

ТОЧНОСТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРОТКИХ ФАРБОДРУКАРСЬКИХ СИСТЕМ З КРАТНИМИ ЦИЛІНДРАМИ

© А. В. Пушкар, аспірант, УАД, Львів, Україна

Рассматривается задача аналитического определения и построения точностной характеристики короткой краскопечатной системы с кратными цилиндрами для заданного интервала тонопередачи, приведены результаты компьютерного моделирования.

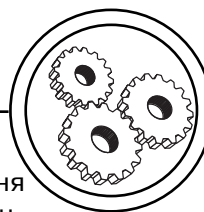
The problem of defining and constructing analytical precision characteristics of short ink printing system with multiple cylinders to transmit preprogrammed tone, given the results of computer simulation.

Постановка проблеми

Покращення якості растрових зображень одержаних на сучасних простих офсетних коротких фарбодрукарських системах, є однією із важливих задач в офсетному друці на даному етапі його розвитку. Запатентовано ряд нових схем коротких фарбових апаратів різної структури, які у більшості випадків не виконані в металі, тому не відомі їх властивості, отже не можна визначити який із них є кращим [6, 7]. Експериментальні дослідження вимагають виготовлення апарата, встановлення на офсетній машині та складної апаратури для вимірювання товщини фарби на валиках і друкарській формі, що обертаються, отож вимагають великих витрат коштів і часу. Тому для визначення властивостей фарбодрукарських систем почали застосовувати математичне моделювання. Процеси, які протікають в коротких фарбодрукарських системах є складні, тому для спрощення задачі при

побудові моделі допускаються певні припущення, які обмежують їх застосування.

Фарбоживильний пристрій коротких фарбодрукарських систем побудований на основі растрового валика (анілокса), на поверхні якого лазером вигравіювані дрібні растрові комірки певної структури, які під тиском у камері заповнюють фарбою, що запезпечує дозовану подачу фарби на вхід системи. На відміну від традиційних фарбових апаратів дукторно-ножового типу, короткі фарбодрукарські системи не мають механізмів регулювання зональної подачі фарби, містять тільки декілька фарбових валиків, отож немає складної операції налагодження фарбового апарата на заданий наклад, що спрощує їх експлуатацію. Недоліками їх є те, що вони не повною мірою забезпечують рівномірність покриття фарбою растрових зображень на відбитку, отож унеможлиблює їх застосування для друкування високоякісної книж-



кової і журнальної продукції. Отже, існує актуальна проблема підвищення точності покриття растрових відбитків фарбою. Для її розв'язання в першу чергу необхідно визначити статичні властивості коротких фарбодрукарських систем.

Аналіз попередніх досліджень

У роботах [3, 5] опрацьована математична модель коротких фарбодрукарських систем послідовної структури і шляхом комп'ютерного симулювання встановлено, що точність покриття растрового відбитка фарбою залежить від числа фарбових валиків у системі та інтервалу тонопередачі і може становити до $\pm 20-30\%$. Дослідження статичних властивостей короткої фарбодрукарської системи фірми КВАО [3], якою оснащуються офсетні рулонні газетні агрегати, при варіації окремих параметрів систем, показали, що статична точність фарбової системи становить $\pm 5-15\%$ і значною мірою залежить від інтервалу тонопередачі. У роботах [3, 4] побудовано характеристики фарбодрукарської системи послідовно-паралельної структури, залежно

від коефіцієнта заповнення форми друкувальними елементами. На основі вище викладеного доходимо висновку, що точність коротких фарбодрукарських систем залежить від її структури, числа фарбових валиків, інтервалу тонопередачі та параметрів системи і може знаходитись в межах $\pm 10-40\%$. Отже, актуальною задачею є аналіз точності коротких фарбодрукарських систем різних структур.

Мета роботи

Метою роботи є опрацювання математичної моделі короткої фарбодрукарської системи із кратними циліндрами і побудова точностної характеристики для заданого інтервалу тонопередачі.

Результати проведених досліджень

Побудова точностної характеристики математичної моделі

Одним із нових напрямків побудови коротких фарбових апаратів є апарати з однаковими діаметрами формного, офсетного та накочувального циліндрів, які для зручності назовемо фарбовими апаратами з кратними циліндрами (рис. 1).

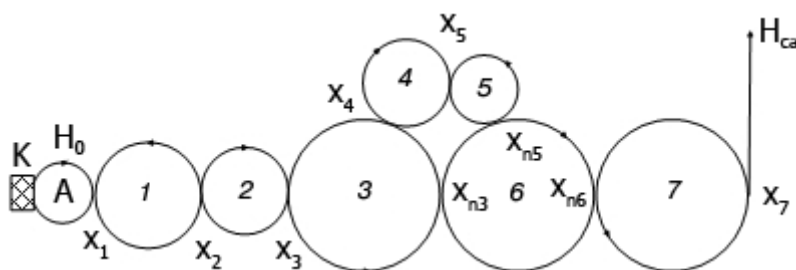
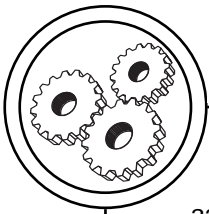


Рис. 1. Схема короткої фарбодрукарської системи з кратними циліндрами



У камері К фарба під тиском заповнює дрібні комірки растрового циліндра А (анілокса) і на перший валик подає дозовану кількість фарби, яка послідовно розкочується і двома валиками накочується на форму. Створене на поверхні растрове фарбове зображення передається на офсетний циліндр, а з нього на задруковуваний матеріал. Частка фарби, яка не сприйнялась пробільними елементами форми створює на накочувальних валиках зворотні потоки, що зумовлює циркуляцію зворотних потоків фарби, які взаємодіють з прямими. Частина потоку через растровий циліндр повертається назад у фарбову камеру. Зауважимо, що зворотні потоки фарби у коротких фарбових системах є значно більші ніж у традиційних системах дукторно-ножового типу.

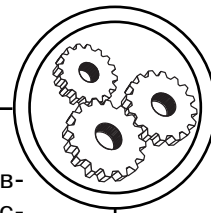
Процеси, які відбуваються у коротких фарбодрукарських системах є складними і маловивченими, тому для спрощення побудови моделей приймаємо наступні припущення: на вхід системи подається рівномірний за товщиною потік фарби, поверхня форми рівномірно вкрита друкувальними елементами, розглядаються ustalені режими роботи фарбодрукарської системи, друкарська растрова форма здійснює модуляцію фарбового потоку, фарбодрукарська система є фільтром низьких частот, існують стабільні умови друкарського процесу. На основі відомих співвідношень для ustalеного режиму роботи [3–5] відповідно до схеми рис. 1 з врахуванням прийнятих припущень складемо систему рівнян-

ня балансу подачі і розходу фарби, поданих товщинами потоків для усіх точок контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів для ustalеного режиму роботи:

$$\begin{aligned}x_1 &= H_0 + \gamma_1 x_2 \\l_0 &= \gamma_0 x_1 \\x_2 &= \alpha_1 x_1 + \gamma_1 x_3 \\x_3 &= \alpha_2 x_2 + \gamma_3 x_4 \\x_{п3} &= \alpha_3 x_3 + \gamma_6 x_{п7} \\x_4 &= f_4(K_M) x_{п3} + \gamma_4 x_5 \\x_5 &= \alpha_4 x_4 + f_5(K_M) x_{п5} \\x_{п6} &= f_3(K_M) x_{п7} + \gamma_5 x_5 \\x_{п7} &= f_6(K_M) x_{п6} + \gamma_7 x_8 \\x_8 &= \alpha_7 x_{п7} \\H_{ca} &= f_8(K_M) x_8\end{aligned}\quad (1)$$

де x_i — товщина фарби у точках контакту фарбових валиків, $x_{пi}$ — товщина фарби у точках контакту формної пластини, H_0 — товщина потоку фарби на растровому циліндрі, l_0 — товщина зворотного потоку фарби, яка повертається назад у фарбову камеру, H_{ca} — амплітудне значення товщини фарби на задрукованому матеріалі, α_i, γ_i — коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків фарби при виході із зон контакту валиків, $f_{пi}(K_M)$ — функції передачі прямих і зворотних потоків на друкарській формі і накочувальних валиках, промодульованих растровою друкарською формою, K_M — коефіцієнт модуляції.

Точність короткої фарбодрукарської системи для заданого поля растрової шкали визначатимемо абсолютною похибкою,



як різницю товщини фарби на заданому полі 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 для заданого поля.

Розв'язавши систему рівнянь (2), можна визначити товщину фарби для заданого растрового поля, яку в загальному вигляді подано виразом

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

де Δ — детермінант системи рівнянь (1), Δ_m — мінор визначника.

Традиційне визначення похибки фарбодрукарської системи шляхом розв'язання системи рівнянь (1) є громіздке, тому для спрощення задачі вирішуватимемо її шляхом комп'ютерного симулювання. Для цього за схемою рис. 1 і системою рівнянь (1) і виразом (2) побудовано граф фарбодрукарської системи (рис. 2).

Вузли графа відповідають товщині фарби у точках контакту фарбових валиків і циліндрів.

Вхідною вершиною графа є товщина потоку фарби на вході системи, вихідною — абсолютна похибка на заданому полі. Дуги графа підпорядковані коефіцієнтам передачі прямих і зворотних потоків фарби. На графі легко простежити циркуляцію прямих і зворотних потоків фарби у системі. Він є зручним для аналізу і комп'ютерного симулювання.

Безпосередньо за графом на основі топологічної формули Мезона визначимо абсолютну похибку короткої фарбодрукарської системи у загальному вигляді

$$\Delta H_{сп} = \frac{P_1 \Delta_1 + P_2}{\Delta} H_0 - H_{зп}. \quad (4)$$

Передачі шляхів графа від входу до виходу

$$P_1 = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_7 f_3(K_M) f_6(K_M) f_8(K_M) \quad (5)$$

$$P_2 = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 \alpha_7 f_4(K_M) \cdot f_6(K_M) f_8(K_M). \quad (6)$$

Визначник графа

$$\Delta = 1 - \alpha_1 \gamma_1 - \alpha_2 \gamma_2 - \alpha_3 \gamma_3 f_4(K_M) - \alpha_4 \gamma_4 - \alpha_5 f_5(K_M) - \gamma_6 f_3(K_M) f_6(K_M) - \alpha_7 \gamma_7 + \alpha_1 \gamma_1 [\alpha_3 \gamma_3 f_4(K_M) + \alpha_4 \gamma_4 +$$

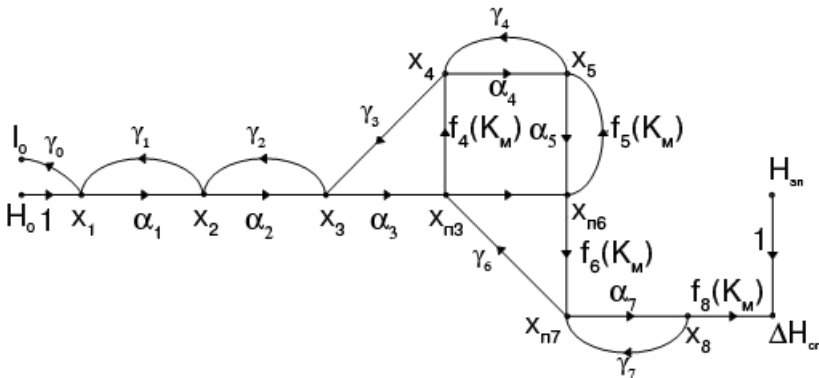
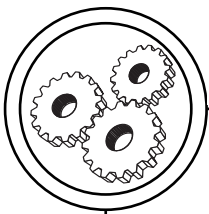


Рис. 2. Граф фарбодрукарської системи



$$\begin{aligned}
 & +\alpha_5 f_5(K_M) + \alpha_7 \gamma_7 + \alpha_4 \alpha_5 f_4(K_M) \cdot \\
 & \cdot f_6(K_M) \alpha_6 + \alpha_3 \gamma_3 f_3(K_M) \gamma_4] + \\
 & + \alpha_2 \gamma_2 [\alpha_4 \gamma_4 + \alpha_5 f_5(K_M) + \\
 & + \gamma_6 f_3(K_M) f_6(K_M) + \alpha_7 \gamma_7 + \\
 & + \alpha_4 \alpha_5 f_4(K_M) f_6(K_M) \alpha_6] + \\
 & + \alpha_3 \gamma_3 f_3(K_M) \gamma_4 [\alpha_5 f_5(K_M) + \\
 & + \alpha_7 \gamma_7] + \alpha_4 \gamma_6 f_3(K_M) f_6 \cdot \\
 & \cdot (K_M) + \alpha_7 \gamma_7 + \alpha_5 \alpha_7 f_5(K_M) - \\
 & - \alpha_1 \gamma_1 \alpha_3 \gamma_3 f_4(K_M) [\alpha_5 f_5(K_M) + \\
 & + \alpha_7 \gamma_7] - \alpha_1 \gamma_1 \alpha_4 \gamma_4 [\gamma_6 f_3(K_M) \cdot \\
 & \cdot f_6(K_M) + \alpha_7 \gamma_7 - \alpha_1 \gamma_1 \alpha_5 f_5(K_M) \cdot \\
 & \cdot \alpha_7 \gamma_7 - \alpha_1 \gamma_1 \alpha_3 \gamma_3 \gamma_4 f_3(K_M) \gamma_4 \alpha_7 \gamma_7 - \\
 & - \alpha_2 \gamma_2 \alpha_4 \gamma_4 [\alpha_6 \gamma_6 + \alpha_7 \gamma_7] - \\
 & - \alpha_3 \gamma_3 \alpha_5 f_4(K_M) f_5(K_M) \alpha_7 \gamma_3 + \\
 & + \alpha_1 \gamma_1 \alpha_3 f_4(K_M) \alpha_5 f_5(K_M) \alpha_7 \gamma_7.
 \end{aligned} \tag{7}$$

Мінор шляху визначника графа

$$\Delta_1 = 1 - \alpha_4 \gamma_4. \tag{8}$$

При моделюванні для побудови точностної характеристики функції передачі прямих і зворотних потоків на друкарській формі і накочувальних валиках задаватимемо функціями часу

$$\begin{aligned}
 f_3(K_M) &= \alpha_3 K_M(t) \\
 f_4(K_M) &= 1 - \alpha_6 K_M(t) \\
 f_5(K_M) &= 1 - \alpha_5 K_M(t) \\
 f_6(K_M) &= \alpha_6 K_M(t) \\
 f_8(K_M) &= \beta / K_M(t),
 \end{aligned} \tag{9}$$

де β — коефіцієнт передачі фарби з офсетного циліндра на задруковуваний матеріал.

Для обчислення точності системи на заданому інтервалі тонопередачі необхідно лінійно змінювати коефіцієнт модуляції в часі від нуля до одиниці:

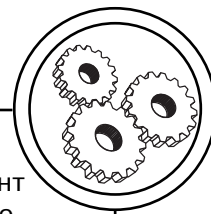
$$K_M(t) = K_{M0} M \quad \text{для } t = t_0 \tag{10}$$

$$K_M(t) = K_{M0} M + Mt \quad \text{для } t_0 \leq t \leq t_k,$$

де t_0 — час, який відповідає початку інтервалу тонопередачі, t_k — кінцевому значенню інтервалу; m — масштаб, у якому будується характеристика.

Аналіз точності фарбодрукарської системи за графом на основі формули Мезона є трудомісткою задачею для її виведення і обчислення. Граф має дев'ять контурів, тому при знаходженні визначника графа можна допустити помилку в комбінаціях замкнутих контурів, яку важко буде виявити, у результаті чого можна одержати неадекватні результати дослідження. Тому для спрощення задачі розроблено інформаційну технологію симулювання точностних характеристик у пакеті графічного програмування MATLAB: Simulink [2], у якому сама програма відповідно до парадигми графічного програмування складається із набору функціональних блоків, які з'єднуються лініями зв'язку для передачі даних. Така структура програми реалізує графічну модель для обробки даних, результати якої передається на блоки візуалізації. Засоби і інструменти необхідні для побудови моделі вибираються із бібліотеки Simulink за допомогою графічного редактора.

На основі системи рівнянь (1) і виразу (3) і графа за допомогою графічного редактора Simulink розроблено стимулятор точностних характеристик, який паралельно обчислює точностні характеристики для зда-



них параметрів фарбодрукарської системи і здійснює візуалізацію.

Налагоджували подачу фарби на вході моделі таким чином, щоб на середніх тонах ($S = 0,5$) похибка дорівнювала нулеві. Результати комп'ютерного симулювання для номінальних даних ($\alpha_1 = \gamma_1 = 0,5$; $\beta = 0,8$) наведено на рис. 3 у вигляді точностної характеристики у процентах.

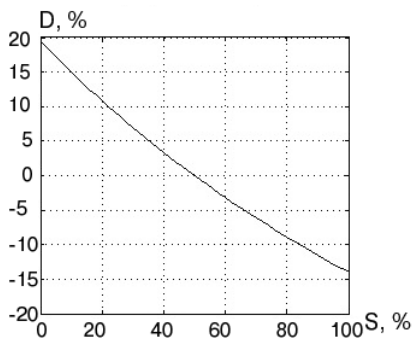


Рис. 3. Точностна характеристика фарбодрукарської системи для номінальних параметрів

На яскравому полі шкали ($S = 1$ %) точність становить +19,75 %. При зміні тональності точність зменшується і на середніх тонах ($S = 50$ %) дорівнює нулеві, змінює знак і поступово збільшується. У тінях ($S = 100$ %) точність становить -14 %. Отже при номінальних параметрах фарбодрукарської системи на світлих і темних діапазонах тональної шкали статична точність покриття фарби не відповідає нормативним вимогам для якісної книжкової і журнальної продукції [2].

Метою комп'ютерного симулювання було дослідити вплив окремих параметрів системи на її точність. Варіативними пара-

метрами вибрали коефіцієнт передачі фарби на вході системи, який може змінюватись залежно від сили притиску першого валика до анілоксу. Спочатку налагоджували подачу фарби на вході моделей так, щоб при номінальних параметрах на середніх тонах шкали ($S = 50$ %) точність дорівнювала нулеві. Після цього надавали варіацію коефіцієнтів передачі. Результати комп'ютерного симулювання впливу зміни коефіцієнта передачі на точність подано у вигляді сімейства точностних характеристик для коефіцієнтів $k_1 = 0,55$; 0,5; 0,45 та 0,5 наведено на рис. 4.

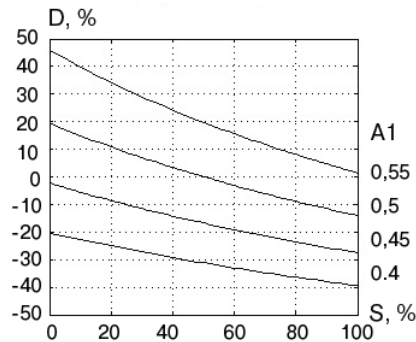
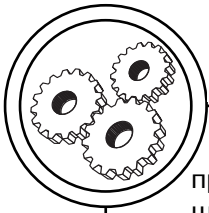


Рис. 4. Сімейство точностних характеристик для різних коефіцієнтів передачі на вході

При зміні коефіцієнта передачі від 0,55 до 0,45 на яскравих полях шкали ($S = 1$ %) точність змінюється від +45,3 до 1,5 %, у тінях ($S = 100$ %) — від +1,5 до -35,4 %. Отже коротка фарбодрукарська система є досить чутливою до зміни коефіцієнта передачі на вході системи. Тому при налагодженні фарбової системи необхідно ретельно налагоджувати фарбоживильний



пристрій. Зокрема притиск першого фарбового валика до растрового циліндра.

У другій серії комп'ютерного симулювання досліджували вплив ємності растрового циліндра на точність передачі фарби на відбиток. Налаштовували модель на номінальні параметри системи ($\alpha_1 = \gamma_1 = 0,5$; $\beta = 0,8$). Подавали на вхід моделі фарбові потоки товщиною 6, 4, 5, 4 та 3 в.о. і будували точнісні характеристики. Результати другої серії комп'ютерного симулювання для різної ємності растрового циліндра у вигляді сімейства точнісних характеристик наведено на рис. 5.

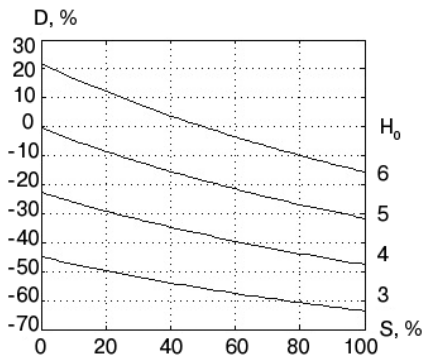


Рис. 5. Сімейство точнісних характеристик для різної ємності растрового циліндра

При ступеневому зменшенні ємності растрового циліндра

точності характеристики зміщуються вниз. На середній тонах шкали ($S = 50 \%$) при максимальній ємності точність дорівнює нулеві. При зменшенні ємності точність становить — 18,58 %, 37,18 %, та -55,71%. Із цієї серії симулювання доходимо висновку. Короткі фарбодрукарські системи з кратними циліндрами мають добрі налагоджувальні характеристики. Маючи чотири анілоксові валики різної ємності можна забезпечити необхідну товщину фарби на відбитку для сюжетів з різної тональності.

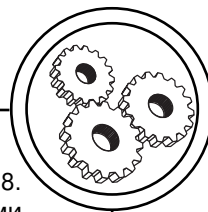
Висновки

1. За результатами комп'ютерного симулювання встановлено, що точність фарбодрукарської системи для номінальних параметрів на повному інтервалі тонопередачі знаходиться в межах $\pm 30-15 \%$.

2. Наявність різних збурень проводить до зменшення точності системи.

3. Короткі фарбодрукарські системи із кратними циліндрами не в повній мірі забезпечують допустимі нормативні вимоги до точності товщини покриття растрових зображень фарбою на цілому інтервалі тонопередачі для якісної книжкової і журнальної продукції.

1. Величко О. М. Опрацювання інформаційного потоку взаємодією елементів друкарського контакту / О. М. Величко : Монографія. — К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. — 254 с. 2. Гультьєв А. К. MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде Windows / А. К. Гультьєв. — Практическое пособие. — С-Пт. : Корона принт. — 1999. — 283 с. 3. Луцків М. М. Визначення точності коротких фарбодрукарських систем при відтворенні зображень / М. М. Луцків, П. І. Лозовий // Комп'ютерні технології друкарства : Зб. наук. пр. — Львів : УАД. — 2010. — № 23. — С. 35–44. 4. Лозовий П. І. Стимулятор тонопередачі тонової шкали фарбодрукарської системи фірми KBA / П. І. Лозовий // Технологія і техніка дру-



карства : Зб. наук. пр. — К. : НТУУ КПІ. — 2010. — вип. 1. — С. 171–178.
 5. Луцків М. М. Визначення точності короткої фарбодрукарської системи послідовно паралельної структури при відтворенні растрової шкали / М. М. Луцків, М. Б. Косик // Комп'ютерні технології друкарства : Зб. наук. пр. — Львів : УАД. — 2011. — № 26. — С. 28–39. 6. Мусійовська М. М. Статична точність коротких фарбодрукарських систем при відтворенні тонового зображення / М. М. Мусійовська // Поліграфія і видавнича справа : Зб. наук. пр. — Львів : УАД. — 2010. — № 1/53. — С. 128–138. 7. Ярема С. М. Фарбові та зволожувальні апарати, ракельні та лакувальні пристрої друкарських машин / С. М. Ярема, Б. Г. Мамут. — К. : Україна. ХК «Бліц-Інформ». — 2003. — 191 с. 8. Ciplaski S. Maszyny offsetowe zwojowe. — Warszawa. Oficyna wydawnicza politechniki Warszawskiej. — 2000. — 274 s.

1. Velychko O. M. Opratsiuvannya informatsiinoho potoku vzaiemodiiieu elementiv drukarskoho kontaktu / O. M. Velychko : Monohrafiia. — K. : Vydavnycho-polihrafichnyi tsentr «Kyivskiy universytet», 2005. — 254 s.
 2. Gul'tjaev A. K. MATLAB 5.2. Imitacionnoe modelirovanie v srede Windows / A. K. Gul'tjaev. — Praktichiskoe posobie. — S-Pt. : Korona print. — 1999. — 283 s. 3. Lutskiv M. M. Vyznachennia tochnosti korotkykh farbodrukarskykh system pry vidtvorenni zobrazhen / M. M. Lutskiv, P. I. Lozovyi // Komp'iu terni tekhnologii drukarstva : Zb. nauk. pr. — Lviv : UAD. — 2010. — № 23. — S. 35–44. 4. Lozovyi P. I. Stymuliator tonoperedachi tonovoi shkaly farbodrukarskoi systemy firmy KBA / P. I. Lozovyi // Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva : Zb. nauk. pr. — K. : NTUU KPI. — 2010. — vyp. 1. — S. 171–178. 5. Lutskiv M. M. Vyznachennia tochnosti korotkoi farbodrukarskoi systemy poslidovno paralelnoi struktury pry vidtvorenni rastrovoyi shkaly / M. M. Lutskiv, M. B. Kosyk // Komp'iu terni tekhnologii drukarstva : Zb. nauk. pr. — Lviv : UAD. — 2011. — № 26. — S. 28–39. 6. Musiiovska M. M. Statychna tochnist korotkykh farbodrukarskykh system pry vidtvorenni tonovoho zobrazhennia / M. M. Musiiovska // Polihrafiia i vydavnycha справа : Zb. nauk. pr. — Lviv : UAD. — 2010. — № 1/53. — S. 128–138. 7. Yarema S. M. Farbovi ta zvolozhuvalni aparaty, rakelni ta lakuvalni prystroi drukarskykh mashyn / S. M. Yarema, B. H. Mamut. — K. : Ukraina. KhK «Blits-Inform». — 2003. — 191 s. 8. Ciplaski S. Maszyny offsetowe zwojowe. — Warszawa. Oficyna wydawnicza politechniki Warszawskiej. — 2000. — 274 s.

Рецензент — О. В. Тимченко, д.т.н.,
 професор, УАД

Надійшла до редакції 23.12.12