

УДК 655.226

## МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕДАЧІ ФАРБИ НА РАСТРОВИЙ ВІДБИТОК В КОРОТКІЙ ДРУКАРСЬКІЙ СИСТЕМІ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ

М. М. Луцків, Р. Д. Карпин

Українська академія друкарства  
вул. Під Голоском 19, Львів, 79020, Україна

*Розроблено математичну модель тонопередачі, вираженої кількістю фарби на поверхні растрової шкали відбитка на інтервалі тонопередачі в короткій фарбодрукарській системі паралельної структури восьмої розмірності фірми КВА. Побудовано граф і структурну схему моделі системи в пакеті Matlab: Simulink, яка дає можливість обчислювати і будувати різні характеристики друкарської системи і аналізувати їх властивості. Встановлено аналітичну залежність амплітудного значення товщини потоку фарби і кількості фарби переданої на задрукований матеріал при заданій сталій подачі фарби на вході моделі.*

*Подані результати імітаційного моделювання, побудовано графік залежності товщини фарбового потоку на растровій шкалі відбитка і встановлено, що приведена похибка за товщиною фарби становить 37,58%, що не відповідає вимогам до якості книжкової і журнальної продукції, що є недоліком. Побудована характеристика передачі модульованих друкарською формою потоків фарби, виражених кількістю фарби на растровій шкалі відбитка, яка є нелінійною кривою. Запропоновано оцінювати характеристику передачі кількістю фарби відхиленням від лінійної. Встановлено, що характеристика відхилення U-подібною кривою, а її максимальне значення становить -20,91%, що спричиняє затемнення зображення на середніх тонах.*

**Ключові слова:** моделювання, граф, фарба, подача, форма, растрова шкала, нелінійність, точність.

**Постановка проблеми:** Західні фірми розробили прості за конструкцією фарбодрукарські системи на основі фарбоживильного пристрою з растровим валиком (анілоксом), які мають тільки декілька фарбових валиків. Вони не мають регульовальних гвинтів для налагодження подачі фарби, що значно спрощує їх експлуатацію і не вимагає складної і дорогої багатоканальної автоматичної системи налагодження фарбового апарата на заданий наклад. Основним недоліком коротких друкарських систем є нерівномірність покриття растрового відбитка фарбою, яка залежить від діапазону тонопередачі, що обмежує їх застосування для простих видів друку, зокрема для газетної продукції. Запатентовано десяток нових коротких фарбових апаратів різної структури, які у більшості не виконані в металі, тому не відомі їх властивості і не можна визначити який з них кращий [6]. Експериментальні дослідження вимагають виготовлен-

ня фарбового апарата, встановлення на друкарському машину та складної апаратури для вимірювання товщини шару фарби на великих, друкарській формі, які обертаються, вимагають значних коштів і часу.

Відтворення зображення різноманітних відтінків тональності на відбитку в офсеті забезпечується відповідною зміною кількості фарби на одиницю площі растрових елементів [1, 2]. При зональному налагодженні подачі фарби на заданий наклад забезпечується стала товщина шару фарби на поверхні растрового відбитка, тому синтез тонопередачі в офсеті зводиться до синтезу відносної площі растрових елементів [2]. Оскільки в коротких друкарських системах товщина фарби не є сталою, а залежить від діапазону тонопередачі, тому для аналізу і якісного синтезу тонопередачі необхідно визначати тонопередачу кількістю фарби на одиницю площі растрових елементів. Отже моделювання тонопередачі вираженої кількістю фарби для коротких друкарських систем є актуальною задачею.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У фарбодрукарських системах протікають складні процеси модуляції неперервних фарбових потоків растровою друкарською формою і передачі фарбового зображення через офсет на задруковуваний матеріал. При цьому у системі відбувається циркуляція прямих і зворотних фарбових потоків, їх накладання у точках контакту фарбових валиків, форми і офсету [3]. Тому відомі методи теорії модуляції сигналів і зображень [2] безпосередньо неможливо застосувати для фарбодрукарських систем. У роботі [3] опрацьовані математичні моделі коротких друкарських систем на основі яких побудовано характеристики покриття растрових шкал фарбою для заданих параметрів. Товщина фарби на растрових шкалах відбитка залежить від діапазону тонопередачі і може змінюватись на 10 - 30% і більше, що не відповідає нормативним вимогам щодо якості книжкової і журнальної продукції. У публікаціях авторів [2, 3] побудовані моделі нафарблення растрових елементів різної форми. Побудовано графіки нафарблення і встановлено, що характеристики нафарблення є нелінійні, а максимальне відхилення від лінійності залежить від діапазону тонопередачі і знаходиться в межах - 12,54 до +12,54, а для елементів квадратної форми - 25%.

У роботах [5, 6] розроблено математичні моделі автотипної тонопередачі для коротких фарбодрукарських систем послідовної структури п'ятої розмірності, які описують залежність кількості фарби на поверхні растрових шкал відбитка для растрових елементів різної форми. Побудовані характеристики тонопередачі у відносних одиницях, які є нелінійними, що спотворює зображення. Встановлено що відхилення характеристики автотипної тонопередачі від лінійної - мінімальне від'ємне значення відхилення становить - 8,5%. Натомість максимальне значення відхилення є додатне і становить + 22,4%. Отже, коротка друкарська система послідовної структури п'ятої розмірності розсвітлює растрові зображення на світлих ділянках зображення і притемнює зображення на середніх тонах.

**Мета статті:** опрацювати модель тонопередачі вираженої кількістю фарби, яка описує залежність кількості фарби на поверхні растрового відбитка

залежно від інтервалу тонопередачі для короткої фарбодрукарської системи паралельної структури, визначити і побудувати характеристику тонопередачі і дослідити їх властивості.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для побудови математичної моделі автотипної тонопередачі приймаємо наступні припущення: друкарська форма є рівномірна растрова шкала, яка описується лінійним растровим перетворенням у якому вхідною змінною є геометричний розмір растрового елемента а вхідною є відносна площа растрових елементів - носій інформації при раструванні, відома математична модель фарбодрукарської системи паралельної структури, яка описує товщину фарби на растровій шкалі відбитка. тоді у загальному плані задача побудови моделі автотипної тонопередачі фарбодрукарської системи, поданої кількістю фарби на поверхні растрового відбитка матиме вигляд:

$$V(x, H) = S(x) * H(x), \quad (1)$$

де  $V(\cdot)$  – кількість фарби на поверхні растрового відбитка,

$S(x)$  – відносна площа растрових елементів,

$H(x)$  – товщина фарби на поверхні растрового відбитка,

$x$  – геометричний розмір растрових елементів у відносних одиницях, який змінюється в межах  $0 \leq x \leq 1$ .

Товщина фарби на поверхні растрових елементів відбитку

$$H(x) = F(x)H_0, \quad (2)$$

де  $F(x)$  – функція яка описує залежність товщини фарби на растровій шкалі відбитка,

$H_0$  – товщина фарби на вході моделі фарбодрукарської системи.

Для розв'язання поставленої задачі спочатку необхідно побудувати модель заданої фарбодрукарської системи. Для прикладу розглянемо коротку друкарську систему паралельної структури з двома накочувальними валиками фірми КВА, схема якої подана на Рис. 1 [6].

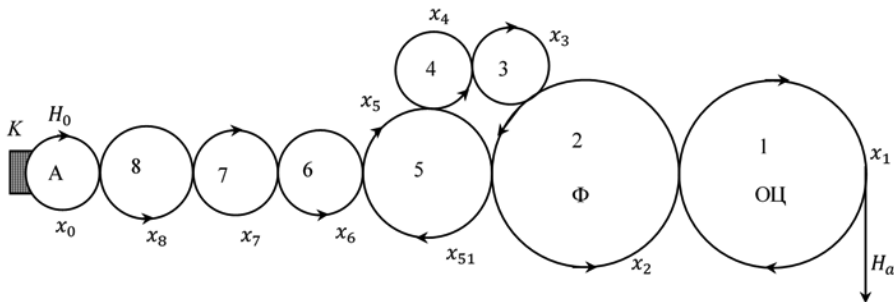


Рис. 1. Схема короткої друкарської системи фірми КВА з двома накочувальними валиками

У камері К фарба під тиском заповнює дрібні комірки растрового валика (анілокса) А і подає на вхід системи дозовану кількість фарби, яка послідовно розкочується і п'ятим та третім наочувальними валиками подається на друкарську форму Ф. Створене на поверхні форми фарбове зображення передається на офсетний циліндр ОЦ а з нього на задрукований матеріал, наприклад, паперову стрічку. Частина фарби, яка не сприйнялася пробільними елементами форми створює на наочувальних валиках неговані зворотні потоки, що зумовлюють циркуляцію зворотних потоків, які взаємодіють з прямими. Частина зворотного потоку через анілоксовий валик повертається назад у фарбову камеру. Отже у короткій друкарській системі відбувається інтенсивна циркуляція прямих і зворотних потоків, тому при малій кількості фарбових валиків забезпечуються необхідні реологічні властивості шару фарби, яка краще передається на дрібні растрові друкарські елементи форми, що покращує якість відбитків.

Поліграфічне растрове зображення за своєю мікроструктурою є бінарне і має дві градації, які створюються шаром фарби, що покриває растрові точки відбитку на білому матеріалі. Передача півтонів здійснюється зміною відносних площ друкувальних і пробільних елементів. Для опису растрового зображення застосовують теорію імпульсної модуляції сигналів. Функцію модулятора у фарбодрукарській системі здійснює растрова друкарська форма, яка виконує перетворення неперервного фарбового потоку у растрове фарбове зображення [1].

Процеси, які відбуваються у коротких фарбодрукарських системах є складними і недостатньо вивченими, тому для побудови моделі приймаємо наступні припущення: розглядаються усталені режими роботи друкарської системи, растрова форма здійснює модуляцію фарбового потоку, фарбодрукарська система є фільтром низьких частот, існують стабільні умови друкарського процесу.

На основі відомих співвідношень [1, 3, 4] для усталеного режиму роботи з врахуванням прийнятих припущень замість рівня балансу подачі і розходу фарбових потоків відповідно до схеми Рис. 1, приймаємо рівняння “балансу товщини” потоків для усіх точок контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів:

$$\begin{aligned}
 x_0 &= H_0 + Y_8 x_8 & x_4 &= \alpha_4 x_5 + R_3 x_3 \\
 l_0 &= Y_0 x_0 & x_3 &= \alpha_3 x_4 + Y_2 x_2 \\
 x_8 &= \alpha_8 x_0 + Y_7 x_7 & x_{52} &= \alpha_{51} x_5 + P_3 x_3 \\
 x_7 &= \alpha_7 x_8 + Y_6 x_6 & x_2 &= P_2 x_{52} + Y_1 x_1 \\
 x_6 &= \alpha_6 x_7 + R_2 x_{51} & x_1 &= \alpha_1 x_2 \\
 x_5 &= \alpha_5 x_6 + Y_4 x_4 & H_a &= \beta x_1, \\
 & & V &= P_1 H_a,
 \end{aligned} \tag{3}$$

де  $x_i$  – середнє значення товщини потоку фарби у точках контакту фарбових валиків, форми і офсетного циліндрів,

$H_0$  – товщина потоку фарби, яка подається на вхід моделі,

$H_a$  – амплітудне значення товщини фарби на растрових елементах відбитка,

$\alpha_i, \gamma_i$  – коефіцієнти передачі фарби прямих і зворотних потоків фарби при виході із точок контакту валиків,

$P_i, R_i$  – передача модульованих і негованих потоків растровою друкарською формою,

$\beta$  – коефіцієнт передачі фарби з офсетного циліндра на задрукований матеріал.

Основним параметром растрового фарбового зображення, який характеризує процес модуляції фарбового потоку растровою друкарською формою є відносна площа растрової точки

$$S = \frac{S_{pm}}{S_{pk}}, \quad (4)$$

де  $S_{pm}$  – площа растрової точки,

$S_{pk}$  – площа растрової комірки.

Припустимо, що друкарська форма є рівномірна лінійна шкала, яка описується лінійним растровим перетворенням у якому входною змінною є відносний геометричний розмір растрового елемента, а виходом є відносна площа – носій інформації. За таких припущень передачі модульованих і негованих потоків растровою друкарською формою набувають вигляду:

$$\begin{aligned} P_1 &= S \\ P_2 &= \alpha_2 S \\ P_3 &= \alpha_3 S \\ R_2 &= 1 - \gamma_2 S \\ R_3 &= 1 - \gamma_3 S, \text{ якщо } 0 \leq S \leq 1. \end{aligned} \quad (5)$$

Розв'язання системи рівнянь (3) для вирішення поставленої задачі традиційним методом є трудомістке. Для спрощення задачі розробимо інформаційну технологію моделювання фарбодрукарської системи, застосувавши пакет графічного моделювання Matlab: Simulink. Для цього спочатку на основі відомих методів опису систем за допомогою графа [3, 4] за системою рівнянь (3) і (5) побудовано граф потоків фарбодрукарської системи фірми КВА з двома накочувальними валиками, який подано на Рис. 2.

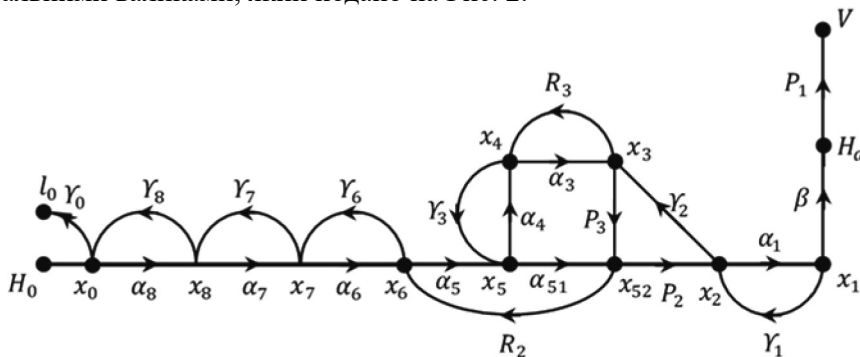


Рис. 2. Граф потоків фарбодрукарської системи

Граф наочно показує прямі і зворотні потоки фарби у друкарській системі. Вершини графа відповідають середнім значенням товщини потоків фарби у точках контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів. Вхідна вершина відповідає товщині потоку фарби на вході системи. Вихідна вершина – кількість фарби на виході системи (на шкалі відбитка). Дуги графа підпорядковані коефіцієнтом передачі прямих і зворотних потоків позначені стрілками, які показують напрям потоку фарби.

На основі топологічної формули Мезона [2, 3], безпосередньо за графом визначимо товщину потоку, переданого на стрічковий матеріал

$$H_a = \frac{\beta \alpha_a P_2 \alpha_{51} \alpha_5 \alpha_6 \alpha_7 \alpha_8 (1 - \alpha_3 P_3) + \beta \alpha_1 P_2 P_3 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 \alpha_6 \alpha_7 \alpha_8}{\Delta 8} H_0. \quad (6)$$

Визначник графа  $\Delta 8$  характеризує контурну частину системи і циркуляцію фарбових потоків визначається також за графом є громіздкий, тому не подається. На основі системи рівнянь (3) і (5) та графа (рис. 2). За допомогою графічного редактора Simulink із блоків бібліотеки Simulink побудована структурна схема моделі короткої друкарської системи фірми КВА, подана на рис. 3.

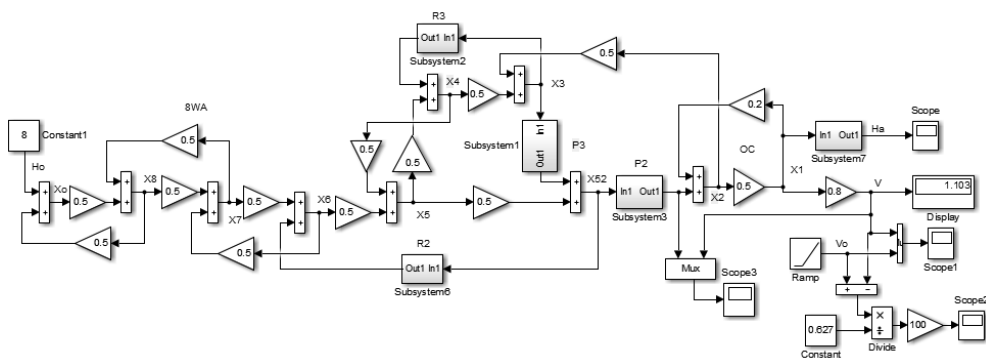


Рис. 3. Структурна схема моделі друкарської системи фірми КВА

Коефіцієнтом передачі прямих і зворотних потоків відповідають блоки підсилення Gain.

Точкам контакту фарбових валиків відповідають блоки Sum, на входи яких подаються і сумуються прямі і зворотні потоки фарби. Для імітування передачі модульованих і негованих потоків (5) застосовано блоки Subsystem у яких вони реалізовані блоками бібліотеки Simulink. Завдання товщини потоку фарби на вході моделі здійснюється блоком Constant. Для візуалізації результатів імітаційного моделювання застосовані блоки Skope і Display. У діалогових вікнах блоків моделі задаються окремі числові значення коефіцієнтів передачі модульованих і негованих потоків у блоках Subsystem у тому числі растрову шкалу ( $0 \leq S \leq 1$ ) генерує блок Ramp.

Метою імітаційного моделювання була побудова окремих характеристик фарбодрукарської системи та їх аналіз. Задали номінальні коефіцієнти передачі

фарби  $\alpha_i = \gamma_0 = 0,5$  і задали товщину фарби на вході моделі  $H_0 = 8$  мкм. Результати імітаційного моделювання залежності товщини шару фарби на растровій шкалі відбитку подані на Рис. 4.

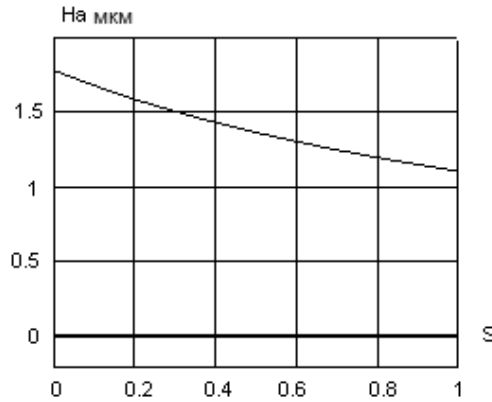


Рис. 4. Графік залежності товщини фарби на растровій шкалі відбитка

На початку шкали ( $S = 0$ ) товщина фарби  $H_a = 1,767$  мкм поступово зменшується і в кінці шкали ( $S = 1$ ) становить 1,103 мкм. Похибка фарбодрукарської системи за товщиною фарби становить 37,58%, що не відповідає вимогам до якості книжкової і журнальної продукції.

Результати імітаційного моделювання передачі модульованих друкарською формою потоків фарби, виражених кількістю фарби на растровій шкалі відбитка подана на рис. 5.

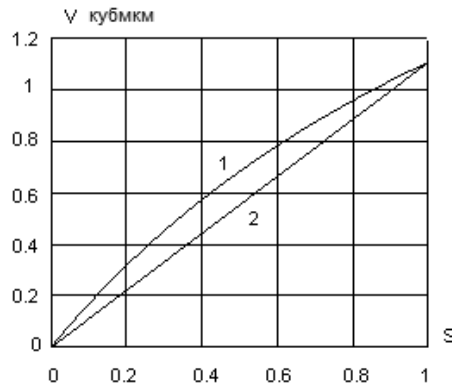


Рис. 5. Характеристика передачі кількості фарби на растровій шкалі відбитка

Характеристика кількості фарби на шкалі відбитка є наростаючою випуклою кривою 1 є нелінійною. Зазвичай вважається, що для кращого тоновідтворення характеристика повинна бути лінійною на усьому інтервалі растрової шкали [1, 2]. Для порівняння на рис. 5 подана лінійна характеристика 2. Запропоновано оцінювати характеристику передачі кількості фарби відхиленням від лінійної

$$E = \frac{V_0 - V}{V_c} 100\% \quad (7)$$

де  $V_0$  – лінійна характеристика,  
 $V_c$  – середнє значення кількості фарби.

Результати імітаційного моделювання відхилення кількості фарби на растровій шкалі відбитка

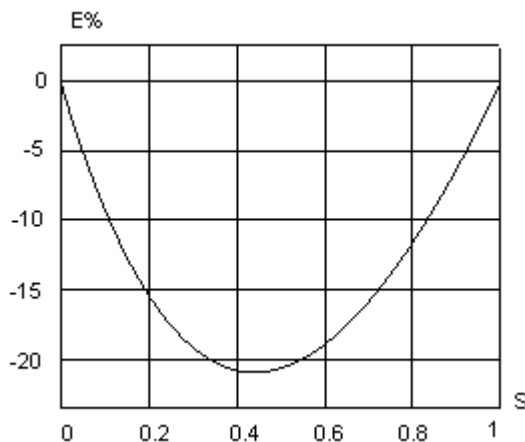


Рис. 6. Відхилення кількості фарби на растровій шкалі від лінійної

Відхилення кількості фарби на растровій шкалі від лінійної є U-подібною кривою. Відносне максимальне значення відхилення є при  $S = 0,45$  і становить 20,91%. Отже відхилення кількості фарби від лінійної є значне і викликає затемнення зображення на середніх тонах. Практичне значення має передача кількості фарби з друкарської форми через офсетний циліндр на задрукований матеріал. Для цього за допомогою блока Мух (мультиплексор) здійснили паралельну візуалізацію кількості фарби на друкарській формі і на растровій шкалі відбитка, результати якої подані на рис. 7.

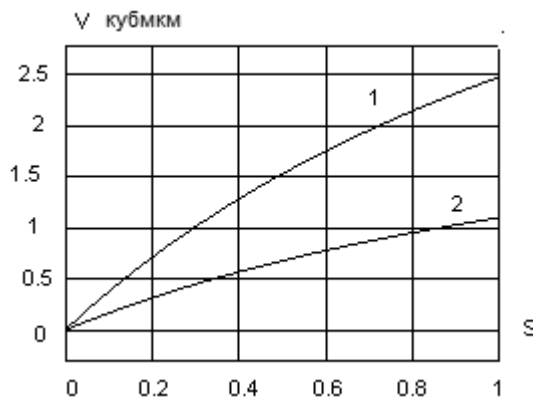


Рис. 7. Графічні залежності передачі кількості фарби з друкарської форми на задрукований матеріал



Залежність кількості фарби на растровій друкарській формі є випуклою кривою, яка починається від нуля і прямує до 2,482 куб мкм. Після передачі фарби з форми на задрукований матеріал графік 2 залежності кількості фарби на растровій шкалі відбитка розташовується значно нижче, починається від нуля і прямує до 1,103 куб мкм і зменшується більш ніж у двічі. Отже, характеристика передачі кількості фарби з друкарської форми на задрукований матеріал є нелінійною, що погіршує якість зображення.

**Висновки.** Розроблено математичну модель тонопередачі, вираженої кількістю фарби на поверхні растрової шкали відбитка на інтервалі тонопередачі для короткої фарбодрукарської системи паралельної структури восьмої розмірності фірми КВА. Побудовано граф і структурну схему моделі системи в пакеті Matlab: Simulink, яка дає можливість обчислювати і будувати різноманітні характеристики друкарської системи і аналізувати їх властивості. Встановлено аналітичну залежність амплітудного значення товщини потоку фарби, переданого на задрукований матеріал при заданій сталій подачі фарби на вході моделі.

Подані результати імітаційного моделювання. Побудовано графік залежності товщини фарбового потоку на растровій шкалі відбитка і встановлено, що приведена похибка фарбодрукарської системи за товщиною фарби становить 37,58%, що не відповідає вимогам до якості книжкової і журнальної продукції, що є недоліком.

Побудована характеристика передачі модульованих друкарською формою потоків фарби, виражених кількістю фарби на растровій шкалі відбитка, яка є нелінійною кривою. Запропоновано оцінювати характеристику передачі кількості фарби відхиленням від лінійної. Встановлено, що характеристика відхилення кількості фарби на растровій шкалі від лінійної є U-подібною кривою, а її максимальне значення відхилення становить – 20,99%, що спричиняє затемнення зображення на середніх тонах.

Результати проведеного дослідження можна застосувати на стадії підготовки зображень до растрування для компенсації впливу зміни товщини фарби на інтервалі тонопередачі.

### Список використаних джерел

1. Барановський І. В., Яхимович Ю. П. Поліграфічна переробка образотворчої інформації: Навч. Посібник. - Київ-Львів: ІЗМН, 1998. – 400с.
2. Кузнецов Ю. В. Технология обработки изобразительной информации/Ю. В. Кузнецов. СПб: Петербургский ин-т печати, 2002. – 312с.
3. Луцків. М. Модель нафарблення растрових елементів круглої форми / Луцків М. М., Курка П. З., // Комп'ютерні технології друкарства: Зб. наук. праць. – Львів: УАД, 2015. - №33. – С.108-115.
4. Мусійовська М. М. аналіз точності покриття растрової шкали фарбою у короткій друкарській системі послідовної структури // Комп'ютерні технології друкарства: Зб. Наук. Праць. – Львів: УАД, 2015. – №(33). – С. 116-124.
5. Ярема С. М. Фарбові та зволожувальні апарати, ракельні лакувальні пристрої друкарських машин / Ярема С. М., Мамут Б. Г.-К.: Україна. Бліцінформ. 2003 – 191с.

6. Ciupalski Stanislaw Maszyny offsrtowe zwojowe Oficyna Wydawniza Politechniki Warszawskii, - Warszawa 2000 – 274s.

### REFERENCES

1. Baranovs'kyi I. V., Yakhymovych Yu. P. (1998). Polihrafichna pererobka obrazotvorchoyi informatsiyi: Navch. Posibnyk. – Kyiv-Lviv: IZMN– 400s. (in Ukrainian)
2. Kuznetsov YU. V. (2002). Tekhnolohyya obrabotky yzobrazitel'noy ynformatsyy/ YU. V. Kuznetsov. SPb: Peterburskyy yn-t pechaty– 312s. (in Russian)
3. Lutskiv. M. (2015). Model' nafarblennya rastroyvkh elementiv kruhloyi formy / Lutskiv M. M., Kurka P. Z., // Komp'yuterni tekhnolohiyi drukarstva: Zb. nauk. prats'. – L'viv: UAD - №33. – S.108-115. (in Ukrainian)
4. Musiyovs'ka M. M. (2015). Analiz tochnosti pokryttya rastrovoyi shkaly farboyu u korotkiy drukars'kiy systemi poslidovnoyi struktury // Komp'yuterni tekhnolohiyi drukarstva: Zb. Nauk. Prats'. – L'viv: UAD, - №(33). – S. 116-124. (in Ukrainian)
5. Yarema S. M. (2003). Farbovi ta zvolozhuval'ni aparaty, rakel'ni lakuval'ni prystroiy drukars'kykh mashyn / Yarema S. M., Mamut B. H.-K.: Ukrayina. Blitsinform – 191s. (in Ukrainian)
6. Civpalski Stanislaw (2000). Maszyny offsrtowe zwojowe Oficyna Wydawniza Politechniki Warszawskii, – Warszawa – 274s. (in Polish)

**DOI 10.32403/2411-9210-2020-2-44-50-60**

### **SIMULATION OF INK TRANSFER TO A RASTER IMPRINT IN A SHORT PRINTING SYSTEM OF PARALLEL STRUCTURE**

M. M. Lutskiv, R. D. Karpyn

*Ukrainian Academy of Printing*

*19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine*

*lutolen@i.ua, karpynroman@gmail.com*

*A mathematical model of tone transfer, expressed by the amount of ink on the surface of the raster imprint scale on the tone transfer interval for a short inkjet printing system of parallel structure of the eighth dimension of KVA, has been developed. A graph and block diagram of system models in the Matlab: Simulink package is constructed, which allows to develop and build various characteristics of the printing system and analyse their properties. The analytical dependency of large amplitudes of the thickness of the black stream transmitted to the printed material by the task of constant spare ink at the entrance to the model is established.*

*The simulation results are presented. A graph of the dependency of the ink flow thickness on the raster printing scale is constructed and it is established that this error of the ink printing system on the ink thickness is 37.58%, which is not responsible for the quality of books and magazines, which is a disadvantage.*

*The transfer characteristic of modulated ink streams is constructed, expressed by the amount of ink in the raster imprint scale, which is a nonlinear curve. It is offered to estimate the characteristic of ink transfer due to deviation from linear. It is established that the ink deviation on the raster scale from the linear one is characterized by a U-shaped curve, and its maximum deviation value is 20.99%, which will cause the image to be connected in medium tones.*

*A characteristic of the ink amount of on a printing plate is a convex curve that starts from zero and directly to 2482 cubic microns. After transferring the ink from the plate to the printed material, the graph of the ink amount on the raster imprint scale is much lower, starts from zero and reaches 1103 cubic meters, so the amount of ink decreases more than twice.*

*The results of the study can be used at the stage of preparation of images for rasterization to compensate for the effect of changes in the ink thickness on the tone transfer interval.*

**Keywords:** *modelling, graph, ink, feed, shape, raster scale, nonlinearity, accuracy.*

*Стаття надійшла до редакції 04.10.2020.*

*Received 04.10.2020.*