

УДК 004.421:519.17

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ ОБЕРТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ

М. І. Давидкін

*Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна*

Розробка симуляторів фарбодрукарських систем для відтворення процесу друку пов'язана зі значними трудовими та часовими витратами. Важливими параметрами при побудові таких моделей є довжини дуг у точках контакту між елементами системи. З метою автоматизації процесу побудови імітаційних моделей фарбодрукарських систем в даній роботі розроблено метод визначення напрямів обертання валиків і циліндрів. У запропонованому підході напрямки обертання елементів визначаються за принципом механічної передачі через дотик. Контакт кіл визначається із застосування рівня евклідової відстані. При прямому контакті двох кіл їхні напрямки обертання повинні бути протилежні. Отримані результати можна використовувати для визначення послідовності й орієнтації дугових сегментів між точками контактів елементів фарбодрукарської системи.

***Ключові слова:** офсетний друк, фарбодрукарська система, імітаційне моделювання, алгоритм, breadth-first search, open-cv.*

Постановка проблеми. Конструкції фарбодрукарських системи в офсетних машинах є технічно складними й багатокомпонентними. Для різних моделей офсетних машин склад і кількість елементів фарбодрукарської системи істотно відрізняються. З метою аналізу процесів, що відбуваються у фарбодрукарських системах у працях [1,2,3] застосовують імітаційне моделювання. Побудова симуляторів для імітації процесу друку вимагає значних трудових і часових витрат. Важливими параметрами при побудові таких симуляторів є довжини дуг у місцях контакту елементів фарбодрукарської системи. У роботі [4] запропоновано метод визначення координат розміщення елементів системи. Для автоматизації побудови імітаційних моделей, зокрема для визначення параметрів фарбодрукарської системи, цих даних недостатньо. Тому однією з задач автоматизації процесу створення імітаційних моделей є визначення напрямків валиків і циліндрів системи.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Технологія офсетного друку широко використовується для серійного виготовлення поліграфічної продукції. Більшість друкованих матеріалів від етикеток до каталогів, створюється за допомогою цього методу [7]. Згідно з актуальними статистичними даними, наведеними у джерелі [6], офсетний друк і надалі залишається одним із провідних методів, особливо ефективним для виготовлення великотиражної продукції.

На сьогоднішній день аналізу процесів, що відбуваються у фарбодрукарських системах офсетного типу під час друкування відбитків, присвячено низку праць [1, 2, 3, 5]. У цих роботах розглядаються питання побудови математичних та імітаційних моделей фарбодрукарських систем із різних структур.

У праці [3] розглядається задача аналізу впливу технологічних параметрів на розподіл об'ємів потоків фарби у фарбодрукарській системі паралельної структури. Авторами розроблено математичну модель системи, що враховує її топологію та описує рух усіх елементів, зокрема синусоїдальне осьове переміщення розтиральних циліндрів. На основі математичної моделі й сигнального графа створено симулятор фарбодрукарської системи, який дозволив провести її імітаційне дослідження.

В роботі [2] розглядається задача аналізу впливу розтиральних циліндрів, розташованих у різних позиціях фарбодрукарської системи, на формування та розподіл товщин шарів фарби на поверхнях відбитків. Для реалізації поставленого завдання автори використовують фарбодрукарську систему розгалуженої структури з трьома розтиральними циліндрами, конструкція якої відповідає офсетній машині фірми «Romayog-314». У середовищі MATLAB/Simulink створено симулятор, який моделює процес фарбопередачі з урахуванням дискретної роботи фарбоживильного пристрою та режимів функціонування розтиральних циліндрів. У праці [1] для вивчення впливу технологічних параметрів на точність друку створено математичну модель фарбодрукарської системи, яка описує рух елементів з урахуванням розподілу та переносу фарби в зонах контакту.

У статті [5] автори розробили дискретну математичну модель фарбового апарата офсетної друкарської машини з метою дослідження процесів перенесення та розподілу фарби між валиками й циліндрами. Фарбовий апарат розглядається як динамічна система, де шари фарби описуються у вигляді орієнтованого графа: дуги відповідають траєкторіям руху шару, а вузли точкам контакту валиків. Для опису процесів розділення шару фарби використано різниці рівняння, що дозволило відтворити циклічні процеси поділу шару фарби у часі. Для чисельного розв'язання систем рівнянь застосовано метод Гауса, а програмна реалізація виконана у середовищі Visual Basic. Результати моделювання дали змогу оцінити динамічні характеристики фарбових апаратів різних конструкцій.

Оскільки наразі практично відсутні праці, що зосереджені на створенні засобів автоматизації процесу побудови імітаційних моделей фарбодрукарських систем, дана проблема залишається актуальною.

Мета статті. Розроблення методу визначення напрямків обертання валиків і циліндрів фарбодрукарської системи для автоматизації процесу визначення довжин прямих і зворотних потоків фарби між точками контакту елементів системи.

Виклад основного матеріалу дослідження. Фарбодрукарська система складається з валиків і циліндрів, які на схематичному зображенні умовно позначаються колами. Вважаємо, що валики і циліндри послідовно впорядковані від входу до виходу фарбодрукарської системи. Зображення, на якому подаються елементи системи можна подати так:

$$\{p_{w,h} \in Z^3 \mid w=0,\dots,W; h=0,\dots,H; p_{w,h}(c) = 255 \forall c \in \{R, G, B\}\}, \quad (1)$$

де w, h – довжина та ширина зображення; c – номер колірнього каналу.

Масив із координатами та розмірами елементів системи буде мати наступний вигляд:

$$[[x_1, y_1, r_1], [x_2, y_2, r_2], \dots, [x_n, y_n, r_n]], \quad (2)$$

де x, y – координати центрів кіл системи, у пікселях; r – радіуси кіл, у пікселях; n – кількість елементів системи.

Початок координатах зображення лежить у $x = 0, y = 0$, тому для центрування елементів системи на зображенні координати їх центрів зсуваються:

$$\{(x_i - x_{\min}, y_i - y_{\min}, r_i) \mid i = 1, 2, \dots, n\}, \quad (3)$$

де x_i, y_i – координати i -того кола; r_i – радіус i -того елемента системи; x_{\min}, y_{\min} – лівий-нижній край зображення; n – кількість валиків і циліндрів.

У залежності від кількості, положень та розмірів елементів фарбодрукарської системи довжину та ширину зображення визначаємо наступним чином:

$$\begin{aligned} x_{\min} &= \min(x) - \max(r); \\ x_{\max} &= \max(x) + \max(r); \\ y_{\min} &= \min(y) - \max(r); \\ y_{\max} &= \max(y) + \max(r); \\ w &= \lfloor x_{\max} - x_{\min} \rfloor; \\ h &= \lfloor y_{\max} - y_{\min} \rfloor, \end{aligned} \quad (4)$$

де $x = (x_1, x_2, \dots, x_n), y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ – масиви координат центрів елементів системи; $r = (r_1, r_2, \dots, r_n)$ – масив радіусів валиків і циліндрів; $x_{\min}, x_{\max}, y_{\min}, y_{\max}$ – координати країв зображення.

На рисунку 1 представлено алгоритм для визначення напрямів обертання валиків і циліндрів фарбодрукарської системи. Метод ґрунтується на обході в ширину (BFS): напрямок обертання поширюється від одного елемента до всіх суміжних, що імітує механічну передачу руху через контакт. Якщо два елементи торкаються, їхні напрями обертання повинні бути протилежними. Приймаємо, що напрям обертання першого елемента у системі проти годинникової стрілки, тоді напрям наступного (передаючого валика) за годинниковою стрілкою.

Для послідовного обходу множини кіл застосовується метод BFS. Попередньо створюється черга q , до якої заноситься індекс першого валика. Поки черга q не стане порожньою, з її початку витягується поточний індекс $c_idx = q.pop(0)$, після чого із масиву $init_dirs$ отримуємо попередньо заданий напрям обертання цього кола. Для кожного іншого кола o_idx виконується перевірка на контакт, при цьому, щоб не порівнювати елемент із самим собою пропускається випадок $o_idx == c_idx$. Два кола будуть вважатися в контакті, якщо відстань між їх центрами менша або рівна сумі їхніх радіусів з урахуванням заданого допуску:

$$\sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} - (r_i + r_j) \leq t, \quad (5)$$

де x_i, y_i – координати поточного кола; x_j, y_j – координати будь-якого іншого кола у системі; r_i, r_j – радіуси i -тих та j -тих кіл; t – значення допуску, у пікселях.

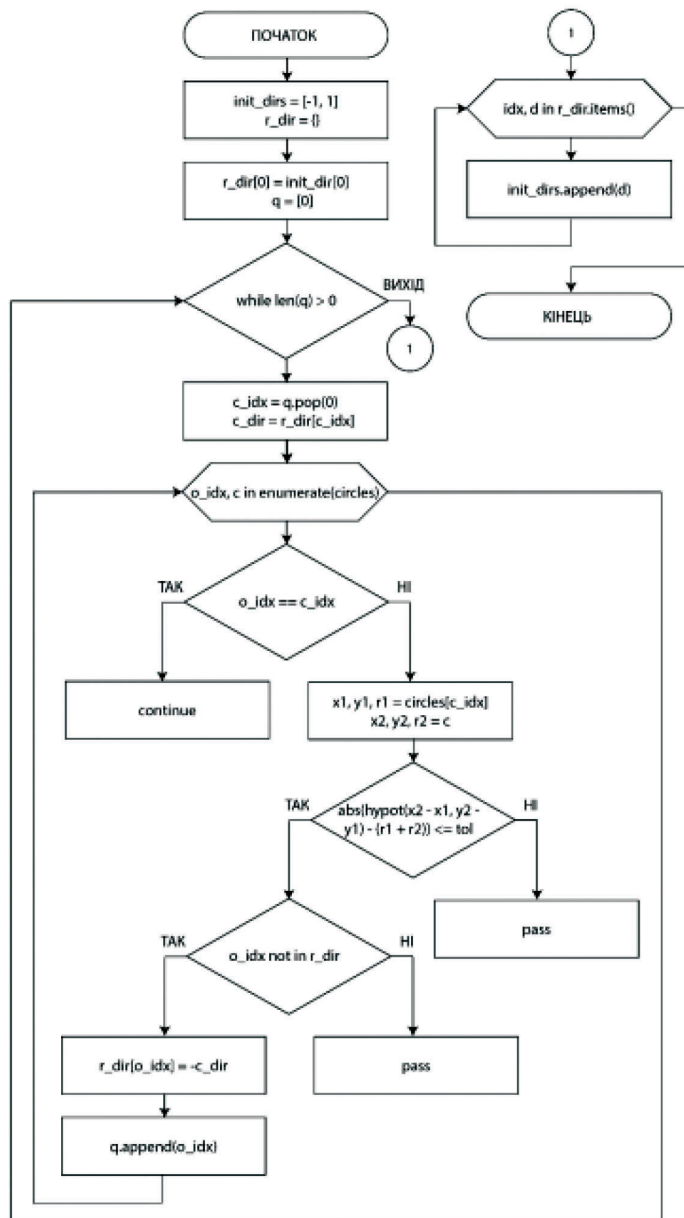


Рис. 1. Алгоритм визначення напрямків обертання елементів фарбодрукарської системи

Якщо знайдено сусіднє коло, яке ще не має запису в r_dir (тобто o_idx відсутній у r_dir), йому присвоюється напрям обертання, протилежний напрямку поточного кола c_idx , а його індекс o_idx додається у чергу q . Після опрацювання всіх елементів черги формується асоціативний масив r_dir , що містить індекси кіл та відповідні їм напрями обертання.

Висновки. Розроблено метод автоматичного визначення напрямків обертання валиків і циліндрів фарбодрукарської системи, що базується на імітації механічної передачі обертання через контакт, і реалізований за допомогою обходу графа в ширину. У запропонованому підході використовується геометрична перевірка контакту пар кіл на основі евклідової відстані з урахуванням допуску, при якій суміжні елементи отримують протилежні напрями обертання, а результат зберігається у вигляді асоціативного масиву напрямів. Даний метод дозволяє визначати довжини прямих і зворотних потоків фарби між точками контакту елементів фарбодрукарської системи, що суттєво скорочує витрати часу на побудову їх імітаційних моделей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Верхола М. І., Бабич О. Є., Качур Р. Р., Давидкін М. І. Моделювання та дослідження впливу величини розчеплення фарби в різних позиціях зон контакту валиків і циліндрів на точність фарбодрукарської системи. Комп'ютерні технології друкарства. Українська академія друкарства, м. Львів: 2023/1(49), с. 8-21.
2. Верхола М. І., Гук І. Б., Калитка М. І. Моделювання та дослідження впливу розтиральних циліндрів на розподіл потоків фарби у фарбодрукарській системі розгалуженої структури. Поліграфія і видавнича справа. Українська академія друкарства, м. Львів: 2019/2(78), с. 16-26.
3. Верхола М. І., Калитка М. І. Моделювання та аналіз впливу технологічних параметрів на розподіл об'ємів потоків фарби у фарбодрукарській системі послідовно-паралельної структури. Моделювання та інформаційні технології. зб. наук. пр. ІПМЕ ім. Г. С. Пухова НАН України, 88, с. 225–242.
4. Качур Р. Р., Давидкін М. І. Розроблення інформаційної системи для розпізнавання елементів розкочувально-накочувальної групи фарбової підсистеми. Комп'ютерні технології друкарства. Українська академія друкарства, Львів: 2024/2(52), с. 38-49.
5. Aliyev E., Khanbabaeva M. Discrete model of the inking apparatus of offset printing machine. *Print Media Technol.* 2023. Т. 4 (12). С. 167–175. URL: <https://doi.org/10.14622/JPM-TR-2314>.
6. Rynek poligraficzny i opakowań z nadrukiem w Polsce - Ринок поліграфії та друкованої продукції в Україні. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe i Edukacyjne Stowarzyszenia Bibliotekarzy Polskich, 2024. 389 с. ISBN 978-83-67723-15-2.
7. What is offset printing?. *Ordant.* URL: <https://ordant.com/what-is-offset-printing/> (дата звернення: 01.10.2025).

REFERENCES

1. Verkhola M. I., Babych O. Je., Kachur R. R., Davydkin M. I. Modeljvannja ta dos-lidzhennja vplyvu velychyny rozcheplennja farby v ryznykh pozycijakh zon kontaktu valyktiv i cylindriv na tochnistj farbodrukarsjkoji systemy. *Komp'juterni tekhnologhiji drukarstva.* Ukrajinjska akademija drukarstva, m. Ljviv: 2023/1(49), s. 8-21. (in Ukrainian).
2. Verkhola M. I., Ghuk I. B., Kalytka M. I. Modeljvannja ta doslidzhennja vplyvu roztyraljnykh cylindriv na rozpodil potokiv farby u farbodrukarsjkij systemi rozghaluzhenoji struktury.

- Polighrafija i vydavnycha sprava. Ukraïnsjka akademija drukarst-va, m. Ljviv: 2019/2(78), s. 16-26. (in Ukrainian).
3. Verkhola M. I., Kalytka M. I. Modeljuvannja ta analiz vplyvu tekhnologichnykh parametriv na rozpodil ob'jemiv potokiv farby u farbodrukarskij systemi poslidov-no-paralelnoji struktury. Modeljuvannja ta informacijni tekhnologhiji. zb. nauk. pr. IPME im. Gh.Je. Pukhova NAN Ukraïny, 88, s. 225–242. (in Ukrainian).
 4. Kachur R. R., Davydkin M. I. Rozroblennja informacijnoji systemy dlja rozpi-znavannja elementiv rozkočuvaljno-nakočuvaljnoji ghrupy farbovoji pidsystemy. Komp'juterni tekhnologhiji drukarstva. Ukraïnsjka akademija drukarstva, Ljviv: 2024/2(52), s. 38-49. (in Ukrainian).
 5. Aliyev E., Khanbabaeva M. Discrete model of the inking apparatus of offset printing machine. *Print Media Technol.* 2023. Vol. 4 (12). pp. 167–175. URL: <https://doi.org/10.14622/JPMTR-2314>.
 6. The printing and printed packaging market in Poland - The market for printing and printed products in Ukraine. Warsaw: Scientific and Educational Publishing House of the Polish Librarians' Association, 2024. 389 pp. ISBN 978-83-67723-15-2.
 7. What is offset printing?. Ordant. URL: <https://ordant.com/what-is-offset-printing/> (date of reference: 01.10.2025).

doi: 10.32403/1998-6912-2025-2-71-277-283

METHOD FOR DETERMINING THE ROTATION DIRECTIONS OF THE ELEMENTS OF THE PAINTING AND PRINTING SYSTEM

M. I. Davydkin

*Lviv Polytechnic National University,
19, Pid Holoskom, St., Lviv, 79020, Ukraine
marian.s.davydkin@lpnu.ua*

Offset printing technology is widely used for mass production of printed materials. Most printed materials, from labels to catalogs, are created using this method. The design of ink printing systems in offset machines is technically complex and multi-component. The composition and number of elements in the ink printing system vary significantly for different models of offset machines. Simulation modeling is used to analyze the processes that occur in ink printing systems. Building simulators to simulate the printing process requires significant labor and time. An important parameter in the construction of such simulators is the length of the arcs at the points of contact between the elements of the ink printing system. In order to automate the process of constructing simulation models of ink printing systems, a method for determining the directions of rotation of rollers and cylinders has been developed in this work. The input array with the coordinates and dimensions of the rollers and cylinders is obtained from a schematic representation of the ink printing system. The directions of rotation of the elements are determined by

the principle of mechanical transmission through contact. The contact of the circles is determined using the Euclidean distance level. When two circles are in direct contact, their directions of rotation must be opposite. It is assumed that the direction of rotation of the first element in the system is counterclockwise, then the direction of the next (transmitting roller) is clockwise, and the directions of the subsequent elements of the system are determined by the width bypass method. The results obtained can be used to determine the sequence and orientation of the arc segments between the contact points of the elements of the ink printing system.

Keywords: *offset printing, ink printing system, simulation modeling, algorithm, breadth-first search, open-cv.*

Стаття надійшла до редакції 10.10.2025.

Received 10.10.2025.