

ПОБУДОВА ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРИТТЯ РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ФАРБОЮ У ФЛЕКСОГРАФІЧНИХ ДРУКАРСЬКИХ СИСТЕМАХ З ПАРАЛЕЛЬНОЮ ПОДАЧЕЮ

Розглядається задача моделювання, побудови і аналізу характеристик покриття тестового растрового зображення фарбою у флексографічній друкарській системі з паралельною подачею.

The problem of modeling, construction and performance analysis of test coverage bitmap paint in flexographic printing systems with parallel feed have been described.

1. ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ

Внаслідок розвитку і досягнень в галузі формних і друкарських процесів флексографію почали застосовувати для випуску газет, друкування журналів та обкладинок. Накопичений виробничий досвід довів, що якість флексографії може бути еквівалентна якості аркушевого офсету. Використання флексографії для друкування журналів показало її конкурентноспроможність з такими способами друку як рулонний і аркушевий офсет, глибокий друк у випуску періодичних видань, натомість поліграфісти України повністю ще не реалізували можливість цього способу друку. Протягом останнього десятиріччя в Україні флексографію використовують у поліграфічній та інших галузях промисловості як найекономічнішу технологію в процесі виробництва тари й упаковки [7].

Сучасна флексографія – це універсальний спосіб друку з використанням рельєфних форм і малоліпких швидковисихаючих фарб, що дає змогу друкувати на високих швидкостях без використання протиабруднювальних пристроїв. Якщо друкування здійснюється з еластичної флексографічної друкарської форми, то остання не тільки передає фарбу на задрукований матеріал, а й працює як декель. Ця властивість забезпечує друкування без приправки, спрощує друкарське обладнання, зменшує його металомісткість та енергоємність. Еластичні друкарські форми дають змогу задрукувати практично будь-які матеріали, в тому числі й ті, що легко деформуються (полімерні плівки). Для друку малов'язкими швидковисихаючими фарбами можна застосувати порівняно прості конструкції фарбових апаратів на основі растрового цілі-

⁵ Українська академія друкарства

ндра (анілоксового валика), що значно поліпшує якість передачі фарби на друкарську форму [6,7,8].

У даний час немає належного математичного опису флексографічних фарбодрукарських систем. Здебільшого переважають експериментальні дослідження фарбових апаратів, які є складними, вимагають дорогої виміральної апаратури, коштів, матеріалів і часу. Тому виникає задача проведення теоретичних досліджень флексографічних фарбодрукарських систем. Подані в літературних джерелах і патентах схеми фарбових апаратів з растровим циліндром [6,7], здебільшого не виконані в металі і теоретично не досліджені. Тому виникає актуальна проблема теоретичного дослідження флексографічних фарбодрукарських систем.

В роботі виконана актуальна задача дослідження впливу смності растрового циліндра фарбодрукарської системи з паралельною подачею фарби на друкарську форму, на характеристики покриття растрового зображення фарбою, яка розв'язується шляхом математичного моделювання і комп'ютерного симулювання.

2. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

За своєю структурою і конструкцією фарбові апарати флексографічних машин значно відрізняються від традиційних фарбових апаратів дукторно-ножового типу офсетних машин, що обумовлює їх статичні і динамічні властивості, передачу фарби з форми на задруковуваний матеріал. Флексографічні фарбові апарати не мають окремих засобів для регулювання зональної подачі фарби, однак необхідна рівномірність товщини фарби по всій ширині відбитка до певною мірою забезпечується [7,8]. Зауважимо, що до цього часу ця властивість належним чином не досліджена.

В роботі [7] подано дослідження залежності графічних спотворень флексографічних відбитків від факторів, що визначають поведінку фарби у смужці друкарського контакту, зокрема розтискування фарби залежить від її вязкості, тиску, тривалості, розмірів друкарського елемента та товщини шару фарби на формі. Передача фарби з друкарської форми на задруковуваний матеріал давно перебуває в центрі уваги фахівців – поліграфістів. Публікації з цього питання [7,8] свідчать про те, що деякі важливі технологічні проблеми ще не дістали достатнього висвітлення – передачі фарбового зображення з форми на задруковуваний матеріал.

З огляду на простоту конструкції анілоксові фарбоживильні пристрої з растровим циліндром почали застосовувати в офсеті для друкування газетної продукції на рулонних друкарських машинах. В роботах [4,5] розроблені математичні моделі і побудовані характеристики

коротких офсетних фарбодрукарських систем з анілоксовим фарбоживильним пристроєм, виконано аналіз систем, які складаються із растрового циліндра і 2-4 розкочувальних валиків, побудовано статичні характеристики при зміні тих чи інших параметрів, та визначено точність передачі фарби на задруковуваний матеріал.

Зауважимо, що офсетний спосіб друку значно відрізняється від флексографії. Зокрема флексографічна форма випукла і еластична, натомість офсетна - плоска і тверда. У флексографії відбувається пряма передача фарбового зображення з форми на задруковуваний матеріал. Тому побудовані моделі коротких фарбодрукарських офсетних систем безпосередньо не можливо використати для аналізу флексографічних друкарських систем. Звідси випливає мета задачі дослідження - моделювання і аналіз впливу ємності растрового циліндра на характеристику покриття растрового зображення фарбою, яка розв'язується шляхом комп'ютерного симулювання.

3. ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Враховуючи новизну та складність поставленої задачі а також різноманітність можливих схем, способів подачі фарби на флексографічну друкарську форму, розглянемо фарбовий апарат з паралельною подачею фарби на форму двома накочувальними валиками, схема якої подана на рис.1 [6].

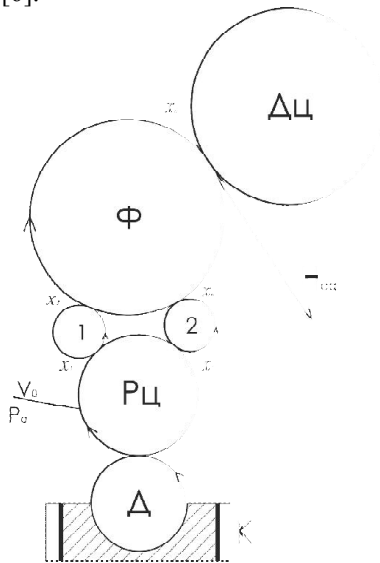


Рис. 1. Схема фарбодрукарської системи

Фарба з друктера Д, опущеного у фарбову камеру К передається на растровий циліндр $P_{ц}$. Надлишок фарби з поверхні циліндра згортається ракелем P_a . Рівномірний дозований потік фарби передається послідовно на перший і другий накочувальні валики, які накочують фарбу на растрову друкарську форму Ф, яка здійснює модуляцію фарбового потоку. Створене фарбове зображення передається з форми на задруковуваний матеріал. Частина фарби, яка не сприйнялася формою повертається назад і створює зворотній потік фарби у фарбовій системі, що через растровий циліндр повертається до фарбової камери. Друга частина зворотнього потоку фарби через зону контакту накочувальних валиків і растрового циліндра знову подається на форму. Тому у флексографічній фарбодрукарській системі відбувається інтенсивна циркуляція і змішування прямих і зворотніх потоків фарби, що забезпечує фільтрування фарбових потоків та покращує якість растрових відбитків.

Для опрацювання статичної моделі фарбодрукарської системи, необхідної для побудови характеристики покриття растрового зображення фарбою, приймаємо наступні припущення:

- після згортання ракелем надлишку фарби на поверхні растрового циліндра створюється рівномірний дозований потік фарби, який описується середнім значенням товщини;
- фарбодрукарська система є фільтром низьких частот;
- растрове фарбове зображення створюється растровими друкувальними елементами, які є однорідними і рівномірно розподілені на поверхні форми;
- швидкість друкування, тиск у зонах контакту фарбових валиків і формного циліндра є сталими (існують стабільні умови друкарського процесу);
- враховується подача і відбір фарби на вході і виході фарбодрукарської системи;
- відсутнє розтискування растрових точок, обумовлено тими чи іншими причинами.

Основою для побудови характеристики покриття є рівняння матеріального балансу подачі і розходу фарби у фарбодрукарській системі [1].

$$Q_n = Q_{\text{вих}} + Q_{\text{вх}}, \quad (1)$$

де Q_n – подача фарби на вході системи; $Q_{\text{вих}}$, $Q_{\text{вх}}$ - розхід фарби на виході системи (передача на задруковуваний матеріал) та вході системи (повернення назад у камеру).

Для розв'язку задачі необхідно скласти систему рівнянь подачі і відбору фарби для усіх точок контакту фарбових валиків растрового і формного циліндрів для усталеного режиму роботи. На основі викладе-

ного з врахуванням прийнятих припущень і виразу (1), для схеми (рис.1) складемо систему рівнянь балансу середніх значень товщин потоків фарби, яку подамо таким чином:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= K_a V_0 + f_1 x_3 \\
 x_2 &= \gamma_a x_1 + f_2 x_4 \\
 x_3 &= \alpha_1 x_1 + f_4 x_4 \\
 x_4 &= \alpha_2 x_2 + \gamma_5 x_5 \\
 x_5 &= f_a x_3 \\
 H_c &= \beta x_5 \\
 H_{ca} &= f_5 x_5 \\
 H_0 &= K_0 x_2,
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

де x_i - товщина потоків фарби у точках контакту фарбових валиків, формного і растрового циліндрів, H_c, H_{ca} - середнє та амплітудне значення товщини фарби на растровому відбитку, V_0, H_0 - ємність растрового циліндра та середнє значення зворотного потоку фарби, яка повертається назад у фарбову камеру, α_1, γ_1 - коефіцієнти передачі фарби при виході із точок контакту, K_a, K_0 - коефіцієнт передачі прямого і зворотнього потоків растрового циліндра, β - коефіцієнт передачі фарби з форми на задрукований матеріал, f_i - функції передачі, які враховують зміну коефіцієнта передачі фарби за умови відтворення тональності растрового зображення.

Щоб визначити вираз характеристики покриття, необхідно розв'язати систему рівнянь (2), яке є трудомістким. Тому для визначення і побудови характеристики покриття застосуємо метод комп'ютерного симулювання. Для цього за схемою рис.1 і системою рівнянь (2) побудуємо граф фарбодрукарської системи, зображений на рис. 2 .

Вершини графа позначенні точками відповідають товщинам потоків фарби у точках контакту валиків, формного і растрового циліндрів. Дуги графа відповідають коефіцієнтам передачі та функціям передачі f_i .

Безпосередньо за графом визначимо вираз характеристики покриття фарбодрукарської системи.

$$H_{ca} = [K_a \alpha_1 f_3 f_5 (1 - \alpha_2 f_2) + K_a \gamma_0 \alpha_2 f_4 f_5] \Delta^{-1} V_a .
 \tag{3}$$

Визначник графа фарбодрукарської системи характеризує його контурну частину та визначається безпосередньо за графом

$$\Delta = 1 - \alpha_1 f_1 - \alpha_2 f_2 - \gamma_5 f_3 f_4 - \gamma_0 \alpha_1 f_4 f_1 + \alpha_1 f_1 \alpha_2 f_2 .
 \tag{4}$$

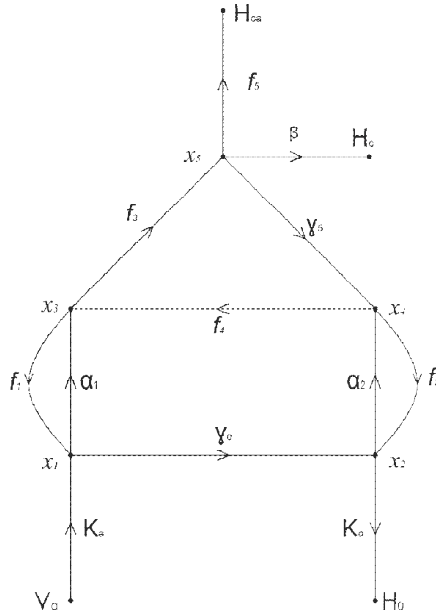


Рис. 2. Граф фарбодрукарської системи

Отже вираз характеристики покриття растрового зображення залежить від структури фарбодрукарської системи і числа накочувальних валіків. Зауважимо, що при розрахунку характеристики покриття необхідно послідовно змінювати функції передачі f_i залежного від ступеня покриття растрового поля за наступними залежностями

$$\begin{aligned}
 f_1 &= 1 - \gamma_1 S \\
 f_2 &= 1 - \gamma_2 S \\
 f_3 &= \alpha_3 S \\
 f_4 &= \alpha_4 S \\
 f_5 &= \beta/S.
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Відносна площа растрового поля визначається за формулою [7,8]

$$S = S_m / S_k,$$
(6)

де S_m – абсолютна площа растрової точки поля, S_k – площа растрової комірки.

Для побудови характеристики покриття фарбодрукарської системи припускаємо, що друкарська форма є неперервно лінійною растровою шкалою, яка відповідає ширині форми, а ступінь покриття змінюється в межах $[0 \leq S \leq 1]$. Тоді математичну модель лінійної растрової шкали подамо як функцію просторової змінної

$$S(x) = 0 \text{ якщо } x \leq 0$$

$$S(x) = S_0 + M x t \text{ якщо } t_0 < S < t_k, \quad (7)$$

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 в якому будується характеристика.

Залежно від мети дослідження, можна визначити товщину покриття заданого растрового поля, заданого діапазона передачі чи на цілому інтервалі тоновідтворення. Розробка алгоритму і програми для розрахунку і побудови характеристики покриття безпосередньо за виразом (2) з врахуванням виразу (3) та (4) вимагає складання системи рівнянь і знаходження аналітичного виразу (3), лише після цього можна скласти програму для обчислення і побудови характеристики покриття. Отже, традиційний метод розв'язання поставленої задачі є трудомісткий і незручний.

4. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ МОДЕЛІ І РЕЗУЛЬТАТИ КОМП'ЮТЕРНОГО СИМУЛЮВАННЯ

Для побудови характеристики покриття використано об'єктно-орієнтоване програмування, застосувавши програмний пакет Simulink [3]. Відповідно до парадигми моделювання, спочатку розробимо структурну схему моделі фарбодрукарської системи, яка складається із операційних блоків бібліотеки Simulink [2, 3]. Безпосередньо за графом (рис.2) із операційних блоків за допомогою графічного редуктора у вікні моделі побудовано структурну схему моделі фарбодрукарської системи, яка подана на рис. 3.

Вершинам графа позначеними точками відповідають блоки Sum, на вході яких подають прямі і зворотні потоки фарби. Дугам графа підпорядковані блоки Gain, які задають коефіцієнти передачі прямих і зворотніх потоків фарби. Функції передачі (5) реалізовані за допомогою блоків Subsystem, які формують лінійну модель растрової шкали. Необхідне значення ємності растрового циліндра задається у блоці Constanta. Візуалізація характеристики покриття здійснюється за допомогою блока Scope, яку можна роздрукувати чи зберегти для подальших досліджень і аналізу.

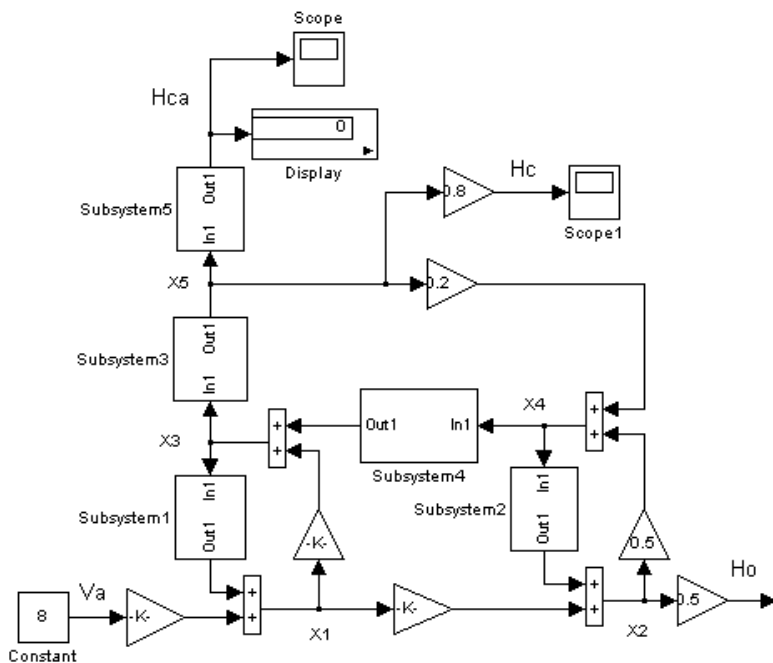


Рис. 3. Структурна схема моделі фарбодрукарської системи у Simulink

Задачею комп'ютерного симулювання була побудова і аналіз характеристики покриття растрового зображення. При моделюванні налагоджували модель на номінальні параметри системи. Зокрема приймали, що коефіцієнти передачі прямих і зворотніх потоків фарби $\alpha_i = \gamma_i = 0,5$, коефіцієнт передачі фарб з формного циліндра на задрукований матеріал $\beta = 0,8$. результати комп'ютерного симулювання у вигляді графіка характеристики покриття растрового зображення на повному інтервалі тонопередачі для ємності растрового циліндра $V_a = 8 \text{ см}^3/\text{м}^2$ подані на рис. 4.

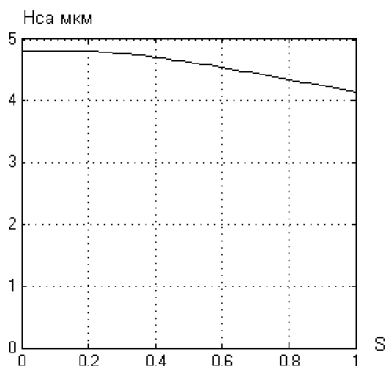


Рис. 4. Характеристика покриття растрового зображення

На яскравих полях растрової шкали ($S=0,01$) товщина фарби становить 4,804мкм. При переході на світлі поля ($S=0,1$) товщина фарби становить 4,82мкм, а на середніх ($S=0,5$) полях – 4,63мкм. У тінях товщина фарби зменшується і прямує до 4,141мкм. На повному діапазоні тонопередачі перепад товщини фарби становить 0,68мкм, що складає 14,4%.

При налагодженні флексодрукарської машини на заданий наклад важливим є вибір ємності растрового циліндра, яка залежить від ступеня покриття друкарської форми друкувальними елементами. Промисловість випускає растрові циліндри із нормованими значеннями ємності 3, 4, 6, 8, 10 та $2\text{см}^3/\text{м}^2$ [8].

Звичайно вибір ємності растрового циліндра роблять на основі виробничого досвіду. Номінальна товщина покриття растрового флексографічного відбитка залежить від в'язкості фарби і якості задрукованого матеріалу і становить 4-8 мкм [8], тому здійснювали моделювання впливу ємності растрового циліндра на характеристику покриття. Для цього на виході моделі здійснювали подачу фарби для растрових циліндрів різної ємності. Результати комп'ютерного симулювання подані на рис.5 у вигляді характеристики покриття для ємності 6, 8 та $10\text{см}^3/\text{м}^2$.

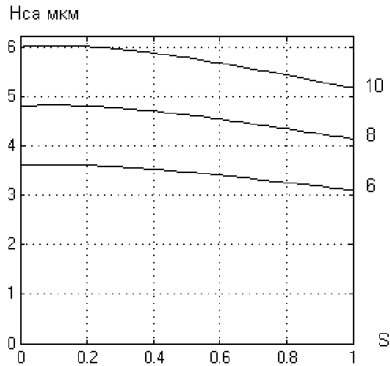


Рис. 5. Характеристики покриття растрового зображення для різної ємності растрового циліндра

Як це видно з рисунка, при зменшенні ємності растрового циліндра характеристики зміщуються вниз. Більш повні результати моделювання подані у таблиці.

Таблиця 1

Залежності товщини фарби на растрових полях залежить від ємності растрового циліндра

Ємність растрового циліндра V_a см ³ /м ²	Товщина фарби на растровому полі мкм			
	Ступінь покриття растрового поля S			
	0,01	0,1	0,5	1
10	6,005	6,025	6,787	5,176
8	4,804	4,82	4,63	4,141
6	3,603	3,615	3,472	3,106
Перепад товщини %	+24,9 -24,9	+25 -25	+24,8 27,2	+24,97 -24,99

На основі аналізу результатів моделювання доходимо висновку, що вибір нормованої ємності растрового циліндра із ряду 10, 9, 6 см³/м² виникає перепад товщини фарби в межах +24,9 до -27,2% на повному інтервалі тонопередачі. Отже, необхідно вибирати ємність растрового циліндра на основі розрахунків, а не тільки на основі виробничого досвіду (на око).

5. ВИСНОВОКИ

На основі розробленої математичної моделі флексографічної фарбодрукарської системи з паралельною подачею фарби і результатів комп'ютерного моделювання у вигляді графіків характеристик покриття растрової шкали встановлено, що нерівномірність товщин фарби на повному інтервал становить до 14,4%, а при нормованій ємності растрового циліндра із ряду 10, 8, 6 см³/м² перепад товщини знаходиться в межах +24,4 до -27,2%, що необхідно враховувати при налагодженні фарбового апарата на заданий наклад.

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. *Дяков В.П. Matlab 6.5 SP1 (7) SP2 – Simulink 5/6. Інструменти штучного інтелекту і біоінформатики. Серія бібліотеки професіоналів. / Дяков В.П., Круглов В.В. // - М.: Салон – Прес. 2006 – 456с.* 4. *Луцків М. Симулятор статичних характеристик фарбодрукарських систем / Луцків М., Лозовий П. // Комп'ютерні технології друкарства – Львів, 2007. №17 – С.3-10.* 5. *Мусійовська М. Аналіз впливу параметрів фарбодрукарської системи послідовної структури на характеристику покриття зображення / Мусійовська М. // Комп'ютерні технології друкарства – Львів 2009. №22 – С.12-25.* 6. *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.* 7. *Ярема С.М. Флексографія / Ярема С.М. // – К.: Лебідь. 1998. – 310с.* 8. *Crichon H. Formy fleksodrukowe. /Crichon H. Crichon M.// Warszawa. OW Politechniki Warszawskiej. 2006. 188с.*