

## РОЗПОДІЛ ФАРБИ У КОРОТКІЙ ФАРБОДРУКАРСЬКІЙ СИСТЕМІ ПОСЛІДОВНОЇ СТРУКТУРИ ПРИ НЕРІВНОМІРНОМУ ЗАПОВНЕННІ ФОРМИ ДРУКУВАЛЬНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

*Розглядається задача аналізу розподілу фарби, створеного нерівномірністю покриття друкувальними елементами, у короткій фарбодрукарській системі послідовної структури, приведені результати комп'ютерного симулювання.*

*The task of analysis of distribution of paint, caused by the action of arcwise increasing indignation in the short ink printing system of successive structure, the brought results over of computer simulation, is examined.*

### Формулювання проблеми

Сучасні фарбові апарати офсетних друкарських машин мають ряд недоліків. Зокрема, складну конструкцію, велику кількість фарбових валиків (15 - 30 валиків) і регулювальних гвинтів зонального налагодження, вимагають складної багатоканальної системи автоматичного зонального налагодження на заданий наклад, вартість якої сягає біля 30 % вартості друкарської машини [2]. Тому західні фірми розробили нові конструкції фарбових апаратів офсетних друкарських машин на основі анілоксового валика, поверхня якого містить дрібні растрові комірки, що наповнюються фарбою, яка подається у фарбову систему. Вони мають просту конструкцію, не мають регулювальних гвинтів зонального налагодження на заданий наклад, складаються із двох-п'яти фарбових валиків, тому одержали назву короткі фарбові апарати [2,5].

Перші конструкції коротких фарбових апаратів були встановлені на рулонних офсетних газетних агрегатах. Накопичений певний досвід їх промислової експлуатації показав непогані результати, що є основою для їх впровадження у офсетних аркушевих машинах для друкування книжкової і журнальної продукції. Для цього необхідно розробити нові схеми і конструкції коротких фарбових апаратів, які б забезпечили необхідну якість кольорової продукції. Тому виникає актуальна проблема розробки нових структур коротких фарбодрукарських систем і визначення їх параметрів з метою вибору оптимальних, які б забезпечили необхідну якість друкованої продукції.

Експериментальні дослідження вимагають розробки різних конструкцій коротких фарбових апаратів, їх встановлення на друкарську машину і оснащення вимірювальною апаратурою, що вимагає значних затрат коштів і часу. Отож виникає актуальна задача їх моделювання і дослідження.

### Аналіз останніх досліджень

В флексографії розроблено десятки різних схем і конструкцій фарбоживильних пристроїв з анілоксовим валиком. Однак їх безпосередньо неможливо використати в офсеті для коротких фарбових систем, тому що процеси і явища, що відбуваються при друкуванні офсетним способом друку, відрізняються від флексографічного.

В останні роки при вивченні процесів і явищ, що відбуваються у фарбодрукарських системах та для визначення їх параметрів і характеристик почали застосовувати моделювання. Розроблено ряд статичних і динамічних моделей традиційних фарбових систем. Одержано ряд нових результатів. Однак ці моделі безпосередньо не можна використати для коротких фарбодрукарських систем, які мають фарбоживильний пристрій на основі анілоксового валика з неперервною дозованою подачею фарби і значним поверненням фарби у фарбову камеру, що обумовлює значну відмінність їх статичних і динамічних властивостей [8].

Зауважимо, що офсетні фарбодрукарські системи з анілоксовим фарбоживильним пристроєм вивчені мало. Встановлено, що товщина фарби, яка передається на задруковуваний матеріал в значній мірі залежить від інтервалу тональності зображення і параметрів фарбодрукарської системи. З викладеного випливає актуальність дослідження розподілу фарби, яке створюється друкарською формою.

Коротку фарбодрукарську систему можна розглядати як своєрідну систему автоматичного регулювання, яка із необхідною точністю забезпечує задану товщину покриття фарбою растрового зображення на задрукованому матеріалі. Основним збуренням у фарбодрукарській системі є зміна величини тону зображення на окремих ділянках форми, яке може змінюватися у широких межах при зміні накладу. У традиційних фарбових апаратах за допомогою регулювальних гвинтів можна здійснювати зональну подачу фарби при зміні накладу шляхом зміни величини щілини між дукторним валом і дукторним ножом. Зауважимо, що у коротких фарбових апаратах немає механізмів налагодження зональної подачі фарби, що унеможливує регулювання зональної подачі фарби. Метою роботи виступає задача дослідження розподілу фарби у системі, обумовлене растровим зображенням на друкарській формі.

### **Побудова математичної моделі**

Для розв'язання поставленої задачі розглядатимемо коротку фарбодрукарську систему послідовної структури як своєрідну систему відтворення зображень, яка повинна забезпечувати рівномірний шар фарби на відбитку. Її особливість полягає в тому, що основним збуренням є зображення, яке міститься на поверхні друкарської форми і залежить від накладу, що суттєво ускладнює задачу.

Якщо на поверхні друкарської форми є великі ділянки, які відповідають яскравим фрагментам зображення, вони не мають друкувальних елементів, тому не сприймають фарбу. Також фарба не сприймається і на ділянці формного циліндра, на якій передбачений механізм закріплення форми. Це обумовлює місцеве потовщення фарби на поверхні накочувального валика, яке передається на наступні ділянки форми і спричиняє нерівномірність покриття відбитка фарбою. Отже, великі ділянки форми, не заповнені друкувальними елементами, є основним джерелом збурення у коротких фарбодрукарських системах. Для зручності аналізу місцеве потовщення фарби на поверхні накочувального валика, спричинене друкарською формою, вважатимемо збуренням.

Враховуючи новизну та складність поставленої задачі, обумовленою наявністю прямих та зворотніх потоків розповсюдження збурення, розглянемо розподіл фарби у короткій фарбодрукарській системі послідової структури, схема якої зображена на рис. 1.

Фарбоживильний пристрій складається із замкненої камери К, у якій встановлений растровий циліндр А (анілокс). Фарба під тиском

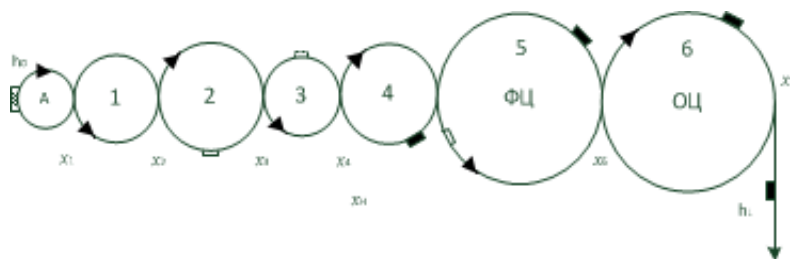


Рис. 1. Схема короткої фарбодрукарської системи послідовної структури

заповнює дрібні растрові комірки анілоксівого валика. Надлишок фарби згортається з поверхні циліндра ракелем, а рівномірний шар фарби подається на перший фарбовий валик, розкочується і четвертим накочувальним валиком подається на друкарську форму ФЦ, з якої фарбове зображення переноситься на проміжний офсетний циліндр ОЦ та передається на задруковуваний матеріал.

Тепер пояснимо механізм створення завади друкарською формою. Оскільки друкарська форма за своїми технологічними особливостями має неоднорідну поверхню, яка відповідає світлим і темним ділянкам зображення, то відповідно кожна ділянка форми буде сприймати фарбу по-різному. Частина фарби подається на офсетний циліндр і на задруковуваний матеріал, а залишок повернеться назад у фарбову камеру, створюючи прямі та зворотні потоки фарби. Для наглядності цей процес подано на рис.1, на якій відсутні друкувальні елементи, що обумовить потовщення фарби на накочувальному валику, позначене чорним прямокутником. Одна його частина перенесеться на формний циліндр, яка теж позначена чорним прямокутником, та на формний циліндр, а з нього — на задруковуваний матеріал, що погіршить якість відбитка. Інша частина фарби з накочувального валика створить зворотні потоки у системі.

Для дослідження розподілу фарби, створеного нерівномірністю покриття друкувальними елементами форми, приймаємо наступні припущення:

- відсутня подача фарби на вході фарбодрукарської системи,
- на накочувальний валик подається суцільний рівномірний потік фарби,
- зображення на друкарській формі - це лінійна растрова тонова шкала,
- при передачі фарби з друкарської форми на офсетний циліндр частина фарби через накочувальний валик повертається назад, створюючи зворотний потік фарби, частково повертається у фарбову камеру,
- приймаються сталі умови друкування,
- відсутнє розтискування растрових фарбових точок,
- розглядаємо усталений режим роботи фарбодрукарської системи.

На основі відомих підходів [2,4,6] з врахуванням прийнятих припущень для схеми на рис.1, рівняння подачі і розходу фарби можна подати системою рівнянь балансу товщин фарби для усіх точок контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів:

$$\begin{aligned}
x_1 &= \gamma_1 x_2 \\
l_0 &= \gamma_0 x_1 \\
x_2 &= \alpha_1 x_1 + \gamma_2 x_3 \\
x_3 &= \alpha_2 x_2 + \gamma_3 x_4 \\
x_4 &= \alpha_3 x_3 + \gamma_4 x_5 + h_H \\
x_5 &= \alpha_4 x_4 + x_6 (1 - \alpha_5 k_s) \\
x_6 &= \alpha_5 x_5 + \gamma_0 x_7 \\
x_7 &= \alpha_6 x_6 \\
h_0 &= \beta x_7,
\end{aligned}
\tag{1}$$

де  $x_i$  - товщина шару фарби в точках контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів,  $h_H$  - товщина фарби на виході,  $h_c$  - товщина фарби на задрукованому матеріалі (відбитку),  $l_0$  - товщина зворотного потоку фарби на вході системи,  $\alpha_i, \gamma_i$  - коефіцієнти передачі прямих і зворотніх потоків фарби на виході із точок контакту валиків,  $k_s$  - коефіцієнт, який характеризує ступінь заповнення растрової тонової шкали на друкарській формі,  $\beta$  - коефіцієнт передачі фарби на стрічковий матеріал.

Для визначення розподілу фарби доповнимо систему (1) рівняннями товщини прямих і зворотніх потоків фарби на поверхні валиків та циліндрів:

$$\begin{aligned}
h_i &= \alpha_i x_i, i = 4, 5, 6 \\
l_i &= \gamma_i x_i, i = 1, 2, 3,
\end{aligned}
\tag{2}$$

де  $h_i, l_i$  - товщина фарби прямих та зворотніх потоків фарби на поверхнях валиків і циліндрів. Для спрощення задачі визначення товщини фарби зворотніх і прямих потоків застосуємо комп'ютерне симулювання. Для цього за системою рівнянь (1) та (2) побудуємо граф фарбодрукарської системи при дії на неї збурень, який зображено на рис.2.

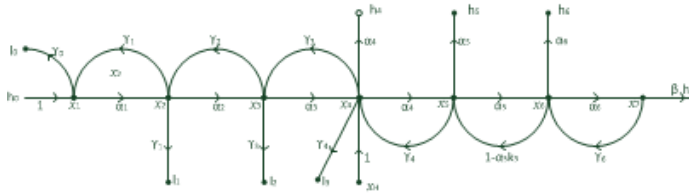


Рис.2. Граф фарбодрукарської системи

Вершини графа позначені  $x_i$  - відповідають товщинам фарби у точках контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів,  $h_c$  - товщина фарби на відбитку,  $l_0$  - товщина зворотного потоку фарби на вході системи,  $h_i, l_i$  - товщини фарби прямих та зворотніх потоків на поверхні валиків. Дугам графа підпорядковані коефіцієнти передачі прямих та зворотніх потоків фарби, які позначені стрілками.

На основі графа за формулою Мезона визначимо залежність товщини шару фарби на відбитку від дії збурення:

$$h_c = \frac{\alpha_4 \alpha_3 - \alpha_6 \beta \Delta_1}{\Delta} h_H . \quad (3)$$

Визначник графа характеризує його контурну частину і визначається безпосередньо за графом

$$\Delta = 1 - \sum_{i=1}^6 \alpha_i \gamma_i + \alpha_1 \gamma_1 \sum_{i=3}^6 \alpha_i \gamma_i + \alpha_2 \gamma_2 \sum_{i=4}^6 \alpha_i \gamma_i + \alpha_3 \gamma_3 [\alpha_5 \gamma_5 + \alpha_6 \gamma_6] + \alpha_4 \gamma_4 \alpha_0 \gamma_0 - \alpha_1 \gamma_1 \alpha_3 \gamma_0 (\alpha_5 \gamma_5 + \alpha_6 \gamma_6) - \alpha_2 \gamma_2 \alpha_4 \gamma_4 \alpha_6 \gamma_6 , \quad (4)$$

де  $\gamma_5 = (1 - \alpha k_3)$  – коефіцієнт передачі зворотного потоку фарби на формному циліндрі.

Міnor визначника вираховується із визначника за умови, що із графа видалені елементи шляху

$$\Delta_1 = 1 - \alpha_1 \gamma_1 - \alpha_2 \gamma_2 . \quad (5)$$

Аналогічно за графом визначається товщина шару фарби прямих та зворотніх потоків на валику і циліндрах. Наприклад, товщина прямого потоку фарби на формі

$$h_5 = \frac{\alpha_4 (1 - \alpha_6 \gamma_6) \Delta_1}{\Delta} h_H , \quad (6)$$

та на офсетному циліндрі

$$h_6 = \frac{\alpha_4 \alpha_5 \Delta_1}{\Delta} h_H . \quad (7)$$

Таким же чином визначаються товщини зворотніх потоків. Наприклад, товщина зворотного потоку фарби на першому валику

$$l_1 = \frac{\gamma_1 \gamma_2 \gamma_3 \Delta_2}{\Delta} h_H , \quad (8)$$

де міnor визначника

$$\Delta_2 = 1 - \alpha_5 \gamma_5 - \alpha_6 \gamma_6 . \quad (9)$$

Аналогічно можна визначити товщини зворотніх потоків фарби на інших валиках. Отже, на основі графа встановлено залежності прямих і зворотніх потоків фарби від дії збурення, яке утворене друкарською формою.

### Результати комп'ютерного симулювання

Традиційний метод вирішення поставленої задачі вимагає складення і розв'язання систем рівнянь, складання алгоритму і програми для обчислення і візуалізації розподілу фарби по всій системі. Цей процес є трудомісткий і незручний. Для спрощення побудови діаграм розподілу фарби у фарбодрукарській системі пропонується її розв'язати шляхом комп'ютерного симулювання в популярному пакеті Matlab:Simulink, у якому застосовано високий рівень об'єктно-орієнтованого програмування, що значно спрощує моделювання і візуалізацію багатьох задач. З операційних блоків бібліотеки Simulink за допомогою графічного редактора у вікні моделі побудовано симулятор для побудови діаграм розподілу фарби у фарбодрукарській системі. Вікно симулятора приведено на рис. 3.

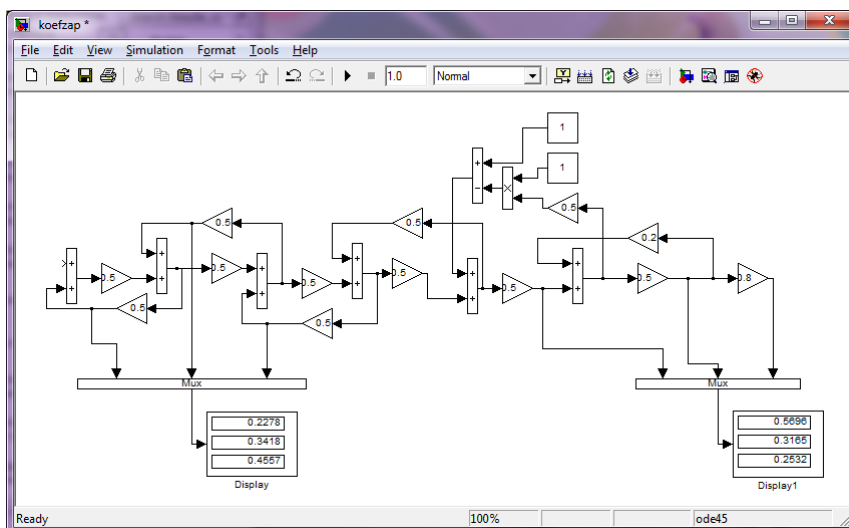


Рис.3. Вікно стимулятора фарбодрукарської системи

На рисунку вершини графа відповідають блокам сумування Sum на яких додаються прямі і зворотні потоки фарби, а на виході розділяються. Точкам контакту двох циліндрів відповідають блоки підсилення Gain, у яких задаються коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків фарби. Задавали номінальні параметри моделі фарбодрукарської системи  $\alpha_i = \gamma_i = 0.5$ ,  $\beta=0.8$ . Візуалізацію розподілу характеристики здійснює блок Scope і Display. Коефіцієнт  $(1 - \alpha k_3)$ , у якому міститься стала в часі ступінь заповнення форми, реалізується за допомогою блока Constant і блоку множення .

Для дослідження розподілу товщин прямих та зворотніх потоків фарби растрового зображення, послідовно змінювали коефіцієнт  $k_3$ , який характеризує ступінь заповнення растрової тонової шкали на друкарській формі. В даному випадку аналізували розподіл фарби у системі при значеннях коефіцієнту заповнення форми 1 та 0.1 відповідно.

На рисунках (4) та (5) показані результати комп'ютерного симулювання для прямих і зворотніх потоків фарби відповідно та при різних  $k_3$  .

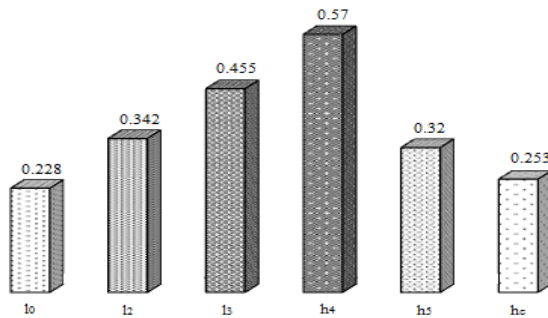


Рис. 4. Діаграма розподілу товщин прямих та зворотніх потоків фарби при  $k_3 = 1$

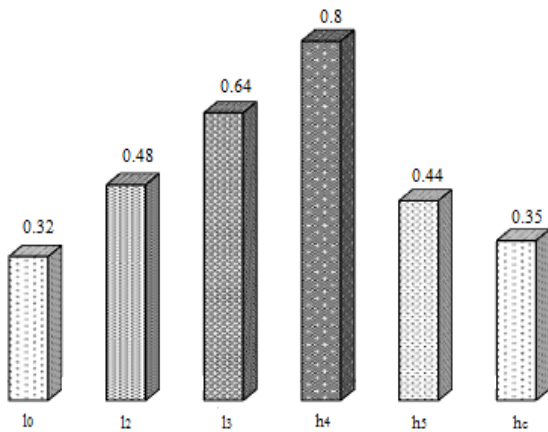


Рис. 5. Діаграма розподілу товщин прямих та зворотніх потоків фарби при  $k_3 = 0.1$

На рис. 4 видно, що товщини зворотніх потоків фарби поступово та ступенєво на ростують від 0.228 в.о. (відносних одиниць) та досягають свого максимального значення 0.455 в.о. Натомість товщини прямих потоків поступово спадають до 0.253. Так само розподіл товщин фарби проходить і на рис. 5, тільки відповідно з іншими значеннями.

Отже коротка фарбодрукарська система при відтворенні яскравих і світлих тонів растрового зображення подає більшу кількість фарби ніж задано, тому світлі ділянки зображення будуть дещо притемнені. Натомість на темних ділянках товщини фарби зменшується, тому темні ділянки стануть трохи світліші від оригіналу.

### Висновки

1. Короткі фарбодрукарські системи є мало вивчені і немає відповідного досвіду їх експлуатації і налагодження, тому задача аналізу і побудови діаграм розподілу фарби при відтворенні тонового растрового зображення є актуальною.

2. Опрацьовано статичну математичну модель короткої фарбодрукарської системи для визначення впливу коефіцієнта заповнення форми на товщину фарби на усіх валиках фарбової системи і побудовано симулятор для їх розрахунку і візуалізації даних залежностей.

3. На основі результатів комп'ютерного симулювання встановлено, що фарбодрукарська система при відтворенні світлих і яскравих ділянок зображення подає більше фарби, тому вони будуть дещо притемнені. Натомість, на темних ділянках товщина фарби зменшується, отож темні ділянки будуть трохи світліші ніж на оригіналі, що необхідно враховувати при синтезі тоновідтворення.

1. Величко О. М. *Опрацювання інформаційного потоку взаємодією друкарського контакту. Монографія / О. М. Величко. — К. : Видавництво поліграфічний центр «Київський університет». — 2005. — 246 с.*

2. Луцків М., Стемпень К. *Статичні характеристики фарбових апаратів з анілоксовим валом// Комп'ютерні технології друкарства. Зб. наук. праць №7.-Львів: 2004. — с.27-34.*

3. Луцків М.М., Лозовий П.І. *Побудова навантажувальної характеристики коротких фарбодрукарських систем// Комп'ютерні технології друкарства. Зб. наук. праць №18.- Львів: 2007. — с.149-155.*

4. Лозовий П. І. *Симулятор статичних характеристик фарбових систем послідовної структури / П. І. Лозовий // Наукові записки. — Львів : УАД. — 2007. — № 2. — С. 120—124.*

5. Лозовий П.І. *Симулятор статичних характеристик фарбопередачі растрового зображення фарбодрукарською системою фірми WIFAG // Машини і автоматизовані комплекси. Зб. наук. праць №28. —К.: 2010. — с. 87-94.*

6. Мусійовська М. *Розподіл потоків у фарбодрукарській системі при відтворенні зображення амплітудомодульованим растром// Комп'ютерні технології друкарства. Зб. наук. праць №24.-Львів: 2010. — с.40-52 .*

7. Поринев С.В. *MATLAB 7. Основы работы и программирования. Учебник. ISBN: 5-9518-0137-0. Издательство "Бином. Лаборатория знаний" 2006г. 320 стр.*

8. Ярема С. М. *Фарбові та зволожуючі апарати, ракельні та лакувальні пристрої друкарських машин / С. М. Ярема, Б. Г. Мамут.— К. : Ун-т «Україна» : Бліц-Інформ. — 2003.*