал є складним, тому потрібно вивчати і моделювати окремі етапи процесу. Якість відтворення зображення значною мірою залежить від структури і параметрів фарбо-друкарської системи.

Складність процесів, що протікають у фарбо-друкарських системах, та труднощі ідентифікації результатів контролю та експериментальних досліджень обумовили розвиток моделювання фарбових систем. В останні роки з'явився ряд публікацій із моделювання статичних і динамічних властивостей розкочування фарби у фарбових апаратів друкарських машин [2,3]. Побудовано математичні моделі фарбових систем різної структури, здійснено комп'ютерне симулювання, одержано ряд нових результатів.

У роботах [8] опрацьовано статичні моделі фарбових апаратів флексографських машин із анілоксовим циліндром. Докладний аналіз статичних властивостей коротких фарбових систем офсетних машин, які складаються із анілоксового циліндра і декількох розкочувальних валиків, здійснено у наступних працях [6,7].

Для моделювання і аналізу фарбо-друкарських систем застосовують товщину шару фарби, а не оптичну щільність, яка широко використовується в поліграфії для оцінки якості відбитків. Це пов'язано з тим, що оптична щільність вимірюється в логарифмічних відносних одиницях, яка значною мірою залежить від властивостей паперу, що ускладнює моделювання і аналіз результатів.

Отже, задача моделювання відтворення тонального фарбового зображення в коротких фарбових системах знаходиться на початку свого розвитку.

3. ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

При побудові математичної моделі будемо розглядати фарбо-друкарську систему, як своєрідну систему перетворення зображення, у якій носієм тонального зображення (інформації) є друкарська форма, на якій створюється фарбове зображення, яке, згідно технології офсетного друку, спочатку переноситься на офсетний циліндр (проміжний носій), а з нього передається на задруковуваний матеріал. Фарбові валики здійснюють фільтрацію зображення.

Враховуючи новизну і складність поставленої мети, розглянемо коротку фарбо-друкарську систему послідовної структури, схема якої зображена на рис. 1.

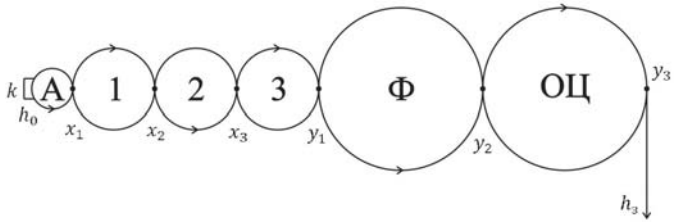

Рис. 1. Схема короткої фарбо-друкарської системи послідовної структури

Фарба в камері k під тиском заповнює дрібні растрові комірки анілоксового циліндра А. Ракель згортає надлишок фарби. Рівномірний шар фарби з анілоксового циліндра подається на перший фарбовий валик і послідовно розкочується. Накочувальний валик 3 накочує шар фарби на друкувальні елементи форми Ф, створює фарбове зображення на формі, яке переноситься на офсетний циліндр (ОЦ), з якого передається на задруковуваний матеріал. Частина фарби, яка не передалася на форму, створює зворотний потік, який через валики і анілоксовий циліндр повертається назад до фарбової камери.

При побудові математичної моделі фарбо-друкарської системи робимо припущення:

– розглядаються усталені режими роботи і сталі умови друкування (швидкість роботи і тиск у зонах контактів фарбових валиків і циліндрів є сталими);

– на вхід фарбо-друкарської системи подається суцільний рівномірний шар фарби;

– растрові друкувальні елементи рівномірно розподілені по всій поверхні форми;

– тональна шкала створюється растровим способом;

– при друкуванні відсутні градаційні спотворення, зумовлені різними технологічними діями (розтискуванням растрових точок, властивостями фарби і паперу, тощо);

– розглядається одномірна задача відтворення тонального зображення.

На основі відомих співвідношень статики потоків фарби [2,3,6] відповідно до схеми рис. 1, з врахуванням прийнятих припущень і балансу подачі і розходу фарби у фарбо-друкарській системі складемо систему рівнянь для усталеного режиму роботи:

$$x_1 = h_0 + ;$$
$$l_0 = ;$$
$$x_2 = k_1 x_1 + y_2 x_2$$

$$
\begin{aligned}
x_3 &= \alpha_2 x_2 + f_3(\gamma_3 \\
y_1 &= \alpha_3 x_3 + f_4(\gamma_4 \\
y_2 &= \alpha_4 y_1 + \\
y_3 &= c \\
h_2 &= f_6(\beta
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

де - товщина шару фарби у точках контакту фарбових валиків, - товщина шару фарби у точках контакту форми з накочувальним валиком і офсетного циліндра із задруковуваним матеріалом, – товщина фарби на растровому циліндрі,– товщина зворотного потоку фарби на растровому циліндрі, - середнє значення фарби на задруковуваному матеріалі, – функції передачі, які описують передачу зворотних потоків фарби у залежності від заданого типу тональної шкали, – коефіцієнти передачі фарби прямих і зворотних потоків на виході із точок контакту фарбових валиків, - коефіцієнт передачі фарби із офсетного циліндра на задруковуваний матеріал, - коефіцієнт передачі фарби з анілоксового циліндра у фарбову систему, - коефіцієнт передачі зворотного потоку фарби на вході системи.

Для спрощення аналізу на основі системи рівнянь (1) і схеми на рис. 2 побудовано сигнальний граф фарбо-друкарської системи.

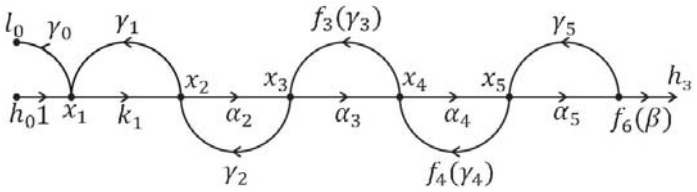

Рис. 2. Граф фарбо-друкарської системи послідовної структури

Вхідна вершина графа відповідає товщині потоку фарби, який подається з анілоксового циліндра на перший валик, вихідна вершина відповідає середньому значенню товщини фарби на задруковуваному матеріалі. Інші вершини графа відповідають товщинам та шару фарби у точках контакту фарбових валиків і циліндрів. Вершини з'єднані вітками (дугами), яким відповідають коефіцієнти передачі фарби та функціям передачі [3].

Сигнальний граф є наочним і досить зручним для аналітичного аналізу та комп'ютерного симулювання. При певних навичках сигнальний граф можна побудувати безпосередньо за схемою фарбо-друкарської системи.

На основі графа за формулою Мезона визначаємо залежність виходу графа (середнього значення товщини шару фарби на відбитку) від товщини шару фарби на вході графа:

$$h_x = \frac{k_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 f_6(\beta)}{\Delta_x} h_0, \quad (2)$$

де - визначник графа, який характеризує його контурну частину, визначається так:

$$\begin{aligned}\Delta_x &= 1 - k_1\gamma_1 - \alpha_2\gamma_2 - \alpha_3 f_3(\gamma_3) - \alpha_4 f_4(\gamma_4) - \alpha_5\gamma_5 \\ &+ k_1\gamma_1[\alpha_3 f_3(\gamma_3) + \alpha_4 f_4(\gamma_4) + \alpha_5\gamma_5] + \alpha_2\gamma_2[\alpha_4 f_4(\gamma_4) + \alpha_5\gamma_5] \\ &+ \alpha_3\alpha_5\gamma_5 f_3(\gamma_3) \\ &- k_1\gamma_1\alpha_3\alpha_5\gamma_5 f_3(\gamma_3).\end{aligned} \quad (3)$$

Аналогічно за формулою можна встановити залежність між іншими змінними. Наприклад, товщина шару зворотного потоку фарби:

$$h_0 = \frac{\gamma_0 \Delta_1}{\Delta_x} h_0, \quad (4)$$

де - мінор визначника графа, із якого усунена вершина , визначається так:

$$\begin{aligned}\Delta_1 &= 1 - \alpha_2\gamma_2 - \alpha_3 f_3(\gamma_3) - \alpha_4 f_4(\gamma_4) - \alpha_5\gamma_5 + \alpha_2\gamma_2[\alpha_4 f_4(\gamma_4) + \alpha_5\gamma_5] \\ &+ \alpha_3\alpha_5\gamma_5 f_3(\gamma_3).\end{aligned} \quad (5)$$

Зауважимо, що аналітичні методи аналізу відтворення тональної шкали є трудомісткі і незручні.

4. РЕЗУЛЬТАТИ КОМП'ЮТЕРНОГО СИМУЛЮВАННЯ

Аналітичний розв'язок системи рівнянь (3) для фарбо-друкарських систем є складним і немодним. Більш простіше поставлене завдання можна розв'язати методом цифрового моделювання. Складання і налагодження програми для цифрового моделювання вимагає відповідного рівняння програмування. Для спрощення цього завдання пропонується її розв'язувати методом комп'ютерного симулювання за допомогою програмного пакету MATLAB-Simulink, у якому використані останні досягнення обчислювальної техніки і програмування.

На основі викладеної системи рівнянь (1) і графа у Simulink побудовано симулятор для відтворення лінійної тональної шкали короткою фарбо-друкарською системою послідовної структури. Вікно симулятора представлено на рис. 3.

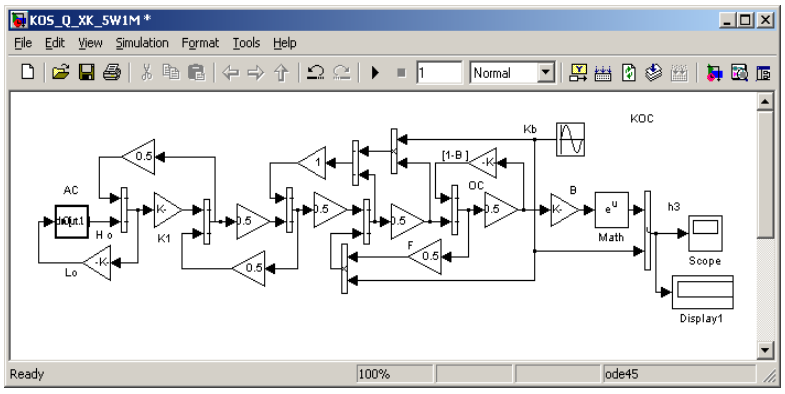

Рис. 3. Вікно симулятора для відтворення тональної шкали

Блок АС імітує фарбо-живильний пристрій з анілоксовим циліндром і задає потрібну товщину шару фарби на вході фарбо-друкарської системи. Блоки Gajn задають коефіцієнти передачі і прямих і зворотних потоків фарби. За допомогою блока Sin Wafe або іншого блока із бібліотеки Simulink формують потрібну шкалу тоновідтворення. На блоках множення і суматорах реалізовано функції передачі f_2 і f_4. Блок Math реалізує функцію f_6.

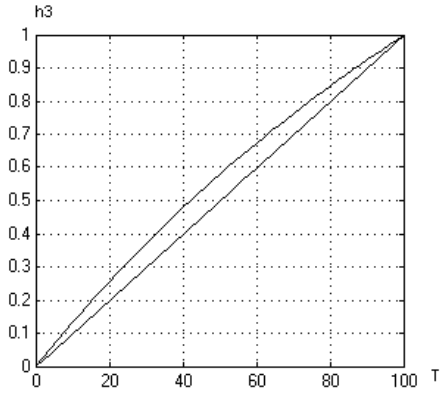

Рис. 4. Характеристика відтворення лінійної тональної шкали короткою фарбо-друкарською системою

Метою комп'ютерного симулювання було ілюструвати запропонований підхід для побудови кривої тоновідтворення фарбо-друкарською системою. Для прикладу здійснювали підготовку до комп'ютерного

симулювання відтворення лінійної тональної шкали, вираженої середнім значенням товщини фарби на задруковуваному матеріалі при зміні тону від яскравого до тіней $h_з = f($ Налагоджували симулятор на максимальне середнє значення товщини фарби $h_{змах}$ (відносна величина чи 1 мкм), а діапазон зміни тону (0-100) %. Результати комп'ютерного симулювання наведені на рис. 4.

Пряма лінія на рисунку відповідає ідеальному тоновідтворені. Отже, фарбо-друкарська система із анілоксовим фарбо-живильним пристроєм має нелінійну амплітудну (градаційну) характеристику тоновідтворення. Найменше відхилення від лінійності мають яскраві ділянки тональної шкали і тіні. Найбільше відхилення мають середні тони.

У наступній серії комп'ютерного симулювання досліджували вплив параметрів (коефіцієнта передачі фарби на вході фарбо-друкарської системи) на відтворення лінійної тональної шкали. На рис. 5 приведені результати симулювання відтворення тональної лінійної шкали для різних коефіцієнтів передачі.

Як це видно із рисунка, при збільшенні коефіцієнта до 0,54 крива відтворення тональної шкали зміщується вверх (крива 1), а при зменшенні до 0,45 – вниз (крива 3). Максимальне відхилення є в тінях і складає +0,149 і -0,292. Отже, незначна зміна коефіцієнта передачі фарби на вході фарбо-друкарської системи значно впливає на відтворення тону зображення.

В останній серії комп'ютерного симулювання досліджували вплив товщини шару фарби на анілоксовому циліндрі (наприклад, зменшення ємкості анілоксового циліндра) на відтворення тональної шкали при зміні товщини шару фарби з 6,245 до 5,245 та 7,245 представлені на рис. 6.

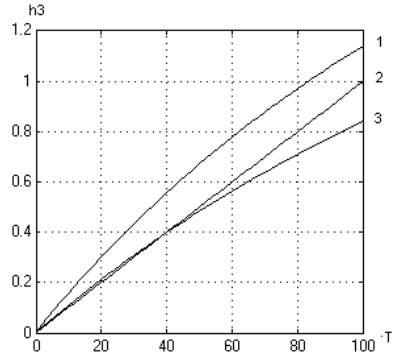

Рис. 5. Характеристики відтворення лінійної тональної шкали для різних коефіцієнтів передачі фарби на вході

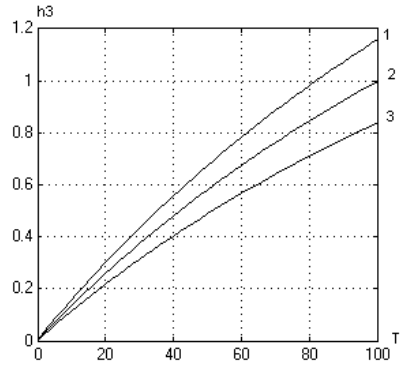

Рис. 6. Характеристики відтворення лінійної тональної шкали для різних товщин шару фарби на анілоксовому циліндрі

На рис. 6 яскраві і світлі ділянки тональної шкали мають незначне відхилення від ідеальної характеристики. Натомість на середніх тонах і тінях є значне відхилення. Максимальне значення в тінях складає 1,125 (перша крива) і 0,8148 (третя крива). Отже, найбільш чутливими до зміни ємкості анілоксового циліндра є тіні зображення.

5. ВИСНОВКИ

Побудована математична модель відтворення лінійної тональної шкали в коротких фарбо-друкарських системах з анілоксовим фарбо-живильним пристроєм.

Розроблено симулятор для побудови характеристики тоновідтворення лінійної тональної шкали, вираженої залежністю середнього значення товщини шару фарби на задруковуваному матеріалі при зміні тону від яскравого до тіней.

Шляхом комп'ютерного симулювання встановлено, що фарбо-друкарська система з анілоксовим фарбо-живильним пристроєм має нелінійну амплітудну (градаційну) характеристику.

Найменше відхилення від лінійної характеристики мають яскраві ділянки шкали і тіні, натомість найбільше відхилення від лінійності мають середні тони.

Незначні зміни коефіцієнта передачі фарби на вході фарбо-друкарської системи (5-10)% значно впливають на відтворення тону зображення.

Найбільш чутливими до зміни ємкості анілоксового циліндра є тіні зображення.

1. Барановський І.В., Яхимович Ю.П. Поліграфічна переробка образотворчої інформації. Київ-Львів: ІЗМН. 1998. -400с. 2. Верхола М.І., Луцків М.М. Основні засади та сутність розкочування фарби у фарбових системах // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць. – Львів, 2004. – Вип. 12. – С. 14 – 25. 3. Верхола М.І., Луцків М.М. Сигнальний граф процесу розкочування фарби // Вісник ДУ „Львівська політехніка". - Львів. 1998. Том 2. С. 348 – 353. 4. Гультяев А.К. MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде WINDOWS: Практическое пособие. – С.-Пт. Корона принт. 1999. – 282с. 5. Кузнецов Ю.В. Технология обработки изобразительной информации. - Спб. Изд-во Петербургский Ин-т печати, 2002. -312с. 6. Луцків М.М., Лозовий П.І. Симулятор статичних характеристик фарбових друкарських систем// Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць. – Львів, 2007. – Вип. 17. - С. 61-69. 7. Лозовий П.І. Побудова навантажувальних характеристик коротких фарбових апаратів// Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць. – Львів, 2008. – Вип. 1 (18). - С. 149-155. 8. Ярема С.М. Флексографія: обладнання, технологія. Київ: Либідь. 1998, 310 с. 9. Ciupalski S. Maszyny offsetowe zwojowe. Warszawa. OW Politechniki Warszawskej. 2000. 274 st.