

УДК 004.942:681.625.23

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПОСЛІДОВНО-ПАРАЛЕЛЬНОЇ ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ ЗІ ЗВОЛОЖЕННЯМ

О. Є. Бабич

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

*У результаті проведеного аналізу наукових праць встановлено, що усі дослідження, пов'язані із роллю зволоження в офсетному друці, стосуються хімічного складу розчину або типу зволожувального апарату і мають суто експериментальний характер. Тому на сьогодні немає ґрунтового математичного опису процесу передачі зволожувального розчину у фарбодрукарську систему та його взаємодії з фарбою.*

*Для вирішення цієї задачі розроблено математичну модель, яка відображає процес розподілу і передачі фарби елементами усієї фарбодрукарської системи включно із зволожувальною підсистемою від фарбоживильного пристрою до матеріалу, що задруковується. А також ця модель описує процес передачі зволожувального розчину від його джерела до друкарської форми і подальше його переміщення до фарбоживильного пристрою та поверхню офсетного циліндра на вихід системи до відбитків.*

*Запропоновану модель можна використовувати для дослідження процесу забезпечення оптимального балансу фарба – зволожувальний розчин, від якого безпосередньо залежить якість друкованої продукції.*

**Ключові слова:** *офсетний друк, математична модель, фарбодрукарська система, зволожувальна підсистема, друкарські відбитки.*

**Постановка проблеми.** Офсетний друк є ефективною технологією, яка широко використовується в поліграфічній галузі через те, що дає можливість тиражувати великі обсяги друкованої продукції з достатньо високою якістю.

Особливість цієї технології полягає в тому, що друкувальні та пробільні елементи розміщені в одній площині. Зображення створюється за допомогою хімічних або лазерних методів на поверхні алюмінієвої пластини, яка після відповідного оброблення перетворюється в друкарську форму. Друкувальні елементи форми набувають гідрофобних властивостей, а пробільні — гідрофільних. Частина фарби з поверхні друкувальних елементів відбирається офсетним полотном і передається на папір або інший матеріал, що задруковується. Отже, у процесі друкування на поверхню форми передається не тільки фарба, а й зволожувальний розчин. Водночас потрібно зазначити, що друкарська форма під час обертання спочатку контактує зі зволожувальним розчином, а після цього з фарбовими накочувальними валиками.

Якість відбитків, отриманих під час застосування офсетного способу друку, безпосередньо залежить не тільки від товщини і рівномірності шару фарби, що передається на друкувальні елементи форми, а й від кількості зволожувального розчину.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Зволоження допомагає отримати чистими пробільні елементи на поверхні друкарської форми, що запобігає виникненню сірих полів чи плям на відбитках. Правильне зволоження забезпечує високу роздільну здатність та чіткість образу, особливо під час відтворення дрібних деталей та тексту. Зволоження також впливає на рівень вологості паперу, а отже, на подальші етапи оброблення відбитків. З аналізу доступних в інформаційному просторі публікацій можна стверджувати, що процес передачі і розподілу фарби у фарбодрукарських системах офсетного типу на сьогодні ґрунтовно математично описаний. Цей вклад у розвиток методів математичного модулювання таких систем зробили науковці кафедри АКТ Української академії друкарства.

Публікації [1, 2, 3] пов'язані з розробленням інформаційної технології автоматичного визначення параметрів фарбодрукарських систем на основі їх математичних моделей, які враховують структуру, геометричні розміри, технологічні параметри та процеси розподілу і передачі фарби в таких системах. Що стосується зволоження, то в наукових працях, присвячених цій тематиці, подаються зазвичай результати впливу хімічного складу зволожувального розчину, тобто рН, на поверхневий натяг розчину, а отже, на його здатність утримуватися на поверхні форми. Так, на підставі проведених досліджень [4] встановлено, що найкращі результати друку було отримано із зволожувальним розчином у діапазоні значень рН 4,8 – 5,55.

У праці [5] наведено результати дослідження впливу магнітної обробки та антимікробних добавок на електропровідність і рН зволожувального розчину.

У статті [6] подано результати експериментальних досліджень впливу різних типів зволожувальних систем на якість відбитків, отриманих під час застосування офсетної технології друку.

У публікації [7] представлено графічну залежність оптимального співвідношення фарба – зволожувальний розчин від товщини фарби на друкувальних елементах форми. З матеріалів цієї статті незрозуміло, як отримано таку залежність.

Практично усі публікації, пов'язані з темою зволоження в офсетному друці, ґрунтуються на експериментальних дослідженнях і лише в декількох з них продемонстровано намагання математичного опису процесу взаємодії зволожувального розчину з фарбою. Так, у працях [8, 9] описується поведінка емульсії фарба – вода з погляду математичних запізень, враховуючи факт стохастичності виходу фарбодрукарської системи на оптимальний баланс фарба – вода. Друкувальний елемент розглядається як ємність, заповнена воднофарбовою емульсією. Потік такої емульсії пропонується описувати за допомогою формули Остроградського-Гауса, параметр дивергенції показує густину потоку в полі окремого друкувального елемента, яке обмежене поверхнями знизу і зверху на неперервно диференційованій вектор – функції, що має бути визначеною саме в цій точці поля. За допомогою

поток векторного поля з використанням теорії математичних запізнень описується передача фарбоводяної емульсії з друкарської форми на офсетне полотно, а після цього на відбиток.

Така математична модель не описує процес розподілу і передачі фарби від фарбоживильного пристрою і зволожуючого розчину від джерела його подачі до друкарської форми. Окрім того, запропонований математичний опис процесу формування необхідного балансу фарба – зволожувальний розчин не враховує структуру, геометричні розміри та режими роботи компонентів фарбодрукарської системи. Тому його неможна використати для комп'ютерного моделювання таких систем.

**Мета статті** — розроблення математичної моделі фарбодрукарської системи офсетного типу зі зволожувальною підсистемою, що адекватно відображає процес переміщення фарби і зволожувального розчину від джерел їх живлення до друкарських відбитків.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Процес розроблення математичної моделі демонструємо на прикладі однопотокової фарбодрукарської системи, схема якої подана на рис. 1.

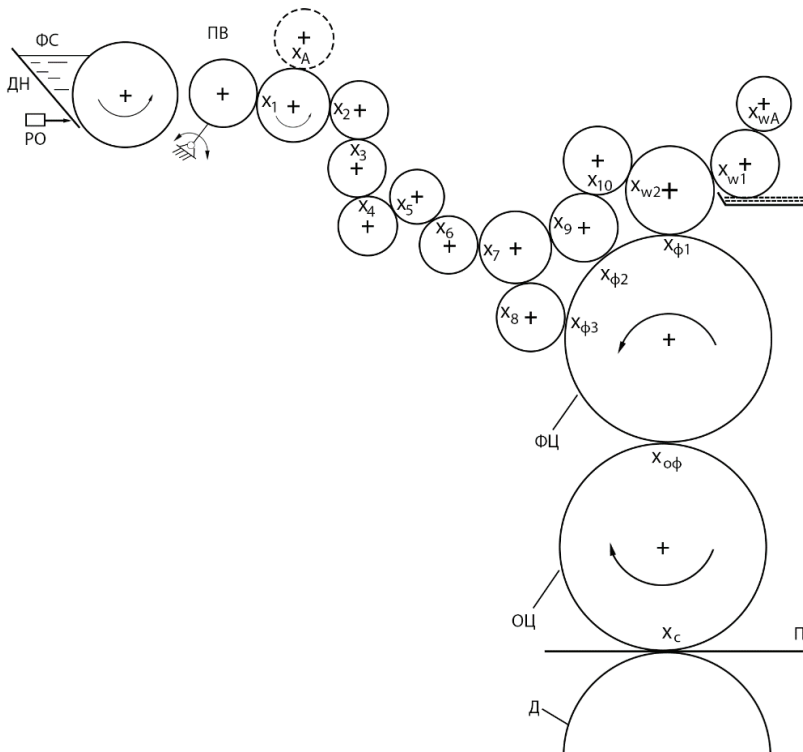


Рис. 1. Схема фарбодрукарської системи зі зволожувальною підсистемою

Офсетний друк забезпечується системою двох рідин фарби і зволожувального розчину, які потребують постійного контролю та балансування у зв'язку із фізико-хімічними особливостями процесу. Зволожувальний розчин змочує ділянки

друкарської форми без зображення та наноситься на усю форму. Фарба до поверхні друкарської форми транспортується фарбовою підсистемою, до складу якої входять фарбоживильний пристрій та набір фарбових валиків і циліндрів.

Загальна подача фарби регулюється величиною кута повороту дукторного циліндра, а товщина зональної подачі фарби задається регулювальними формулами РО, в якості яких можуть використовуватися гвинти або кулачкові механізми. Передавальний валик ПВ, здійснюючи коливальні рухи, циклічно забирає фарбу з поверхні дукторного циліндра ДЦ і передає її до розтирального циліндра 1, який контактує з розкочувальним валиком 2 і акумулюючим А. Від валика 2 фарба транспортується поверхнями валиків 3–6 під час їх обертання до циліндра 7, який контактує з двома накочувальними валиками 8 і 9. Валик 10 з'єднує фарбову підсистему зі зволожуваною, до складу якої входять зволожувальний валик W2, дуктор W1, піддон зі зволожувальною рідиною ПД та дозувальний валик WA.

Зволожувальний розчин подається з піддона дуктором W1, який має індивідуальний привід до накочувального валика 2. Дуктор також взаємодіє з дозувальним валиком WA. Зміною величини зони їх контакту регулюється товщина шару подачі зволожувального розчину.

У зонах контакту накочувальних валиків 8 і 9 з друкарською формою і валиків W2 і 10 відбувається взаємодія фарби зі зволожувальним розчином, внаслідок чого на поверхні фарби утворюється емульсія. Ця емульсія наноситься на друкувальні елементи форми, яка закріплена на формному циліндрі ФЦ, і поверхнею офсетного циліндра ОЦ передається на папір П, тиражуючи друковані відбитки.

Для побудови математичної моделі приймаємо такі допущення: вхідними величинами вважаємо параметри загальної і зональної подачі фарби; геометричні розміри валиків і циліндрів, а конкретно довжини дуг їх поверхонь між точками контакту; параметри друкарської форми; коефіцієнти розчеплення фарби в зонах контакту елементів фарбодрукарської системи; проміжні змінні — це товщини прямих і зворотних потоків фарби на поверхні валиків і циліндрів та товщини фарби в зонах їх контактів; вихідні змінні — товщини фарби, які передаються на поверхню друкарських відбитків; вважаємо, що лінійні швидкості поверхонь валиків і циліндрів рівні між собою; впливом тиску на процес розподілу фарби в зонах їх контактів нехтуємо; довжини кіл валиків і циліндрів фарбової і зволожувальної підсистем ділимо на ціле число умовних одиниць; час, за який фарба або зволожувальний розчин переміщуються поверхнями фарбодрукарської системи на 1 мм, становить одну відносну одиницю; період подачі фарби фарбоживильним пристроєм кратний циклу роботи фарбодрукарської системи.

На підставі результатів наукових праць [10, 11, 12, 13] та схеми поданої на рис. 1 складаємо систему рівнянь, яка описує взаємозв'язок між вхідними, проміжними та вихідними змінними, що відображають процес циркулювання мікропотоків фарби у фарбодрукарській системі офсетного типу.

$$h_d(z) = P_d(z)h_{so}(z); l_d(z) = R_d(z)x_n(z);$$

$$x_n(z) = h_d(z) + R_n(z)P_{sc}(z)P_n(z)x_n(z) + [R_n(z)R_{n1}(z) + R_{dn}(z)R_n^*(z)]x_z(z);$$

$$h_n(z) = [P_{1n}(z)P_n(z) + P_n^*(z)P_{nd}(z)]x_n(z) + P_n^*(z)P_p(z)R_n^*(z)x_1(z);$$

$$\begin{aligned}
x_1(z) &= [P_{1n}(z)P_n(z) + P_n^*(z)P_{nd}(z)]x_n(z) + P_n^*(z)P_p(z)R_n^*(z)x_1(z) + R_{1,2}(z)x_A(z); \\
h_1(z) &= [P_p(z)\alpha_1 + P_p(z)]x_1(z); \\
l_n(z) &= [R_n(z)P_{nc}(z)P_n(z)x_n(z) + [R_n(z)R_{n1}(z) + R_{dn}(z)R_n^*(z)]x_1(z); \\
x_2(z) &= P_1(z)x_1(z) + R_2(z)x_3(z); \\
h_2(z) &= P_2(z)x_2(z); l_{1,1}(z) = R_{1,1}(z)x_2(z); \\
x_A(z) &= R_{1,1}(z)x_2(z) + P_A(z)x_A(z); \\
h_A(z) &= P_A(z)x_A(z); l_{1,2}(z) = R_{1,2}(z)x_A(z); \\
x_3(z) &= P_2(z)x_2(z) + R_3(z)x_4(z); \\
h_3(z) &= P_3(z)x_3(z); l_2(z) = R_2(z)x_3(z); \\
x_4(z) &= P_3(z)x_3(z) + R_4(z)x_5(z); \\
h_4(z) &= P_4(z)x_4(z); l_3(z) = R_3(z)x_4(z); \\
x_5(z) &= P_4(z)x_4(z) + R_5(z)x_6(z); \\
h_5(z) &= P_5(z)x_5(z); l_4(z) = R_4(z)x_5(z); \\
x_6(z) &= P_5(z)x_5(z) + R_6(z)x_7(z); \\
h_6(z) &= P_6(z)x_6(z); l_5(z) = R_5(z)x_6(z); \\
x_7(z) &= P_6(z)x_6(z) + R_{7,2}(z)x_9(z); \\
h_7(z) &= P_7(z)x_7(z); l_6(z) = R_6(z)x_7(z); \\
x_8(z) &= P_7(z)x_7(z) + R_8(z)x_{\phi_3}(z); \\
h_8(z) &= P_8(z)x_8(z); l_{7,1}(z) = R_{7,1}(z)x_8(z); \\
x_9(z) &= P_{7,1}(z)x_8(z) + R_{9,2}(z)x_{\phi_2}(z); \\
h_9(z) &= P_9(z)x_9(z); l_{7,2}(z) = R_{7,2}(z)x_9(z); \\
x_{10}(z) &= P_9(z)x_9(z) + R_{10}(z)x_{w_2}(z); \\
h_{10}(z) &= P_{10}(z)x_{10}(z); l_{9,1}(z) = R_{9,1}(z)x_{10}(z); \\
x_{w_2}(z) &= P_{10}(z)x_{10}(z) + R_{w_2}(z)x_{\phi_1}(z); \\
h_{w_2,1}(z) &= P_{w_2,1}(z)x_{w_2}(z); l_{10}(z) = R_{10}(z)x_{w_2}(z); \\
x_{w_1}(z) &= P_{w_2,1}(z)x_{10}(z) + R_{w_1}(z)x_{w_A}(z); \\
h_{w_2,2}(z) &= P_{w_2,2}(z)x_{w_1}(z); l_{w_1}(z) = R_{w_1}(z)x_{w_1}(z); \\
x_{w_A}(z) &= R_{w_1}(z)x_{w_1}(z) + R_{w_A}(z)x_{w_A}(z) + h_w(z); \\
h_{w_A}(z) &= P_{w_A}(z)x_{w_A}(z); \\
x_{\phi_1}(z) &= P_{w_2,2}(z)x_{w_1}(z) + R_{\phi}(z)x_{o\phi}(z); \\
h_{\phi_1}(z) &= P_{\phi_1}(z)x_{\phi_1}(z); l_{w_2}(z) = R_{w_2}(z)x_{\phi_1}(z); \\
x_{\phi_2}(z) &= R_{9,1}(z)x_{10}(z) + P_{\phi_1}(z)x_{\phi_1}(z); \\
h_{\phi_2}(z) &= P_{\phi_2}(z)x_{\phi_2}(z); l_{9,2}(z) = R_{9,2}(z)x_{\phi_2}(z); \\
x_{\phi_3}(z) &= P_8(z)x_8(z) + P_{\phi_2}(z)x_{\phi_2}(z); \\
h_{\phi_3}(z) &= P_{\phi_3}(z)x_{\phi_3}(z); l_8(z) = R_8(z)x_{\phi_3}(z); \\
x_{o\phi}(z) &= P_{\phi_3}(z)x_{\phi_3}(z) + R_{o\phi}(z)x_c(z); \\
h_{o\phi}(z) &= P_{o\phi}(z)x_{o\phi}(z); l_{\phi}(z) = R_{\phi}(z)x_{o\phi}(z); \\
x_c(z) &= h_{o\phi}(z) = P_c(z)x_c(z); h_c(z) = P_c(z)x_c(z),
\end{aligned} \tag{1}$$

де  $x_n(z), x_1(z), x_2(z), \dots, x_{10}(z) - z$  — зображення товщин потоків фарби в місцях контакту елементів фарбодрукарської системи;  $h_n(z), h_1(z), h_2(z), \dots, h_{10}(z), h_{оф}(z)$  — товщин прямих та зворотних  $l_n(z), l_1(z), l_2(z), \dots, l_{10}(z), l_{оф}(z)$  потоків фарби на поверхнях валиків і циліндрів;  $x_{w1}(z), x_{wA}(z), x_{w2}(z) - z$  — зображення товщин потоків фарбової емульсії в місцях контакту валиків і циліндрів зволожувальної підсистеми;  $h_{wA}(z), h_{w1}(z), h_{w2}(z) - z$  — зображення прямих і  $l_{wA}(z), l_{w1}(z), l_{w2}(z)$  зворотних потоків фарбової емульсії, що передаються елементами зволожувальної підсистеми;  $x_{\phi1}(z), x_{\phi2}(z), x_{\phi3}(z) - z$  — зображення товщин потоків фарби в місцях контакту накочувальних валиків з друкарською формою;  $h_{\phi1}(z), h_{\phi2}(z), h_{\phi3}(z), l_{\phi}(z) - z$  — зображення товщин фарби на поверхні друкарської форми;  $x_{оф}(z), x_c(z) - z$  — зображення товщин потоків фарби в місцях контакту офсетного циліндра з формою та паперовими аркушами;  $h_{30}(z)$  — товщина фарби, що подається на вхід окремої зони фарбодрукарської системи;  $h_c(z)$  — товщина фарби на поверхні відбитка;  $P_d(z), R_d(z)$  — оператори передачі фарби поверхнею дукторного циліндра від фарбової скриньки до позиції його контакту з передавальним валиком у прямому і зворотному напрямках;  $P_n(z), R_n(z)$  — оператори передачі фарби поверхнею передавального валика під час його спільного руху з дукторним циліндром та першим валиком розкочувальної групи;  $P_n^*(z), R_n^*(z); P_{dn}(z), P_{1n}(z)$  — оператори передачі фарби, що враховують вистій передавального валика біля дукторного циліндра та переміщення до першого розкочувального валика;  $R_{n1}(z), R_{dn}(z)$  — оператори передачі фарби, які відображають переміщення передавального валика від розкочувального валика до дукторного циліндра;  $P_{ж}(z), P_p(z)$  — оператори, що задають тривалість спільного руху передавального валика з дукторним циліндром і першим розкочувальним валиком;  $P_n(z), P_1(z), P_2(z), \dots, P_{10}(z), P_{\phi1}(z)P_{\phi2}(z)P_{\phi3}(z)P_{оф}(z)$  — оператори передачі прямих та  $R_n^j(z), R_1^j(z), R_2^j(z), \dots, R_{10}^j(z), R_{\phi i}^j(z)R_{оф}^j(z)$  — зворотних потоків фарби на поверхні валиків і циліндрів.  $P_c^j(z)$  — оператор передачі фарби з офсетного циліндра на папір, що задруковується.

Оператори передачі фарби елементами фарбодрукарської системи в коловому напрямку на підставі публікації [14] можна подати так:

$$P_n(z) = \alpha^i z^{-P_i}; R_i(z) = \gamma_i z^{-r_i}; P_{\phi1}(z) = \alpha_{\phi1} F(z) z^{-P_{\phi1}};$$

$$P_{\phi2}(z) = \alpha_{\phi2} F(z) z^{-(P_{\phi1} + P_{\phi2})}; P_{\phi3}(z) = \alpha_{\phi3} F(z) z^{-(P_{\phi1} + P_{\phi2} + P_{\phi3})}; R_{\phi}(z) = \gamma_{оф} z^{-r_{\phi}};$$

$$P_{оф}(z) = \alpha_{оф} z^{-P_{оф}}; R_{оф}(z) = \gamma_{оф} z^{-r_{оф}}; P_c(z) = \beta;$$

де  $\alpha_i, \alpha_{\phi}, \alpha_{оф}$  — коефіцієнти передачі прямих та зворотних -  $\gamma_i, \gamma_{\phi}, \gamma_{оф}$  потоків фарби в місцях контакту елементів фарбодрукарської системи;  $i$  — позиція валиків і циліндрів на схемі моделі;  $F(z)$  — оператор передачі фарби друкарською формою;  $\beta$  — коефіцієнт передачі фарби з поверхні офсетного циліндра на папір;  $z^{-P_i}, z^{-r_i}, z^{-P_{\phi}}, z^{-r_{\phi}}, z^{-P_{оф}}, z^{-r_{оф}}$  — транспортні запізнення передачі фарби елементами фарбодрукарської системи в коловому напрямку.

**Висновки.** З проведеного аналізу наукових праць, пов'язаних з дослідженням офсетних друкарських машин, встановлено, що на сьогодні розроблено достатньо ефективні математичні моделі, що ґрунтовно описують процеси розподілу і передачі фарби у фарбодрукарських системах.

Виявлено, що математичний опис процесу передачі зволожувального розчину у фарбодрукарську систему та його взаємодії з фарбою практично відсутні.

Для вирішення цієї проблеми у цій статті запропоновано математичний опис процесу циркулювання фарби і зволожувального розчину у фарбодрукарській системі та їх взаємодії під час тиражування друкованих відбитків.

Запропонована математична модель є зручною для побудови симулятора фарбодрукарської системи в середовищі Mathlab-Simulink, який є потужним засобом дослідження таких систем.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Верхола М. І. Аналіз розподілу потоків фарби між виходом і входом фарбової системи при різних способах подачі фарби. Комп'ютерні технології друкарства. 2002. № 7. С. 13–27.
2. Верхола М. І., Гук І. Б., Пановик У. П. Аналіз розподілу фарби у послідовних фарбових системах з розтиральним циліндром за їх статичними моделями. Комп'ютерні технології друкарства. 2013. № 29. С. 27–42.
3. Верхола М. І. Статична модель і розподілення фарби у фарбових апаратах друкарських машин. САПР в машинобудуванні: проблеми навчання та впровадження : Матеріали 8-ї українсько-польської конференції. Львів, 2000. С. 81–85.
4. Aydemir Cem, Yenidoğan Semiha. The influence of surface tension on wetting in dampening solution and sustainability of printing: A review. *Journal of Graphic Engineering and Design*. 2019. Vol. 10 (1).
5. Velychko O., Zolotukhina K., Rozum T. The improvement of dampening solution for offset printing. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. 4/6 (82). Technology organic and inorganic substances.
6. Гавенко С. Ф., Бернацек В. В., Лабецька М. Т. Дослідження впливу типу зволожувальних систем в офсетному друці на якість відбитків. Технологія і техніка друкарства. 2021. № 2 (72).
7. Турчинова Г. І., Власенко Д. І., Власенко С. Г. Чинники, що впливають на процес закріплення фарби при друку офсетним способом. Східно-Європейський журнал підприємницьких технологій. Інформаційні технології. 2009. № 2 (38).
8. Кушлик Б. Математичний опис точки друкувального елемента у друкарському контакті офсетного друку. Технологія і техніка друкарства. 2010. 4 (30). 92–100.
9. Kushlyk B. Adjustment of Ink and Water Supply in Offset Printing. *Journal of Materials Science and Engineering*. 2013. В 3 (8). 545–549.
10. Верхола М. І., Споляк Р. М. Автоматичне визначення вхідного завдання послідовної фарбодрукарської системи для різних навантажень. Комп'ютерні технології друкарства. 2011. № 25. С. 20–30.
11. Верхола М. І., Бабінець В. М. Визначення коефіцієнта передачі фарби передаючим валиком та аналіз розподілу фарби між входом та виходом фарбової системи з трьома накочувальними валіками. Комп'ютерні технології друкарства. 2008. № 20. С. 3–24.
12. Верхола М. І. Методи математичного опису і моделювання фарбових систем. Звітна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу наукових працівників і аспірантів УАД : тези доповідей. Львів, 2007. С. 81.

13. Верхола М. І. Методика визначення коефіцієнта передачі фарби на вхід фарбової системи дукторно-ножевим фарбопередаючим пристроєм. Звітна наукова-технічна конференція професорсько-викладацького складу наукових працівників і аспірантів : тези доповідей. Львів : УАД, 2009. С. 52.
14. Верхола М. І., Гук І. Б., Бабінець В. М. Моделювання та аналіз впливу розміщення друкуючих елементів на формі на процес розподілу фарби у фарбових системах. Комп'ютерні технології друкарства. 2007. № 18. С. 5–21.

#### REFERENCES

1. Verkhola, M. I. (2002). Analiz rozpodilu potokiv farby mizh vykhodom i vkhodom farbovoi systemy pry riznykh sposobakh podachi farby: Komp'uterni tekhnologii drukarstva, 7, 13–27 (in Ukrainian).
2. Verkhola, M. I., Huk, I. B., & Panovyk, U. P. (2013). Analiz rozpodilu farby u poslidovnykh farbovykh systemakh z roztyrnyym tsylindrom za yikh statychnymy modeliamy: Komp'uterni tekhnologii drukarstva, 29, 27–42 (in Ukrainian).
3. Verkhola, M. I. (2000). Statychna model i rozpodilennia farby u farbovykh aparatakh drukarskykh mashyn. SAPR v mashynobuduvanni: problemy navchannia ta vprovadzhenia : Materialy 8-i ukrainsko-polskoi konferentsii. Lviv, 81–85 (in Ukrainian).
4. Aydemir, Cem, & Yenidoğan, Semiha. (2019). The influence of surface tension on wetting in dampening solution and sustainability of printing: A review: Journal of Graphic Engineering and Design, 10 (1) (in English).
5. Velychko, O., Zolotukhina, K., & Rozum, T. (2016). The improvement of dampening solution for offset printing: Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4/6 (82). Technology organic and inorganic substances (in English).
6. Havenko, S. F., Bernatsek, V. V., & Labetska, M. T. (2021). Doslidzhennia vplyvu typu zvolozhuvannykh system v ofsetnomu drutsi na yakist vidbytkiv: Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva, 2 (72) (in Ukrainian).
7. Turchynova, H. I., Vlasenko, D. I., & Vlasenko, S. H. (2009). Chynnyky, shcho vplyvaiut na protses zakriplennia farby pry druku ofsetnym sposobom: Skhidno-Ievropeyskyi zhurnal pidpriemnytskykh tekhnolohii. Informatsiini tekhnolohii, 2 (38) (in Ukrainian).
8. Kushlyk, B. (2010). Matematychnyi opys tochky drukuvalnoho elementu u drukarskomu kontakti ofsetnoho druku: Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva, 4 (30), 92–100 (in Ukrainian).
9. Kushlyk, B. (2013). Adjustment of Ink and Water Supply in Offset Printing. Journal of Materials Science and Engineering, B 3 (8), 545–549 (in English).
10. Verkhola, M. I., & Spoliak, R. M. (2011). Avtomatychno vyznachennia vkhidnoho zavdannia poslidovnoi farbodrukarskoi systemy dlia riznykh navantazhen: Komp'uterni tekhnolohii drukarstva, 25, 20–30 (in Ukrainian).
11. Verkhola, M. I., & Babinets, V. M. (2008). Vyznachennia koefitsiienta peredachi farby peredaiuchym valykom ta analiz rozpodilu farby mizh vkhodom ta vykhodom farbovoi systemy z troma nakochuvalnyimi valykamy: Komp'uterni tekhnolohii drukarstva, 20, 3–24 (in Ukrainian).
12. Verkhola, M. I. (2007). Metody matematychnoho opysu i modeliuvannia farbovykh system. Zvitna naukova-tekhnichna konferentsiia profesorsko-vykladatskoho skladu naukovykh pratsivnykiv i aspirantiv UAD : tezy dopovidei. Lviv (in Ukrainian).



13. Verkhola, M. I. (2009). Metodyka vyznachennia koefitsiienta peredachi farby na vkhid farbovoi systemy dukturno-nozhevym farbopredaiuchym prystroiem. Zvitna naukova-tekhnicna konferentsiia profesorsko-vykladatskoho skladu naukovykh pratsivnykiv i aspirantiv : tezy dopovidei. Lviv : UAD (in Ukrainian).
14. Verkhola, M. I., Huk, I. B., & Babinets, V. M. (2007). Modeliuvannia ta analiz vplyvu rozmishchennia drukuiuchykh elementiv na formi na protses rozpodilu farby u farbovykh systemakh: Komp' iuterni tekhnolohii drukarstva, 18, 5–21 (in Ukrainian).

doi: 10.32403/0554-4866-2023-2-86-116-124

## MATHEMATICAL MODEL OF A SERIAL-PARALLEL PRINTING SYSTEM WITH HUMIDIFICATION

O. E. Babich

*Ukrainian Academy of Printing,  
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine  
aleksandrababich554@gmail.com*

*The peculiarity of offset printing is that the printing and the space elements of the plate are placed in the same plane. The hydrophilic elements of the printing plate receive a wetting solution, and the oleophilic printing elements receive ink. Therefore, on the surface of the printing plate, two fluid streams flow: solution and emulsified ink. Then they are transferred to the imprints through the offset web.*

*As a result of the analysis of scientific works it is found that the processes of ink distribution and transfer are thoroughly mathematically and all studies are related to the effect of moisture in offset printing, relate to the chemical composition of the solution or the type of humidifier and are purely experimental in nature. Therefore, today there is no adequate mathematical description of the process of transferring the wetting solution to the inkjet printing system and its interaction with the ink.*

*To solve this problem, a mathematical model is developed, which reflects the process of distribution and transfer of ink by elements of the entire of the inkjet printing system, including the humidification subsystem from the ink feeder to the printed material. This model also describes the process of transferring the wetting solution from its source to the printing plate and its subsequent movement to the ink feeder and over the surface of the offset cylinder to the output of the system to the imprints.*

*The proposed model can be used for studying the process of ensuring the optimal balance of ink-wetting solution, which directly affects the quality of printed products.*

**Keywords:** *offset printing, mathematical model, color printing system, humidification subsystem, imprints.*

*Стаття надійшла до редакції 07.06.2023.*

*Received 07.06.2023.*