

УДК 655.225

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИЧНОЇ ГУСТИНИ ЗА ТОВЩИНОЮ ФАРБИ ДЛЯ КОРОТКОЇ ДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ

М.М. Луцків, Р. Д.Карпин

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

Розроблено математичну модель для визначення оптичної густини зображень на відбитку за товщиною фарби для короткої друкарської системи паралельної структури сьомої розмірності. Побудовано структурну схему моделі для розрахунку товщини фарби і оптичної густини залежно від інтервалу тонопередачі. Подані результати імітаційного моделювання у вигляді характеристик оптичної густини відповідає формі кривої об'єктивного тоновідтворення сірих тонів Манселя. Отримані результати підтверджують вплив нерівномірності товщини фарби на поверхні друкованого відбитка на оптичну густину, що необхідно враховувати при синтезі тонопередачі.

Ключові слова: друкарська система, модель, товщина фарби, оптична густина, характеристики, аналіз, якість.

Постановка проблеми. Для друкування газет і простої продукції західні фірми почали застосовувати прості за конструкцією фарбові апарати з анілоксовим фарбоживильним пристроєм, які мають тільки декілька фарбових валиків і не мають механізмів регулювання зональної подачі фарби, тому не забезпечують сталої товщини фарби на поверхні растрового відбитка на усьому інтервалі тонопередачі, що обмежує їх застосування для друкування книжкової та журнальної продукції [5,10]. У класичному офсетному друці товщина фарби на поверхні растрового відбитка є сталою, а відтворення гами напівтонових зображень здійснюється зміною відносної площі друкувальних елементів [2,3]. Організація тоновідтворення напівтонових зображень для сталої товщини фарби на друкарській формі, типи тонопередачі, схеми тоновідтворення, алгоритми синтезу є відомі і висвітлені в окремих публікаціях [1,3,9]. Оскільки традиційні методи синтезу тонопередачі є однопараметричні, то їх безпосередньо неможливо застосувати для коротких друкарських систем у яких товщина фарби на інтервалі тонопередачі може зменшуватися до 30% [4,6,7].

Розв'язання задачі якісного синтезу і коригування тонопередачі на основі денситометричних вимірювань надзвичайно складно, оскільки необхідно додатково вимірювати товщину фарби на поверхні відбитка, що є неточним. Тому виникає актуальна задача теоретичного дослідження оптичної густини відбитка залежно від ступеня заповнення форми друкувальними елементами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Процеси які протікають у коротких друкарських системах обумовлені циркуляцією прямих і зворотніх фарбових потоків, модуляцією фарбового потоку растровою друкарською формою, тому їх аналіз значно відрізняється від традиційних об'єктів і систем. У роботах [4,6,7] опрацьовані математичні моделі коротких друкарських систем і побудовані характеристики покриття растрових шкал відбитка фарбою для різних параметрів системи. Аналіз товщини фарби на растровому відбитку виявив, що вона залежить від діапазону тонопередачі і становить 20-30% і більше, що не відповідає нормативним вимогам до якості книжкової і журнальної продукції [8,9]. У публікаціях [5,6] побудовані моделі зафарблення растрових елементів квадратної та ромбічної форми характеристика яких є Сподібною кривою. Максимальне відхилення від лінійної є на сірих тонах і становить -25%.

У публікації [8] запропонована формула з визначенням оптичної густини від товщини шару фарби на відбитку за умови, що відоме максимальне значення оптичної густини, однак вона не зв'язана з площею растрового елемента.

Мета статті. Розробити математичну модель для визначення оптичної густини зображення на відбитку за товщиною фарби для короткої друкарської системи з анілоксовим фарбоживильним пристроєм. Опрацювати структурну схему моделі для двопараметричного визначення оптичної густини, побудувати характеристики густини для заданого інтервалу тонопередачі і проаналізувати її властивості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо поставлену задачу визначення оптичної густини зображення на відбитку в загальному плані. Припустимо, що відома математична модель короткої друкарської системи, яка описує залежність товщини фарби на інтервалі тонопередачі. Тестове зображення є лінійна шкала (градаційний клин). Тоді двопараметричний опис тонопередачі подано кількістю фарби на поверхні шкали відбитка.

$$V = PH, \text{ якщо } 0 \leq P \leq 1, H_{\min} \leq H \leq H_{\max}, \quad (1)$$

де H – товщина фарби на поверхні шкали для заданого інтервалу тонопередачі, H_{\max} , H_{\min} – максимальне і мінімальне значення товщини фарби, P – відносна площа растрової шкали, що відповідає ступені покриття шкали фарбою на інтервалі тонопередачі. Запропоновано визначити оптичну густину шкали відбитка за виразом

$$D = D_m \left(1 - e^{-aV}\right), \quad (2)$$

де D_m – максимальне значення оптичної густини, досягне до офсету ($2,2 \leq D_m \leq 2,6$), a – константа, залежна від типу фарби і типу паперу ($2,2 \leq a \leq 2,6$).

Якщо у виразі (1) лінійно змінювати площу шкалу заданих межах [$0 \leq P \leq 1$], то за виразами (1) і (2) можна розрахувати і побудувати харак-

теристика оптичної густини відбитка залежно від інтервала тонопередачі при зміні товщини фарби. Максимальне значення оптичної густини для заданої марки паперу і фарби можна знайти у джерелах [8,9] та інших. У промислових умовах максимальне значення оптичної густини можна одержати шляхом вимірювання оптичної густини площі відбитка для конкретної марки паперу і фарби, що значно підвищує точність розрахунків.

Для розв'язання поставленої задачі спочатку необхідно побудувати модель друкарської системи. Враховуючи новизну і складність поставленої задачі розглянемо коротку друкарську систему паралельної структури сьомої розмірності, схема якої подана на рис. 1.

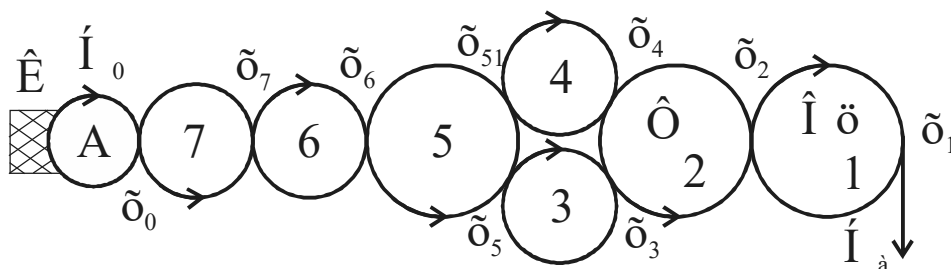


Рис.1. Схема короткої друкарської системи паралельної структури сьомої розмірності

Фарбоживильний апарат складається з замкнутої фарбової камери К у якій встановлений анілоксовий валик А. Фарба під тиском заповнює растрові комірки валика. Надлишок згортається рanelем, а дозований потік фарби подається на вхід системи і послідовно розкочується [7,10]. Друкарська растрова форма здійснює модуляцію фарбового потоку, який подається на офсетний циліндр О, а з нього на задрукований матеріал. На накочувальних валиках 3 і 4 залишається шар фарби, який не сприйнявся пробілами форми, що викликає неговані зворотні фарбові потоки, внаслідок чого зворотні потоки накладаються на прямі. Частина зворотного потоку повертається назад у камеру, в наслідок чого зменшується кількість фарби на растровому відбитку.

Модель передачі модульованих фарбових потоків складається на основі рівнянь балансу фарбових потоків у системі при певних припущеннях: друковані елементи мають растрову структуру і рівномірно розподіленні на поверхні форми, яка відповідає лінійній растровій шкалі, друкарська система є фільтром низьких частот, виходом моделі є амплітудне значення фарби, існують стабільні умови друкарського процесу. На основі рівнянь балансу фарбових потоків [5,7,4], прийнятих припущень складено систему рівнянь, які описують фарбові потоки для усталеного режиму роботи друкарської системи, схема якої подана на рис.1.

$$\chi_0 = H_0 + \gamma_7 \chi_7$$

$$\ell_0 = \gamma_0 \chi_0$$

$$\chi_4 = \alpha_4 \chi_{51} + \gamma_5 \chi_5$$

$$\chi_3 = \alpha_4 \chi_5 + P_{21} \chi_4$$

$$\begin{aligned}
 \chi_7 &= \alpha_7 \chi_0 + \gamma_6 \chi_6 & \chi_2 &= P_2 \chi_3 + \gamma_1 \chi_1 \\
 \chi_6 &= \alpha_6 \chi_7 + \gamma_5 \chi_5 & \chi_1 &= \alpha_1 \chi_2 \\
 \chi_5 &= \alpha_5 \chi_6 + P_3 \chi_3 & H_a &= P_1 \chi_1 \\
 \chi_{51} &= \gamma_5 \chi_5 + P_4 \chi_4 & &
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

де χ_i - середнє значення товщини фарбового потоку в точках контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів, H_0 - товщина фарбового потоку на вході моделі, H_a - амплітудне значення товщини фарби на вході системи, L_0 - товщина потоку, який повертається назад у фарбову камеру, $\alpha_i \gamma_i$ - коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків фарби при виході із точок контакту P_1, P_2, P_3, P_4 - передачі модульованих растровою друкарською формою, P_1 - передача виходу моделі.

Передачі модульних і негованих потоків визначаються виразами

$$\begin{aligned}
 P_2 &= \alpha P \\
 P_{21} &= \alpha P \\
 P_3 &= 1 - \alpha P \\
 P_4 &= 1 - \alpha P \\
 P_a &= \frac{\beta}{P}, \text{ якщо } 0 \leq P \leq 1,
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

де β - коефіцієнт передачі фарби з офсетного циліндра на задрукований матеріал.

Якщо у виразах (3) і (4) лінійно змінювати відносну площу у межах $[0 \leq P \leq 1]$ для заданого сталого значення товщини потоку фарби на вході моделі, то за ними можна розраховувати і побудувати графічну залежність товщини фарби на виході моделі друкарської системи. Розв'язання поставленої задачі традиційним методом розв'язку системи рівнянь (1) - (4) громіздке і незручне, тому застосуємо метод імітаційного моделювання [2]. Для спрощення задачі за схемою рис. 1 і системою рівнянь побудовано граф фарбових потоків друкарської системи, поданий на рис. 2.

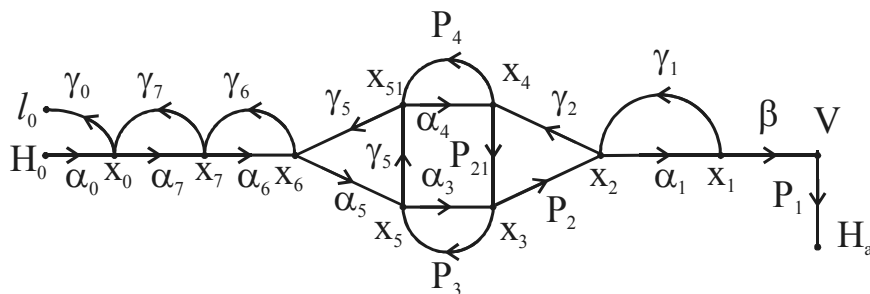


Рис. 2. Граф фарбових потоків друкарської системи паралельної структури

Вершинам графа X_i – відповідають середні значення товщини потоків у точках контактів валиків, формного і офсетного циліндрів. Дуги графа позначені $\alpha_i \gamma_i$ підпорядковані коефіцієнтам передачі прямих і зворотних потоків фарби при виході із точок контакту. Стрілки на дугах показують напрям руху потоків. Без посередньо за графом на основі формули Мезона[5, 4] можна визначити амплітудне значення товщини фарбового потоку на виході моделі, яку подано у загальному вигляді виразом

$$H_a = F(\alpha_1, \gamma_1, P_1, H_0). \quad (5)$$

Отже, товщина фарби на поверхні шкали відбитка визначається нелінійною залежністю (5) і залежить від параметрів друкарської системи. За виразом визначено кількість фарби на поверхні шкали відбитка.

$$V = P \cdot F(\alpha_i, \gamma_i, P_i H_0), \text{ якщо } 0 \leq P \leq 1. \quad (6)$$

Для спрощення розв'язання задачі застосовано об'єктно орієнтоване програмування у пакеті Matlab Simulink [2]. На основі виразів (1) – (6) і графа розроблена структурна схема моделі розрахунку товщини фарби і оптичної густини зображення на відбитку за товщиною фарби для короткої друкарської системи паралельної структури сьомої розмірності яка подана на рис. 3.

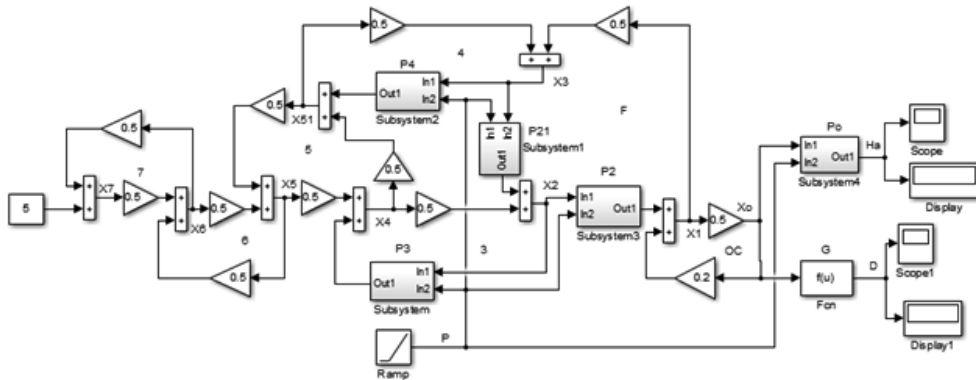


Рис. 3. Структурна схема моделі короткої друкарської системи для розрахунку оптичної густини

У верхній частині розташована модель короткої друкарської системи. Операційні блоки Gain відповідають дуги графа з коефіцієнтами передачі $\alpha_i \gamma_i$ Суматори підпорядковані вершинам графа на вході яких подаються і сумуються прямі та зворотні потоки фарби. Передачі модульованих і негованих фарбових потоків реалізовані засобами Simulink за виразами (4) які для компактності замасковані у субблоках Subsystem. На виході моделі фігурує амплітудне значення товщини потоку H_1 . У діалоговому вікні блока математичних функцій Fsp відповідно до виразу (2) складена програма для розрахунку оптичної густини. У нижній частині схеми розташований блок

Ramp який генерує сигнал лінійної шкали в межах $[0 \leq P \leq 1]$, який подається на входи блоків Subsystem, необхідний для обчислення передач відповідно до виразу (4). Для візуалізації результатів імітаційного моделювання застосовано блоки Scope і Display.

Для прикладу у блоці Constant задали товщину потоку фарби на виході моделі $H_0=5$. Налагодили модель друкарської системи на номінальні коефіцієнти передачі ($\alpha_1 = \gamma_1 = 0,5, \gamma_1 = 0,2, \beta = 0,8$). Результати імітаційного моделювання залежності товщини фарби на шкалі відбитка від інтервалу тонопередачі подані на рис. 4.

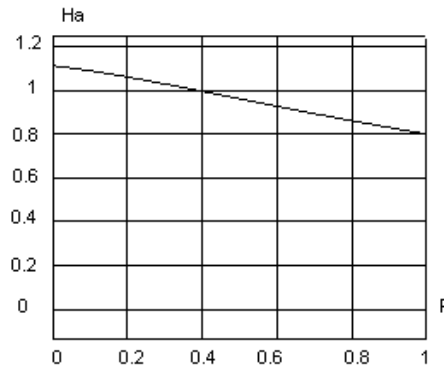


Рис. 4. Графік залежності товщини фарби від інтервалу тонопередачі

Залежність товщини фарби від інтервалу тонопередачі є нелінійною. На початку інтервалу товщина шару фарби становить 1,3 нкм, поступово зменшується і в кінці інтервалу становить 0,800 нкм, внаслідок чого сірі тони дещо розсвітлюються. Для визначення оптичної густини налагодили блок математичних функцій Fsp на максимальне значення оптичної густини $D_m=2,4$ і задали константу $a=2,2$. Результати імітаційного моделювання у вигляді характеристики оптичної густини залежно від інтервалу тонопередачі подано на рис. 5.

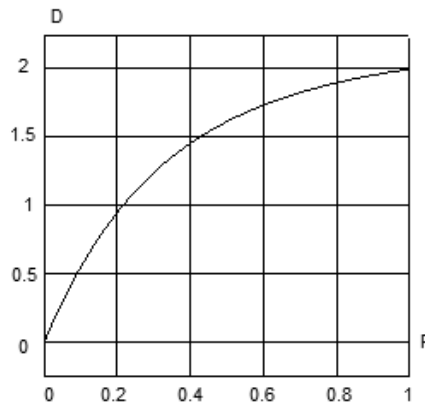


Рис. 5. Характеристика оптичної густини інтервалу тонопередачі

Характеристика оптичної густини є випуклою експонентоподібною максимальне значення оптичної густини в кінці тонопередачі ставить 1,96. Оскільки характеристика оптичної густини визначена для лінійної тестової шкали, то вона дає можливість оцінювати властивості відбитків одержаних на коротких друкарських системах, зокрема, за оптичною густиною. З погляду стандартизації допускається лише певний відхил показників якості, який знаходиться у межах допусків і суттєво не впливає на сприйняття продукції замовником [9]. Наприклад для крейдових паперів оптична густина відбитків за DINE повинна становити 1,9[9]. Залежність оптичної густини від інтервалу тонопередачі простежується для товщини фарби від 1,11 до 0,80мкм відповідає стандарту DINE поданої в [9 на стр. 355] Відносний контраст

$$K = \frac{D_n - D_{0,5}}{D_n} = \frac{1,987 - 1,565}{1,982} 100 = 21,24\%, \quad (7)$$

де D_n – оптична густина плашки, $D_{0,5}$ – оптична густина що відповідає ступені покриття $P=0,5$.

Виявлено, що характеристика оптичної густини повною мірою відповідає формі кривої об'єктивного тоновідтворення сірих тонів Манселя, пов'язана з особливостями зорового сприйняття із візуально рівномірною ступеневою шкалою [1,9]. Одержані результати підтверджують позитивний вплив нерівномірності товщини фарби на темних ділянках відбитка, що необхідно враховувати при синтезі тонопередачі коротких друкарських систем.

Висновки. Розроблено математичну модель для визначення оптичної густини зображень на відбитку за змінної товщини фарби для короткої друкарської системи паралельної структури сьомої розмірності. Побудовано структурну схему моделі для розрахунку товщини фарби і оптичної густини залежно від інтервалу тонопередачі. Подані результати імітаційного моделювання у вигляді характеристик оптичної густини і товщини фарби залежно від інтервалу тонопередачі. Оскільки характеристика оптичної густини визначена для лінійної тестової шкали, то вона дає можливість оцінити властивості відбитків одержаних на коротких друкарських системах, зокрема за оптичною густиною, і відносним контрастом який становить 21%. Виявлено, що характеристика оптичної густини певною мірою відповідає кривій об'єктивного тоновідтворення сірих тонів Менселя. Одержані результати підтверджують позитивний вплив нерівномірності товщини фарби на темних ділянках відбитка, що необхідно відрахувати при синтезі тонопередачі коротких друкарських систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барановський І.В., Яхимович Ю.П. Поліграфічна переробка образотворчої інформатії : Навч. посібник. Київ – Львів: ІЗМН, 1998. 400 с.
2. Гультяев А.К. MATLAB 5.2 Имитационное моделирование в среде WINDOWS: Практическое пособие. Санкт-Петербург: Корона Принт, 1999. 282 с.

3. Кузнецов Ю. Технология обработки изобразительной информации. Санкт-Петербург: Петербургский ин-т печати, 2002. 312 с.
4. Курка П.З. Характеристика нафарблення квадратних растрових елементів у фарбо друкарській системі шостої розмірності / Комп'ютерні технології друкарства: Зб. наук. праць. Львів: УАД, 2016. - №(1)35. С. 25-33.
5. Луцків М.М., Малачівський П.С. Апроксимація залежності оптичної щільності від товщини шару фарби на відбитку / Квалілогія книги: Зб. наук. праць. Львів: УАД, 2005. Вип. 7. С. 95-102.
6. Луцків М.М., Курка П.З. Модель зафарблення растрових елементів ромбічної форми / Комп'ютерні технології друкарства: Зб. наук. праць. – Львів: УАД, 2015. - №(2)34. С. 80-87.
7. 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.
8. Назар І.М., Лазаренко Е.Т., Якуцевич Є. Параметри рулонного офсетного друку: Львів, УАД, 2009. – 128 с.
9. Пашуля П.Л. Стандартизація, метрологія, відповідність, якість у поліграфії: Підручник. – Львів: УАД, 2011. 408 с.
10. Ярема С.М., Мамут Б.Г. Фарбові та зволожувальні апарати, ракельні лакувальні пристрої друкарських машин Київ: Бліцінформ, 2003 – 191 с.

REFERENCES

1. Baranovskyi I.V., Yakymovych Yu.P. (1998). Polihrafichna pererobka obrazotvorchoi informatsii : Navch. posibnyk. Kyiv – Lviv: IZMN, 400 s. (in Ukrainian)
2. Gul'tjaev A.K. (1999). MATLAB 5.2 Imitacionnoe modelirovanie v srede WINDOWS: Prakticheskoe posobie. Sankt-Peterburg: Korona Print, 282 s. (in Russian)
3. Kuznecov Ju. (2002). Tehnologija obrabotki izobrazitel'noj informacii. Sankt-Peterburg: Peterburgskij in-t pechati, 312 s. (in Russian)
4. Kurka P.Z. (2016). Kharakterystyka nafarblennia kvadratnykh rastrovnykh elementiv u farbo drukarskii systemi shostoї rozmirnosti / Kompiuterni tekhnolohii drukarstva: Zb. nauk. prats. Lviv: UAD. - №(1)35. S. 25-33. (in Ukrainian)
5. Lutskiv M.M., Malachivskiy P.S. (2005). Aproksymatsiia zalezhnosti optychnoi shchilnosti vid tovshchyny sharu farby na vidbytku / Kvalilohiia knyhy: Zb. nauk. prats. Lviv:UAD, Vyp. 7. S. 95-102. (in Ukrainian)
6. Lutskiv M.M., Kurka P.Z. (2015). Model zafarblennia rastrovnykh elementiv rombichnoi formy / Kompiuterni tekhnolohii drukarstva: Zb. nauk. prats. – Lviv: UAD - №(2)34. S. 80-87.7. (in Ukrainian)
7. Musiiovska M.M. (2015). Analiz tochnosti pokryttia rastrovoy shkaly farboiu u korotkii drukarskii systemi poslidovnoi struktury /. Kompiuterni tekhnolohii drukarstva: Zb. nauk. prats. – Lviv: UAD - №(33). S. 116-124. (in Ukrainian)
8. Nazar I.M., Lazarenko E.T., Yakutsevych Ye. (2009). Parametry rulonnoho ofsetnoho duku: Lviv, UAD– 128 s. (in Ukrainian)
9. Pashulia P.L. (2011). Standartyzatsiia, metrolohiia, vidpovidnist, yakist u polihrafii: Pidruchnyk. – Lviv: UAD, 408 s. (in Ukrainian)
10. Yarema S.M., Mamut B.H. (2003). Farbovi ta zvolozhuvalni aparaty, rakelni lakuvalni prystroi drukarskykh mashyn Kyiv: Blitsinform – 191 s. (in Ukrainian)

DOI: 10.32403/2411-9210-2019-2-42-20-28

DETERMINATION OF OPTICAL DENSITY ACCORDING TO THE INK THICKNESS FOR 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

A mathematical model has been developed to determine the optical density of images on an imprint at variable ink thickness for a short printing system of parallel structure of the seventh dimension. A structural diagram of the model for calculating the ink thickness and the optical density depending on the tone transfer interval has been constructed. The results of simulation are presented in the form of characteristics of optical density and the ink thickness depending on the tone transfer interval. Since the optical density characteristic is defined for a linear test scale, it enables one to evaluate the properties of the imprints obtained on short printing systems, in particular according to the optical density, and a relative contrast of 21%. It has been found that the characteristic of the optical density corresponds to some extent to the curve of the objective tone reproduction of Munsell gray tones. The obtained results confirm the positive influence of the uneven ink thickness on the dark areas of the imprint, which should be taken into account when synthesizing the tone transfer of short printing systems.

Keywords: printing system, model, ink thickness, optical density, characteristics, analysis, quality.

Стаття надійшла до редакції 25.04.2019.

Received 25.04.2019.