

## **ОПИСАНИЕ ОПЕРАЦИЙ РЕЛЯЦИОННОЙ АЛГЕБРЫ СРЕДСТВАМИ АЛГЕБРЫ АЛГОРИТМОВ**

*Рассматривается задача описания 5 основных и 9 дополнительных операций реляционной алгебры средствами алгебры алгоритмов. Разработана система обозначений дополнительных операций и операторов.*

## **THE DESCRIPTION OF RELATIONAL ALGEBRA OPERATION BY MEANS ALGEBRA OF ALGORITHMS**

*The description of 5 main and 9 additional relational algebra operation by means algebra of algorithms are considered here. Notation system of additional operators and operation are developed here.*

*Стаття надійшла 15.12.09.*

УДК 681.3.665

*М. М. Луцків, М. М. Муційовська  
Українська академія друкарства*

## **МОДЕЛЮВАННЯ І ПОБУДОВА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОКРИТТЯ ТОНАЛЬНОЇ ШКАЛИ В КОРОТКІЙ ФАРБОДРУКАРСЬКІЙ СИСТЕМІ**

*Розглядається задача моделювання і побудови статистичної характеристики покриття зображення фарбою лінійної тональної шкали у фарбодрукарській системі з анілоксовим фарбоживильним пристроєм, наведено результати комп'ютерного симулювання.*

*Моделювання, математична модель, тональна шкала, фарбодрукарська система*

Наявні фарбові апарати друкарських машин високого і плоского друку мають ряд недоліків, зокрема, складну і громіздку конструкцію. Вони містять до 20 і більше фарбових валиків, дуже великий фарбоживильний механізм, який може мати 10–20 і більше гвинтів зонального налагодження подачі фарби на заданий наклад. Для автоматизації налагодження фарбової системи потрібна багатоканальна система з багатьма виконавчими мікродвигунами, число яких дорівнює числу зон налагодження. Ці та інші недоліки обумовили розробку фарбових систем з простішою конструкцією фарбоживильного пристрою.

Західні фірми розробили нові фарбові системи офсетних друкарських машин, у яких подача фарби здійснюється растровим циліндром (анілоксом),

що неперервно подається у фарбову систему може мати 3–6 фарбових валиків, тому такі фарбові апарати називаються короткими [9].

Перші взірці фарбових апаратів з анілоксовим фарбоживильним пристроєм були встановлені на рулонних офсетних газетних друкарських машинах і показали непогані результати. Тепер немає належного досвіду експлуатації і налагодження коротких фарбових систем. Експериментальні дослідження фарбових систем є складними і потребують дорогої виміральної апаратури, коштів і часу. Отож виникає актуальна проблема моделювання відтворення зображення і побудови характеристики покриття тональної шкали у коротких фарбодрукарських апаратах.

Анілоксові фарбоживильні пристрої застосовуються у флексографії. Розроблено десятки різних конструкцій, фарбоживильних пристроїв, які складаються із замкнутої камери, в якій під тиском фарба заповнює дрібні растрові комірки на поверхні растрового циліндра (анілокса). Надлишок фарби згортається ракелем, що забезпечує рівномірну дозовану подачу фарби. У сучасних фарбоживильних конструкціях фарба з поверхні растрового циліндра безпосередньо подається на еластичну друкарську форму і забезпечує якісне друкування [8]. Накопичено значний досвід експлуатації, налагодження і вибору ємкості анілоксового валика.

Зауважимо, що офсетний спосіб друку значно відрізняється від флексографії. Зокрема, флексографічна форма випукла й еластична, натомість офсетна форма — плоска і тверда. При цьому друкування здійснюється фарбами, які мають різні властивості. Отож наявні конструкції фарбових апаратів флексографічних машин неможливо безпосередньо використати для офсетних друкарських машин.

Складність процесів, що відбуваються у фарбодрукарських системах і труднощі експериментальних досліджень, пов'язані з вимірюванням товщини тонкого шару фарби на валиках, які обертаються, привели до розвитку моделювання фарбових систем [3, 4]. Побудовано математичні моделі різних схем фарбових апаратів офсетних машин, здійснено комп'ютерне симулювання, одержано ряд нових результатів. У праці [6] проаналізовано і побудовано статичні характеристики фарбових систем з анілоксовим фарбоживильним пристроєм флексографічних машин, у яких фарба з растрового циліндра безпосередньо передається на друкарську форму. Проаналізовано короткі фарбові системи офсетних машин, які складаються з растрового циліндра і 2–3 розкочувальних валиків. Побудовані статистичні характеристики описують статичні властивості фарбодрукарських систем при зміні тих чи інших параметрів.

Варто зазначити, що аналіз фарбодрукарських систем значно відрізняється від аналізу традиційних об'єктів і систем автоматичного управління. Це пов'язано зі специфікою фарбодрукарської системи і її призначенням — відтворення поліграфічної текстової інформації і зображення, методами оцінки якості і психофізичними чинниками зорового сприйняття зображення,

які діють на органи зору людини, звідси впливає специфіка задачі дослідження — моделювання і побудова статичної характеристики покриття зображення фарбою лінійної растрової тональної шкали в короткій фарбодрукарській системі з анілоксовим фарбоживильним пристроєм, яка розв'язується методом комп'ютерного симулювання.

Сьогодні розроблено і запатентовано понад десять різних схем коротких фарбодрукарських систем, більшість з яких технічно не реалізовано і теоретично не проаналізовано. Враховуючи новизну і складність поставленої задачі та різноманітність схем, розглянемо коротку фарбодрукарську систему послідовної структури з фарбоживильним пристроєм з растровим циліндром, схему якої зображено на рис. 1.

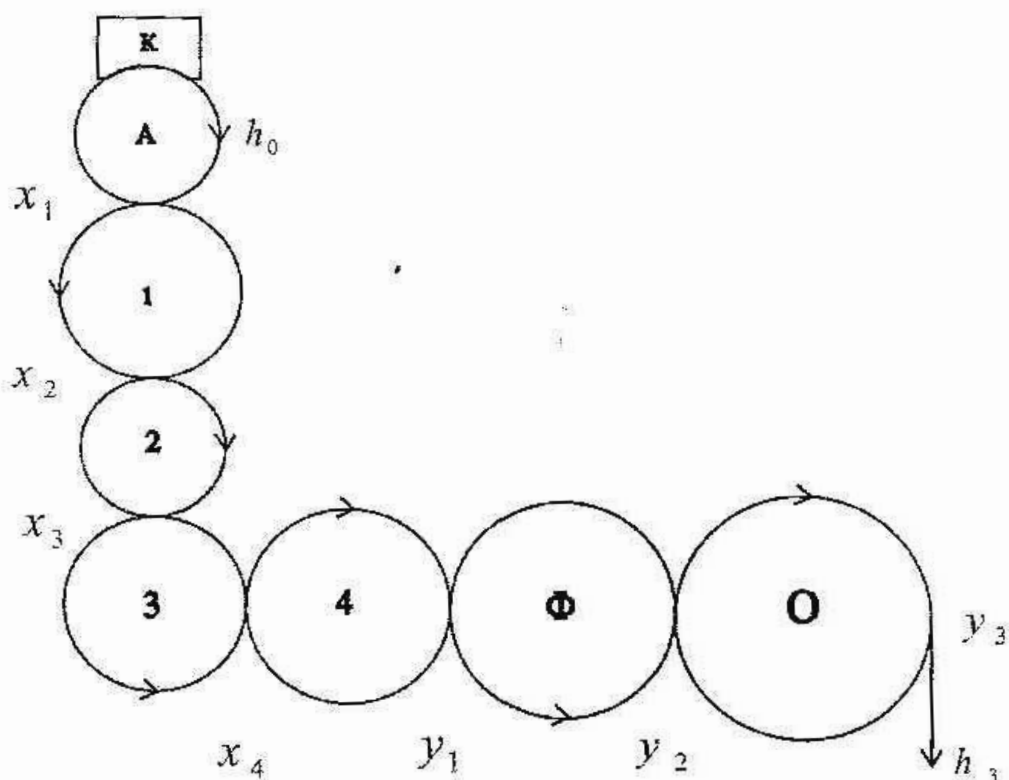


Рис. 1. Схема короткої фарбодрукарської системи

У фарбовій камері  $K$  фарба під тиском заповнює комірки растрового циліндра  $A$  (анілокса). Надлишок фарби згортається ракелем, а рівномірний шар фарби передається на перший фарбовий валок і послідовно розкочується. Четвертий накочувальний валок накочує фарбу на друкарську форму  $\Phi$ , з якої фарбове зображення переноситься на офсетний циліндр  $O$  і передається на задруковуваний матеріал. Частина фарби, що не сприйнялася формою і задруковуваним матеріалом, повертається назад і створює зворотній потік фарби у фарбовій системі, який через растровий циліндр повертається до фарбової камери.

При побудові математичної моделі фарбодрукарської системи можна зробити такі припущення:

розглядаються усталені режими роботи фарбодрукарської системи;  
на перший фарбовий валик подається суцільний рівномірний потік фарби;

довжина лінійної растрової тональної шкали дорівнює довжині кола формного циліндра;

растрові друкувальні елементи є однорідними і рівномірно розподілені на поверхні форми;

швидкість друкування, тиск у зонах контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів є сталими;

у процесі друкування немає розтискування растрових точок, обумовлено тими чи іншими причинами.

На основі відомих співвідношень у фарбовій системі в усталеному режимі роботи [3–4; 6; 9], прийнятих припущень та з урахуванням наявності на друкарській формі лінійної растрової тональної шкали відповідно до рис. 1 складемо систему рівнянь системи:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= h_0 + \gamma_1 x_2 & y_1 &= \alpha_4 x_4 + f_5(s) y_2 \\
 l_0 &= k_0 x_1 & y_2 &= \alpha_5 y_1 + \gamma_6 y_3 \\
 x_2 &= k_1 x_1 + \gamma_2 x_3 & y_3 &= \alpha_6 y_2 \\
 x_3 &= \alpha_2 x_2 + \gamma_3 x_4 & h_3 &= \beta y_3, \\
 x_4 &= \alpha_3 x_3 + f_4(s) y_1
 \end{aligned} \tag{1}$$

де  $x_p, y_i$  — товщина шару фарби в точках контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів,  $h_0, h_3$  — товщина шару фарби на вході і виході (на задрукованому зображенні шкали) фарбодрукарської системи,  $l_0$  — товщина зворотнього потоку фарби,  $\alpha_p, \gamma_i$  — коефіцієнти передачі (поділу) прямих і зворотних потоків фарби на виході з точок контакту,  $k_1, \beta$  — коефіцієнти передачі фарби на вході і виході системи,  $k_0$  — коефіцієнти передачі зворотнього потоку фарби,  $f_4(s), f_5(s)$  — функції передачі, які враховують зміну передачі фарби на накочувальному валику і друкарській формі при відтворенні лінійної растрової шкали,  $s$  — відносна площа поверхні растрової шкали, яка характеризує ступінь її покриття.

Розв'язок системи рівнянь для вирішення поставленої задачі є трудомістким і несучасним, тому потрібно застосувати метод симулювання. Для цього за схемою (рис. 1) системою рівнянь побудуємо граф фарбодрукарської системи, який зображено на рис. 2.

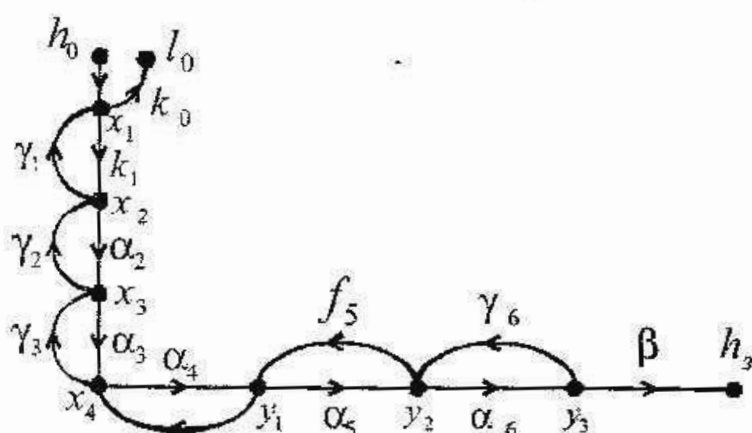


Рис. 2. Граф фарбодрукарської системи

Вершини графа позначено  $x_1 - x_4$  та  $y_1 - y_3$  відповідають товщинам фарби у точках контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів;  $h_0, h_3$  — товщини шару фарби на вході і виході системи. Дуги графа підпорядковані коефіцієнтам передачі прямих і зворотних потоків фарби,  $\alpha_i, \gamma_i, \beta, f_i, f_5$  — осі позначені стрілками. На основі формули Мезона [4], безпосередньо за графом визначимо залежність товщини покриття фарбою зображення тональної шкали на задрукованому матеріалі при заданій товщині шару фарби на вході:

$$h_3 = \frac{k_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 \alpha_6 \beta}{\Delta} h_0. \quad (2)$$

Визначник графа  $\Delta$  характеризує його контурну частину і визначається безпосередньо за графом без додаткових перетворень:

$$\begin{aligned} \Delta = & 1 - k_1 \gamma_1 - \alpha_2 \gamma_2 - \alpha_3 \gamma_3 - \alpha_4 f_4(s) - \alpha_5 f_5(s) - \alpha_6 \gamma_6 + \\ & + k_1 \gamma_1 = [\alpha_3 \gamma_3 + \alpha_4 f_4(s) + \alpha_5 f_5(s)] + \\ & + \alpha_2 \gamma_2 [\alpha_4 f_4(s) + \alpha_5 f_5(s) + \alpha_6 \gamma_6] + \\ & + \alpha_3 \gamma_3 [\alpha_5 f_5(s) + \alpha_6 \gamma_6] + \alpha_4 f_4(s) \alpha_6 \gamma_6 - \\ & - k_1 \gamma_1 \alpha_3 \gamma_3 \alpha_5 f_5(s) - k_1 \gamma_1 \alpha_3 \gamma_3 \alpha_6 \gamma_6 - \alpha_2 \gamma_2 \alpha_4 f_4(s) \alpha_6 \gamma_6. \end{aligned} \quad (3)$$

Для розв'язання поставленої задачі припускаємо, що растрова шкала описується лінійною просторовою функцією:

$$s = \frac{x}{L_0} \text{ при } 0 \leq x \leq L_0, \quad (4)$$

де  $x$  — просторова змінна (координата);  $L_0$  — задана довжина шкали,  $T$  — стала, яка задає прийнятий максимальний рівень сірого шкали (наприклад 1,255, 100 %).

На основі прийнятих припущень запишемо функції передачі:



$$f_4(s) = 1 - \alpha_4 T \frac{x}{L_0}; \quad (5)$$

$$f_5(s) = \gamma_5 T \frac{x}{L_0}. \quad (6)$$

Розв'язання поставленої задачі аналітичним шляхом є трудомістким. Отож для спрощення задачі використовувало комп'ютерне симулювання. Для цього застосовувався популярний пакет MATLAB–Simulink [5]. На основі систем рівнянь (1) і графа розроблено симулятор для побудови характеристики покриття лінійної тональної шкали, при відтворенні її у фарбодрукарській системі. Вікно симулятора наведено на рис. 3.

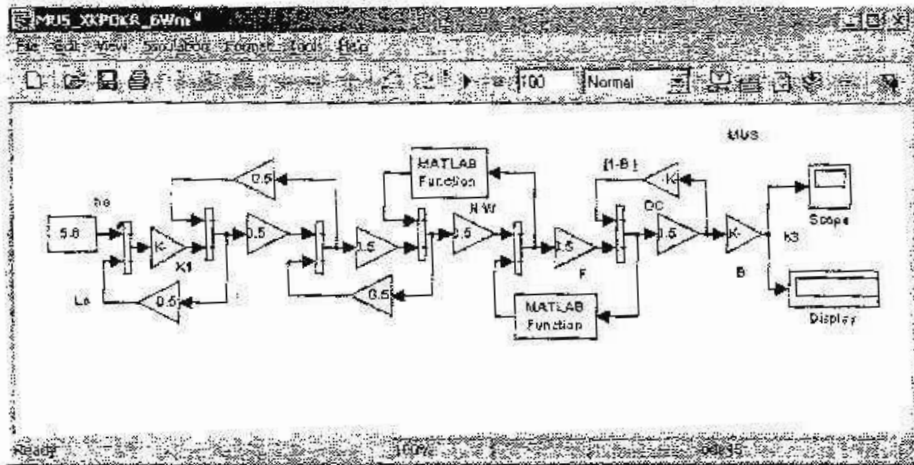


Рис. 3. Вікно симулятора

Вершинам графа відповідають блоки симулювання, на вході яких додаються прямі і зворотні потоки фарби, а на виході розділяються. Дугам графа відповідають блоки Gain, які задають коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків фарби. Для зручності симулювання і спрощення симулятора функції передачі (5) і (6) реалізовані програмно на блоках Matlab Funkcion. Встановлення заданого значення товщини фарби на вході моделі фарбової системи здійснюється за допомогою блока Constant. Візуалізація характеристики покриття зображення тональної шкали фарбою здійснюється за допомогою блока Skope.

Мета комп'ютерного симулювання — це побудова й аналіз статичних характеристик покриття зображень фарбою лінійної тональної шкали у фарбодрукарській системі з анілоксовим фарбоживильним пристроєм при варіації коефіцієнтів передачі фарби на вході і виході системи. При моделюванні приймали, що коефіцієнти передачі прямих і зворотних номінальних потоків фарби  $\alpha_i = \gamma_i = 0,5$ , а коефіцієнт передачі фарби з офсетного циліндра на задруковуваний матеріал  $\beta = 0,8$ . Налаштовували симулятор таким чином,

щоб при покритті  $s = 50\%$ , товщина шару фарби на забраженні дорівнювала одному (наприклад, один мм.)

Одним з основних збурень у коротких фарбодрукарських системах є зміна коефіцієнта відбору фарби на вході системи, обумовлена різними чинниками (наприклад, забруднення комірок растрового циліндра, зміна тиску у зоні контакту, тощо), тому він прийнятий варіативним параметром при симулюванні.

Результати комп'ютерного симулювання у вигляді сімейства статичних характеристик покриття зображення фарбою лінійної тональної шкали при варіації коефіцієнта відбору фарби на вході системи  $k_v = 0,5; 0,51; 0,52; 0,53$  подано на рис. 4.

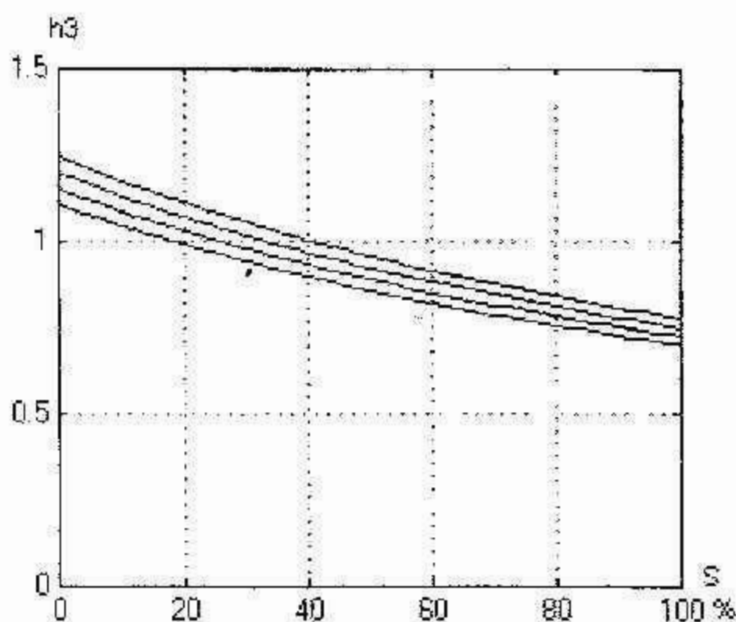


Рис. 4. Сімейство статичних характеристик покриття тональної шкали при варіації коефіцієнта відбору фарби на вході

Як видно з рисунка (верхня права), при відтворенні світлих і яскравих ділянок тональної шкали товщина фарби на них збільшується до +20 %. Натомість при відтворенні півтонів і тіней товщина фарби на шкалі зменшується до -20 %. Отже, рівномірність покриття відбитка фарбою у коротких фарбодрукарських системах на порядок вище, ніж у традиційних [2, 7]. При збільшенні коефіцієнта відбору фарби на вході системи характеристики покриття поступово зміщується вниз, тобто зменшується товщина шару фарби на відбитку тональної шкали приблизно на однакову величину на усіх її ділянках. При цьому зміщення характеристики на яскравих ділянках становить близько 14 %, а в тінях — 7 %.

При експлуатації офсетних друкарських машин декель поступово «старіє» [2, 7] і втрачає здатність передавати фарбове зображення з форми на задруковуваний матеріал, що приводить до зменшення коефіцієнта  $\beta$  передачі

фарби на виході системи, тому він прийнятий наступним варіативним параметром при симулюванні [2, 7].

На другому етапі комп'ютерного симулювання досліджувався вплив зміни коефіцієнта передачі фарби з офсетного циліндра на задруковуваний матеріал на характеристики покриття фарбою тональної шкали. Результати симулювання подано на рис. 5 як сімейство статичних характеристик для  $\beta = 0,8; 0,7; 0,6; 0,5$ .

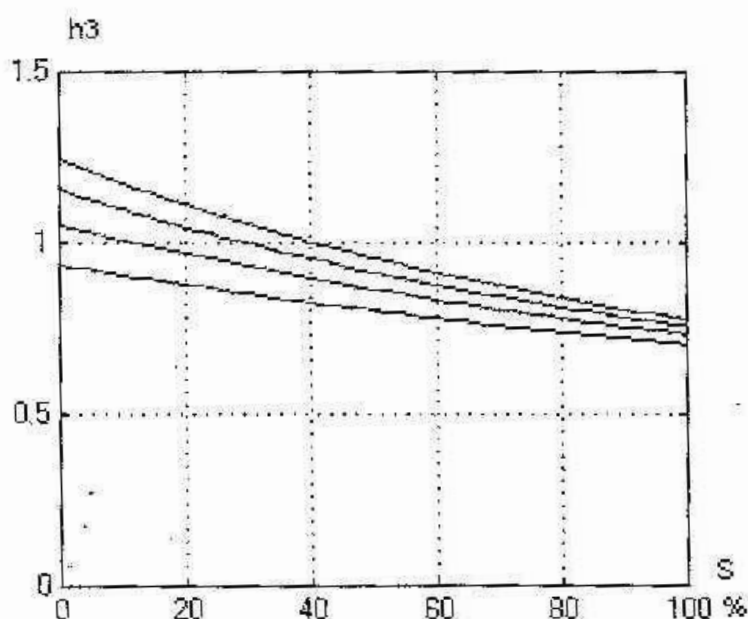


Рис. 5. Сімейство статичних характеристик покриття тональної шкали при варіації коефіцієнта передачі фарби на виході системи

Як видно з рисунка, при зменшенні коефіцієнта передачі фарби на виході фарбодрукарської системи характеристики покриття зміщуються вниз, це означає, що зменшується товщина шару фарби на усіх ділянках тональної шкали. Наприклад, при коефіцієнті передачі  $\beta = 0,5$  товщина шару фарби на світлих ділянках зменшується на 51%, а на темних — 28%. Отже, світлі ділянки зображення є більш чутливими до «старіння» декеля. Отож зношування декеля більше впливає на покриття світлих ділянок зображення, ніж темних.

Отже, аналіз коротких фарбодрукарських систем значно відрізняється від аналізу традиційних об'єктів і систем, що обумовлено їх призначенням — відтворювати поліграфічну текстову інформацію і зображення та психофізичними чинниками зорового сприйняття, тому проблема аналізу і побудови статичної характеристики покриття тонального зображення є актуальною. Особливість фарбодрукарських систем полягає в тому, що вона має підтримувати задану товщину шару фарби на відбитку при великому діапазоні тону зображення на різних ділянках аркуша. Опрацьована модель фарбодрукарської



системи за умови відтворення ліній растрової тональної шкали і побудовано симулятор для аналізу і візуалізації статистичних характеристик покриття. За результатами комп'ютерного симулювання встановлено, що природня характеристика покриття короткої фарбодрукарської системи є спадною, при відтворенні світлих ділянок тональної шкали товщина шару фарби на растрових друкувальних елементах відбитка збільшується до + 20 %, поступово зменшується в тінях до - 20 %. Коротка фарбодрукарська система має нерівномірну чутливість відносно зношування декаля, наприклад, при зменшенні коефіцієнта передачі декаля  $\beta$  від 0,8 до 0,5 товщина шару фарби на світлих ділянках зменшується на 51 %, а на темних на 28 %. Рівномірність покриття відбитка тональної шкали в короткій фарбодрукарській системі, на порядок вища, ніж у традиційних, що є їх перевагою. Запропоновано модель і побудовано симулятор, що може бути використано для аналізу коротких фарбодрукарських систем та практичних застосувань у виробничих умовах.

1. Барановський І. В. Поліграфічна переробка образотвірної інформації / І. В. Барановський, Ю. П. Яхимович. — К.; Львів : ІЗМН, 1998. — 400 с. 2. Величко О. М. Опрацювання інформаційного потоку взаємодією елементів друкарського контакту: моногр. / О. М. Величко. — К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. — 264 с. 3. Верхола М. І. Основні засади та сутність розкочування фарби у фарбових системах / М. І. Верхола, М. М. Луцків // Комп'ютерні технології друкарства. — 2004. — № 12. — С. 14–25. 4. Верхола М. І. Сигнальний граф процесу розкочування фарби / М. І. Верхола, М. М. Луцків // Вісник ДУ «Львівська політехніка». — 1988. — Т. 2. — С. 348–353. 5. Гультяев А. К. MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде WINDOWS: прак. пособие / А. К. Гультяев. — СПб.: Корона принт, 1999. — 282 с. 6. Луцків М. М. Статичні характеристики фарбових апаратів з анілоксовим валом / М. М. Луцків, К. Стемпень // Комп'ютерні технології друкарства. — 2002. — № 7. — С. 27–34. 7. Мельник С. І. Офсетний друк / С. І. Мельник, С. М. Ярема. — К. : Укр НДІ СВД: Ха Гар, 2000. — 467 с. 8. Ярема С. М. Флексографія / С. М. Ярема — К. : Лебідь, 1988. — 310 с. 9. Ciupalski S. Maszyny offsetowe zwojowe / S. Ciupalski. — Warszawa : OW Politechniki Wurszawskiej, 2000. — 274 с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПОСТРОЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОКРЫТИЯ ТОНАЛЬНОЙ ШКАЛЫ В КОРОТКОЙ ПЕЧАТНОЙ СИСТЕМЕ

*Рассматривается задача моделирования и построения статистической характеристики покрытия изображения краской линейной тональной шкалы в печатной системе с анилоксовым краскоживильным устройством, приведены результаты компьютерной симуляции.*

## DESIGN AND CONSTRUCTION OF DESCRIPTION OF COVERAGE OF VOICE-FREQUENCY SCALE IN SHORT FARBODRUKARSKIY TO SYSTEM

*The task of modeling and construction of statistical characteristics coating images by ink of linear tone scale in the ink printing system with anilox ink device is considered, the results of computer simulating are represented.*

*Стаття надійшла 14.04.10.*