

УДК 681.3665

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВАРІАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ НА ТОЧНІСТЬ ПЕРЕДАЧІ МОДУЛЬОВАНИХ ФАРБОВИХ ПОТОКІВ

М.М. Луцків, М.Б. Гладченко

Українська академія друкарства, Вул. Підголоско, 19, Львів, 79020, Україна

Розглядається задача визначення і побудова точностних характеристик передачі фарбових потоків промодульованих растровою друкарською формою для заданого діапазону тонопередачі при варіації параметрів короткої фарбодрукарської системи, приведені результати комп'ютерного моделювання.

Ключові слова: *друкарська система, анілокс, моделювання, точність, граф, симулювання, варіація параметрів, характеристики, властивості.*

Постановка проблеми. Західні фірми запатентували ряд схем коротких фарбодрукарських систем різної структури із растровим фарбоживильним пристроєм (анілоксом), які у більшості не виконані в металі, тому не відомі їх властивості, отже не можна встановити які із них є кращими. Вони мають просту конструкцію, складаються із декількох валиків, не мають механізмів зонального регулювання подачі фарби на заданий наклад, тому є простіший в експлуатації. Недолік – не повною мірою забезпечують рівномірне покриття растрових зображень фарбою на відбитку, що обмежує їх застосування для друкування якісної книжкової і журнальної продукції [4, 5]. Експериментальні дослідження вимагають виготовлення фарбового апарата, встановлення на офсетній машині та складної апаратури для вимірювання товщини фарби на відбитку, отож вимагають великих витрат коштів і часу. Різні збурення можуть спотворити результати досліджень. Отже, існує актуальна проблема підвищення точності покриття растрових відбитків фарбою. Для її розв'язання в першу чергу необхідно визначити статичну точність коротких фарбодрукарських систем різної структури.

Мета статті. Опрацювання математичної моделі короткої фарбодрукарської системи паралельної структури і на її основі розрахувати і побудувати точностні характеристики для заданого інтервалу тонопередачі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Оскільки короткі фарбодрукарські системи тільки почали застосовувати в офсетному друці, то немає достатнього виробничого досвіду їх експлуатації та налагодження. Процеси які відбуваються у коротких фарбодрукарських системах є складнішими і мало вивченими. У роботі [3] опрацьована математична модель короткої фарбодрукарської системи послідовної структури і шляхом комп'ютерного симулювання встановлено, що точність покриття растрового відбитку фарбою залежить від числа фарбових валиків у системі та інтервалу тонопередачі і може становити $\pm 20\text{-}30\%$. Дослідження статичних власти-

востей простої короткої фарбодрукарської системи фірми КВА, якою оснащуються офсетні рулонні газетні машини показами, що при варіації окремих параметрів системи статична точність фарбової системи становить $\pm 5-15\%$ і значною мірою залежить від інтервалу тонопередачі [2]. У роботах [4, 5] побудовано характеристики покриття фарбодрукарської системи послідовно-паралельної структури для різного ступеня заповнення форми друкувальними елементами і встановлено, що точність покриття растрових відбитків знаходиться в межах $+20$ до -18% . 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 знаходитися в межах $\pm(10\div 30)\%$. Отже, актуальною задачею є визначення і побудова характеристик передачі фарбових потоків при варіації параметрів короткої фарбодрукарської системи паралельної структури.

Виклад основного матеріалу дослідження. У літературних джерелах найбільш повно досліджені прості схеми коротких фарбодрукарських систем послідовної структури різної розмірності. Тому для аналізу вибрано коротку фарбодрукарську систему паралельної структури у якій друкарська форма паралельно живиться двома потоками фарби. Перший потік створюється вузловим валиком, а другий накочувальним валиком який з'єднаний із вузловим через проміжний валик. У такій структурі фарбові потоки послідовно заживлюють друкарську форму, що забезпечує більш рівномірне покриття растрового відбитка фарбою. На рис.1 подана структурна схема короткої фарбодрукарської системи паралельної структури сьомої розмірності.

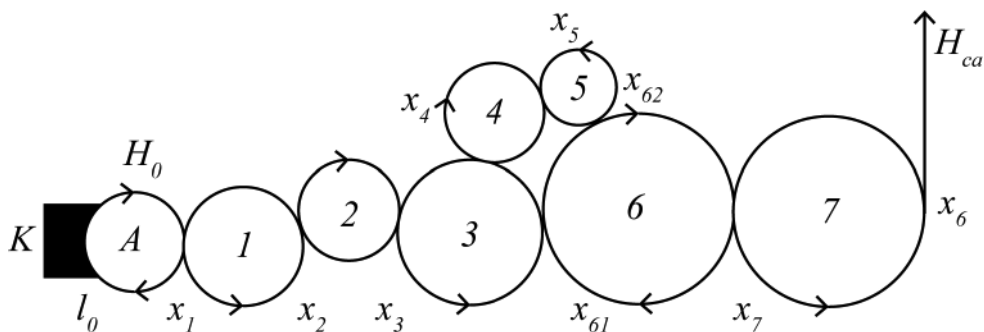


Рис. 1 Схема короткої фарбодрукарської системи паралельної структури

У камері К фарба під тиском заповнює дрібні комірки растрового циліндра А (анілокса) і на перший валик подається дозована кількість фарби, яка послідовно розкочується і третім та п'ятим валиками накочується на друкарську форму. Промодульований растровою формою потік фарби передається на офсетний циліндр 7 а з нього на задруковуваний матеріал. Частина фарби, яка не сприйнялася пробільними елементами форми, створює на накочувальних валиках неговані фарбові потоки, що зумовлює циркуляцію зворотних потоків фарби, які взаємодіють з прямими і частково повертаються назад у фарбову камеру. Процеси які відбуваються

у коротких фарбодрукарських системах є складними і мало вивченими, тому для спрощення побудови моделі приймаємо наступні припущення: на вихід системи подається рівномірний за товщиною потік фарби, друкарська растрова форма здійснює модуляцію фарбового потоку, фарбодрукарська система є фільтром низьких частот, існують стабільні умови друкарського процесу, враховуємо відбір фарби на виході системи. При прийнятих припущеннях на основі відомих співвідношень [2, 3] відповідно до схеми рис.1 складемо систему рівнянь балансу подачі і розходу фарби, поданих товщинами потоків для точок контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів установленого режиму роботи друкарської системи

$$\begin{aligned}
 x_1 &= H_0 + \gamma_1 x_2 \\
 l_0 &= \gamma_0 x_1 \\
 x_2 &= \alpha_1 x_1 + \gamma_2 x_3 \\
 x_3 &= \alpha_2 x_2 + \gamma_3 x_4 \\
 x_4 &= f_3(s)x_{61} + \gamma_4 x_5 \\
 x_5 &= \alpha_4 x_4 + f_5(s)x_{62} \\
 x_{61} &= \alpha_3 x_3 + \gamma_6 x_7 \\
 x_{62} &= \alpha_5 x_5 + f_{61}(s)x_{61} \\
 x_7 &= f_{62}(s)x_{62} + \gamma_7 x_8 \\
 x_8 &= \alpha_7 x_7 \\
 H_{ca} &= f_8(s)x_8,
 \end{aligned} \tag{1}$$

де x_i – товщина шару фарби у точках контакту фарбових валиків, x_{ij} – товщина фарби у точках контакту друкарської форми, H_0, l_0 – товщина потоку фарби яка подається на вихід системи і зворотного потоку, який повертається назад у фарбову камеру, H_{ca} – амплітудне значення товщини фарби на задруковуваному матеріалі, α, γ_i – коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків фарби після виходу із точок контакту, $f_i(s)$ – функції передачі модульованих і негованих фарбових потоків на формі і накочувальних валиків, s – відносна площа растрових елементів друкарської форми. Визначення і побудова точностних характеристик передачі модульованих фарбових потоків шляхом розв'язання системи рівнянь (1) є трудомісткі, тому розв'язуватимемо поставлену задачу шляхом комп'ютерного моделювання. Для цього за системою рівнянь (1) і схемою рис.1 опрацьовано граф фарбодрукарської системи, поданої на рис.2.

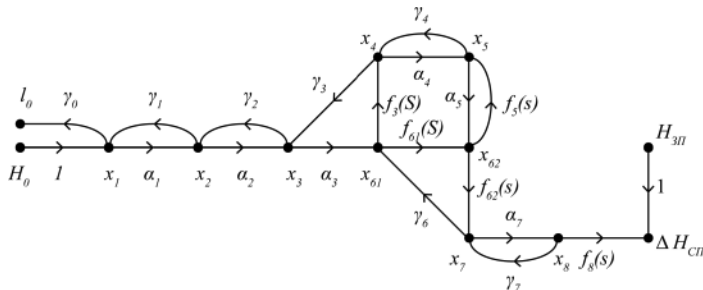


Рис. 2. Граф фарбодрукарської системи

Основними елементами графа фарбодрукарської системи є вершини (вузли) і дуги які їх з'єднують. Вузли графа відповідають товщинам фарбових потоків у точках контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів. Дуги графа підпорядковані коефіцієнтам передачі прямих і зворотних потоків фарби. Дуги графа у вигляді прямих ліній відповідають прямим потокам, а колоподібні дуги – зворотним потокам. Дуги створюють прості замкнуті контури число яких дорівнює числу валиків, формного і офсетного циліндрів. Граф є зручним для побудови імітаційної моделі та комп'ютерного моделювання. На основі формули Мезона за графом визначено товщину фарбового потоку який передається на задрукований матеріал

$$H_{ca} = \frac{P_1 \Delta_1 + P_2}{\Delta} H_0. \quad (2)$$

Передачі шляхів від вихідного до вихідного вузла

$$\begin{aligned} P_1 &= \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 f_{61}(s) f_{62}(s) \alpha_7 f_8(s) \\ P_2 &= \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 f_3(s) \alpha_4 \alpha_5 f_{62}(s) \alpha_7 f_8(s). \end{aligned} \quad (3)$$

Міnor визначника графа для першого шляху

$$\Delta_1 = 1 - \alpha_4 \gamma_4. \quad (4)$$

Визначник графа характеризує контурну складову графа і його структуру визначається безпосередньо за графом

$$\begin{aligned} \Delta &= 1 - \alpha_1 \gamma_1 - \alpha_2 \gamma_2 - \alpha_3 \gamma_3 f_3(s) - \alpha_4 \gamma_4 - \alpha_5 f_5(s) \\ &\quad - \gamma_6 f_{61}(s) f_{62}(s) - \alpha_7 \gamma_7 - f_3(s) \alpha_4 \alpha_5 f_{62}(s) \gamma_6 \\ &\quad - \alpha_3 f_{61}(s) f_5(s) \gamma_4 \gamma_3 \\ &\quad + \alpha_1 \gamma_1 [\alpha_3 \gamma_3 f_3(s) + \alpha_4 \gamma_4 + \alpha_5 f_5(s) + \gamma_6 f_{61}(s) f_{62}(s) \\ &\quad + f_3(s) \alpha_4 \alpha_5 f_{62}(s) \gamma_6 + \alpha_3 f_{61}(s) f_5(s) \gamma_4 \gamma_3] \\ &\quad + \alpha_2 \gamma_2 [\alpha_4 \gamma_4 + \alpha_5 f_5(s) + \gamma_6 f_{61}(s) f_{62}(s) + \alpha_7 \gamma_7 \\ &\quad + f_3(s) \alpha_4 \alpha_5 f_{62}(s) \gamma_6] + \alpha_3 \gamma_3 f_3(s) [\alpha_5 f_5(s) + \alpha_7 \gamma_7] \\ &\quad + \alpha_4 \gamma_4 [\gamma_6 f_{61}(s) f_{62}(s) + \alpha_7 \gamma_7] + \alpha_5 f_5(s) \alpha_7 \gamma_7 \\ &\quad - \alpha_1 \gamma_1 \alpha_3 \gamma_3 f_3(s) [\alpha_5 f_5(s) \\ &\quad + \alpha_7 \gamma_7] - \alpha_1 \gamma_1 \alpha_4 \gamma_4 [\gamma_6 f_{61}(s) f_{62}(s) \\ &\quad + \alpha_7 \gamma_7] - \alpha_1 \gamma_1 \alpha_5 f_5(s) \alpha_7 \gamma_7 \\ &\quad - \alpha_2 \gamma_2 \alpha_4 \gamma_4 [\gamma_6 f_{61}(s) f_{62}(s) + \alpha_7 \gamma_7] \\ &\quad - \alpha_3 \gamma_3 f_3(s) \alpha_5 f_5(s) \alpha_7 \gamma_7 \\ &\quad + \alpha_1 \gamma_1 \alpha_3 \gamma_3 f_3(s) \alpha_5 f_5(s) \alpha_7 \gamma_7. \end{aligned} \quad (5)$$

Для розрахунку і побудови точностних характеристик функції передачі модульованих і негованих фарбових потоків на формі і накочувальних валиках задано виразами тоді точностні характеристики будуть подані у відносних одиницях або у відсотках.

$$\begin{aligned} f_3(s) &= 1 - \alpha_3 s \\ f_5(s) &= 1 - \alpha_5 s \\ f_{61}(s) &= \alpha_3 s, \text{ якщо } 0 \leq s \leq 1 \\ f_{62}(s) &= \alpha_6 s, \text{ або } 0 \leq s \leq 100\% \\ f_8(s) &= \beta s, \end{aligned} \quad (6)$$

Точність короткої фарбодрукарської системи для заданого поля растрової шкали визначатимемо абсолютною похибкою як різницю товщини фарби на заданому полі від заданого значення

$$\Delta H_{\text{СП}} = H_{\text{СП}} - H_{\text{ЗП}}, \quad (7)$$

де $H_{\text{СП}}$ – товщина фарби на заданому растровому полі відбитка,
 $H_{\text{ЗП}}$ – задане значення товщини фарби.

Якщо за виразом (2) визначити товщину фарби для заданого растрового поля з відносною площею S і підставити її у вираз (7), то одержимо формулу для визначення абсолютної похибки фарбодрукарської системи у загальному вигляді

$$\Delta H_{\text{СП}} = \frac{P_1 \Delta_1 - P_2}{\Delta} H_0 - H_{\text{ЗП}}. \quad (8)$$

Якщо у виразі (3) та (5) лінійно змінювати відносну площу у заданих межах (6), тоді за ними можна розрахувати і побудувати точностну характеристику фарбодрукарської системи. Поставлену задачу будемо розв'язувати шляхом комп'ютерного моделювання, застосувавши об'єктно-орієнтоване програмування у пакеті MATLAB:Simulink [1]. За графом системи і виразами (6) опрацьована структурна схема імітаційної моделі короткої фарбодрукарської системи у Simulink для розрахунку і побудови точностної характеристики, яка подана на рис.3.

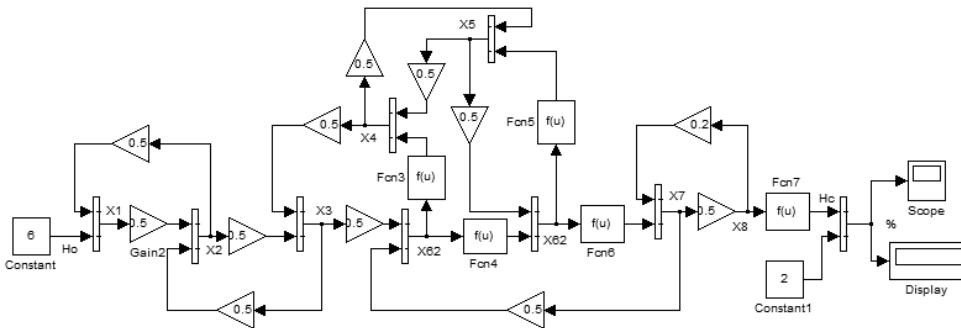


Рис. 3. Структурна схема моделі короткої фарбодрукарської системи

Вузлам графа відповідають блоки сумування на виходах яких подаються прямі і зворотні потоки фарби. Дугам графа відповідають блоки Gain у діалогових вікнах яких задаються значення коефіцієнтів передачі прямих і зворотних потоків реалізовані у блоках математичних функцій Fcn. Значення товщини потоку фарби на виході системи задається блоком Constant. Візуалізацію результатів розрахунків і побудову графіків здійснює блоки візуалізації Scope, а числові значення висвітлюються блоком Display.

Метою імітаційного моделювання було розрахунок і побудова графіків точностних характеристик короткої фарбодрукарської системи паралельної структури сьомої розмірності при варіації вхідних параметрів. Спочатку для

прикладу налагоджували модель системи на номінальні параметри . Налагоджували подачу фарби на виході системи таким чином, щоб на початку діапазону тонопередачі . Товщина фарби на виході становила 2 мкм.

Результати комп'ютерного моделювання подані на рис. 4 у вигляді точностної характеристики фарбодрукарської системи в процентах.

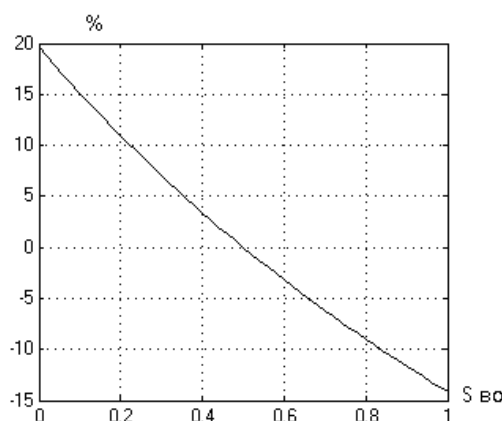


Рис. 4. Точностна характеристика для номінальних параметрів системи

На початку діапазону похибка становить +19,65%, поступово зменшується і на середніх тонах дорівнює нулеві, змінює знак і у тінях становить – 14,2%. Отже, при номінальних параметрах фарбодрукарської системи похибка залежить від діапазону тонопередачі і може знаходитись в межах від -19,65 до +14,2% і не повною мірою відповідає нормативним вимогам до якісної книжкової і журнальної продукції. Досліджували вплив зміни подачі фарби на вході системи на її точність. Результати наступної серії комп'ютерного моделювання у вигляді сімейства точностних характеристик для товщини потоків на виході мкм подані на рис.5.

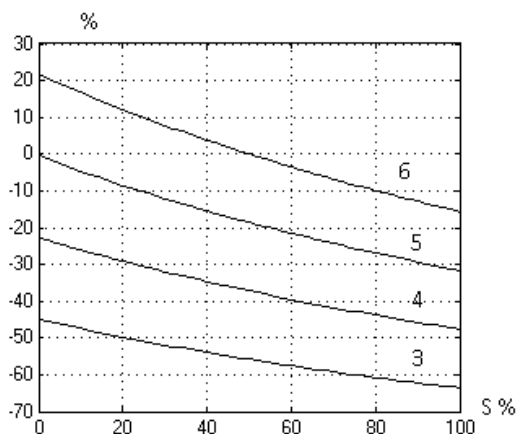


Рис. 5. Сімейство точностних характеристик для різної товщини потоків фарби на вході системи

Верхня крива відповідає товщині 6 мкм. Похибка на початку діапазону тонопередачі становить 21,22%. При збільшенні ступеня покриття растрової форми характеристика поступово спадає проходить через нуль і у тінях прямує до -15,6%. При зменшенні товщини подачі фарби точностні характеристики зміщуються вниз і похибка є від'ємна на усьому інтервалі тонопередачі. Наприклад, при товщині потоку $H_0=3$ мкм початкова похибка становить -45,19%, а у кінці діапазону -63,6%. Отже, ємність анілоксого вала значно впливає на точність фарбодрукарської системи, тому потрібно належним чином підбирати ємність анілоксого вала для друкування заданого тиражу. Досліджувати вплив варіації коефіцієнта передачі фарби на вході системи який може бути викликаний різними діями, наприклад, забруднення комірок анілокса. Результати останньої серії комп'ютерного моделювання подані (рис.6) у вигляді точностних характеристик для різних коефіцієнтів передачі на вході системи

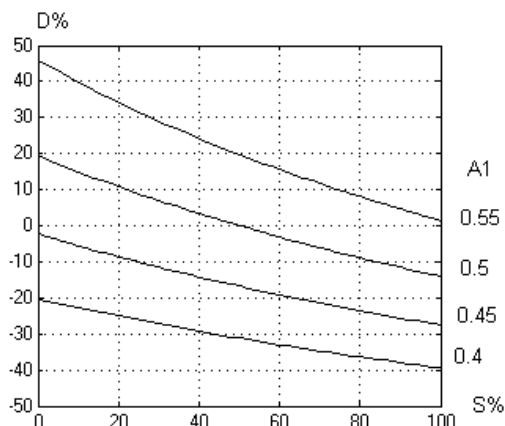


Рис. 6. Сімейство точностних характеристик при варіації коефіцієнта передачі на вході системи

При номінальному коефіцієнті передачі на вході системи похибки на початку діапазону тонопередачі становить +19,6%, поступово зменшується, переходить через нуль, змінює знак і у тінях складає -14,2%. При збільшенні коефіцієнта передачі характеристика різко зміщується вгору. Натомість при зменшенні коефіцієнта передачі від номінального характеристики зміщуються вниз. На основі результатів моделювання доходимо висновку, що фарбодрукарська система паралельної структури досить чутлива до зміни коефіцієнта на вході системи.

Висновки. Розроблено математичну модель передачі модульованих фарбових потоків растровою друкарською формою в короткій фарбодрукарській системі паралельної структури яка описує залежність товщини промодульованого потоку фарби на відбитку від діапазону тонопередачі поданого відносно площею растрових елементів. Розроблено структурну схему імітаційної моделі передачі модульованих фарбових потоків на основі якої в пакеті Simulink опрацьовано симулятор який паралельно розраховує і будує точностні характеристики при варі-

ації вхідних параметрів системи. Побудовано сімейство точностних характеристик і проаналізовано вплив варіації вхідних параметрів системи і встановлено, що коротка фарбодрукарська система паралельної структури сьомої розмірності є досить чутливою до змін покриття растрових відбитків фарбою.

Список використаних джерел

1. Гультяев А.К. MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде Windows: практическое пособие. - СПб: КОРОНА принт, 1999. – 282 с.
2. 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. – №11. – С.28–39
3. Мусійовська М.М. Аналіз точності покриття растрової шкали фарбою у короткій друкарській системі послідовної структури // Комп'ютерні технології друкарства. – Львів: Укр. акад. друкарства. – 2015. – №33. – С. 116–124
4. Ярема С.Н., Мамут Б.Г. Фарбові та зволожувальні апарати, ракельні лакувальні пристрої друкарських машин. – К.: Україна; Бліцінформ, 2003. – 191 с.
5. Ciupalski S. Maszyny offsetowe – Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. 2000. – 274s.

References

1. Gul'tjaev A.K. (1999), MATLAB 5.2. Imitacionnoe modelirovanie v srede Windows: prakticheskoe posobie. - SPb: KORONA print. -282 s. (in Russian)
2. Lutskiv M. (2010), Vyznachennya tochnosti korotkoyi farbodrukarskoyi systemy poslidovnoyi struktury pry vidtvorenni rastrovoyi shkaly / Lutskiv M., Kosyk M. // Komp'yuterni tehnologiyi drukarstva. – L`viv: Ukr. akad. drukarstva. – #11. – S.28–39 (in Ukrainian)
3. Musijovs`ka M.M. (2015), Analiz tochnosti pokryttya rastrovoyi shkaly farboyu u korotkij drukars`kij sy`stemi poslidovnoyi struktury // Komp'yuterni tehnologiyi drukarstva. – L`viv: Ukr. akad. drukarstva. – #33. – S.116–124 (in Ukrainian)
4. Yarema S.N., Mamut B.G. (2003), Farbovi ta zvolozhuval`ni aparaty`, rakel`ni lakuval`ni pry`stroyi drukars`ky`x mashy`n. – K.: Ukrayina; Blicinform. - 191 s. (in Ukrainian)
5. Ciupalski S. (2000), Maszyny offsetowe – Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. – 274s. (in Polish)

IMPACT ANALYSIS OF VARIATIONS OF INK-PRINTING SYSTEM PARAMETERS OF PARALLEL STRUCTURE ON ACCURACY OF MODULATED INK FLOWS TRANSFER

M. Lutskiv, M. Hladchenko

*Ukrainian Academy of Printing, 19, Pid Holoskom, Lviv, 79020, Ukraine
myhailo@hotmail.com*

The article reviews the task of defining and design of the exact characteristics of ink flow transmission modulated by the raster printing plate for a given range of tone reproduction parameters at variation of parameters in a short ink printing system, it gives the results of the computer simulation.

Keywords: *printing system, anilox, modeling, accuracy, graph, simulation, variation of parameters, characteristics, properties.*

Стаття надійшла до редакції 03.03.2015

Received 03.03.2015