

ПОБУДОВА ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРИТТЯ ПРИ ТОНОВІДТВОРЕННІ ЗОБРАЖЕНЬ ФАРБО-ДРУКАРСЬКОЮ СИСТЕМОЮ ПОСЛІДОВНО-ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ.

Розглядається задача побудови характеристики покриття фарбою відбитків для різних діапазонів величини тону при відтворенні растрових зображень. Приведені результати комп'ютерного симулювання.

In this article we are reviewing a problem to build specification of ink covering printed sheets during printing raster images for different values of tone. The results of computer simulation are displayed.

Формулювання проблеми

Проблема підвищення якості офсетного друку, налагодження фарбового апарату на заданий наклад і зменшення витрат фарби на його друк та забезпечення рівномірності покриття фарбою на усій поверхні відбитка вимагає подальшого вдосконалення і дослідження фарбодрукарських систем, системи попереднього налагодження зональної подачі фарби, та систем автоматичного керування оптичної щільності відбитків.

В останні роки вдосконалено фарбові апарати офсетних друкарських машин, зокрема дукторно-ножовий вузол. Розроблено нові, більш точні регулюючі органи для прецизійного переміщення ножа, що дозволило формувати більш тонкий шар фарби на зонах дукторного циліндра. Це привело до збільшення кута його повороту і зменшення нерівномірності товщини фарби на поверхні відбитків.

Експериментальне дослідження впливу величини тону зображення на рівномірність покриття відбитка є складне і неточне, вимагає затрат часу і коштів. Тому виникає актуальна задача аналітичного визначення рівномірності покриття відбитка фарбою, обумовлена вдосконаленням фарбового апарату для різних діапазонів при тоновідтворенні растрового зображення.

Аналіз останніх досліджень

Процеси, які протікають у фарбодрукарській системі при створенні фарбового зображення на друкарській формі, перенесенні його на офсетний циліндр і передачі на задруковуваний матеріал є складними, тому що фарбова система є замкнутою і багатоконтурною з перехресними зв'язками, у якій циркулюють прямі і зворотні потоки фарби, товщина яких залежить від величини тону зображення, які спотворюють зображення і створюють завади.

Експериментальне дослідження фарбо-друкарських систем є складним, що пов'язано із потребою вимірювання тонких шарів фарби на валиках, які обертаються, вимагають затрат часу і коштів. При цьому виникає проблема фізичної інтерпретації одержаних експериментально результатів, обумовлених спотворенням зображень та утворенням завад рисунком самого зображення.

У працях [3, 4, 5, 8, 9] та інших розглянута теорія моделювання і аналізу фарбових систем різної структури. Основна увага приділена моделюванню динаміки подачі, розкочування та накочування шару фарби на форму і її передачі

на задруковуваний матеріал. Перевагою моделювання є відносна простота модельного експерименту, можливість прийняття потрібних припущень при побудові моделі, можливість усунення завад, створення модельних експериментів, яких фізично здійснити неможливо, або трудно здійснити на друкарській машині.

Традиційно при аналізі поліграфічного відтворення чорно-білого півтонового зображення застосовують такі основні параметри як яскравість, оптична щільність, насичення, тощо [1, 2, 10]. Для оцінки фізичних параметрів зображення враховуються психофізичні фактори зорового сприйняття зображення, які діють на органи зору людини. Найчастіше застосовують оптичну щільність зображення. Зауважимо, що оптична щільність є логарифмічною одиницею і тому має нелінійний масштаб, який до певної міри відповідає зоровому сприйнятті зображення людиною, але є незручним для аналізу фарбо-друкарської системи. Наприклад, при налагодженні фарбового апарата для кожної зони встановлюють певну товщину шару фарби на дукторному циліндрі, а на відбитках контролюють оптичну щільність поля відповідної зони.

Основне призначення фарбової системи – забезпечення заданої товщини фарби на растрових елементах зображення. Для цього здійснюють попереднє зональне налагодження фарбового апарату на заданий наклад. Зауважимо, що зональне налагодження здійснюється на підставі середнього значення коефіцієнта заповнення відповідної зони форми друкувальними елементами. Окремі ділянки зони можуть мати коефіцієнт заповнення, який значно відрізняється від середнього, що суттєво впливає на розподіл фарбового шару по площині відбитка. Вимірювання товщини шару фарби на відбитку є досить складною задачею. Тому нерівномірність шару фарби за товщиною виявляється шляхом вимірювання оптичної щільності відбитка переважно у одному напрямі, і визначається відхилення оптичної щільності відбитка. Дослідження показали, що у площині відбитка відхилення оптичної щільності по ширині окремих друкованих аркушів становить 0,18...0,40Б, що дещо перевищує нормативні значення 0,15...0,2Б. [2, 10], що відповідає нерівномірності товщини чорної фарби на відбитках приблизно 0,2 мкм.

Зауважимо, що оптична щільність відбитка залежить від властивостей паперу (білизни), фарби (прозорості), тощо. Тому при моделюванні фарбо-друкарських систем застосування одиниць оптичної щільності зображення є незручне, неточне і малоприматне.

З викладеного випливає актуальна задача побудови аналітичними методами характеристики покриття відбитків для заданих діапазонів величини тону при відтворенні растрових зображень фарбо-друкарською системою.

Побудова математичної моделі

У поліграфії для відтворення півтонових зображень застосовують растрові технології. Растрове зображення – це однотональне зображення у вигляді дрібних точок, які симулюють багатотональне зображення. При огляді з нормальної відстані крапки є настільки малі, що зливаються із оточуючим фоном, що створює враження існування півтонів. У офсетному друці вважають, що товщина нанесеного шару фарби є стала, а відтворення тону здійснюється співвідношенням площ задруковуваних і незадруковуваних елементів форми. Відтворення величини тону зображення здійснюється відповідною зміною кількості фарби на одиницю площі растрових елементів ділянок. Якість одержаного у цей спосіб растрового

зображення визначається із відношення поверхні зайнятої елементами растру до поверхні, що оточує ці елементи незадрукованого світлого, найчастіше білого задрукованого матеріалу, що визначається відносною площею растрових елементів. Величина тону растрового зображення визначається як відношення поверхні, покритої растром до поверхні сумарної.

При оцінці відтворення растрового зображення у офсетному друці припускають що товщина шару фарби на растрових друкувальних елементах є сталою по всій поверхні. Із практики офсетного друку відомо, що товщина шару фарби у певній мірі залежить від величини тону і впливає на розподіл фарбового шару на площині відбитка. Істинно, що фарбовий шар є нерівномірний за товщиною [1, 2, 10].

Пропонується рівномірність товщини шару фарби представляти характеристикою покриття – графічною залежністю товщини шару фарби на відбитку від величини тону зображення, вираженого відносною площею растрових елементів.

При побудові математичної моделі фарбодрукарської системи будемо розглядати як систему автоматичного регулювання, яка повинна забезпечити задану товщину шару фарби на відбитках при різних величинах тону зображення, які є основним збуренням у системі. Товщина фарби на зображенні залежить від структури фарбодрукарської системи і її параметрів. Для заданої структури і параметрів фарбо-друкарської системи і вибраного діапазону тону зображення вираз характеристики покриття подамо у загальному вигляді так:

$$h_c = F[f(s), \alpha, \gamma, \kappa_0, h_0], \quad (1)$$

де $f(s)$ – функція що задає діапазон величини тону зображення, яка визначається відносною площею растрових елементів, h_0 – задане значення товщини фарби на вході фарбової системи, h_c – значення товщини шару фарби на виході системи (на зображенні, на відбитку); α , γ – коефіцієнти передачі фарби прямих і зворотних потоків фарби при їх виході із точок контакту фарбових валиків, κ_0 – коефіцієнт, який враховує відбір фарби на вході фарбової системи, $F[\cdot]$ – шукана функція.

Щоб одержати вираз характеристики покриття необхідно спочатку побудувати статичну модель фарбодрукарської системи, яка відрізняється від існуючих [8, 11] тим, що додатково враховує функцію $f(s)$, що задає зміну величини тону зображення на заданому діапазоні. Враховуючи новизну і складність поставленої задачі, на даному етапі дослідження не акцентуватимемо на заданому типі фарбового апарату і фарбо-живильного пристрою. Розглянемо фарбодрукарську систему послідовно-паралельної структури, яка складається із восьми фарбових валиків, формного і офсетного циліндра, з якого фарбове зображення передається на задруковуваний матеріал. Сигнальний граф системи представлено на рис. 1.

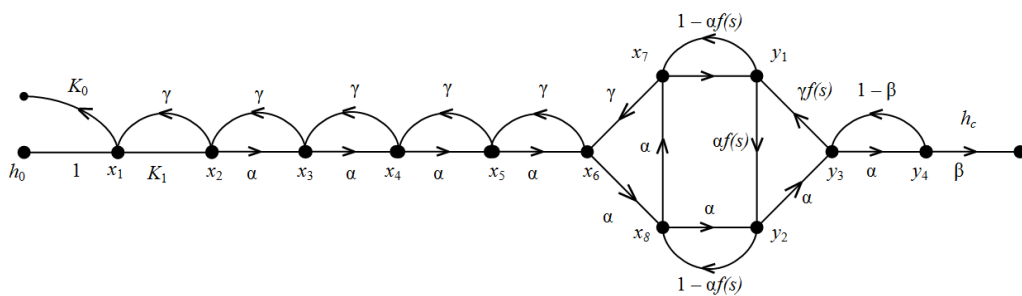


Рис. 1. Граф фарбо-друкарської системи

Перша вершина графа позначена h_0 відповідає товщині потоку фарби, яка подається на вхід системи (на перший фарбовий валик), остання вершина позначена h_c – товщині фарби, яка передається на задруковуваний матеріал (вихід системи). Інші вершини графа відповідають товщинам x_i шару фарби у відповідних точках контакту фарбових валиків. Вершини y_1, y_2, y_3, y_4 відповідають товщинам фарби у точках контакту формного і офсетного циліндрів. Вершини графа з'єднані дугами, яким відповідають коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків фарби, та функції що задають діапазон величини тону зображення.

При побудові математичної моделі прийнято наступні припущення:

- на вхід фарбової системи подається суцільний рівномірний потік фарби;
- при перенесенні фарби з формного на офсетний циліндр і передачі на задруковуваний матеріал частина фарби повертається назад у фарбове корито, створюючи зворотній потік фарби (враховується відбір фарби на вході системи);
- растрові елементи рівномірно розподілені по всій поверхні форми;
- швидкість друку, тиск у зонах контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндра є сталі;

На основі прийнятих припущень і відповідних правил [5] за графом складемо систему рівнянь фарбо-друкарської системи для усталеного режиму роботи:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= h_0 + \gamma x_2 \\
 l_0 &= \kappa_0 x_1 \\
 x_2 &= \kappa_1 x_1 + \gamma x_3 \\
 x_3 &= \alpha x_2 + \gamma x_4 \\
 x_4 &= \alpha x_3 + \gamma x_5 \\
 x_5 &= \alpha x_4 + \gamma x_6 \\
 x_6 &= \alpha x_5 + \gamma x_7 \\
 x_7 &= \alpha x_8 + [1 - \alpha f(s)] y_1 \\
 x_8 &= \alpha x_6 + [1 - \alpha f(s)] y_2 \\
 y_1 &= \alpha x_7 + \gamma f(s) y_3 \\
 y_2 &= \alpha x_8 + \gamma f(s) y_1 \\
 y_3 &= \alpha y_2 + (1 - \beta) y_4 \\
 y_4 &= \alpha y_3 \\
 h_c &= \beta y_4
 \end{aligned} \tag{2}$$

де κ_1 – коефіцієнт передачі фарби на вході системи.

На підставі формули Мезона безпосередньо за графом визначимо залежність товщини фарби на виході системи від заданої товщини фарби на вході системи, яка при прийнятих припущеннях є виразом характеристики покриття:

$$h_{cp} = \frac{\kappa_1 \alpha^{10} \beta f(s) + \kappa_1 \alpha^8 \beta [1 - \alpha(1 - \alpha) f(s)]}{\Delta_{10}} h_0. \quad (3)$$

Вираз визначника графа не приводимо, бо він є громіздкий. Зауважимо, що у загальному функція $f(s)$, що задає діапазон тону зображення є нелінійною функцією. Її вибір залежить від мети дослідження. На даному етапі дослідження приймемо що ця функція є лінійна на заданому діапазоні, і у загальному вигляді подамо її так:

$$f(s) = f(x, s_{i1}, s_{i2}), i = 1, 2, 3..n, \quad (4)$$

де x – незалежна змінна (просторова координата), s_{i1}, s_{i2} – початкове і кінцеве значення величини тону зображення на заданому діапазоні, яке визначається відносною площею растрових елементів, i – порядковий номер діапазону, n - число діапазонів.

Враховуючи громіздкість визначника графа, побудову характеристики покриття здійснено шляхом комп'ютерного симулювання. Для цього використаємо програмний пакет MATLAB Simulink, який широко використовується для моделювання динамічних систем [6]. Превагою пакету є те, що він дозволяє здійснювати моделювання без складання програми. На основі системи рівнянь (2) і графа із операційних блоків Simulink за допомогою графічного редактора розроблено симулятор для побудови характеристик покриття фарбо-друкарської системи послідовно-паралельної структури. Вікно симулятора представлено на рис. 2.

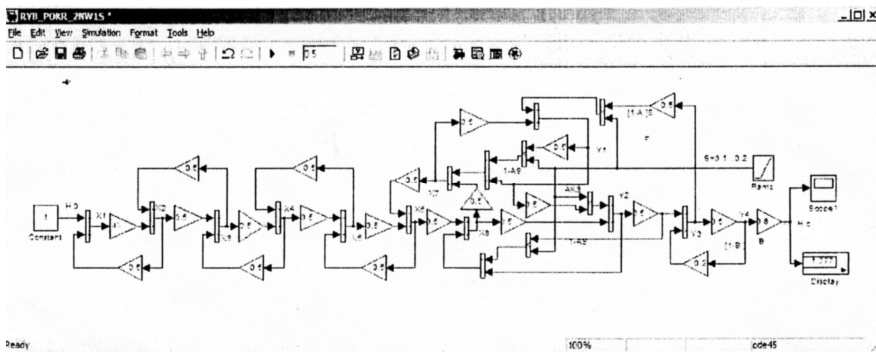


Рис. 2. Вікно симулятора для побудови характеристики покриття фарбо-друкарської системи

Вершинам графа відповідають блоки суматорів, на вході яких додаються прямі і зворотні потоки фарби. Дугам графа відповідають блоки Gain, які задають коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків фарби. Щоб здійснювати автоматичну побудову графіка характеристики покриття потрібно задавати функцію $f(s)$. Вона задає діапазон тону, і при умові її лінійності відтворюється блоком Ramp. Задання потрібної товщини фарби на вході моделі фарбодрукарської системи задається за допомогою блока Constant. Візуалізація графіка характеристики покриття на заданому діапазоні здійснюється за допомогою блока Scope, а цифрові відліки здійснюються за допомогою блока Display.

Результати комп'ютерного симулювання

Метою комп'ютерного симулювання була побудова сімейства характеристик покриття фарбодрукарської системи послідовно-паралельної структури для вибраних діапазонів величини тону зображення, яке визначається відносною площею растрових елементів зображення для різних коефіцієнтів відбору фарби на вході системи.

При моделюванні приймали номінальні коефіцієнти передачі фарби $\alpha = \gamma = 0.5$, а коефіцієнт передачі фарби із офсетного циліндра на задруковуваний матеріал $\beta = 0.8$. На вхід моделі фарбо-друкарської системи подавали товщину фарби $h_0 = 1$ мкм. Лінійно змінювали тон зображення від яскравих тонів до тіней ($0 \leq s \leq 1$).

Результати комп'ютерного симулювання у вигляді сімейства характеристик покриття фарбодрукарської системи послідовно-паралельної структури для коефіцієнтів відбору фарби на вході системи $\kappa_0 = 0.01, 0.02, 0.05, 0.1$ приведені на рис.3

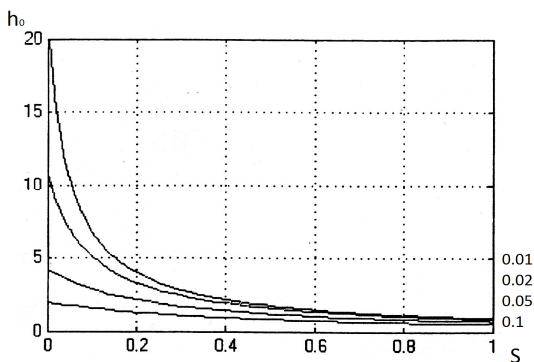


Рис. 3. Сімейство характеристик покриття фарбо-друкарської системи на інтервалі

Як це видно із рисунка, при відтворенні яскравих тонів товщина фарби на растрових елементах у декілька разів більша заданого значення $h_0 = 1$ мкм. Товщина шару фарби у значній мірі залежить від коефіцієнта відбору фарби на вході системи, і на початку інтервалу тоновідтворення складає: 22, 10.89, 4.22, 2 мкм. У кінці інтервалу товщина шару фарби складає: 0.96, 0.889, 0.7219, 0.55 мкм. Це значить що на яскравих ділянках растрового зображення товщина фарби значно більша заданого значення, і тому яскраві ділянки зображення будуть притемнені. Натомість, темні ділянки зображення будуть більш світлими.

Отже, теоретичним шляхом доведено відому із практики офсетного друку істину, що фарбодрукарські системи із дукторно-ножовим фарбоживильним пристроєм не забезпечують потрібної рівномірності покриття зображення на усьому інтервалі тоновідтворення [2, 10].

Для вирівнювання товщини покриття застосовують попереднє зональне налагодження фарбового апарату на заданий наклад, яке здійснюється на підставі середнього зонального значення коефіцієнта заповнення форми друкувальними елементами. Тому далі досліджували характеристики покриття фарбодрукарської системи на вибраних характерних діапазонах тоновідтворення. Спочатку будували

характеристики покриття при відтворенні яскравих тонів, задавши перший діапазон тоновідтворення і з такими даними

$S_{11} = 0, S_{12} = 0.1$, умовний центр тону $S_{10} = 0.02$. Налаштовували товщину фарби на вході системи так, щоби для умовного центру діапазону тону товщина фарби на виході $h_i = 1$ мкм.

Результати комп'ютерного симулювання у вигляді сімейства характеристик покриття фарбодрукарської системи для коефіцієнтів відбору фарби на вході системи $\kappa_0 = 0.01, 0.02, 0.05, 0.1$ приведені на рис. 4.

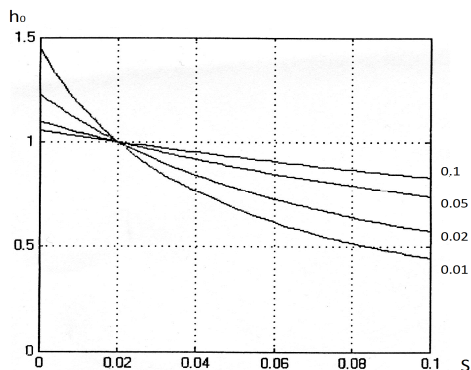


Рис. 4. Сімейство характеристик покриття фарбово-друкарської системи при відтворенні яскравих тонів

Як видно із рисунка, при відтворенні найбільш яскравих тонів ($0 \leq S \leq 0.01$) на початку діапазону товщина фарби на растрових елементах більше заданого значення приблизно у $(1.45 \div 1.1)$ раз. При зменшенні яскравості тону товщина фарби поступово зменшується і при умовному центрі тону ($S_{10} = 0.02$) має товщину 1 мкм. При дальшому зменшенні яскравості зображення товщина фарби зменшується, і у кінці вибраного діапазону складає $(0.44 \div 0.83)$ мкм. Більш повні дані результатів моделювання приведені у таблиці.

Зауважимо, що на яскравих ділянках зображення нерівномірність сильно залежить від коефіцієнта відбору фарби на вході системи. При збільшенні коефіцієнта відбору фарби нерівномірність покриття зменшується. Найбільша нерівномірність покриття є на початку і у кінці діапазону тоновідтворення.

Тепер розглянемо характеристики покриття фарбодрукарської системи при відтворенні чверть тонів, задавши другий діапазон тоновідтворення із такими даними: $S_{21} = 0.2, S_{22} = 0.4$, умовний центр $S_{20} = 0.27$. Налаштовували товщину фарби на вході системи так, щоби для умовного центру діапазон тону товщини фарби на виході $h_c = 1$ мкм.

Результати комп'ютерного симулювання у вигляді сімейства характеристик покриття фарбово-друкарської системи для коефіцієнтів відбору фарби на вході системи $\kappa_0 = 0.01, 0.02, 0.05, 0.1$ приведена на рис. 5.

Порівнюючи цю характеристику покриття із попередньою, робимо висновок, що при відтворенні чверть тонів нерівномірність покриття відбитків зменшується понад два рази. Отже, фарбо-друкарська система краще відтворює чверть тони, ніж яскраві тони.

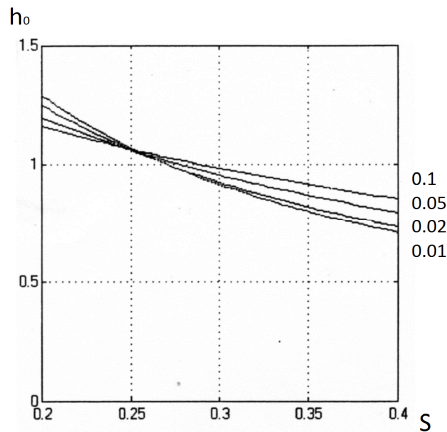


Рис. 5. Сімейство характеристик покриття фарбово-друкарської системи при відтворенні четверть тонів.

Більш повні результати комп'ютерного симулювання для різних діапазонів відтворення приведені у таблиці.

Розподіл товщини фарби при тоновідтворенні вибраних діапазонів.

Діапазони тонів		Товщина покриття (мкм) для коефіцієнтів відбору фарби на вході системи κ_0			
Назва	S_{ij}	0.01	0.02	0.05	0.1
Яскраві тони	0.0	1.452	1.23	1.097	1.057
	0.02	1.0	1.0	1.0	1.0
	0.1	0.831	0.7375	0.5712	0.4448
Четверть тони	0.2	1.228	1.246	1.193	1.156
	0.27	1.0	1.0	1.0	1.0
	0.4	0.8635	0.8088	0.7495	0.726
Тричверть тони і тіні	0.6	1.234	1.221	1.192	1.164
	0.75	1.0	1.0	1.0	1.0
	1.0	0.8249	0.8036	0.7853	0.7775

На підставі даних, приведених в таблиці, робимо висновок, що найбільша нерівномірність розподілу товщини фарби є на відбитках при відтворенні яскравих ділянок зображення, і може знаходитися у межах $1.4 \div 0.83$ мкм при малих коефіцієнтах відбору фарби на вході $\kappa_0 = 0.01$, і в межах $1.05 \div 0.44$ мкм при коефіцієнті відбору фарби $\kappa_0 = 0.1$.

Зауважимо, що рівномірність покриття залежить від вибору умовного центру діапазону, на який здійснюється налагодження фарбодрукарської системи. Тому при налагодженні фарбового апарату на заданий наклад, більше уваги потрібно приділяти налагодженню яскравих та світлих зон зображення.

При відтворенні четверть тонів ($0.2 \leq S \leq 0.4$) розподіл товщини фарби на заданому діапазоні знаходиться в межах $1.28 \div 0.73$. Найменша нерівномірність розподілу товщини фарби на діапазоні, де переважають четверть тони і тіні на досить широкому діапазоні тоновідтворення ($0.6 \leq S \leq 1.0$) нерівномірність товщини покриття фарби знаходиться у межах нормативного допуску $\pm 20\%$ для якісного офсетного друку [2.10].

Висновки

1. Експериментальне дослідження впливу величини тону зображення на рівномірність покриття відбитка є складне, неточне, вимагає затрат часу і коштів, тому аналітичне визначення рівномірності покриття відбитка фарбою, обумовлене вдосконаленням фарбового апарата для різних діапазонів тоновідтворення растрового зображення, є актуальною задачею.

2. Оптична щільність відбитка залежить від властивостей паперу (білизни), фарби (прозорості), тощо, тому при моделюванні фарбодрукарських систем застосування одиниць оптичної щільності є незручне, неточне і малоприматне.

3. Аналітичний вираз характеристики покриття залежить від структури і параметрів фарбодрукарської системи і функції, що задає діапазони тону зображення.

4. Теоретичним шляхом одержано вираз характеристики покриття і доведено відому із практики офсетного друку істину, що фарбово-друкарська система із дукторно-ножовим фарбоживильним пристроєм не в повній мірі забезпечує потрібну рівномірність покриття відбитка на всьому інтервалі тоновідтворення.

5. Шляхом комп'ютерного симулювання встановлено, що найбільша нерівномірність розподілу товщини фарби відбитку є при відтворенні яскравих діапазонів зображення і може знаходитися в межах $1.4 \div 0.83$ мкм при малих коефіцієнтах відбору фарби на вході ($\kappa_0 = 0.01$) і в межах $1.05 \div 0.44$ мкм при коефіцієнті відбору фарби $\kappa_0 = 0.1$.

6. Найбільш рівномірний розподіл товщини фарби є на діапазоні, де переважають четверть тони і тіні на досить широкому діапазоні тоновідтворення ($0.6 \leq S \leq 1.0$) і знаходиться у заданих межах нормативного допуску $\pm 20\%$ для якісного офсетного друку.

1. Барановський І.В., Яхимович Ю.П. Поліграфічна переробка образотворчої інформації. – Київ-Львів: ІЗМН, 1998. – 400с.

2. Верхола М.І., Луцків М.М. Основні засади та сутність розкочування фарби у фарбових системах // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць. – Львів, 2004. – Вип. 12. – С. 14 – 25.

3. Верхола М.І., Луцків М.М., Зіненко Р.Г. Часовий і операторний методи описання процесу розкочування фарби в друкарських машинах // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. МНТЗ. – Львів: Видавництво ДУ „ЛПТ”, 1999. – № 34. – С. 53 – 57.

4. Верхола М.І., Луцків М.М. Сигнальний граф процесу розкочування фарби // Вісник ДУ „Львівська політехніка”. – Львів, 1998. – Том 2. – С. 348 – 353.

5. Величко О.М., Опрацювання інформаційного потоку взаємодією елементів друкарського контакту. – К.: Видавничо-поліграфічний центр „Київський університет”, 2005. – 254с.

6. Гультяев А.К. MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде WINDOWS: Практическое пособие. – С.-Пт. Корона принт, 1999. – 282с.

7. Зирнзак Л.Ф. и др. Листовые офсетные печатные машины. – М.: Издательство МГУП, 1998. – 136с.

8. Луцків М.М., Рибак В.І. Розрахунок і побудова номограм розходу та відбору фарби у фарбодрукарських системах послідовної структури // Комп'ютерні технології друкарства. – Львів, 2007. – №18 – С. 30-39.

9. Мельничук С.І., Ярема С.М. Офсетний друк.: Кн.1. Технологія та обладнання друкарських процесів. – К.: УкрНДІСВД: ХаГар, 2000. – 467с.