УДК 681.624
© С. Сичак[6], 2013

ТОЧНІСТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФЛЕКСОГРАФІЧНИХ ФАРБОДРУКАРСЬКИХ СИСТЕМ З ПАРАЛЕЛЬНОЮ ПОДАЧЕЮ ФАРБИ

У статті розглядається задача аналітичного визначення, побудови і аналізу точністних характеристик флексографічних фарбодрукарських систем для заданого інтервалу тонопередачі.

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

1. ВСТУП

Флексографія – найбільш динамічний спосіб друку, що широкорозповсюджений, в першу чергу у пакувальному виробництві. Спостерігаються не тільки зростання об'ємів виробництва, постійно вдосконалюється технологія і устаткування, що приводить до підвищення якості друкованої продукції і продуктивності підприємства. Застосування флексографії для друкування журналів показало їх конкурентноздатність з рулонним і аркушевим офсетним способом друку та глибоким друком для випуску журналів. В Україні флексографію застосовують здебільшого для виробництва тари й упаковки, отож не повністю реалізовані можливості флексографічного друку [8, 90].

Еластичні флексографічні друкарські форми дають можливість задрукувати різні матеріали у тому числі плівкові і ті, що легко деформуються. Для друкування малов'язкими щвидковисихаючими фарбами застосовують прості за конструкцією фарбові апарати з растровим циліндром (анілоксом), поверхня якого містить дрібні растрові комірки, що значно покращує якість фарбових відбитків [7, 8]. Подані в літературних джерелах і патентах схеми фарбових апаратів з растровим циліндром [7, 8, 9] у більшості випадків не виконані в металі і не досліджені. Експерментальні дослідження є складні, вимагають складної і дорогої вимірювальної 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.

[6] Українська академія друкарства

Флексографічні фарбові апарати не мають окремих механізмів для зонального налагодження на заданий наклад [7,8], однак забезпечують необхідну рівномірність товщини фарби на растровому відбитку. В останні роки аніloксові фарбоживильні пристрої з растровим циліндром почали застосовувати в офсеті для друкування газет на рулонних друкарських машинах. В роботах [4,5,6] розроблені математичні моделі коротких фарбодрукарських систем з аніloксовим фарбоживильним пристроєм, які мають тільки декілька валиків. Побудовані статичні характеристики та визначена точність покриття растрового відбитка фарбою [4,5,6]. Однак офсетний спосіб друку значно відрізняється від флексографічного, тому побудовані моделі коротких фарбодрукарських систем з аніloксовим фарбоживильним пристроєм безпосередньо неможливо застосувати для флексографічних фарбодрукарських систем. Звідти випливає мета задачі дослідження - аналітичне визначення, побудова і аналіз точносних характеристик флексографічних фарбодрукарських систем для заданого інтервалу тонопередачі, яка розв'язується методом математичного моделювання та комп'ютерного симулювання.

2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

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

Дукторний циліндр, обертаючись у фарбовій камері К, подає шар фарби на растровий циліндр $P_ц$. Надмір фарби згортається ракелем $P_а$, а рівномірний дозований потік фарби з растрового циліндра послідовно накочується на перший та другий фарбові валики, які передають фарбу на растрову друкарську форму Ф, яка здійснює модуляцію фарбового потоку. Створене растрове фарбове зображення передається з форми на задруковуваний матеріал. Частка фарби, яка не сприйнялася прогалинними елементами форми, повертається назад і створює зворотні потоки фарби, які циркулюють у фарбовій системі, частина якого повертається назад до камери. Друга частина зворотнього потоку фарби через зону контакту накочувальних валиків і растрового циліндра знову подається на форму. Внаслідок чого у фарбодрукарській системі відбувається змішування прямих і зворотніх потоків фарби, яке забезпечує фільтрування фарбових потоків, що покращує якість растрових відбитків.

Визначатимемо точність фарбової системи для усталеного режиму її роботи.

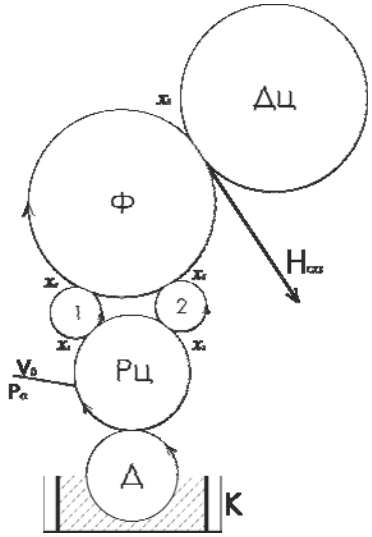

Рис. 1. Схема флексографічної фарбодрукарської системи

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, враховується подача і відбір фарби на вході і виході фарбодрукарської системи, існують стабільні умови друкарського процесу.

Основою побудови математичної моделі фарбодрукарської системи є рівняння матеріального балансу подачі і розходу фарби у всіх точках контакту фарбодрукарської системи [1]. На основі цих співвідношень для усталеного режиму роботи відповідно до схеми рис.1 з врахуванням прийнятих припущень складемо систему рівнянь балансу подачі і розходу фарби, поданих середніми значеннями товщини потоків фарби для усіх точок контакту фарбових валиків формного і растрового циліндрів:

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

де x_i - середні значення товщин потоків фарби у точках контакту фарбових валиків формного і растрового циліндрів, H_{ca} - амплітудне значення товщини фарби на растровому відбитку, V_0H_0 - ємність растрового циліндра та середнє значення зворотнього потоку на вході системи, α_i, γ_i - коефіцієнти передачі Ф прямих і зворотніх потоків фарби при виході із точок контакту, K_a, K_o - коефіцієнти передачі прямого і зворотнього потоків растрового циліндра, f_i - функції передачі, які враховують коефіцієнт передачі фарби для заданого растрового поля.

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

$$\Delta H_{сп} = H_{сп} - H_{зп}, \quad (2)$$

де $H_{сп}$ – товщина фарби на заданому растровому полі відбитка, $H_{зп}$ – задане значення товщини фарби.

Розв'язавши систему рівнянь (1), можна визначити товщину фарби на заданому растровому полі, яку в загальному вигляді подано виразом:

$$H_{сп} = \frac{\Delta м}{\Delta} H_0, \quad (3)$$

де Δ – визначник системи рівнянь (1), $\Delta м$ - мінор визначення.

Після підстановки визначимо похибку фарбодрукарської системи

$$\Delta H_{сп} = \frac{\Delta м}{\Delta} H_0 - H_{зп}. \quad (4)$$

Визначення похибки традиційним шляхом розв'язання системи рівнянь і наступного складання алгоритму та програми є громіздким. Тому для визначення похибки застосуємо метод комп'ютерного симулювання. Для цього за системою рівнянь (1) і виразом (2) побудовано граф фарбодрукарської системи який подано на рис.2.

Вершини графа позначені x_i - відповідають товщинам фарби у точках контакту валиків і циліндрів. Дуги графа позначені α_i та γ_i – відповідають коефіцієнтам передачі прямих і зворотніх потоків фарби, натомість дуги позначені f_i відповідають функціям передачі.

Безпосередньо за графом за формулою Мезона визначимо абсолютну похибку фарбодрукарської системи:

$$\Delta H_{сп} = \frac{Ka\gamma_0\alpha_2 f_4 f_3 f_5 + Ka\alpha_1 f_3 f_5 (1 - \alpha_2 f_2)}{\Delta} - H_{зп}. \quad (5)$$

Визначник графа фарбодрукарської системи характеризує його контурну частину, визначається 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 обчислювати функції пере-

дачі f_i залежно від ступеня покриття растрового поля за такими виразами:

$$f_1 = 1 - \gamma_1 S$$
$$f_2 = 1 - \gamma_2 S$$
$$f_3 = \alpha_3 S$$
$$f_4 = \alpha_4 S$$
$$f_5 = \beta / S. \quad (7)$$

де S – відносна площа растрового поля покритого друкувальними елементами.

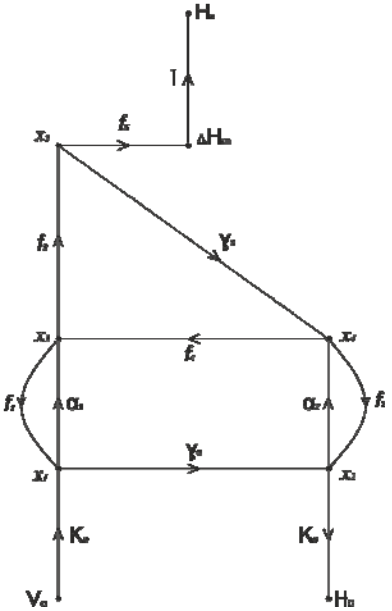

Рис. 2. Граф фарбодрукарської системи

Для побудови точностної характеристики фарбодрукарської системи припускаємо, що друкарська форма є неперервною лінійною растровою шкалою (растровим клином), яка розміщена на певній ширині форми, тоді ступінь покриття форми растровими елементами змінюється в межах [0≤S≤1]. За такої умови запишемо вираз лінійної растрової шкали, необхідний для моделювання

$$S(x) = 0 \quad \text{якщо } x \le 0$$
$$S(x) = S_0 + M\, x\, t \quad \text{якщо } t_0 < S < t_k, \quad (8)$$

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, М – масштаб в якому будується характеристика.

Обчислення і побудова точностної характеристики традиційним методом вимагає розробки алгоритма і програми на основі одержаних виразів (5) та (7) є незручним, тому для побудови характеристики застосуємо об'єктно-орієнтоване програмування, у пакеті Simulink [3] у вигляді структурної схеми моделі, яка складається із операційних блоків. Безпосередньо за графом за допомогою графічного редактора із блоків у вікні моделі побудована структурна схема моделі фарбодрукарської системи (рис.3).

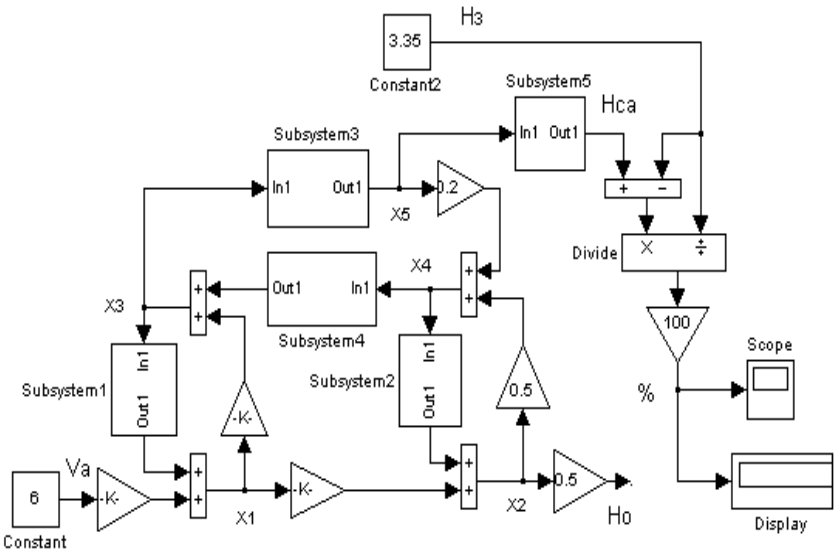

Рис. 3. Структурна схема моделі фарбодрукарської системи у Simulink

Вершинам графа відповідають блоки сумування Sum, на вході яких подаються прямі і зворотні потоки фарби. Дугам графа підпорядковані блоки Gain, які задають коефіцієнти передачі прямих і зворотніх потоків. Функції передачі (7) реалізовані за допомогою блоків Subsystem, які формують лінійні моделі растрової шкали за умови (8). Необхідне значення ємності растрового циліндра задається у блоці Constant. Відносна точність визначається шляхом ділення у блоці Divide абсолютної. Візуалізація точностної характеристики здійснюється за допомогою блоків Skope і Display.

Налагоджували модель на номінальні параметри: $\alpha_i = \gamma_i = 0{,}5$, $\beta = 0{,}8$. Задавали ємність анілоксового вала $V_a = 6 см^3/м^2$, $H_з = 3{,}35 мкм$.

Результати комп'ютерного симулювання у вигляді точностної характеристики на повному інтервалі тонопередачі подані на рис. 4.

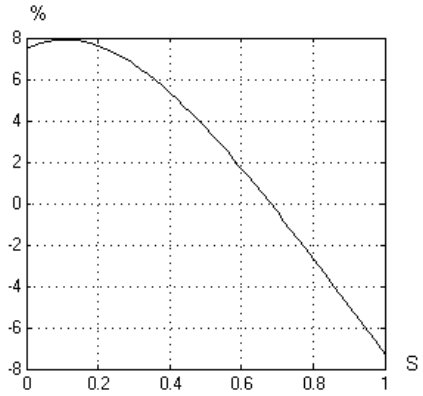

Рис. 4. Графік точностної характеристики для номінальних параметрів фарбодрукарської системи

На яскравих растрових полях [S=0,01] точність становить +7,549%. На світлих полях [S=0,5] точність підвищується до +3,654%, переходить через нуль і змінює знак. На півтінях точність становить -4,96%, а у тінях -7,28%. Отже точність флексографічної системи із паралельною подачею фарби залежить від діапазону тонопередачі і на певному інтервалі [0<S<1] знаходиться в межах +7,92 до -7,285%. Отже 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 значною мірою залежить від умов друкування, в'язкості фарби і властивостей задруковуваного матеріалу [8, 9]. Не будемо аналізувати різні чинники і вплив на точність, натомість припустимо, що вони приводять до змін 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 точностних характеристик фарбодрукарської системи для коефіцієнтів передачі β =0,85; 0,8; 0,75 та 0,7 подані на рис.5.

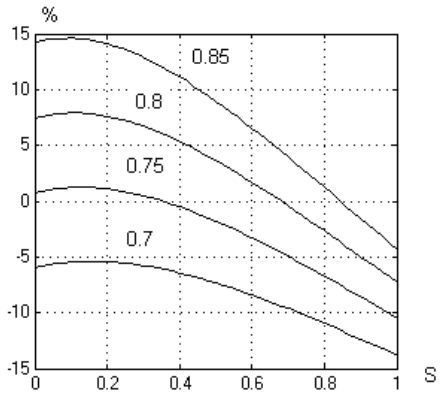

Рис. 5. Сімейство точностних характеристик для різних коефіцієнтів передачі фарби з форми на матеріал

Невелике зменшення коефіцієнта передачі β із 0,85 до 0,7 призводить до зміщення точностних характеристик вниз, внаслідок чого зменшується товщина фарби на растровому відбитку, яка залежить від діапазону тонопередачі і може знаходитися в межах від +14,27 до -13,81%. Більш повні числові результати комп'ютерного симулювання подані у таблиці.

Таблиця 1

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 є на середньому і сірому діапазонах тонів [0,5<S<0,8]. Зменшення коефіцієнта передачі приводить до зменшення товщини фарби на усьому інтервалі тонопередачі. При коефіцієнті передачі β=0,85 перепад товщини на цілому інтервалі становить понад 18%, а при коефіцієнті β=0,75 становить 11,7%. При коефіцієнті β=0,7 перепад становить біля 8%, натомість похибка є від'ємна на усьому інтервалі і знаходиться в межах -5,9 до 13,8%. У даному

випадку для підвищення точності покриття растрового зображення фарбою, необхідно застосувати растровий циліндр більшої ємності.

3. ВИСНОВОК

На основі побудованих моделей і результатів комп'ютерного симулювання доходимо висновку, що при стабільних умовах друкування і номінальних параметрах флексографічної друкарської системи з паралельною подачею фарби двома накочувальними валиками, забезпечують 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.

1. Верхола М.І.. Основні засади та сутність розкочування фарби у фарбових системах / Верхола М.І., Луцків М.М // Комп'ютерні технології друкарства – Львів, 2004. №12 с.14-25. 2. Верхола М.І. Сигнальний граф процесу розкочування фарби / Верхола М.І., Луцків М.М // Вісник ДУ "Львівська політехніка". Львів 1988. Том2. С348-353. 3.Тультяев А.К. Matlab 5.2. Имитационное моделирование в среде Windows. Практичиское пособие. - СПб.: Корона принт. 1999. -288с. 4. Луцків М., Косик М. Визначення точності короткої фарбодрукарської системи послідовної структури при відтворенні растрової шкали / Луцків М., Косик М.// Комп'ютерні технології друкарства – Львів, 2010. №23 с.12-21. 5. Лозовий П.І. Визначення точності коротких фарбодрукарських при відтвооренні зображень // Комп'ютерні технології друкарства – Львів, 2010. №23 с.35-44. 6. Мусійовська М.М. Статична точність коротких фарбодрукарських систем при відтворенні тонового зображення // Поліграфія і видавнича справа. 2011. №1/53. - С.28-38. 7. Ярема С.М. Фарбові та зволожувальні апарати, ракелі та ланувальні 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. 310с. 9. Crichon H. Crichon M. Formy fleksodrukowe. Warszawa. OW Politechniki Warszawskiej. 2006. 188s.