

УДК 655.326.1

М. М. Луцків, К. Стемпень

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ РАСТРОВИХ КОМІРОК АНІЛОКСОВОГО ВАЛА

Запропоновано новий підхід до визначення ступеня забруднення растрових комірок й анілоксового вала на підставі інтегрування функції профілю растрової комірки та її забруднення. Наведено результати комп'ютерного симулювання.

New approach calculation is offered degrees contamination of raster barns and anilox billow on the basis of integration function type of raster barn and its contamination. The results of computer simulation are resulted.

Растрові вали, або так звані растрові циліндри, широко застосовують у флексографії для дозованої подачі фарби на друкарську форму. В останні роки європейські й американські фірми почали вдосконалювати конструкцію фарбових апаратів офсетних машин з подаванням фарби у фарбову систему анілоксовим валом [2, 10]. Їх також почали застосовувати для нанесення різного роду покриттів (клеєвих, лакованих тощо) [7]. Поверхня анілоксового вала містить дрібні однакової геометрії і рівномірно розміщені заглиблення (комірки), що мають растрову структуру. Комірки в ракельній коморі заповнюються дозованою кількістю фарби, яка безпосередньо передається на флексографічну форму або накочувальний валик фарбового апарата офсетної машини.

Растрові комірки залежно від призначення і типу друкованої продукції мають різні структуру, форму і розміри. Для цього розроблено різні технології виготовлення анілоксових валів, які дозволяють продукувати вали з відповідними параметрами та властивостями. Основними параметрами анілоксових валів є лініатура растра [л/н/см]; ємність [см³/м²]; геометричні розміри, зокрема, глибина растрової комірки.

Зауважимо, що в процесі експлуатації фарбового апарата тільки один з названих параметрів (лініатура) є сталим. Значення інших параметрів змінні в часі і залежать від технології і процесу друкування. Однією з головних причин зміни є забруднення растрової комірки, тому дійсна ємність анілоксового вала менша, ніж подана в паспортних даних. Комірки швидко забруднюються, тому їх чистять не менше одного разу за зміну [6 — 9].

Забруднення растрових комірок спричиняє зменшення оптичної щільності відбитків, оскільки зменшується дійсний об'єм комірки, що викликає скорочення кількості фарби, передаваної на задруковуваний матеріал.

Визначення ступеня забруднення растрової комірки та анілоксового вала здійснюється різними методами за допомогою приладів і є неточним [9, 10]. Такі вимірювання проводять для контролю забруднення і наступного очищення. Питання забруднення растрових комірок мало вивчене, що зумовлено труднощами математичного описання растрової комірки та її забруднення. Це унеможливорює аналіз і оптимальний вибір параметрів растрової комірки на стадії проектування й вибір ємності анілоксового вала для заданого накладу, що може призвести до перевитрат фарби і погіршення якості відбитків. Для вирішення цієї проблеми потрібно побудувати модель забруднення растрової комірки і розробити засоби для аналізу та комп'ютерного симулювання.

Широкий діапазон застосування анілоксових валів ставить відповідні вимоги до їх параметрів. Наприклад, для клеїв лініатура становить 10 — 18 лін/см, для подачі фарби у фарбових апаратах друкарських машин — 60 — 600 лін/см [2, 6, 7]. З урахуванням цього розроблено різні технології виготовлення [7, 8]. Для низької лініатури (60 — 40) лін/см застосовуються хромові вали, виконані механічним гравіруванням і покриті хромом. Для лініатури більше 140 лін/см застосовують керамічні вали, виготовлені методом лазерного гравірування (багаторазового випалювання) й покриті керамікою.

Сучасна техніка і методи виготовлення анілоксових валів дозволяють формувати комірки різних форм і забезпечують високу ступінь гладкості. Саме гладкість дна і стінок зменшує забруднення. При експлуатації фарбових апаратів з анілоксовим валом спостерігається забруднення комірок із-за послідовного нагромадження частинок пігменту фарби та паперового пилу, який із задрукуваної стрічки передається на розщеплений шар фарби, що залишається на друкувальних елементах, створюючи забруднення зворотного потоку фарби, і попадає на растрові комірки анілоксового вала. Це явище негативно впливає на процес друкування, тому що зменшується дійсна ємність анілоксового вала, а через це і товщина шару фарби, яка передається на задруковувану стрічку, що знижує оптичну щільність відбитків. Тому анілоксові вали вимагають періодичного очищення.

Ступінь забруднення комірок залежить від параметрів анілоксового вала і багатьох чинників технологічного процесу друкування, а також від часу роботи фарбового апарата друкарської машини й геометричної форми самих комірок (за різними даними може складати від 20 до 40% [7 — 9]). У цьому зв'язку впливає проблема періодичного контролю дійсної ємності вала за допомогою існуючих методів вимірювання та приладів.

Для огляду поверхні анілоксового вала використовують лупи і мікроскопи із збільшенням у 30 — 400 разів. За інтенсивністю відтінку поверхні комірки оцінюють ступінь забруднення. Але така оцінка є суб'єктивною і неточною, тому її застосовують для визначення якості очищення анілоксового вала. В електронному мікроскопі за допомогою матриць CCD зображення комірки вводять у комп'ютер. Відповідна програма

обробляє зображення комірки і виводить такі параметри: глибину і ширину комірки, ширину порога. Точність вимірювання глибини комірки складає 5 — 10% і більше. Найбільш простим і популярним способом вимірювання об'єму растрової комірки є застосування краплі спеціальної рідини, що розтирається на обмеженій поверхні анілоксового вала, площу якої вимірюють площоміром. На підставі певних таблиць визначають об'єм растрової комірки та ємність анілоксового вала з точністю до 10%. Цей спосіб застосовують для контролю якості очищення анілоксового вала у виробничих умовах.

Малі розміри растрових комірок затрудняють визначення параметрів і ступеня забруднення. Існуючі прилади вимірюють ті чи інші параметри з точністю 5 — 10% і більше, що обмежує їх можливості. У більшості випадків вони служать для контролю забруднення анілоксового вала з метою їх наступного очищення.

У сучасній літературі відсутні адекватні методи математичного опису форми растрових комірок і розрахунку об'єму комірки та ємності анілоксового вала. У роботах [3, 4] запропоновано математичну модель растрової комірки у вигляді функції профілю, що описує криву осьового перерізу поверхні растрової комірки, і новий підхід до обчислення об'єму растрової комірки та ємності анілоксового вала на підставі подвійного інтегрування функції профілю.

Відсутність математичної моделі забруднення анілоксового вала унеможливує аналіз впливу його параметрів (лініатури, глибини і форми растрової комірки) на ступінь забруднення. Тому важко вибрати оптимальні параметри щодо забруднення на стадії конструювання анілоксових валів, що стримує подальше їх застосування. Отже, моделювання забруднення растрових комірок анілоксового вала є актуальним завданням.

Робота виконана в рамках дослідного проекту Міністерства науки і інформації RP nr 3 TO8E 06528.

При експлуатації анілоксового вала відбувається забруднення растрових комірок у процесі друкування. Негативом цього явища є зменшення ємності вала, що призводить до зменшення подачі фарби на друкарську форму й товщини шару фарби на відбитках, до погіршення якості.

Для визначення забруднення растрової комірки можна прийняти різні версії, які приводять до зміни профілю перерізу комірки і зменшення об'єму. Припустимо, що забруднювальні частинки осідають в основному на дні комірки у вигляді рівномірного шару, а товщина забруднення її стінок плавно зменшується від дна до перерізу комірки. Спочатку потрібно розрахувати номінальний об'єм і об'єм забрудненої комірки. Тоді ступінь забруднення растрової комірки визначимо залежністю

$$s_{\kappa} = \frac{V_{\kappa} - V_{\kappa z}}{V_{\kappa}}, \quad (1)$$

де V_k, V_{kz} — відповідно номінальне значення об'єму комірки та об'єм забрудненої комірки.

Для визначення об'єму растрової комірки анілоксового вала використаємо результат роботи [5] й опишемо її тривимірною функцією, що описує тіло растрової комірки, яка в загальному вигляді подана як функція геометричних параметрів

$$Z = F(x, y, L, a, h), \quad (2)$$

де $F(x, y, L, a, h)$ — деяка нелінійна функція; x, y — просторові зміни (координати); L — лініатура растра (кількість комірок на одиницю довжини); a — ширина основи комірки; h — глибина.

Об'єм комірки як тіла обертання визначається шляхом підсумовування елементарних об'ємів перерізу цього тіла площиною, перпендикулярною до осі ox [4]. Границя цієї суми при $\Delta x \rightarrow 0$ буде об'ємом тіла комірки. Інтегральна сума для площі перерізу комірки $Q(x)$ на інтервалі $0 \leq x \leq a$ існує і визначається інтегралом [5]

$$V_k = \int_0^a Q(x) dx. \quad (3)$$

Площу перерізу комірки $Q(x)$ можна визначити шляхом інтегрування функції профілю, що описує форму кривої осьового вертикального перерізу поверхні растрової комірки, яку за аналогією [5] подамо як

$$Z = \frac{h}{\sqrt{1 + v^r g^r}} \quad (4)$$

де h — номінальна глибина комірки; v — просторова стала (довільне додатне число); g — просторова змінна; r — показник степеня (ціле додатне число), що характеризує крутизну стінки комірки.

Просторова змінна задається виразом

$$g = \begin{cases} 0 & \text{для } 0 \leq x \leq l \\ Ax & \text{для } 0 \leq x \leq \frac{l}{2} \\ A \frac{x^2}{2} - x \frac{A}{2} & \text{для } \frac{l}{2} \leq x \leq l, \end{cases} \quad (5)$$

де $l = \frac{1}{L}$ — крок растра (відстань між геометричними осями суміжних комірок); A — максимальна амплітуда просторової змінної.

Зауважимо, що графік просторової змінної $g(x)$ – це трикутний імпульс, основа якого дорівнює кроку растра l з амплітудою A і є обмеженою на інтервалі функцією. Задаючи ширину основи трикутника, можна формувати профіль растрової комірки необхідної лініатури. Вибираючи амплітуду A трикутного імпульсу і показник степеня r , можна змінювати нахил бокових стінок комірки. Товщину бокової стінки задають вибором просторової сталої.

Вибравши потрібну функцію профілю растрової комірки, визначимо площу перерізу $Q(x)$ шляхом інтегрування функції профілю растрової комірки:

$$Q(x) = \int_a^a \frac{1}{\sqrt{1+v^r g^r}} \dot{u} dy. \quad (6)$$

На підставі залежності (3) знайдемо об'єм растрової комірки:

$$V_k = \int_0^a \int_0^a \frac{1}{\sqrt{1+v^r g^r}} \dot{u} dy dx. \quad (7)$$

Отже, об'єм растрової комірки визначається шляхом подвійного інтегрування функції профілю растрової комірки.

Для визначення ступеня забруднення растрової комірки згідно з виразами (1) та (7) потрібно мати функції профілю вихідної незабрудненої комірки та профілю забрудненої комірки. Функцію профілю вихідної комірки можна знайти за допомогою виразу (4) за номінальними параметрами вихідної растрової комірки анілоксового вала, а функцію профілю забрудненої комірки – також за виразом (4) за номінальними параметрами комірки і прийнятої версії забруднення.

Для практичного застосування запропонованого підходу опрацьовано симулятор для побудови профілю растрової комірки, її візуалізації та визначення ступеня забруднення. Використано популярний пакет MATLAB — Simulink [1]. На підставі функції профілю растрової комірки (4), виразу просторової змінної (5), об'єму растрової комірки (7) з операційних блоків бібліотеки Simulink побудовано симулятор ступеня забруднення растрових комірок анілоксового вала (рис. 1).

З лівого боку схеми з операційних блоків Puls Generator, Const і Trans Fcn складено схему, що генерує просторову змінну (5) для заданої лініатури растра. В операційному блоці Fcn складено підпрограму, яка визначає функцію профілю комірки згідно з виразом (4). Блок Scope служить для

візуалізації функції профілю. Блоки подвійного інтегрування $\frac{a^2}{e^s} \frac{0}{s}$ призначені для обчислення об'єму растрової комірки відповідно до виразу (7). Блок Display використовується для індикації об'єму комірок. На блоках підсумовування Sum визначається різниця номінального і забрудненого об'єму комірки, а на блоці множення (ділення) Produkt — ступінь забруднення комірок, що відображається на індикаторі. Симулятор паралельно генерує чотири профілі растрових комірок з різним ступенем забруднення. Четвертий профіль є номінальним профілем комірки. Наступні профілі — це профілі забруднених комірок. Візуалізація профілів здійснюється на блоці Scope, а ступінь забруднення — на індикаторі. Одночасно виконується індикація об'ємів комірок, що створює зручність для практичного застосування.

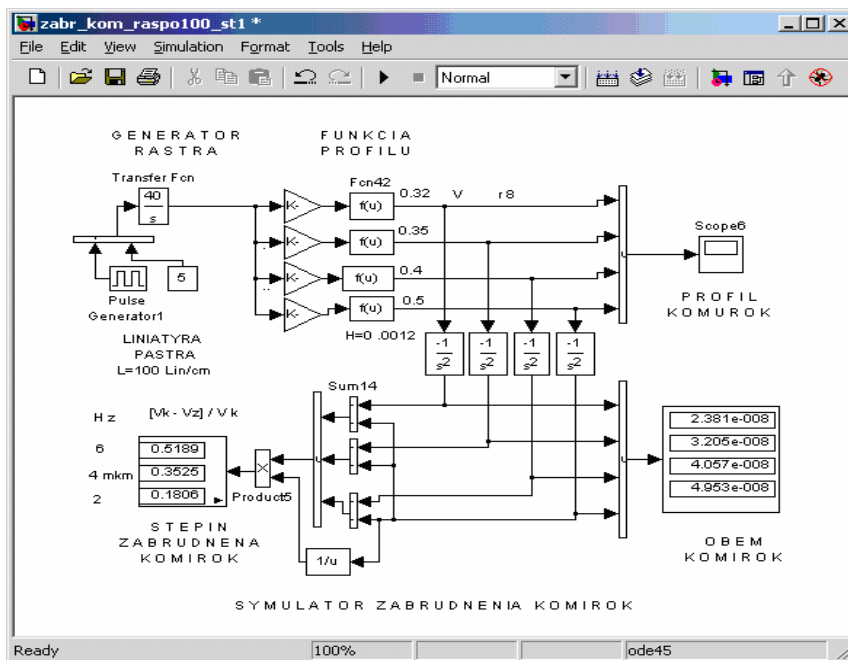


Рис. 1. Вікно симулятора ступеня забруднення растрових комірок анілоксового вала

Метою комп'ютерного симулювання було ілюстрування запропонованого підходу і визначення ступеня забруднення растрових комірок для певних версій забруднення.

На підставі збудованого симулятора у вікні Simulink (рис.1) здійснено комп'ютерне симулювання забруднення растрових комірок для лініатури растра $L=100$ лін/см. Результати симулювання подано на рис. 2.

Для наочності забруднення комірки виділено темним шаром. Нижній профіль комірки є номінальним незабрудненої комірки. При симулюванні

задавали такі параметри функції профілю: амплітуда просторової змінної $A=40$; показник ступеня $r=8$; номінальна глибина комірки $h=12$ мкм; товщина забруднення дна 2 мкм. У результаті симулювання одержали: номінальний об'єм растрової комірки $V_k = 5.82e-0,08$ см³; об'єм забрудненої комірки $V_{кз} = 4.158e008$ см³; ступінь забруднення комірки $s=0.1821$. Отже, при забрудненні дна комірки всього на 2 мкм ступінь забруднення складає 0.1821, що, безумовно, зменшує подачу фарби з комірки на друкарську форму і погіршує якість відбитка.

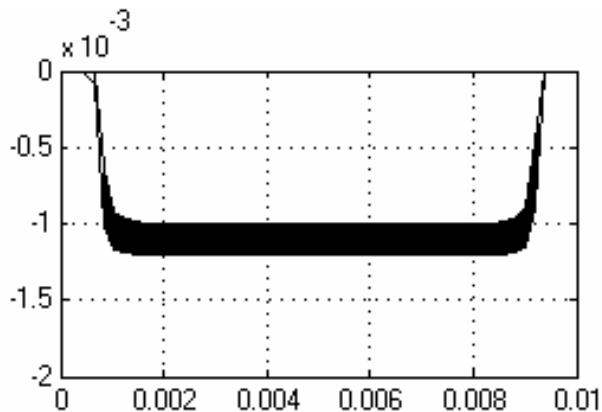


Рис. 2. Забруднення растрової комірки

Наступну серію результатів симулювання при аналогічних параметрах функції профілю растрової комірки подано на рис. 3 у вигляді чотирьох профілів забруднених комірок з лініатурою 100 лін/см.

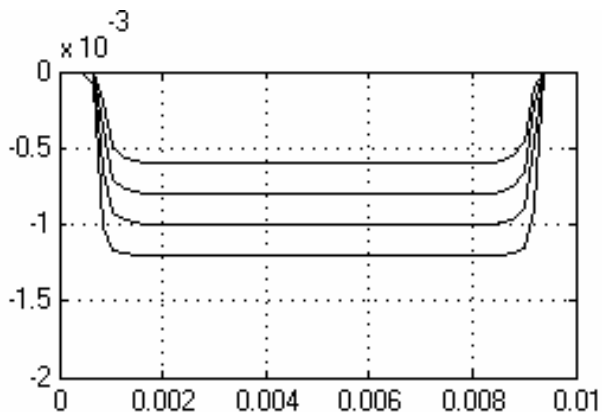


Рис. 3. Профілі забруднення растрових комірок

Нижній профіль є профілем незабрудненої растрової комірки, наступні відповідають забрудненим коміркам.

Результати розрахунку забруднення растрових комірок різної лініатури наведено в таблиці.

Лініатура, лін/см	Товщина шару забрудненої комірки, мкм	Об'єм комірки V_k е-0,08, см ³	Ступінь забруднення комірки s, -
100	0	12,39	-
	4	10,73	0,133
	7	9,495	0,2333
	10	8,257	0,3333
200	0	3,096	-
	4	2,684	0,133
	7	2,376	0,2333
	10	2,064	0,3333
400	0	0,8064	-
	4	0,6985	0,133
	7	0,6183	0,2333
	10	0,5376	0,3333

Як бачимо, при однакових параметрах функції профілю растрових комірок і версії забруднення зі збільшенням товщини забрудненого шару дна комірки ступінь забруднення зростає незалежно від лініатури растра. Незалежність ступеня забруднення растрової комірки від лініатури пояснюється тим, що при збільшенні лініатури зменшуються геометричні розміри комірки, а значить, і об'єм комірки. Натомість об'єм забрудненої комірки дуже залежить від лініатури растра і змінюється в межах від 12,39 до 0,5376 см³, що негативно впливає на якість відбитків.

1. Гуляев А.К. MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде WINDOWS: Практическое пособие. СПб., 1999. 2. Ласкин и др. Computer – to – Plate для флексографии: ключевые аспекты технологии. М., 2001. 3. Луцків М., Стемпень К. Описання форми та оцінювання параметрів растрової комірки анілоксового вала // Комп'ютерні технології друкарства: Зб. наук. пр., Львів, 2006. №15. С.16 — 35. 4. Луцків М., Стемпень К. Інтегральні оцінки параметрів растрового вала // Кваліологія книги: Зб. наук. пр., Львів, 2006. 5. Луцків М., Стемпень К. Визначення обсягу растрової комірки та місткості анілоксового вала // Комп'ютерні технології друкарства: Зб. наук. пр., Львів, 2006. №16. 6. Ярема С.М. Флексографія: обладнання, технологія. К., 1998. 7. Materialy firmy Apex (BARMEX). Seminarium Poligraficzne IPiP politechniki Lodzkiej. 01. 2006. 8. Podrecznik Fleksografii. Zrzeszenie Polskich fleksografow. Warszawa, 1998. 9. Flexography: Princips Practices, 5th edition FTA, Foundation of Flexographis Technical Association, USA, 2003. 10. Ciupalski, Maszyny offsetowe zwejowe. Oficyna wydawnicza PW. Warszawa, 2004.