

УДК 681.625.23

ВПЛИВ РОЗМІРНОСТІ ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ НА РІВНОМІРНІСТЬ АВТОТИПНОГО ТОНОПЕРЕДАВАННЯ

М. Б. Гладченко

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

У статті проаналізовано вплив розмірності і короткої фарбодрукарської системи паралельної структури на рівномірність автотипного тонопередавання зображень. На основі моделювання встановлено, що збільшення розмірності системи спричиняє збільшення нерівномірності товщини, яка залежить від діапазону тонопередавання.

Ключові слова: *друкарська система, структура, модель, потоки тонопередавання, граф, моделювання, властивості.*

Постановка проблеми. Відтворення тональних зображень поліграфічними засобами в офсетному друці здійснюється модуляцією фарбових потоків растровою друкарською формою, що забезпечується зміною відносної площі друкувальних елементів. Зазвичай у процесі аналізу та синтезу растрового тонопередавання вважають, що товщина фарби на растрових елементах є сталою і не залежить від діапазону тонопередавання і їх площі [1, 6]. Це досягається ручним чи автоматичним налагодженням загального подавання фарби на заданий наклад на стадії підготовки фарбового апарата до друкування. Короткі фарбові апарати не мають механізмів зонального налагодження подавання фарб, тому не забезпечують рівномірну товщину фарби на растровому відбитку [6].

Більшість запатентованих коротких фарбодрукарських систем із анілоксовим фарбоживильним пристроєм не виконані в межах і тільки окремі з них почали застосовуватися в офсетному друці, а тому немає достатнього виробничого досвіду їх експлуатації та налагодження [6, 7]. Експериментальні методи дослідження впливу розмірності фарбодрукарської системи на рівномірність товщини фарби на відбитку потребують виготовлення фарбових апаратів різної розмірності, встановлення на офсетній машині складної апаратури для вимірювання товщини фарби на валиках і відбитку, отже, передбачають значні витрати коштів і часу. Тому моделювання впливу розмірності тонопередавання коротких фарбових систем є актуальною задачею пошуку кращих структур фарбових систем.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Фарбові апарати з анілоксовим фарбоживильним пристроєм — це новий клас апаратів. Процеси, які у них відбуваються, є складними та маловивченими. Зокрема, процеси модуляції і негації фарбових потоків растровою друкарською формою на різних діапазонах тонопе-

редавання, передавання фарбового зображення із друкарської форми на офсетний циліндр, а з нього — на задруковуваний матеріал.

У працях [3, 4] та інших подано результати моделювання та аналізу коротких фарбодрукарських систем різної структури, розкочування шару фарби і передавання на стрічковий матеріал. У дослідженні [5] опрацьовано математичну модель короткої фарбодрукарської системи послідовної структури і за допомогою імітаційного моделювання встановлено, що точність покриття растрового відбитка фарбою залежить від кількості фарбових валиків у системі та інтервалу тонопередавання і перебуває в межах $\pm(20-30)$ %. У праці [3] побудовано характеристики покриття фарбодрукарської системи паралельної структури для заданого діапазону тонопередавання та визначено точність покриття растрових відбитків фарбою, яка може бути в межах від +20 до -18 %. Отже, короткі фарбодрукарські системи мають значну нерівномірність покриття растрових відбитків фарбою, яка залежить від діапазону тонопередавання.

Мета статті — опрацювати математичну модель короткої фарбодрукарської системи паралельної структури різної розмірності, провести моделювання і аналіз впливу розмірності системи на нерівномірність товщини фарби залежно від діапазону автотипного тонопередавання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як було відзначено, відтворення тональних зображень здійснюється за допомогою модуляції неперервного фарбового потоку растровою друкарською формою і передавання промодульованого фарбового потоку на задруковуваний матеріал. Глибина модуляції потоку залежить від сюжету друкарської форми, який може бути різним. Відповідно до мети дослідження, потрібно проаналізувати вплив розмірності системи на нерівномірність товщини фарби залежно від інтервалу тонопередавання. Отож для дослідження вибираємо коротку фарбодрукарську систему паралельної структури сьомої розмірності, у якій друкарська форма паралельно живиться двома потоками фарби (рис. 1).

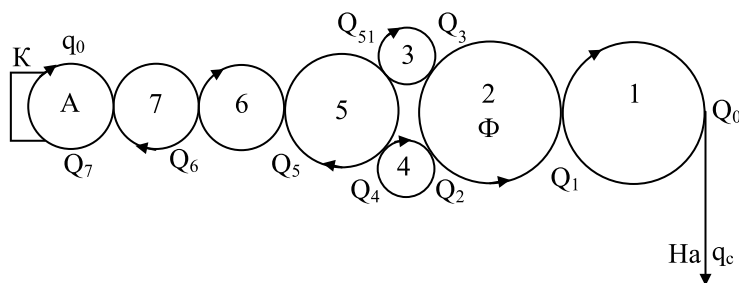


Рис. 1. Схема фарбодрукарської системи паралельної структури

У камері К фарба під тиском заповнює дрібні комірки растрового циліндра А (анілокса) і на сьомий валик подається дозована щільність фарби, яка послідовно розкочується і третім та четвертим валиками накочується на друкарську форму. Промодульований растровою друкарською формою Ф потік фарби передається на офсетний циліндр ОЦ, а з нього — на задруковуваний матеріал. Частина фарби, яка не сприйнялася пробільними елементами форми, створює на накочувальних вали-

ках 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 маловивченими, тому для спрощення побудови моделі приймаємо такі припущення: розглядаються усталені режими роботи, на вхід системи подається рівномірний за товщиною потік фарби, друкарська растрова форма здійснює модуляцію фарбового потоку, фарбодрукарська система є фільтром низьких частот, враховуємо відбір фарби на вході системи, існують стабільні умови друкарського процесу. Спираючись на прийняті припущення, на основі відомих співвідношень [3, 5] відповідно до схеми рис. 1 складено систему рівнянь балансу подавання і розходу потоків фарби, поданих кількістю фарби на одиницю площі, для точок контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів для усталеного режиму роботи фарбодрукарської системи

$$\begin{aligned}
 Q_7 &= g_0 + \gamma_7 \cdot Q_6 \\
 d_0 &= \gamma_0 \cdot Q_7 \\
 Q_6 &= \alpha_7 \cdot Q_7 + \gamma_6 \cdot Q_5 \\
 Q_5 &= \alpha_0 \cdot Q_7 + \gamma_5 \cdot Q_{51} \\
 Q_{51} &= \alpha_{51} \cdot Q_4 + \gamma_3(s) \cdot Q_3 \\
 Q_4 &= \alpha_5 \cdot Q_5 + \gamma_4(s) \cdot Q_2 \\
 Q_3 &= \alpha_3 \cdot Q_{51} + \gamma_2 \cdot Q_1 \\
 Q_2 &= \alpha_4 \cdot Q_4 + \gamma_{21}(s) \cdot Q_3 \\
 Q_1 &= \alpha_{22}(s) \cdot Q_2 + \gamma_1 \cdot Q_0 \\
 Q_0 &= \alpha_1 \cdot Q_1 \\
 g_c &= \beta Q_0 \\
 H_a &= \frac{g_c}{\alpha(s)}, \tag{1}
 \end{aligned}$$

де Q_i — потоки фарби, подані кількістю фарби на одиницю площі, у точках контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів, q_0 , d_0 — потоки фарби, що подається на вхід системи і зворотного потоку, який повертається назад у фарбову камеру, q_c — потік фарби на виході системи, що надходить на задруковуваний матеріал, H_a — амплітудне значення товщини фарби на задрукованому матеріалі, α_i , γ_i — коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків фарби після виходу із точок контакту валиків і циліндрів $\alpha_i(s)$, $\gamma_i(s)$ — коефіцієнти передачі модульованих і негованих потоків на формі і накочувальному валику, s — ступінь покриття форми друкованими елементами.

Розв'язання поставленої задачі традиційним шляхом розв'язування системи рівняння (1) є трудомістке, тому розв'язували її методом імітаційного моделювання. Для цього спочатку за системою рівнянь і схемою рис. 1 опрацьовано граф фарбодрукарської системи, поданий на рис. 2.

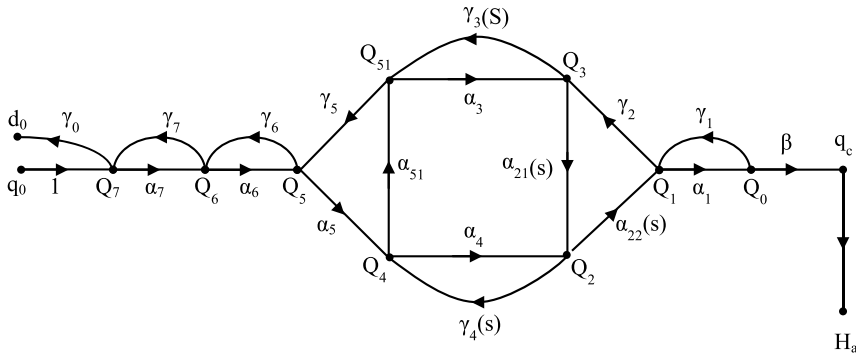


Рис. 2. Граф фарбодрукарської системи

Основними елементами графа є вершини (вузли) і дуги, які їх з'єднують. Вершини графа відповідають потокам фарби у точках контакту фарбових валіків, формного і офсетного циліндрів. Дуги графа підпорядковані коефіцієнтам передачі прямих і зворотних потоків фарби. Граф є наочним і зручним для аналізу та імітаційного моделювання. Для прикладу, на основі формули Мезона [4] за графом визначимо амплітудне значення товщини потоку, який передається на растровий відбиток (стрічку)

$$H\alpha = \frac{\alpha_7 \cdot \alpha_6 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_{22}(s) \cdot \alpha_1 \cdot \beta / \alpha(s) \cdot [1 - \alpha_3 \cdot \gamma_3(s)] - \alpha_7 \cdot \alpha_6 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_{51} \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_{21}(s) \cdot \alpha_{22}(s) \cdot \alpha_1 \cdot \beta / \alpha(s)}{D_7} \cdot g_0 \quad (2)$$

Визначник D_7 , що характеризує його контурну частину, є громіздкий, а його визначення для імітаційного моделювання не обов'язкове, тому його не подаємо. Аналогічно за графом можна визначити амплітудне значення товщини фарби на виході системи шостої та п'ятої розмірності.

$$H\alpha = \frac{\alpha_7 \cdot \alpha_6 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_{22}(s) \cdot \alpha_1 \cdot \beta / \alpha(s) \cdot [1 - \alpha_3 \cdot \gamma_3(s)] - \alpha_7 \cdot \alpha_6 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_{51} \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_{21}(s) \cdot \alpha_{22}(s) \cdot \alpha_1 \cdot \beta / \alpha(s)}{D_7} \cdot g_0 \quad (3)$$

Визначник графа фарбодрукарської системи визначається безпосередньо із графа

$$\begin{aligned} D_5 = & 1 - \alpha_5 - \alpha_{51} \cdot \gamma_5 - \alpha_4 \cdot \gamma_4(s) - \alpha_3 \cdot \gamma_3(s) - \alpha_{22}(s) \cdot \gamma_2 \cdot \alpha_{21}(s) - \alpha_1 \cdot \gamma_1 - \\ & \alpha_{51} \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_{21}(s) \cdot \gamma_4(s) - \alpha_5 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_{22}(s) \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_3(s) \cdot \gamma_5 + \alpha_5 \cdot \alpha_{51} \cdot \gamma_5 \cdot [\alpha_{21}(s) \cdot \alpha_{22}(s) \cdot \gamma_2 + \alpha_1 \cdot \gamma_1] + \\ & \alpha_3 \cdot \gamma_3(s) \cdot [\alpha_4 \cdot \gamma_4(s) + \alpha_1 \cdot \gamma_1] + \alpha_1 \cdot \gamma_1 \cdot [\alpha_4 \cdot \gamma_4(s) + \alpha_{51} \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_{21}(s) \cdot \gamma_4(s)] \\ & - \alpha_3 \cdot \gamma_3(s) \cdot \alpha_4 \cdot \gamma_4(s) \cdot \alpha_1 \cdot \gamma_1 \end{aligned} \quad (4)$$

Для розрахунку і побудови характеристик нерівномірності автотипного тонопередавання на певному інтервалі потрібно змінювати ступінь покриття форми друкувальними елементами, внаслідок чого змінюватимуться коефіцієнти передачі модульованих і негованих фарбових потоків на формі і накочувальних елементах, які визначатимуться виразами

$$\begin{aligned}
 \alpha_{21}(s) &= \alpha_{21} \cdot s \\
 \alpha_{22}(s) &= \alpha_{22} \cdot s \\
 \alpha(s) &= \alpha \cdot s \\
 \gamma_3(s) &= 1 - \gamma_3 \cdot s \\
 \gamma_4(s) &= 1 - \gamma_4 \cdot s, \text{ якщо } \leq s \leq 1,
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

тоді інтервал тонопередавання буде поданий у відносних одиницях і визначатиметься відносною площею растрових елементів, яка дорівнює ступеню покриття форми друкувальними елементами.

Нерівномірність автотипного тонопередавання визначатимемо відхиленням абсолютного значення товщини фарби на заданому інтервалі від заданого лінійного значення H_3 (5)

$$E(s) = H_\alpha(s) - H_3(s) \tag{6}$$

Наприклад, якщо за виразом (3) абсолютне значення товщини фарби для растрового поля з відносною площею S підставити у вираз (6), то одержимо формулу для визначення абсолютного відхилення товщини на заданому інтервалі тонопередавання

$$E(s) = \frac{\alpha_5 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_{22}(s) \cdot \alpha_1 \cdot \beta / \alpha(s) \cdot [1 - \alpha_3 \cdot \gamma_3(s)] + \alpha_5 \cdot \alpha_{51} \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_{21}(s) \cdot \alpha_{22}(s) \cdot \alpha_1 \cdot \beta / \alpha(s)}{D_5} \cdot g_0 \tag{7}$$

Якщо у виразах (6) і (7) лінійно змінювати ступінь покриття форми друкувальними елементами у заданих межах (5), тоді за ними можна розрахувати і побудувати характеристики нерівномірності автотипного тонопередавання. Залежно від мети досліджень нерівномірність можна визначити у відносних одиницях чи процентах. Поставлену задачу розв'язували методом імітаційного моделювання, застосувавши об'єктно-орієнтоване програмування у пакеті Matlab: Simulink [2]. За графом системи і виразами (5) опрацьовано структурну схему імітаційної моделі короткої фарбодрукарської системи восьмої розмірності, яка подана на рис. 3.

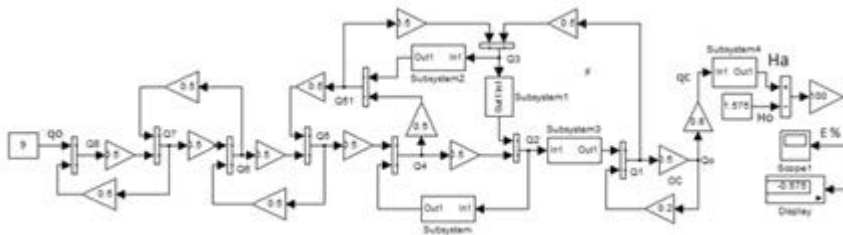


Рис. 3. Структурна схема імітаційної моделі короткої фарбодрукарської системи у Simulink

Вузлам графа відповідають блоки сумування, на входи яких подаються прямі і зворотні потоки фарби. Дугам графа відповідають блоки Gain, у діалогових вікнах яких задаються значення коефіцієнтів передачі прямих і зворотних потоків. Змінні коефіцієнти передачі модульованих і негованих потоків реалізовані засобами

Simulink, розташованими у блоках Subsystem. Товщина потоку фарби на вході системи задавалася блоком Constant. Візуалізацію результатів розрахунків і побудови графіків здійснюють блоки візуалізації Scope, а числові значення — блоком Display.

Метою імітаційного моделювання був розрахунок і побудова графіків покриття растрової шкали фарбою на інтервалі тонопередавання та нерівномірності автотипного тонопередавання. Налаштовували модель на номінальні параметри системи ($\alpha_i = \gamma_i = 0,5$). Задавали подавання фарби на вході системи у такий спосіб, щоб на початку діапазону тонопередавання ($s = 0,01$). Товщина фарби на виході системи становила 2 мкм. Результати імітаційного моделювання подані на рис. 4 у вигляді характеристики покриття растрової шкали фарби на інтервалі тонопередавання для систем різної розмірності.

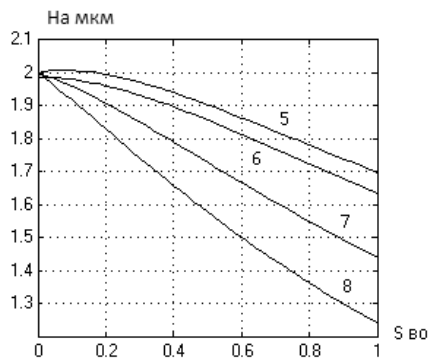


Рис. 4. Характеристики покриття растрової шкали фарбою на інтервалі тонопередавання

На початку діапазону тонопередавання товщина фарби становить 2 мкм і не залежить від розмірності системи, поступово зменшується і на середньому діапазоні тонопередавання $s = 0,5$ зменшується залежно від розмірності системи та становить 1,577; 1,728; 1,856; 1,903 мкм.

В кінці інтервалу тонопередавання ($s = 1$) товщина фарби зменшується і прямує до 1,24; 1,44; 1,635; 1,697 мкм. Отже, збільшення розмірності фарбодрукарської системи паралельної структури спричиняє зменшення товщини фарби на інтервалі тонопередавання.

Досліджували вплив розмірності фарбодрукарської системи на нерівномірність автоматичного тонопередавання, яку визначили у відносних одиницях (у процентах). Для зручності порівняння результатів моделювання абсолютне значення нерівномірності тонопередавання відносили до середнього діапазону тонопередавання ($s = 0,50$). Для цього налаштовували задане значення товщини фарби N_z так, щоб відносне відхилення для $s = 0,5$ дорівнювало нулеві. Результати імітаційного моделювання подані на рис. 5 у вигляді характеристик нерівномірності автотипного тонопередавання для фарбодрукарських систем різної розмірності.

На початку діапазону ($s = 0,01$) найбільшу нерівномірність тонопередавання має фарбодрукарська система восьмої розмірності (41,73 %). Зі зменшенням

розмірності системи нерівномірність зменшується і становить 26,86; 13,32; 10,02 %, поступово зменшується і на середньому діапазоні ($s = 0,50$) дорівнює нулеві, змінює знак і в тінях ($s \approx 1$) становить -33,36; -28,8; -22,01; -20,58 %. Отже, збільшення розмірності фарбодрукарської системи паралельної структури зумовлює збільшення нерівномірності автотипного тонопередавання, зокрема найбільше на початку діапазону тонопередавання і на сірих тонах.

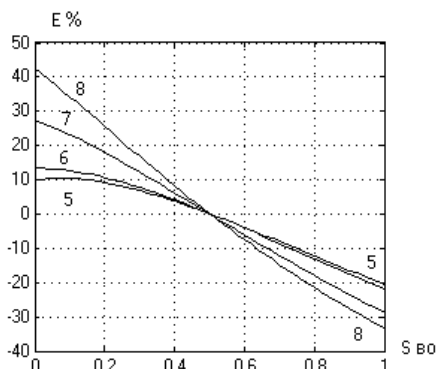


Рис. 5. Характеристики нерівномірності автотипного тонопередавання для систем різної розмірності

Висновки. Розроблено математичну модель короткої фарбодрукарської системи паралельної структури різної розмірності, яка описує залежність нерівномірності автотипного тонопередавання і розроблено імітаційну модель у пакеті Simulink. Побудовано характеристики нерівномірності автотипного тонопередавання для систем різної розмірності, які можуть розміщуватися в межах від +41,72 до -33,6 %. Встановлено, що збільшення розмірності фарбодрукарської системи зумовлює збільшення нерівномірності автотипного тонопередавання, зокрема на початку діапазону і на сірих тонах, що потрібно враховувати під час синтезу растровання зображень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барановський І. В. Поліграфічна переробка образотворчої інформації / І. В. Барановський, Ю. П. Яхимович. — К. : ІЗМІН, 1988. — 400 с.
2. Гультяев А. К. MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде Windows: практическое пособие / А. К. Гультяев. — СПб : КОРОНА принт, 1999.
3. Луцків М. М. Визначення точності короткої фарбодрукарської системи послідовної структури при відтворенні растрової шкали / М. М. Луцків, М. Б. Косик // Комп'ютерні технології друкарства. — 2012. — № 26. — С. 20–28.
4. Луцків М. М. Математичне моделювання і комп'ютерне симулювання електромеханічних та стрічкопровідних систем / М. М. Луцків, І. М. Хмельницька. — Львів : Укр. акад. друкарства, 2010. — 172 с.
5. Мусійовська М. М. Аналіз точності покриття растрової шкали фарбою у короткій друкарській системі послідовної структури / М. М. Мусійовська // Комп'ютерні технології друкарства. — 2015. — № 1433. — С. 116–124.;

6. Ярема С. М. Фарбові та зволожувальні апарати, ракельні лакувальні пристрої друкарських машин / С. М. Ярема, Б. Г. Малідт. — К. : Бліцінформ, 2003. — С. 191.
7. Ciupalski S. Maszyny offsetowe. — Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej. 2000. — 274 s.

REFERENCES

1. Baranovskiy, I. V., & Yakhymovych, Iu. P. (1988). Polihrafichna pererobka obrazotvorchoi informatsii. Kiev: IZMIN (in Ukrainian).
2. Gultiaev, A. K. (1999). MATLAB 5.2. Imitatsionnoe modelirovanie v srede Windows. SPB: KORONA print (in Russian).
3. Lutsiv, M. M., & Kosyk, M. B. (2012). Vyznachennia tochnosti korotkoi farbodrukarskoi systemy poslidovnoi struktury pry vidtvorenni rastrovoi shkaly. Komp'uterni tekhnologii drukarstva, 26, 20–28 (in Ukrainian).
4. Lutsiv, M. M., & Khmelnytska, I. M. (2010). Matematyчне modeliuвання i komp'uterne symuliuвання elektromekhanichnykh ta strichkoprovodnykh system. Lviv: Ukr. akad. drukarstva (in Ukrainian).
5. Musiiovska, M. M. (2015). Analiz tochnosti pokryttia rastrovoi shkaly farboiu u korotkii drukarskii systemi poslidovnoi struktury. Komp'uterni tekhnologii drukarstva, 1433, 116–124 (in Ukrainian).
6. Iarema, S. M., & Malidit, B. H. (2003). Farbovi ta zvolozhuvalni aparaty, rakelni lakuvalni prystroi drukarskykh mashyn. Kiev: Blitsinform (in Ukrainian).
7. Ciupalski, S. (2000). Maszyny offsetowe. Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej (in Polish).

INFLUENCE OF DIMENSION OF INK-PRINTING SYSTEM OF PARALLEL STRUCTURE ON UNIFORMITY OF AUTOTYPE TONE REPRODUCTION

M. B. Hladchenko

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

The article analyzes the influence of dimensions and a short ink-printing system of parallel structure on the uniformity of autotype tone reproduction of images. Based on modeling it has been revealed that increasing the dimensionality of the system causes the uneven thickness, depending on the range tone reproduction.

Keywords: *printing system, structure, model, flows of tone reproduction, graph, modeling, properties.*

*Стаття надійшла до редакції 11.04.2016.
Received 11.04.2016.*