

УДК 681.624

С.В. Сичак*Українська академія друкарства***ТОЧНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФЛЕКСОГРАФІЧНИХ
ФАРБОДРУКАРСЬКИХ СИСТЕМ З ПАРАЛЕЛЬНОЮ
ПОДАЧЕЮ ФАРБИ**

Розглядається задача аналітичного визначення, побудови й аналізу точнісних характеристик флексографічних фарбодрукарських систем для заданого інтервалу тонопередачі.

Точнісна характеристика, аналітичне визначення, побудова, аналіз, флексографічна фарбодрукарська система, фарба, паралельна подача

Флексографія — найдинамічніший спосіб друку, що широко розповсюджений передусім у пакувальному виробництві. Застосування його забезпечує не тільки зростання обсягів виробництва, а й постійне вдосконалення технології та устаткування, а в результаті підвищення якості друкованої продукції і продуктивності праці. Разом з тим, друкування журналів цим способом показало їх конкурентоздатність порівняно з рулонним і аркушевим офсетним та глибоким друком. Оскільки в Україні флексографію застосовують здебільшого для виробництва тари й упаковки, то це свідчить, що можливості даного друку реалізовані не повністю [8, 90].

Еластичні флексографічні друкарські форми дають змогу задруковувати різні матеріали, у тому числі плівкові й ті, що легко деформуються. Для друкування малов'язкими (які швидко висихають) фарбами застосовують прості за конструкцією фарбові апарати з растровим циліндром (анілоксом), поверхня котрого містить дрібні растрові комірки, що значно поліпшує якість фарбових відбитків [7, 8]. Подані в літературних джерелах і патентах схеми фарбових апаратів з растровим циліндром [7–9] здебільшого не виконані з металу і не досліджені. Експериментальні дослідження вимагають складної і дорогої виміральної апаратури, затрат матеріалів і часу, тому виникає актуальна проблема моделювання флексографічних друкарських систем.

За своєю структурою і конструкцією фарбові апарати флексографічних машин значно відрізняються від апаратів офсетних машин: вони не мають окремих механізмів для зонального налагодження на заданий наклад [7, 8], однак забезпечують необхідну рівномірність товщини фарби на растровому відбитку. В останні роки анілоксові фарбоживильні пристрої з растровим циліндром почали застосовувати в офсеті для друкування газет на рулонних друкарських машинах. У роботах [4–6] представлено математичні моделі коротких фарбодрукарських систем з анілоксовим фарбоживильним пристроєм, які мають тільки декілька валиків. Побудовано статичні характеристики та визначено точність покриття растрового відбитка фарбою. Однак офсетний спосіб друку значно відрізняється від флексографічного, тому запропоновані моделі коротких фар-

бодрукарських систем з анілоксовим фарбоживильним пристроєм безпосередньо застосувати для флексографічних фарбодрукарських систем неможливо. Звідси випливає *мета нашого дослідження* – аналітичне визначення, побудова й аналіз точнісних характеристик флексографічних фарбодрукарських систем для заданого інтервалу тонопередачі, яка розв’язується методом математичного моделювання та комп’ютерного симулювання.

Існують різноманітні схеми побудови фарбових апаратів флексографічних машин. Розглянемо одну з розповсюджених фарбових систем з паралельною подачею фарби двома накочувальними валиками (рис. 1).

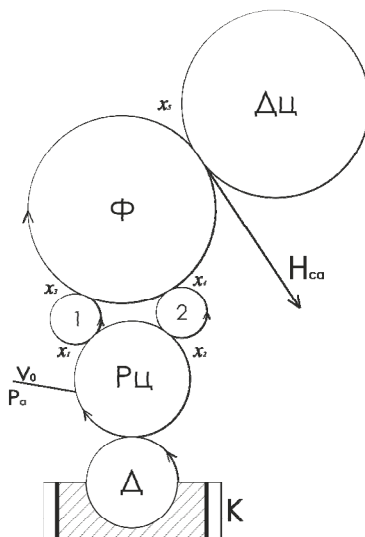


Рис. 1. Схема флексографічної фарбодрукарської системи

Дукторний циліндр, обертаючись у фарбовій камері К, подає шар фарби на растровий циліндр $P_{\text{ц}}$. Надмір фарби згортається ракелем P_a , а рівномірний дозований потік її з растрового циліндра послідовно накочується на перший і другий фарбові валики, які передають фарбу на растрову друкарську форму Ф, що здійснює модуляцію фарбового потоку. Створене растрове фарбове зображення передається з форми на задруковуваний матеріал. Частина фарби, не сприйнятої прогалинними елементами форми, повертається назад і створює зворотні потоки, які циркулюють у фарбовій системі. Одна частина їх повертається назад до камери, а друга – через зону контакту накочувальних валиків і растрового циліндра знову подається на форму. У результаті у фарбодрукарській системі відбувається змішування прямих і зворотних потоків фарби, яке забезпечує їх фільтрування, що покращує якість растрових відбитків.

Визначимо точність фарбової системи для усталеного режиму її роботи. Для опрацювання статичної моделі флексографічної фарбодрукарської системи приймаємо наступні припущення: на вхід системи подається рівномірний

за товщиною потік фарби; поверхня форми рівномірно покрита растровими друкувальними елементами; фарбодрукарська система є фільтром низьких частот; ураховуються подача і відбір фарби на вході і виході фарбодрукарської системи; існують стабільні умови друкарського процесу.

Основою побудови математичної моделі фарбодрукарської системи слугує рівняння матеріального балансу подачі і витрат фарби в усіх точках контакту фарбодрукарської системи [1]. На підставі цих співвідношень для усталеного режиму роботи відповідно до схеми рис.1 з урахуванням прийнятих припущень складаємо систему рівнянь балансу подачі і витрат фарби, поданих середніми значеннями товщини потоків фарби для усіх точок контакту фарбових валиків формного і растрового циліндрів:

$$\begin{aligned}x_1 &= K_a V_0 + f_1 x_3 \\x_2 &= \gamma_a x_1 + f_2 x_4 \\x_3 &= \alpha_1 x_1 + f_4 x_4 \\x_4 &= \alpha_2 x_2 + \gamma_5 x_5 \\x_5 &= f_a x_3 \\H_c &= \beta x_5 \\H_{ca} &= f_5 x_5 \\H_0 &= K_0 x_2,\end{aligned}\tag{1}$$

де x_i – середні значення товщини потоків фарби в точках контакту фарбових валиків формного і растрового циліндрів; H_{ca} – амплітудне значення товщини фарби на растровому відбитку; $V_0 H_0$ – ємність растрового циліндра та середнє значення зворотного потоку на вході системи; α_i , γ_i – коефіцієнти передачі Φ прямих і зворотних потоків фарби при виході з точок контакту; K_a , K_0 – коефіцієнти передачі прямого і зворотного потоків растрового циліндра; f_i – функції передачі, що враховують коефіцієнт передачі фарби для заданого растрового поля.

Точність фарбодрукарської системи для заданого поля растрової шкали визначаємо абсолютною похибкою, яка є різницею товщини фарби на заданому полі відбитка і заданого значення:

$$\Delta H_{\text{сп}} = H_{\text{сп}} - H_{\text{зн}},\tag{2}$$

де $H_{\text{сп}}$ – товщина фарби на заданому растровому полі відбитка; $H_{\text{зн}}$ – задане значення товщини фарби.

Розв'язавши систему рівнянь (1), знаходимо товщину фарби на заданому растровому полі, яку в загальному вигляді подаємо виразом

$$H_{\text{сп}} = \frac{\Delta m}{\Delta} H_0,\tag{3}$$

де Δ – визначник системи рівнянь (1); Δm – мінор визначення.

Після підстановки виразу (3) у вираз (2) визначимо похибку фарбодрукарської системи:

$$\Delta H_{\text{сп}} = \frac{\Delta m}{\Delta} H_0 - H_{\text{зн}}.\tag{4}$$

Обчислення похибки традиційним шляхом розв'язання системи рівнянь і наступного складання алгоритму та програми є громіздким. Тому для визначення її застосовуємо метод комп'ютерного симулювання. Для цього за системою рівнянь (1) і виразом (2) побудуємо граф фарбодрукарської системи (рис.2).

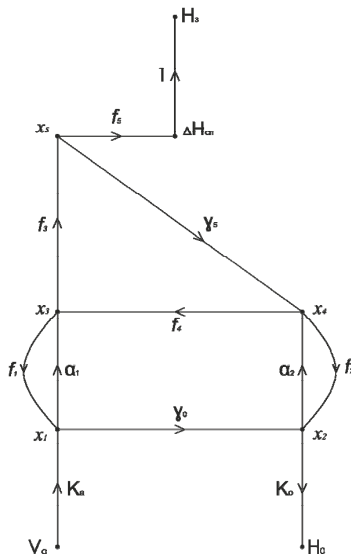


Рис. 2. Граф фарбодрукарської системи

Вершини графа, позначені x_i , відповідають товщинам фарби в точках контакту валиків і циліндрів, дуги графа α_i та γ_i — коефіцієнтам передачі прямих і зворотних потоків фарби, дуги f_i — функціям передачі.

Безпосередньо за графом та формулою Мезона обчислюємо абсолютну похибку фарбодрукарської системи:

$$\Delta H_{cn} = \frac{K a \gamma_0 \alpha_2 f_4 f_3 f_5 + K a \alpha_1 f_3 f_5 (1 - \alpha_2 f_2)}{\Delta} - H_{zn}. \quad (5)$$

Визначник графа фарбодрукарської системи, що характеризує його контурну частину, знаходимо безпосередньо за графом:

$$\Delta = 1 - \alpha_1 f_1 - \alpha_2 f_2 - \gamma_5 f_3 f_4 - \gamma_0 \alpha_2 f_4 f_1 + \alpha_1 f_1 \alpha_2 f_2. \quad (6)$$

При розрахунку точності характеристики флексографічної фарбодрукарської системи необхідно послідовно вираховувати функції передачі f_i залежно від ступеня покриття растрового поля за такими виразами:

$$\begin{aligned} f_1 &= 1 - \gamma_1 S \\ f_2 &= 1 - \gamma_2 S \\ f_3 &= \alpha_3 S \\ f_4 &= \alpha_4 S \\ f_5 &= \beta/S. \end{aligned} \quad (7)$$

Тут S – відносна площа растрового поля, покритого друкувальними елементами.

Для побудови точнісної характеристики фарбодрукарської системи припускаємо, що друкарська форма є неперервною лінійною растровою шкалою (растровим клином), розміщеною на певній ширині форми. Тоді ступінь покриття форми растровими елементами змінюється в межах $[0 \leq S \leq 1]$. За такої умови запишемо вираз лінійної растрової шкали, необхідний для моделювання:

$$\begin{aligned} S(x) &= 0, \text{ якщо } x \leq 0 \\ S(x) &= S_0 + M x t, \text{ якщо } t_0 < S < t_k, \end{aligned} \quad (8)$$

де x – просторова змінна; t – біжучий час моделювання; S_0 – початкове значення відносної площі растрового поля; t_0 , t_n – початковий і кінцевий час моделювання; M – масштаб, за яким будується характеристика.

Обчислення і побудова точнісної характеристики традиційним методом, розроблення алгоритму і програми на основі виразів (5) та (7) є незручним, тому для цього застосовуємо об'єктно-орієнтоване програмування в пакеті Simulink [3] у вигляді структурної схеми моделі, що складається з операційних блоків. Безпосередньо за графом за допомогою графічного редактора з блоків у вікні моделі побудована структурна схема моделі фарбодрукарської системи (рис.3).

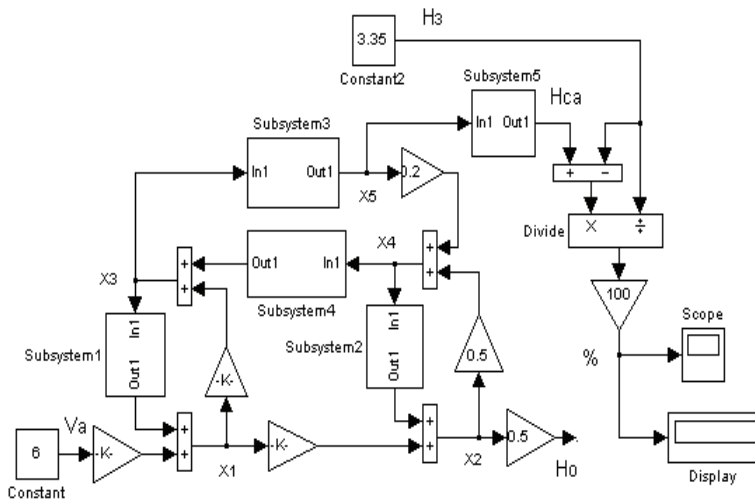


Рис. 3. Структурна схема моделі фарбодрукарської системи в пакеті Simulink

Вершинам графа відповідають блоки підсумовування Sum, на вході яких подано прямі і зворотні потоки фарби. Дугам графа підпорядковані блоки Gain, що задають коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків. Функції передачі (7) реалізовані за допомогою блоків Subsystem, котрі формують лінійні моделі растрової шкали за умови (8). Необхідне значення ємності растрового циліндра задається в блоці Constant. Відносна точність визначається шляхом ділення

у блоці Divide абсолютної. Візуалізація точнісної характеристики здійснюється за допомогою блоків Scope і Display.

Налагоджували модель на номінальні параметри: $\alpha_i = \gamma_i = 0,5$; $\beta = 0,8$. Задавали ємність анілоксного вала $V_a = 6 \text{ см}^3/\text{м}^2$; $H_3 = 3,35 \text{ мкм}$. Результати комп'ютерного симулювання у вигляді точнісної характеристики на повному інтервалі тонопередачі подано на рис. 4.

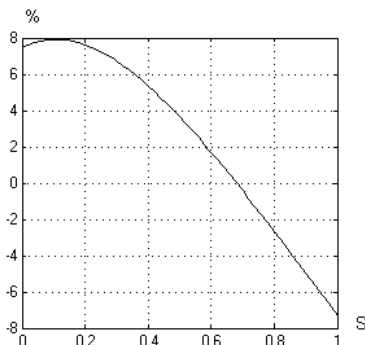


Рис. 4. Графік точнісної характеристики для номінальних параметрів фарбодрукарської системи

На яскравих растрових полях [$S=0,01$] точність становить $+7,549\%$, на світлих [$S=0,5$] – вона підвищується до $+3,654\%$, переходить через нуль і змінює знак. На півтінях точність дорівнює $-4,96$, а в тінях $-7,28\%$. Отже, точність флексографічної системи з паралельною подачею фарби залежить від діапазону тонопередачі і на певному інтервалі [$0 < S < 1$] знаходиться в межах від $+7,92$ до $-7,285\%$. При номінальних параметрах флексографічної фарбодрукарської системи на даному інтервалі тонопередачі статична точність покриття растрового відбитка фарбою відповідає нормативним вимогам до якісної журнальної продукції [9].

Товщина шару фарби на растровому відбитку значно залежить від умов друкування, в'язкості фарби і властивостей задрукованого матеріалу [8, 9]. Не будемо аналізувати різні чинники і вплив на точність, натомість припустимо, що вони викликають зміни коефіцієнта передачі фарби з форми на задруковуваний матеріал. За таких умов здійснювали моделювання впливу коефіцієнта передачі фарби з форми на задруковуваний матеріал на точність покриття растрового зображення фарбою. Результати комп'ютерного симулювання для номінальних параметрів моделі у вигляді сімейства точнісних характеристик фарбодрукарської системи для коефіцієнтів передачі $\beta = 0,85; 0,8; 0,75$ та $0,7$ подано на рис.5.

Незначне зменшення коефіцієнта передачі β (з $0,85$ до $0,7$) призводить до зміщення точнісних характеристик униз, унаслідок чого зменшується товщина фарби на растровому відбитку, що залежить від діапазону тонопередачі і може знаходитись у межах від $+14,27$ до $-13,81\%$. Більш повні числові результати комп'ютерного симулювання подано в таблиці.

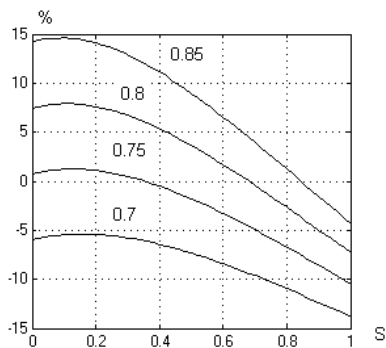


Рис. 5. Сімейство точнісних характеристик для різних коефіцієнтів передачі фарби з форми на задруковуваний матеріал

Результат моделювання впливу коефіцієнта передачі на точність покриття растрового поля фарбою на різних діапазонах тонопередачі

Коефіцієнт	Похибка, %							
	Відносна площа растрового поля							
	0,01	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1
0,85	+14,27	+14,6	+14,1	+11,12	+6,545	+1,224	-1,534	-4,306
0,8	+7,549	+7,92	+7,618	+5,357	+1,701	-2,60	-4,959	-7,286
0,75	+0,827	+1,234	+1,108	-0,496	-3,287	-6,715	-8,57	-10,95
0,7	-5,894	-5,46	-5,429	-6,437	-8,412	-10,96	-12,37	-13,81

Найвища точність товщини фарби зафіксована на середньому і сірому діапазонах тонів $[0,5 < S < 0,8]$. Зниження коефіцієнта передачі викликає зменшення товщини фарби на всьому інтервалі тонопередачі. При коефіцієнті передачі $\beta=0,85$ перепад товщини на цілому інтервалі становить понад 18%, а при $\beta=0,75$ – 11,7%. При коефіцієнті $\beta=0,7$ перепад досягає майже 8%, натомість похибка є від'ємною на всьому інтервалі і знаходиться в межах від -5,9 до 13,8%. У даному випадку для підвищення точності покриття растрового зображення фарбою слід застосувати растровий циліндр більшої ємності.

На основі побудованих моделей і одержаних результатів комп'ютерного симулювання доходимо висновку, що при стабільних умовах друкування і номінальних параметрах флексографічної друкарської системи з паралельною подачею фарби двома накочувальними валиками забезпечуються допустимі нормативні вимоги до точності покриття растрового зображення фарбою на цілому інтервалі тонопередачі до якісної журнальної продукції. Натомість, при зменшенні коефіцієнта передачі фарби з форми на задруковуваний матеріал з 0,85 до 0,7 точність знаходиться в межах від -6 до -13,8% і не відповідає нормативам, що погіршує якість відбитків.

/ Верхола М.І., Луцків М.М. // Вісник ДУ “Львівська політехніка”. – 1988. – Т2. – С.348–353.
3. Тультьев А.К. Matlab 5.2. Имитационное моделирование в среде Windows: практ. пособие / Тультьев А.К. – СПб.: Корона принт, 1999. – 288 с. 4. Луцків М. Визначення точності короткої фарбодрукарської системи послідовної структури при відтворенні растрової шкали / Луцків М., Косик М. // Комп’ютерні технології друкарства. – Львів: Укр. акад. друкарства. – 2010. – №23. – С.12–21. 5. Лозовий П.І. Визначення точності коротких фарбодрукарських систем при відтворюванні зображень / Лозовий П.І. // Комп’ютерні технології друкарства. – Львів: Укр. акад. друкарства. – 2010. – №23. – С.35–44. 6. Мусійовська М.М. Статична точність коротких фарбодрукарських систем при відтворенні тонового зображення / Мусійовська М.М. // Поліграфія і видавнича справа. – 2011. – №1/53. – С.28–38. 7. Ярема С.М. Фарбові та зволожувальні апарати, ракелі та лакувальні пристрої друкарських машин / Ярема С.М., Мамут Б.Г. – К.: Ун-т “Україна”: ХК “Бліц-Інформ”, 2003. – 191с. 8. Ярема С.М. Флексографія. – К.: Лебідь, 1998. – 310 с. 9. Czichon H. Formy fleksodrukowe / Czichon H., Czichon M. – Warszawa: OW Politechniki Warszawskiej, 2006. – 188 P.

ТОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФЛЕКСОГРАФИЧЕСКИХ КРАСКОПЕЧАТНЫХ СИСТЕМ С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ КРАСКИ

Рассматривается задача аналитического определения, построения и анализа точностных характеристик флексографических краскопечатных систем для заданного интервала тонопередачи.

ACCURACY OF THE CHARACTERISTIC FLEXOGRAPHIC PAINT-PRINTING SYSTEMS WITH PARALLEL PAINT SUPPLY

The article considers the problem of analytical determination, construction and performance analysis accuracy of flexographic paint-printing systems for pre-programmed tone reproduction.

Стаття надійшла 22.11.2013

УДК 001.891.32+655.15.011.56

Т. М. Лозинський

Українська академія друкарства

АНАЛІЗ СЕРЕДОВИЩ КЕРУВАННЯ ПРОЕКТАМИ ДЛЯ НАСТІЛЬНИХ ВИДАВНИЧИХ СИСТЕМ

Сформовано критерії дослідження середовищ керування проектами (СКП). Обґрунтовано необхідність розроблення спеціалізованої СКП для поліграфії.

Середовище керування проектами, інформаційна технологія, настільне видавництво

Сьогодні значна кількість галузей не може обійтися без інтеграції колективної діяльності для досягнення оптимальних результатів. Це, в свою чергу,