

## МОДЕЛЮВАННЯ ТОНОПЕРЕДАЧІ РАСТРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ В КОРОТКИХ ФАРБОДРУКАРСЬКИХ СИСТЕМАХ ПОСЛІДОВНОЇ СТРУКТУРИ

*Розглядається задача математичного моделювання тонопередачі растрового зображення короткою фарбодрукарською системою послідовної структури, приведено приклад побудови характеристики тонопередачі.*

*The problem of mathematical modelling of tone transfer of rasterized image in short inking units with sequence structure has been investigated in this article. The flowchart of tone transfer has been developed.*

### 1. ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ

В останні десятиліття в додрукарських процесах широко застосовуються інформаційні технології та системи перетворення і обробки зображень і текстів та виведення з комп'ютера на наświetлювач для виготовлення друкарських форм, необхідних для друкування. Для цього широко застосовують різноманітні методи і програмні пакети комп'ютерної графіки. Над перетвореним цифровим зображенням здійснюється різні математичні операції, що значно покращує візуальну якість зображення [1, 4]. Одержане на моніторі комп'ютера якісне зображення ще не гарантує якісного тоновідтворення зображення засобами поліграфії.

При поліграфічному синтезі тонопередачі необхідно врахувати градаційні перетварення сигналів зображення, вхідні і вихідні характеристики усіх стадій процесу приготування до друкування і друкарського процесу [1, 4]. У зв'язку із складністю процесів, які протікають при друкуванні і трудністю їх математичного опису характеристику тонопередачі визначають експериментальним шляхом і подають їх у відносних одиницях (найчастіше у процентах) у вигляді кривих друкування. Відхилення кривої від лінійної пояснюють розтискуванням фарбової растрової точки [1, 8]. Недоліком цієї характеристики є те, що вона є інтегральна, мало містить інформації про процес друкування, що обмежує її функціональні можливості при аналізі і синтезі поліграфічного тоновідтворення. Це особливо важливо при синтезі тонопередачі для коротких фарбодрукарських систем, які не в повній мірі забезпечують рівномірність покриття фарбою растрового зображення на

---

<sup>5</sup>Українська академія друкарства

цілому інтервалі тонопередачі [6, 7]. Тому виникає актуальна проблема моделювання і побудови характеристики тонопередачі при відтворенні растрового зображення короткими фарбодрукарськими системами.

## 2. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В останні роки західні фірми розробили нові конструкції фарбових апаратів з неперервною подачею фарби від фарбоживильного пристрою, виконаного на основі растрового циліндра (анілокса), розміщеного у замкненій фарбовій камері. Вони є прості за конструкцією, мають тільки декілька фарбових валиків, тому їх називають короткі фарбові апарати. Перші взірці апаратів встановлено на газетних рулонних друкарських машинах [6, 8] і показали непогані результати. Ведуться роботи по вдосконаленню коротких фарбових апаратів з метою їх застосування на аркушевих машинах для друкування книжкової і журнальної продукції, де вимоги до якої є значно вищі ніж до газетної продукції. Експериментальні дослідження фарбових систем є складні, вимагають дорогої вимірювальної апаратури, коштів, матеріалів і часу.

Складність процесів що відбуваються у фарбодрукарських системах, труднощі експериментальних досліджень і відсутність апаратури для вимірювання товщини шару фарби на фарбових валиках і задрукованому матеріалі привели до розвитку математичного моделювання фарбових систем [2, 5, 6, 7]. Побудовано статичні і динамічні моделі різних схем фарбових систем офсетних машин, здійснено комп'ютерне симулювання, одержано ряд нових результатів. У роботах [5, 6, 7] побудовано статичні характеристики, які описують статичні властивості коротких фарбодрукарських систем при зміні тих чи інших параметрів. Встановлено, що короткі фарбодрукарські системи не забезпечують рівномірного покриття фарбою растрових точок зображення на різних інтервалах тону. Нерівномірність покриття зображення фарбою погіршує характеристику тонопередачі короткої фарбової системи. Крім цього одержана експериментальним шляхом характеристика є малоінформативною. Викладене унеможливило застосування існуючих методів і програмних пакетів для якісного синтезу тонопередачі для коротких фарбодрукарських систем, справедливих за умов сталої товщини шару фарби на відбитку. Отже, актуальною задачею є моделювання і побудова характеристики тонопередачі короткої фарбодрукарської системи, більш інформативної за традиційні криві друкування.

### 3. ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

При поліграфічному відтворенні різні відтінки тональності передаються різною кількістю фарби. Зазвичай в офсетному друці вважають, що товщина шару на растрових точках відбитку є однаковою, а в залежності від оптичної щільності оригіналу змінюється площа растрового друкарського елемента [1, 4]. Синтез тонопередачі зводиться до визначення значень відносних площ растрових точок, які використовуються при наświetленні та виконанні друкарських форм. Саме величина площі растрового зображення забезпечує необхідну оптичну щільність відбитка. Натомість короткі фарбодрукарські системи не мають механізмів регулювання зональної подачі фарби, тому не забезпечують рівномірності покриття растрового зображення фарбою на усьому інтервалі тонопередачі [6, 7]. Для підвищення інформативності характеристики тонопередачі короткої фарбодрукарської системи вона повинна описувати залежність кількості фарби на растрових точках при відтворенні зображення на заданому інтервалі тонопередачі.

Отже для визначення шуканої характеристики тонопередачі необхідно для заданої площі растрової точки визначити товщину фарби, яка залежить від структури і параметрів фарбодрукарської системи і визначається на основі її моделі.

На рис. 1 представлена загальна функціональна схема відтворення растрового зображення фарбодрукарською системою.



Рис. 1. Загальна функціональна схема відтворення растрового зображення фарбодрукарською системою

На вхід системи подається і формується рівномірний потік фарби товщиною  $h_0$ . Носієм інформації є зображення на друкарській формі, яка моделює фарбовий потік, створюючи фарбове зображення, яке переноситься на офсет а з нього передається на задруковуваний матеріал (наприклад, папір). Частка потоку фарби, яка не перенеслася на офсет і не передалася на задруковуваний матеріал створює зворотні потоки фарби, частина якого повертається назад в фарбоживильну камеру. На ви-

ході функціональної схеми фігурує кількість фарби на растрових точках відбитка  $Q_{oid}$ , яка відповідає оптичній щільності оригіналу  $D_{op}$ .

Моделювання тонопередачі повинно базуватися одночасно на математичних описах і фізично реалізованих операціях перетворення і перенесення фарбових потоків, як фізичних носіїв інформації. Враховуючи новизну і складність поставленої задачі, розглянемо коротку фарбодрукарську систему послідовної структури, схема якої зображена на рис. 2.

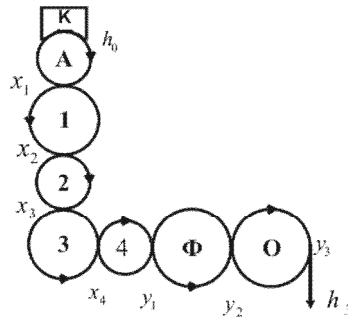


Рис. 2. Схема короткої фарбодрукарської системи

В фарбовій камері К фарба під тиском заповнює комірки растрового циліндра А (анілокса). Надлишок фарби згортається ракелем, а рівномірний шар фарби передається на перший фарбовий валик і послідовно розкочується. Четвертий накочувальний валик накочує фарбу на друкарську форму Ф, яка модулює фарбовий потік, створюючи фарбове зображення, яке переноситься на офсетний циліндр О а з нього передається на задруковуваний матеріал. Частина фарби, яка не сприйнялася формою і задруковуваним матеріалом повертається назад, створюючи зворотний потік фарби у фарбовій системі, частина якого через растровий циліндр повертається до фарбової камери.

При побудові математичної моделі робимо наступні припущення:

- розглядаються ustalені режими роботи фарбодрукарської системи при рівномірній подачі фарби на перший фарбовий валик;
- зображення на друкарській формі є лінійна растрова шкала, довжина якої дорівнює довжині кола формного циліндра;
- приймаються сталі умови процесу друкування;
- відсутнє розтискування растрових точок, обумовлене тими чи іншими причинами.

На основі відомих співвідношень у фарбовій системі в ustalеному режимі роботи [5, 6, 7, 8], з врахуванням прийнятих припущень відпо-

відно до Рис. 2 складемо систему рівнянь балансу потоків у фарбовій системі:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= h_0 + \gamma_1 x_2 & y_1 &= \alpha_4 x_4 + f_2(s) y_2 \\
 l_0 &= k_0 x_1 & y_2 &= \alpha_s y_1 + (1 - \beta) y_3 \\
 x_2 &= k_1 x_1 + \gamma_2 x_3 & y_3 &= \alpha_6 y_2 & (1) \\
 x_3 &= \alpha_2 x_2 + \gamma_3 x_4 & h_3 &= \beta y_3, \\
 x_4 &= \alpha_3 x_3 + f_1(s) y_1 & Q_3 &= h_3 f_3(s),
 \end{aligned}$$

де  $x_i, y_i$  – товщина фарби у точках контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів,  $h_0, h_3$  – товщина шару фарби на вході і виході (на зображенні) фарбодрукарської системи,  $l_0$  – товщина зворотного потоку фарби,  $Q_3$  кількість фарби на растровому зображенні,  $\alpha_i, \gamma_i$  – коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків фарби на виході із точок контакту,  $k_1, \beta$  – коефіцієнти передачі фарби на вході і виході системи,  $k_0$  – коефіцієнти передачі зворотного потоку фарби,  $f_1(s) - f_3(s)$  – функції передачі, які враховують зміну передачі фарби при відтворенні лінійної растрової шкали,  $s$  – відносна площа поверхні растрової шкали, яка характеризує ступінь її покриття.

Визначення характеристики тоновідтворення шляхом розв'язку системи рівнянь є трудомістким і не модним, тому застосуємо метод симулювання. Для цього спочатку за схемою рис. 2 і системою рівнянь побудуємо граф фарбодрукарської системи, який зображений на рис. 3.

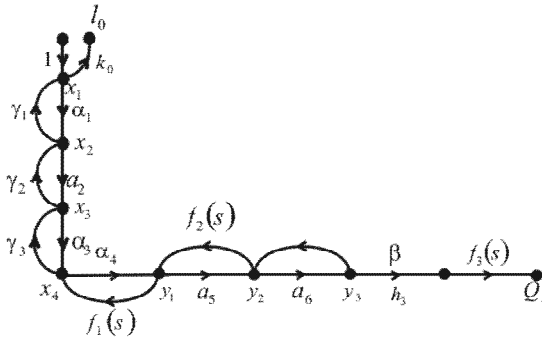


Рис. 3. Граф фарбодрукарської системи

Вершини графа відповідають товщинам фарби у точках контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндра, а також товщинам фарби на вході і виході системи. Дуги графа підпорядковані коефіцієнтам передачі прямих і зворотних потоків фарби, та функціям передачі фарби [2]. На основі формули Мезона безпосередньо за графом визначимо залежність кількості фарби на зображенні лінійної растрової шкали на задрукованому матеріалі при заданій товщині шару фарби на вході:

$$Q_3 = \frac{k_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 \beta f_3^i(s)}{\Delta} h_0. \quad (2)$$

Визначник графа  $\Delta$  характеризує контурну частину графа і визначається безпосередньо за графом без додаткових перетворень:

$$\begin{aligned} \Delta = & 1 - k_1 \gamma_1 - \alpha_2 \gamma_2 - \alpha_3 \gamma_3 - \alpha_4 f_1(s) - \alpha_5 f_2(s) - \alpha_6 (1 - \beta) + \\ & + k_1 \gamma_1 [\alpha_3 \gamma_3 + \alpha_4 f_1(s) + \alpha_5 f_2(s) + \alpha_6 (1 - \beta)] + \\ & + \alpha_2 \gamma_2 [\alpha_4 f_1(s) + \alpha_5 f_2(s) + \alpha_6 (1 - \beta)] + \\ & + \alpha_3 \gamma_3 [\alpha_5 f_2(s) + \alpha_6 (1 - \beta)] + \alpha_4 \alpha_6 (1 - \beta) f_1(s) - \\ & - k_1 \gamma_1 \alpha_3 \gamma_3 \alpha_5 f_2(s) - k_1 \gamma_1 \alpha_3 \gamma_3 \alpha_6 (1 - \beta) - \alpha_2 \gamma_2 \alpha_6 (1 - \beta) \alpha_4 f_1(s). \end{aligned} \quad (3)$$

При моделюванні приймаємо, що тональна растрова шкала описується лінійною функцією часу, яка змінюється в межах  $0 \leq S(t) \leq 1$ . На основі цього запишемо функції передачі:

$$\begin{aligned} f_1(s) &= 1 - \alpha s(t) \\ f_2(s) &= \alpha s(t) \\ f_3(s) &= s(t). \end{aligned} \quad (4)$$

Для спрощення розв'язку поставленої задачі застосуємо комп'ютерне симулювання в популярному пакеті MATLAB: Simulink [3]. На основі системи рівнянь (1) і графа розроблено симулятор для побудови характеристики тонопередачі короткої фарбодрукарської системи послідовної структури. Вікно симулятора представлено на рис. 4.

Вершинам графа відповідають блоки сумування Sum, на вході яких додаються прямі і зворотні потоки фарби, а на виході розділяються. Дугам графа відповідають блоки Gain, які задають коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків фарби. Для зручності симулювання і спрощення симулятора функції передачі (4) реалізовано на блоках Subsystem. Встановлення заданого значення товщини фарби на вході

моделі задається за допомогою блока Constant. Візуалізація характеристики тонопередачі здійснюється за допомогою блока Scope2 а характеристики покриття фарбою – Scope1.

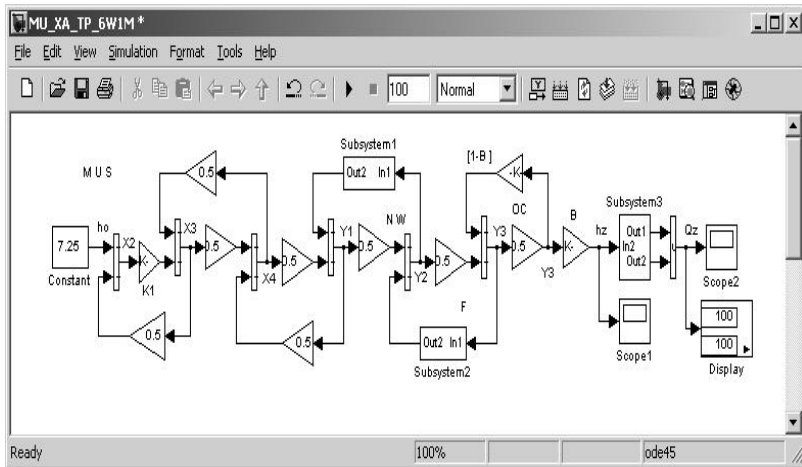


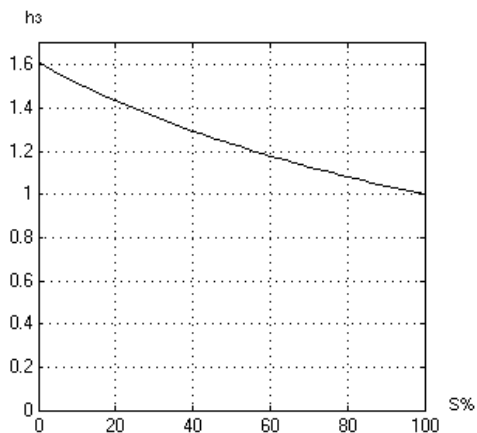
Рис. 4. Вікно симулятора

#### 4. РЕЗУЛЬТАТИ КОМП'ЮТЕРНОГО СИМУЛЮВАННЯ

Метою комп'ютерного симулювання було розрахунок побудова і аналіз характеристик тоновідтворення короткої фарбодрукарської системи. При моделюванні задавали номінальні коефіцієнти передачі  $\alpha_i = \gamma_i = 0,5$ , а коефіцієнт передачі фарби із офсетного циліндра на задруковуваний матеріал  $\beta = 0,8$ . Налаштовували симулятор таким чином, щоби в тінях  $s = 1$  товщина фарби на зображенні шкали дорівнювала 1  $\mu\text{m}$ .

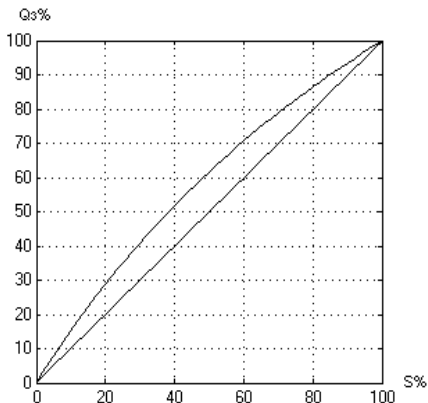
Результати першої серії комп'ютерного симулювання у вигляді статичної характеристики покриття зображення шкали фарбою представлено на рис. 5.

Як видно із рисунка при відтворенні яскравих ділянок тональної шкали, товщина фарби збільшується до 1,6  $\mu\text{m}$ . Натомість при відтворенні тіней товщина фарби на шкалі складає до 1  $\mu\text{m}$ . Отже, коротка фарбодрукарська система послідовної структури не забезпечує сталого покриття зображення на цілому інтервалі тонопередачі.



*Рис. 5. Характеристика покриття тональної шкали*

У другій серії комп'ютерного симулювання розраховано і побудовано характеристику тонопередачі растрового зображення короткої фарбодрукарської системи, яка представлена на рис. 6 і подана в процентах фарбодрукарської системи.



*Рис. 6. Характеристика короткої тонопередачі фарбодрукарської системи*

Там же для порівняння подана лінійна характеристика короткої фарбодрукарської системи. Як це видно із рисунка характеристика тонопередачі є нелінійною і розміщено вище лінійної. Найбільше відхилення від лінійності понад 10% є при відтворенні середніх тонів. Отже, коротка фарбодрукарська система послідовної структури прите-



мнює вихідне зображення, що необхідно врахувати при синтезі тонопередачі.

Зауважимо, що побудована характеристика тонопередачі одержана для номінальних параметрах та ідеальному налагодженні моделі.

## 5. ВИСНОВКИ

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

Характеристика тонопередачі фарбодрукарської системи, одержана експериментальним шляхом, є інтегральна, тому мало містить інформації про процес друкування, що обмежує її функціональні можливості при аналізі і синтезі поліграфічного тоновідтворення.

Опрацьована модель короткої фарбодрукарської системи послідовної структури яка описує залежність кількості фарби на зображенні від відносної площі растрової точки при сталій подачі фарби на вході, на основі якої побудовано симулятор для розрахунку і побудови характеристики тонопередачі.

Побудовано характеристику тонопередачі для номінальних параметрів фарбодрукарської системи.

За результатами комп'ютерного симулювання встановлено, що характеристика тонопередачі короткої фарбодрукарської системи послідовної структури є нелінійною, а найбільше відхилення від лінійності є понад + 10 % є при відтворенні середніх тонів.

Коротка фарбодрукарська система послідовної структури притемнює вихідне зображення, що необхідно врахувати при синтезі тонопередачі.

1. Барановський І. В., Яхимович Ю. П. Поліграфічна переробка образотворчої інформації: Київ – Львів:ІЗМН, 1998.—400с.
2. Верхола М. І., Луцків М. М. Сигнальний граф процесу розкочування фарби // Вісник ДУ “Львівська політехніка”. Львів. 1988. Том 2.С. 348 – 353.
3. Гультяев А. К. MATLAB 5.2.Имитационное моделирование в среде WINDOWS. Практическое пособие. Спб. Корона принт.1999. – 282 с.
4. Кузнецов Ю.В. Технология обработки изобразительной информации.—Спб.: Изд-во Петербургский ин – т печати, 2002. – 312 с.
5. Луцків М. М., Лозовий П. І. Симулятор статичних характеристик фарбодрукарських систем. // Комп'ютерні технології друкарства. – Львів. 2007, № 17, С. 61 - 69.
6. Луцків М. Павлак Т. Моделювання нерівномірності шару фарби в анілоксових фарбових апаратах // Квалілогія книги. – Львів: 2002. №8. – С. 145 – 152.
7. Лозовий П. І. Побудова навантажувальних характеристик фарбових апаратів // Комп'ютерні технології друкарства.Збірник наукових праць. – Львів, 2008.Вип.1.(8), С. 149 – 155.
8. Ciupalski S. Maszyny offsetowe zwojowe. Warszawa. OW Politehnikii Warszawskiej. 2000. – 274 с.

