

ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧНОСТІ КОРОТКОЇ ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ ПОСЛІДОВНО-ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ПРИ ВІДТВОРЕННІ РАСТРОВОЇ ШКАЛИ

Розглядається задача аналітичного визначення статичної точності короткої фарбодрукарської системи послідовно паралельної структури при відтворенні лінійної растрової шкали, наведені результати цифрового моделювання.

The problem of analytical determination of the static accuracy of short farbodrukarskoyi consistently parallel structure when playing raster linear scale, the results of digital simulation.

1. ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ

В останні два десятиріччя відбувалося значне вдосконалення фарбових апаратів офсетних друкарських машин шляхом розробки і встановлення автоматичних систем зональної подачі фарби для попереднього налагодження на заданий наклад, що забезпечило підвищення точності покриття фарбою відбитку і покращення його якості. Налагодження на заданий наклад здійснюється на основі коефіцієнтів заповнення зон друкарської форми, які визначаються за допомогою спеціальної програми сучасних комп'ютерних видавничих систем для підготовки текстової і графічної інформації до імпозиції друкарського аркуша [6].

Основним недоліком такого розв'язання є значне ускладнення фарбоживильного пристрою за рахунок інсталяції великої кількості виконавчих мікродвигунів (до 26) для зонального регулювання гвинтів подачі фарби, дороговизна і складність багатоканальної системи (до 26 каналів) автоматичної зональної подачі фарби. Ці та інші недоліки призвели до розробки нових конструкцій фарбових апаратів із фарбоживильним пристроєм на основі растрового циліндра (анілокса), який не має механізмів регулювання зональної подачі фарби і не має автоматичної системи зонального налагодження. Такі фарбові апарати є значно простіші за традиційні, мають значно меншу кількість валиків (до 3-5), тому одержали назву короткі фарбові апарати [6].

Перші конструкції коротких фарбових апаратів встановлено на рулонних газетних друкарських машинах, які не вимагають високої якості відбитків [4,6]. Сучасні короткі фарбові апарати не забезпечу-

¹ Українська академія друкарства

ють потрібної рівномірності покриття фарбою відбитку для книжкової і журнальної продукції [5].

На даний час немає досвіду налагодження і експлуатації коротких фарбових апаратів. Експериментальні дослідження нових конструкцій коротких фарбових апаратів із метою вибору кращих конструкцій і вибору оптимальних параметрів є складними, вимагають спеціальної апаратури для вимірювання товщини фарби та інших параметрів, що потребує затрат коштів і часу.

Отже, проблема аналітичного визначення статичної точності короткої фарбодрукарської системи послідовної структури при поліграфічному відтворенні лінійної растрової шкали є актуальним завданням.

2. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Фарбові апарати з анілоксовим фарбоживильним пристроєм вже тривалий час застосовуються у флексографії. Рівномірний шар фарби з анілоксового циліндра безпосередньо подається на еластичну друкарську форму. Натомість у коротких фарбових апаратах офсетних машин потік фарби розкочується на фарбових валиках, щоби сформувати тонкий шар з потрібними реологічними і адгезійними властивостями, необхідними для рівномірного покриття растрових друкувальних елементів на формі, і кращого відтворення фарбового зображення на задрукованому матеріалі. Отже, короткі фарбові апарати офсетних машин значно складніші, ніж флексографські, що зумовлює їх окреме вивчення.

Складність процесів, які протікають у фарбодрукарській системі, та труднощі ідентифікації результатів контролю та експериментальних досліджень, зумовили розвиток моделювання фарбових систем. В останні роки з'явилося чимало публікацій із моделювання статичних і динамічних властивостей фарбових систем офсетних машин [1,2]. Розроблено математичні моделі фарбових систем різної структури, здійснено комп'ютерне симулювання, одержано ряд нових результатів.

Короткі фарбодрукарські системи мало вивчені, що зумовлено коротким часом їх існування і складністю процесів, які в них протікають. Труднощі і дороговизна експериментальних досліджень і складність ідентифікації результатів контролю спричинили розвиток моделювання фарбових систем. У працях [4,5] розроблені статичні моделі коротких фарбодрукарських систем і на їх основі побудовано статичні та навантажувальні характеристики при варіації окремих параметрів. Задача визначення точності окремих типів фарбодрукарських систем послідовної структури розглянута в роботах [5,6]. Одержані результати свідчать, що точність коротких фарбодрукарських систем значною

мірою залежать від структури фарбової системи і може змінюватися в широких межах.

Метою роботи є актуальна задача визначення точності короткої фарбодрукарської системи послідовної структури, яка розв'язується шляхом математичного моделювання і комп'ютерного симулювання.

3. ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Як уже зазначалося, короткі фарбові апарати не мають механізмів зонального регулювання подачі фарби, тому не повною мірою забезпечують сталу товщину фарби на всьому інтервалі тонопередачі растрового зображення [4,5]. Нерівномірність товщини фарби на растровому відбитку спричинене внутрішніми властивостями фарбодрукарської системи і різними технологічними і експлуатаційними параметрами: властивостями паперу і фарби, швидкістю друкування, тиском у зонах контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів. За таких умов визначення точності фарбодрукарської системи є досить складною задачею. Для спрощення поставленої мети застосуємо відомі підходи визначення статичної точності систем автоматичного регулювання. Розрізняють статичну похибку системи регулювання і статичну похибку системи відносно збурення. Зазвичай статична похибка системи залежить від структури і параметрів системи. Натомість похибка відносно збурення в першу чергу залежить від типу збурення і точки його прикладення. При цьому статична похибка системи є одна, а статична похибка відносно збурення визначається окремо для кожного збурення. Вважають, що висока статична точність системи також забезпечує високу точність системи відносно збурення.

При побудові математичної моделі короткої фарбодрукарської системи будемо її розглядати, як своєрідну систему перетворення зображення. Носієм графічної інформації є друкарська форма на якій створюється растрове фарбове зображення, яке відповідно до технології офсетного друку, спочатку переноситься на офсетний циліндр, а з нього передається на задруковуваний матеріал. Вважаємо, що статична точність фарбодрукарської системи спричинена структурою і параметрами фарбодрукарської системи, а не іншими чинниками.

Враховуючи новизну і складність поставленої задачі, розглядаємо коротку фарбодрукарську систему послідовно-паралельної структури, схема якої зображена на рис. 1.

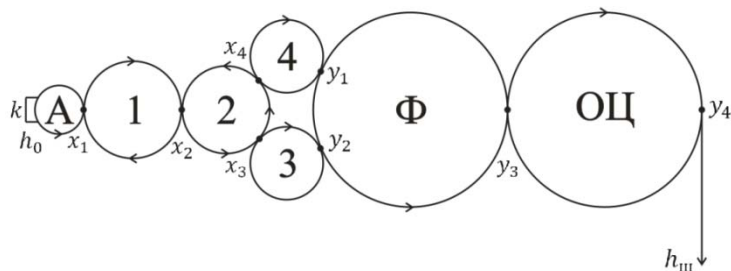


Рис. 1. Схема короткої фарбодрукарської системи

У замкнутій фарбовій камері k фарба під тиском заповнює дрібні растрові комірки растрового циліндра A (анілокса). Ракель згортає надлишок фарби, а рівномірний шар фарби подається на перший фарбовий валик і послідовно розкочується. Третій та четвертий накочувальні валики послідовно наносять рівномірний шар фарби на растрове зображення друкарської форми Φ , що переноситься на офсетний циліндр $ОЦ$, з якого передається на задруковуваний матеріал. Частина фарби, яка не сприйнялася формою і матеріалом, створює зворотний потік, який через валики повертається назад у фарбову камеру. Тому в короткій фарбодрукарській системі відбувається інтенсивна циркуляція прямих і зворотних потоків фарби, що при малій кількості валиків надає фарбі необхідних реологічних властивостей. Це покращує рівномірність покриття фарбою растрових друкувальних елементів, їх передачу на задруковуваний матеріал, якість відбитків.

При побудові математичної моделі фарбодрукарської системи, необхідної для визначення статичної точності робимо наступні припущення:

- на вхід фарбодрукарської системи подається суцільний рівномірний шар фарби;
- існують стабільні умови друкарського процесу (стала швидкість друкування, сталий тиск у зонах контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів, тощо);
- зображення на друкарській формі є лінійна растрова шкала;
- відсутній приріст растрових точок (розтискування), викликаний властивостями паперу, фарби, тощо.

При наведених припущеннях статичну точність короткої фарбодрукарської системи при відтворенні растрової шкали визначатимемо похибкою відхилення товщини фарби на зображенні від заданого значення:

$$\Delta h = h_{03} - h_{u1}, \quad (1)$$

де h_{03} - задане значення товщини шару фарби, h_{u1} - бажане значення товщини фарби на растровій шкалі.

Статична похибка залежить від параметрів короткої фарбодрукарської системи та растрової шкали і в загальному вигляді може бути подана виразом:

$$\Delta h = F(h_0, l_0, \alpha_i, \gamma_i, \beta, S), \quad (2)$$

де h_0, l_0 - задане значення товщини фарби і зворотного потоку фарби на вході системи, α_i, γ_i - коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків фарби при виході із зон контактів фарбових валиків, β - коефіцієнт передачі фарби з офсетного циліндра на задруковуваний матеріал, S - відносна площа растрових точок шкали, $F(\cdot)$ - шукана функція.

Статична похибка визначається на основі рівняння балансу потоків на вході і виході фарбодрукарської системи [4,5]. При прийнятих припущеннях рівняння балансу потоків можна подати розходом подачі і відбору фарби за одиницю часу, яке подамо виразом:

$$bh_0 = bh_{cp} + bl_0, \quad (3)$$

де h_0 - товщина фарби на першому фарбовому валику, h_{cp} - середнє значення фарби на задрукованій шкалі, l_0 - ширина потоку фарби, яка відповідає ширині растрової шкали.

Визначимо середнє значення товщини фарби через відносну площу растрових точок шкали:

$$h_{cp} = Sh_u. \quad (4)$$

Після підстановки у вираз і перетворень отримаємо:

$$h_u = \frac{h_0 - l_0}{S}. \quad (5)$$

Отже, одержано залежність товщини фарби на растровій шкалі від відносної площі растрових точок.

Визначимо товщину зворотного потоку на вході системи через параметри фарбодрукарської системи:

$$l_0 = k_0 x_1, \quad (6)$$

де x_1 - товщина фарби у точці контакту растрового циліндра з першим валиком, k_0 - коефіцієнт передачі зворотного потоку фарби на вході системи.

Після підстановки у вираз (5) одержимо:

$$h_u = \frac{h_0 - k_0 x_1}{S}. \quad (7)$$

Отже, товщина фарби на растровому зображенні шкали залежить від параметрів фарбодрукарської системи і друкарської форми у вигляді растрової шкали.

Для визначення статичної похибки короткої фарбодрукарської системи необхідно скласти систему рівнянь балансу подачі і відбору фарби для усіх точок контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів. Ці рівняння повинні враховувати прийняті припущення і враховувати зміну площі растрової шкали. Відповідно до рис.1 і прийнятих припущень складено систему рівнянь для усталеного режиму роботи фарбодрукарської системи:

$$\begin{aligned} x_1 &= h_0 + \gamma_1 x_2 \\ l_0 &= k_0 x_1 \\ x_2 &= \alpha_1 x_1 + \gamma_2 x_4 \\ x_3 &= \alpha_2 x_2 + f(\gamma_3) y_2 \\ x_4 &= \alpha_2^2 x_3 + f(\gamma_4) y_1 \\ y_1 &= \alpha_4 x_4 + \gamma_5 y_3 \\ y_2 &= \alpha_3 x_4 + \alpha_5 y_1 \\ y_3 &= \alpha_6 y_2 + \gamma_7 y_4 \\ y_4 &= \alpha_7 y_3 \\ h_0 &= \beta y_4, \end{aligned} \quad (8)$$

де x_i, y_i - товщини фарби у точках контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів, $f(\gamma_3), f(\gamma_4)$ - функція передачі фарби при відтворенні растрової шкали, k_1 - коефіцієнт передачі фарби на вході системи. Для спрощення аналізу та комп'ютерного симулювання на рис. 2 побудовано граф фарбодрукарської системи.

Вхідна вершина графа відповідає товщині потоку фарби, який подається з растрового циліндра на вхід системи. Вихідна вершина відповідає товщині фарби на задрукованій растровій шкалі. Проміжні вершини графа відповідають товщина x_i та y_i фарби у точках контакту фарбових валиків і циліндрів. Вершини графа з'єднані вітками (дугами), яким підпорядковані коефіцієнти передачі фарби та функціям передачі.

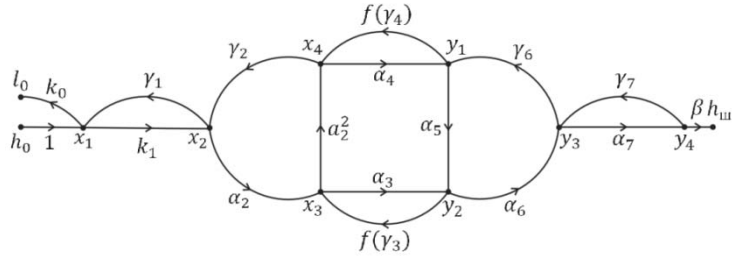


Рис. 2. Граф фарбодрукарської системи

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

На основі графа за формулою Мезона визначимо залежність виходу графа (товщини фарби на растровій шкалі) від товщини фарби на вході графа:

$$h_{uu} = \frac{k_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_6 \alpha_7 \beta [1 - \alpha_4 f(\gamma_4)] + k_1 \alpha_2 \alpha_2^2 \alpha_4 \alpha_5 \alpha_6 \alpha_7 \beta}{\Delta} h_0. \quad (9)$$

Визначник графа, який характеризує його контурну частину визначається виразом:

$$\begin{aligned} \Delta = & 1 - k_1 \gamma_1 - \alpha_2 \alpha_2^2 \gamma_2 - \alpha_3 f(\gamma_3) - \alpha_4 f(\gamma_4) - \\ & - \alpha_2^2 \alpha_4 \alpha_5 f(\gamma_3) - \alpha_5 \alpha_6 \gamma_6 - \alpha_7 \gamma_7 - \alpha_2 \alpha_3 \alpha_6 \gamma_7 f(\gamma_4) \gamma_2 + \\ & + k_1 \gamma_1 [\alpha_3 \gamma_3 + \alpha_4 f(\gamma_4) + \alpha_2^2 \alpha_4 \alpha_5 f(\gamma_3) + \alpha_5 \alpha_6 \gamma_6 + \alpha_7 \gamma_7] + \\ & + \alpha_2 \alpha_2^2 \gamma_2 [\alpha_5 \alpha_6 \gamma_6 + \alpha_7 \gamma_7] + \alpha_3 f(\gamma_3) [\alpha_4 f(\gamma_4) + \alpha_7 \gamma_7] + \\ & + \alpha_4 f(\gamma_4) \alpha_7 \gamma_7 + \alpha_2^2 \alpha_4 \alpha_5 f(\gamma_3) \alpha_7 \gamma_7 - \\ & - k_1 \gamma_1 [\alpha_3 f(\gamma_3) \alpha_4 f(\gamma_4) + \alpha_3 f(\gamma_3) \alpha_7 \gamma_7 + \alpha_4 f(\gamma_4) \alpha_7 \gamma_7] + \\ & + k_1 \gamma_1 \alpha_3 f(\gamma_3) \alpha_4 f(\gamma_4) \alpha_7 \gamma_7. \end{aligned} \quad (10)$$

На основі виразу (1) визначимо похибку відхилення товщини фарби на шкалі від заданого значення:

$$\Delta h = \frac{k_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_6 \alpha_7 \beta [1 - \alpha_4 f(\gamma_4)] + k_1 \alpha_2 \alpha_2^2 \alpha_4 \alpha_5 \alpha_6 \alpha_7 \beta}{\Delta} h_0 - h_{03}. \quad (11)$$

Для спрощення розрахунку приймаємо задане значення товщини фарби на растровій шкалі h_0 , рівним одиниці. Тоді із (11) визначимо відносну статичну похибку фарбодрукарської системи в процентах:

$$\delta h = \left[\frac{k_1 k_2 k_3 \alpha_6 \alpha_7 \beta [1 - \alpha_4 f(\gamma_4)] + k_1 \alpha_2 \alpha_2^2 \alpha_4 \alpha_5 \alpha_6 \alpha_7 \beta}{\Delta} h_0 - 1 \right] 100\%. \quad (12)$$

На основі цього виразу можна визначити відносну точність фарбодрукарської системи для вибраного поля шкали із заданою відносною площею растрового поля.

Для об'єктивної оцінки точності фарбодрукарської системи при відтворенні заданого інтервалу тонової шкали і синтезу тонопередачі, наприклад, для яскравих і світлих тонів, середніх чи темних тонів і тіней, бажано побудувати графік статичної похибки для заданого інтервалу тонової шкали. Це можна зробити, змінюючи у виразі (12) відносну площу шкали в певних межах. Для цього припускаємо, що при розрахунках відносна площа є лінійною функцією часу, яку задамо таким виразом:

$$S(t) = \begin{cases} S_0 & \text{для } t = t_0 \\ S_0 + kt & \text{для } t_0 \leq t \leq t_1, \end{cases} \quad (13)$$

де S_0 - початкове найменше значення відносної площі, t_0 - початковий час, який відповідає початковому значенню відносної площі, t_1 - кінцевий час, який відповідає кінцевому найбільшому значенню відносної площі на заданому інтервалі, k - масштабний коефіцієнт, який залежить у яких одиницях задається відносна площа ($S = 1, 100, 256$).

Сучасні інформаційні технології дозволяють шляхом комп'ютерного симулювання розрахувати похибку і здійснити візуалізацію похибки для заданого інтервалу тонопередачі.

4. РЕЗУЛЬТАТИ КОМП'ЮТЕРНОГО СИМУЛЮВАННЯ

Для спрощення задачі статичної похибки для заданого інтервалу тонопередачі будемо її розв'язувати шляхом комп'ютерного симулювання за допомогою програмного пакету MATLAB-Simulink, у якому використано останні досягнення комп'ютерної техніки і програмування [3].

На основі системи рівнянь (8) і графа у Simulink у вікні моделі із операційних блоків побудовано симулятор фарбодрукарської системи послідовно-паралельної структури для побудови графіків статичних похибок. Вікно симулятора представлено на рис. 3.

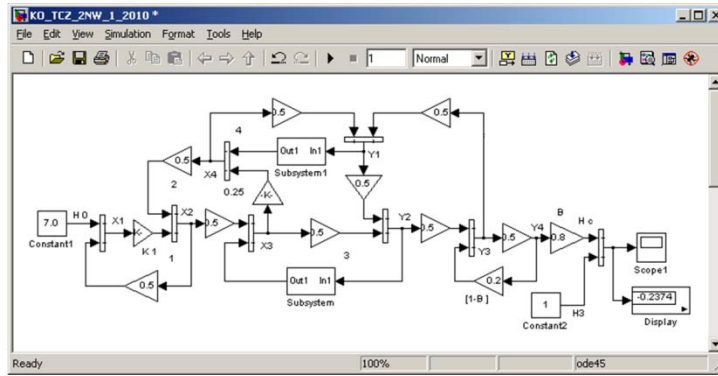


Рис. 3. Вікно симулятора

Вершинам графа відповідають блоки симулювання Sum, на вході яких додаються прямі і зворотні потоки фарби, яка на його виході розділяється. Дугам графа відповідають блоки підсилення Gain, які задають коефіцієнти передачі α_i, γ_i прямих і зворотних потоків фарби. Для спрощення симулятора функції передачі $f(\gamma_3)$ і $f(\gamma_4)$, які формують лінійний алгоритм зміни відносної площі растрової шкали (13), реалізовано в блоках Subsystem із операційних блоків Simulink. Задане значення товщини фарби на вході моделі системи і заданої товщини на растровій шкалі задається за допомогою блока Constanta. Візуалізація результатів комп'ютерного симулювання здійснюється за допомогою блоків Scope і Display.

Метою комп'ютерного симулювання було ілюструвати запропонований підхід до побудови кривих похибок і дослідити вплив окремих параметрів на статичну похибку фарбодрукарської системи.

Задавали номінальні параметри фарбодрукарської системи $k_0 = 0,5; \alpha_i = \gamma_i = 0,5; \beta = 0,8$. На вхід моделі подавали товщину фарби $h_0 = 7$ в.о. результати симулювання представлені на рис. 4 у вигляді кривої статичної похибки на повному інтервалі тонопередачі ($0 \leq S \leq 1$).

На яскравих ділянках растрової шкали відносна похибка становить 29 %. При збільшенні площі растрової шкали похибка поступово зменшується, дорівнює нулеві й у тінях складає $-29,2$ %. Отже, на повному інтервалі тонопередачі коротка фарбодрукарська система послідовно-паралельної структури не повною мірою забезпечує вимоги точності покриття зображення фарбою для книжно-журнальної продукції.

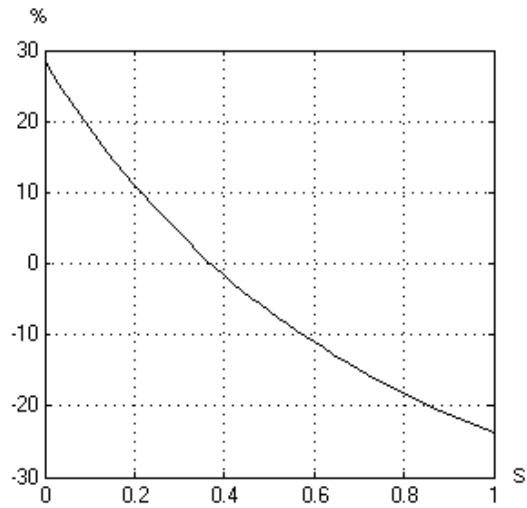


Рис. 4. Залежність статичної похибки від відносної площі растрової шкали

У наступній серії симулювання досліджували вплив інтервалу тонопередачі на статичну точність при номінальних параметрах фарбодрукарської системи. На рис. 5 наведено залежність статичної похибки на яскравих і світлих ділянках растрової шкали ($0,05 \leq S \leq 0,5$).

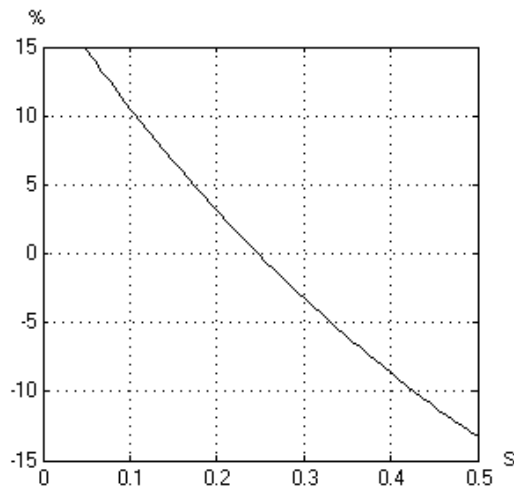


Рис. 5. Залежність статичної похибки для інтервалу тонопередачі $[0,05 \leq S \leq 0,5]$

Максимальна похибка на яскравих ділянках шкали складає +15%, а на середніх -12,3%. Отже, фарбодрукарська система притемнює світлі ділянки зображення і розсвітлює середні тони.

Найбільший вплив на точність покриття зображення фарбою має забруднення растрових комірок, що зменшує подачу фарби у фарбову систему. Тому у наступній серії комп'ютерного симулювання досліджували вплив коефіцієнта передачі на вході фарбодрукарської системи на точність товщини фарби на відбитку. Результати комп'ютерного симулювання у вигляді сімейства кривих статичної похибки для різних коефіцієнтів передачі на вході системи ($k_1 = 0,05; 0,5; 0,45; 0,4$) приведені на рис. 6.

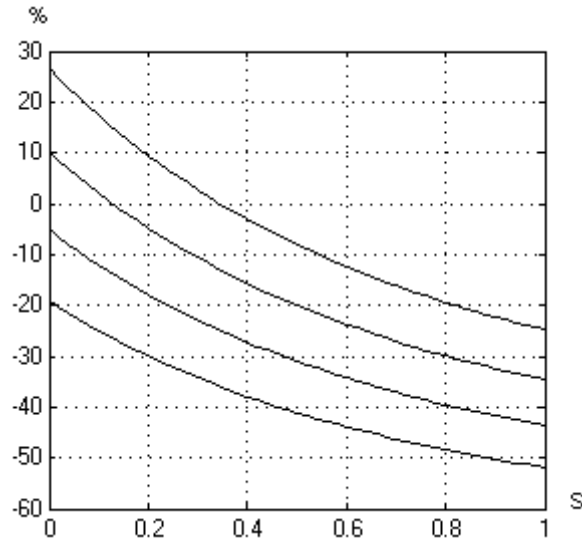


Рис. 6. Сімейство залежності статичних похибок для різних коефіцієнтів передачі фарби на вході системи

Як це видно із рисунка, при зменшенні коефіцієнта передачі k_1 від 0,55 до 0,4 криві похибок зміщуються вниз. При цьому статичні похибки на яскравих ділянках шкали складають 25,7; 9,32; 5,75 і -19,6%. На середніх тонах криві статичних похибок поступово зміщуються вниз і у тінях похибки спадають -25; -34; -43,6, -51,9%. Отже, при забрудненні растрових комірок растрового циліндра товщина фарби на відбитку може зменшитися на 50%. Тому при експлуатації коротких фарбодрукарських систем необхідно регулярно очищувати растровий циліндр.

5. ВИСНОВКИ

1. Основним недоліком сучасних фарбових апаратів офсетних друкарських машин є складність фарбоживильного пристрою за рахунок встановлення великої кількості виконавчих мікродвигунів (до 26) для регулювання зональної подачі фарби і складність та дороговизна багатоканальної системи зональної подачі фарби на заданий наклад, що привело до розробки нових конструкцій коротких фарбових апаратів із фарбоживильним пристроєм на основі растрового циліндра (анілокса).

2. Короткі фарбодрукарські системи не мають механізмів регулювання зональної подачі, тому не повною мірою забезпечують потрібну точність подачі фарби на всьому інтервалі тонопередачі.

3. Побудовано нову математичну модель короткої фарбодрукарської системи послідовно-паралельної структури при умові, що зображення на друкарській формі є лінійна растрова шкала, і одержано вираз для визначення статичної точності покриття шкали фарбою, залежно від параметрів системи.

4. На основі математичної моделі опрацьовано симулятор для побудови кривих похибки на заданому інтервалі тонопередачі.

5. За результатами комп'ютерного симулювання встановлено, що статична похибка фарбодрукарської системи послідовно-паралельної структури на яскравих ділянках шкали складає 29%, а при переході до світлих тонів похибка поступово зменшується, стає рівною нулеві, змінює знак, поступово наростає і у тінях складає до -29,2%.

6. При зменшенні інтервалу тонопередачі ($0,05 \leq S \leq 0,5$) максимальна похибка на яскравих ділянках шкали складає +15%, а на середніх до -12,3%.

7. Фарбодрукарська система послідовно-паралельної структури притемнює світлі ділянки зображення і розсвітлює середні тони.

1. 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; 2. Верхола М.І., Луцків М.М. Сигнальний граф процесу розкочування фарби // Вісник ДУ „Львівська політехніка”. - Львів, 1998. Том 2. С. 348 – 353. 3. Гультяев А.К. MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде WINDOWS: Практическое пособие. – С.-Пт. Корона принт. 1999. – 282с. 4. Лозовий П.І. Побудова навантажувальних характеристик коротких фарбових апаратів// Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць. – Львів, 2008. – Вип. 1 (18). - С. 149-155. 5. 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. 6. Ciupalski S. Maszyny offsetowe zwojowe. Warszawa. OW Politechniki Warszawskiej. 2000. 274 st.