

УДК 655.3:681.5

Казьмірович Р.В., д.т.н., доц. Казьмірович О.Р., к.т.н., доц.

Українська академія друкарства

## РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ НОВОГО СПОСОБУ КОНТРОЛЮ ТОЧНОСТІ СУМІЩЕННЯ ТА ПОЗИЦІЮВАННЯ ФАРБОВІДБИТКІВ НА АРКУШАХ

*Розроблені теоретичні основи та математичні моделі для нового способу контролю та управління якістю друку на аркушевих друкарських машинах за параметрами точності суміщення фарб і позиціонування фарбовідбитків на аркушах. Наведені результати верифікації побудованих моделей з використанням математичного програмного пакета Maple.*

Точність, аркушеві видання, суміщення фарб, позиціонування фарбовідбитків, цифровий робочий потік, CIP4/JDF

**Постановка проблеми.** Одним з основних пріоритетних напрямів розвитку поліграфічної галузі є створення цифрового багаторівневого методу організації виробництва з інтеграцією додрукарських, друкарських та післядрукарських процесів усередині друкарні – так званий digital workflow (цифровий робочий потік) [2,3,4,5,11], а серед головних невирішених проблем створення ефективних комп'ютерно-інтегрованих виробництв (CIM – Computer Integrated Manufacturing) – проблема узгодження (стикування) друкарських процесів з післядрукарськими за параметрами точності макророзмірів аркушевих видань та напівфабрикатів [2,3,12].

**Аналіз наукових досліджень.** Огляд методів та способів контролю й регулювання точністю суміщення та позиціонування фарбовідбитків на задану координату аркуша на АДМ та аналіз праць відповідного спрямування [1,4,5,7,9,10] виявив наступні її основні недоліки:

1. Відсутній контроль суміщення між комбінаціями всіх кольорових міток. Так, при виборі (Ч) як базової чорної мітки контролюються величина несуміщення між пурпурною (П) та чорною (П-Ч), голубою (Г) та чорною (Г-Ч) й жовтою Ж та чорною (Ж-Ч). Водночас не контролюється величина несуміщення між П-Ж, П-Г та Ж-Г.

2. Якщо мітки двох кольорів, наприклад, жовта та пурпурна, знаходяться з протилежних сторін базової чорної мітки, величина несуміщення між мітками (Ж-П) буде за своєю абсолютною величиною суттєво більша від контрольованої величини несуміщення означених кольорових міток від базової чорної (Ж-П > Ж-Ч, Ж-П > П-Ч) і може перевищувати допуски на суміщення.

3. Вимірювання та регулювання точності суміщення між міткою заданого кольору відносно базової не є коректним, оскільки точність позиціонування базової мітки на аркуші внаслідок дії ряду дестабілізуючих факторів є випадковою величиною.

4. При прийнятому способі контролю точності суміщення не контролюється та не забезпечується регулювання точності позиціонування міток на аркуші, що унеможливає автоматизацію операцій настроювання післядрукарських процесів, а відтак ефективну інтеграцію післядрукарських процесів у комп'ютерно-інтегроване виробництво і, відповідно, гальмує подальший розвиток міжнародного стандарту та нової технології CIP4/JDF. Так, зокрема, на ОПРМ, на практиці різальник вручну з допомогою виміральної лінійки визначає координати розташування базових міток, що само по собі вже вносить значні додаткові похибки.

**Формулювання цілей статті.** Розробити нові теоретичні основи та практичні методи контролю й регулювання якості друку на аркушевих друкарських машинах за параметрами точності суміщення фарб і позиціонування фарбовідбитків на аркушах з позиції спрощення інтеграції післядрукарських процесів у загальний цифровий робочий потік [8].

### Виклад основного матеріалу роботи.

Похибка суміщення фарб визначається відстанню між координатами двох відбитків. Відстань  $l=AB$  може бути виражена

$$l = |x| = \sqrt{x^2} \quad (1)$$

Отже,  $l$  є нелінійною функцією, а розподіл – аномальний.

При відомих координатах розташування однойменних точок відбитків  $(x_1)$  і  $(x_2)$  похибка суміщення фарб визначається як їх алгебраїчна різниця, яку позначимо через  $r$ . Різниця абсолютних значень або модуль різниці (точна назва модуль нормального закону розподілу) [6]

$$r = |x_1 - x_2| \quad (2)$$

де  $x_1$  та  $x_2$  – випадкові величини.

Приймаючи, що розподіл похибок координат розташування окремих відбитків підлягає нормальному закону з середніми значеннями (математичними сподіваннями)  $\bar{X}_{01}$  та  $\bar{X}_{02}$  і дисперсією  $\sigma_0^2$  для величин  $(x_1 - x_2)$  диференціальна функція розподілу випадкової величини  $r$

$$f(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_0} e^{-\frac{(r-\bar{X}_0)^2}{2\sigma_0^2}} + \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_0} e^{-\frac{(r+\bar{X}_0)^2}{2\sigma_0^2}} \quad (3)$$

де 
$$\bar{X}_0 = (\bar{X}_{01} - \bar{X}_{02}) \quad (4)$$

є параметром розподілу модуля різниці  $r$ .

Закон розподілу – двопараметрний.

Виконуючи заміну змінних

$$\rho = \frac{r}{\sigma_0} = \frac{|x_1 - x_2|}{\sigma_0}; \quad d\rho = \frac{1}{\sigma_0} dr, \quad (5)$$

одержимо, з урахуванням формули (2.8), наступний вираз диференційної функції розподілу модуля різниці

$$f(\rho) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\rho-\rho_0)^2}{2}} + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\rho+\rho_0)^2}{2}}, \quad (6)$$

де 
$$\rho_0 = \frac{\bar{X}_0}{\sigma_0} \quad (7)$$

є нормованим параметром розподілу модуля різниці.

Утворення розподілу показано на рис. 1. звідки видно, що форма кривої розподілу похибок суміщень залежить від значення  $\rho_0$ .

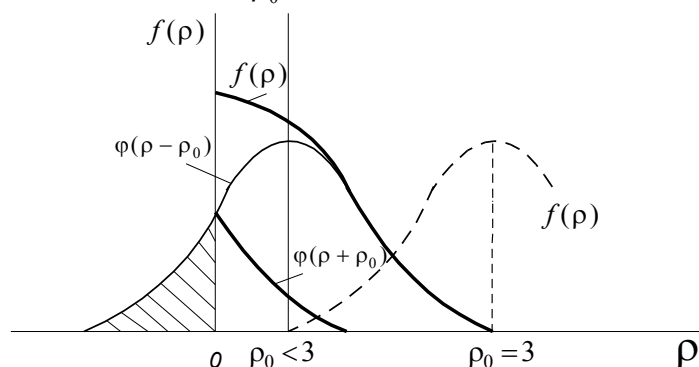


Рис. 1. Побудова кривої розподілу похибок суміщення фарб відбитків  $\varphi(\rho - \rho_0)$  та  $\varphi(\rho + \rho_0)$  – вихідні криві нормального розподілу;  $f(\rho)$  – криві розподілу похибок суміщення при значеннях  $0 \leq \rho_0 \leq 3$

Для побудови щільності випадкової величини у потрібно до кожної ординати кривої розподілу  $f(x)$  додати ординату, яка відповідає значенню щільності в точці  $-x$  (рис. 2, а). При  $\bar{X}_0 = 0$  ординати щільності  $f(x)$  подвоюються (рис. 2, б).

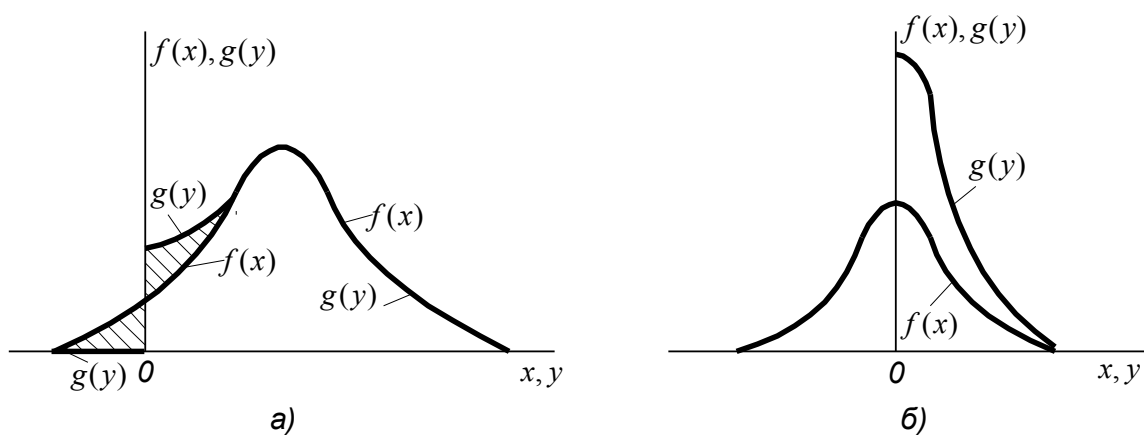


Рис. 2. Приклади утворення кривої розподілу похибок суміщення фарбовідбитків при: *a* –  $\rho_0 < 3$ ; *б* –  $\rho_0 = 0$  ( $\bar{X}_0 = 0$ )

З використанням математичного пакета Maple на рис. 3 наведено розподіли похибок сумішень, які відповідають проміжним значенням  $\rho_0$ .

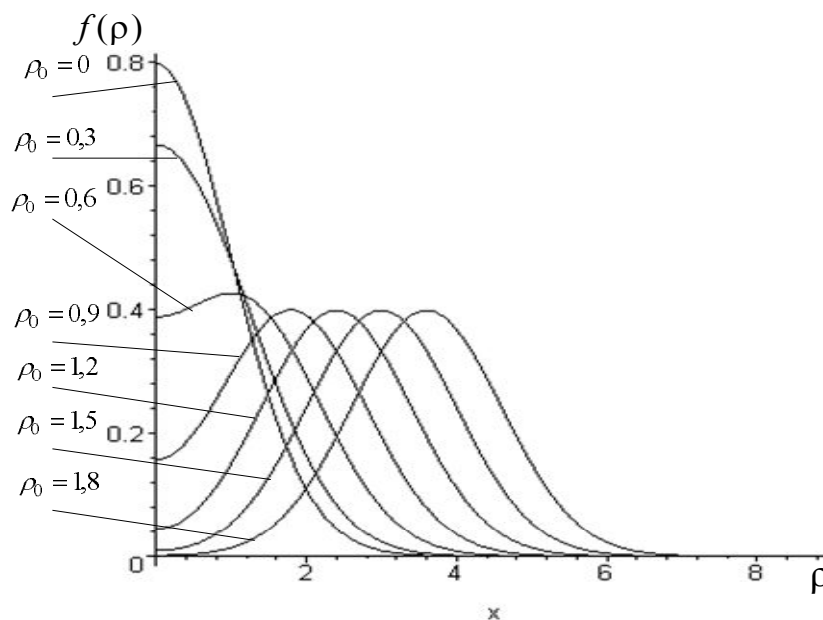


Рис. 3. Графік розподілу похибок суміщення фарбовідбитків при різних значеннях  $\rho_0$

Якщо  $\rho_0 = 0$ , крива розподілу різко асиметрична; якщо  $\rho_0 = 3$ , крива розподілу збігається з кривою нормального розподілу.

З метою верифікації вищенаведених теоретичних положень в табл. 1 наведено приклади моделювання точності суміщення фарб і позиціонування на задану координату фарбовідбитків на аркушах з використанням математичного програмного пакета Maple для можливих значень  $\bar{X}_{01}$  та  $\bar{X}_{02}$  [рис. 4-7].

Приклади моделювання точності суміщення фарб і позиціонування на задану координату фарбовідбитків на аркушах



Рис. 4. Графіки розподілу похибок: *a* – розташування відбитків пурпурної та голубої фарб за координатами аркуша при  $\bar{X}_{01}=0,3$  мм,  $\bar{X}_{02}=0,4$  мм,  $\sigma_0 = 0,005$  мм; *b* – суміщення відбитків між пурпурною та голубою фарбами

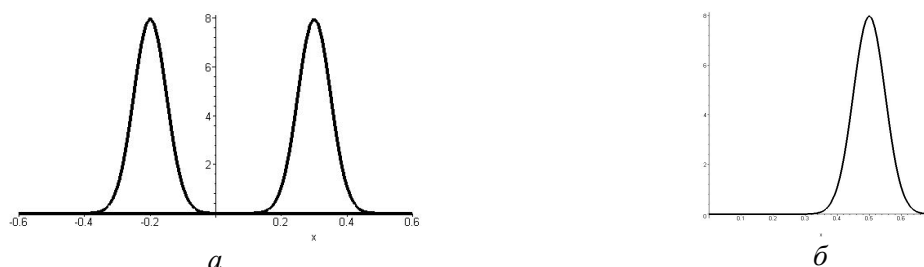


Рис. 5. Графіки розподілу похибок: *a* – розташування відбитків пурпурної та голубої фарб за координатами аркуша при  $\bar{X}_{01}=-0,2$  мм,  $\bar{X}_{02}=0,3$  мм,  $\sigma_0 = 0,005$  мм; *b* – суміщення відбитків між пурпурною та голубою фарбами

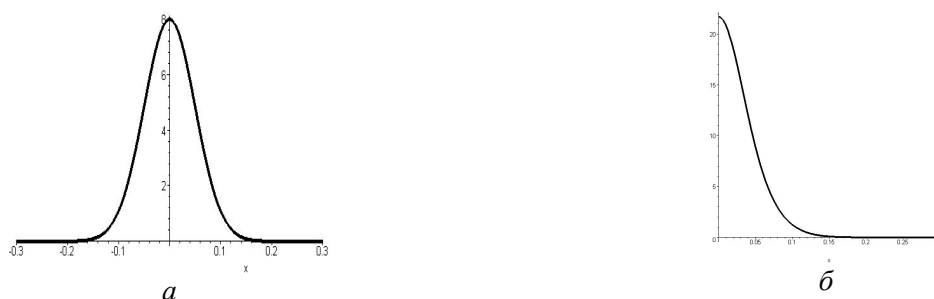


Рис. 6. Графіки розподілу похибок: *a* – розташування відбитків пурпурної та голубої фарб за координатами аркуша при  $\bar{X}_{01}=0,0$  мм,  $\bar{X}_{02}=0,0$  мм,  $\sigma_0 = 0,005$  мм; *b* – суміщення відбитків між пурпурною та голубою фарбами

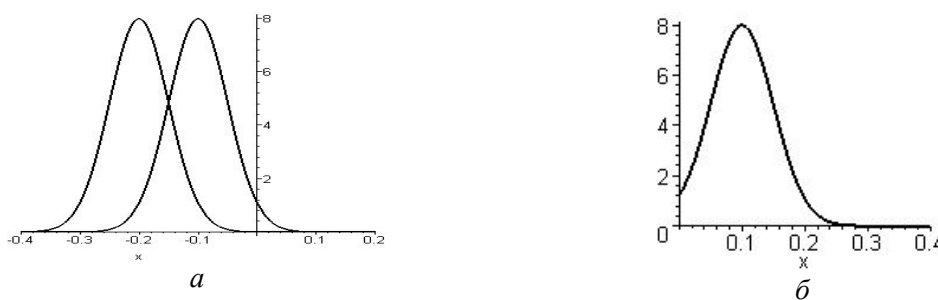


Рис. 7. Графіки розподілу похибок: *a* – розташування відбитків пурпурної та голубої фарб за координатами аркуша при  $\bar{X}_{01}=-0,1$  мм,  $\bar{X}_{02}=-0,2$  мм,  $\sigma_0 = 0,005$  мм; *b* – суміщення відбитків між пурпурною та голубою фарбами

Вищенаведені графіки наочно показують, що якщо розподіли похибок розташування окремих фарб за координатною точністю підлягають нормальному закону, то розподіли похибок суміщення відповідають закону модуля різниці. Регулювання точності суміщення фарб здійснюється шляхом точного позиціонування всіх фарбовідбитків на задану координату аркуша. За вимірними параметрами позиціонування міток окремих кольорів обчислюються параметри похибок суміщення та графіки їх розподілів для всіх комбінацій кольорів.

#### **Висновки:**

Отож, побудовані та верифіковані математичні моделі точності суміщення фарб і позиціонування на задану координату фарбовідбитків на аркушах у друкарських машинах, де вхідним контролюючим параметром, що вводиться в систему керування, є координати позиціонування міток суміщення за кожною стороною аркуша. За рахунок цього:

- створюється можливість задавати, контролювати та регулювати точність позиціонування фарбовідбитків на координати аркуша, параметри якого використовуються при налаштуванні післядрукарського обладнання в комп'ютерно-інтегрованих виробництвах, що дозволяє здійснити ефективну інтеграцію післядрукарських процесів у комп'ютерно-інтегроване виробництво і, відповідно, прискорити розвиток міжнародного стандарту та нової технології *CIP4/JDF*;

- зменшується кількість вимірювань параметрів суміщень між окремими фарбовідбитками;

- створюється можливість оцінювання точності роботи окремих фарбових секцій за параметрами точності позиціонування фарбовідбитків на координату аркуша для вибору секції, на якій найдоцільніше друкувати мітки різання, фальцювання тощо та проводити візуальну оцінку точності суміщення всіх комбінацій фарбовідбитків з метою розподілу (оптимізації) кольорів фарб за окремими секціями.

1. Деджидас Л. Листовая офсетная печатная машина: механизмы, эксплуатация, обслуживание / Л. Деджидас, Т. Дистри ; пер. с англ. В Дудичева, Н. Герценштейна, Е. Климова. – М.: ЦАПТ, 2007. – 488 с.

2. Казьмірович Р.В. Моделювання та аналіз проблем в реалізації цифрових робочих потоків післядрукарських процесів / Р.В. Казьмірович, О.Р. Казьмірович // Комп'ютерні технології друкарства : зб. наук. праць. – Львів: УАД, 2010. – № 24. – С. 206–214.

3. Казьмірович Р.В. Розвиток концепції міжнародного стандарту та нової технології *CIP4/JDF* для виробництв друкованої продукції / Р.В. Казьмірович, О.Р. Казьмірович // Поліграфія та видавнича справа : наук.-техн. зб. – Львів: УАД, 2012. – № 2 (58). – С. 110–112.

4. Карпенко В.С. Цифрове управління фарборозподілом і фарбосумішами / В.С. Карпенко, В.Г. Сисюк. – Львів: Укр. акад. друкарства. 1999. – 104 с.

5. Киппхан Г. Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства: [пер. с нем.] / Гельмут Киппхан. – М.: МГУП, 2003. – 1280 с.

6. Кутай А.К. Анализ точности и контроль качества в машиностроении с применением методов математической статистики / А.К. Кутай, Х.Б. Кордонский. – М.–Л.: Машгиз, 1958. – 364 с.

7. Лихачев В.В. Управление качеством продукции : учеб. пособ. / В.В. Лихачев. – М.: Моск. полигр. ин-т, 1987. – 75 с.

8. Пат. 73390, Україна: МПК(2012.01), B41M1/00, B41L27/00, B41F63/00. Спосіб контролю та регулювання точності суміщення фарб і позиціонування фарбовідбитків на задану координату аркуша в друкарських машинах / Казьмірович Р.В., Казьмірович О.Р. ; заявник і власник Укр. акад. друкарства. – № u 201201974 ; заявл. 21.02.12; опубл. 25.09.12, Бюл. № 18. – 4 с.

9. Пашуля П.Л. Стандартизація, метрологія, відповідність, якість у поліграфії: підруч. / П.Л. Пашуля. – Львів: УАД, 2011. – 408 с.

10. Технология печатных процессов / [Раскин А.Н., Ромейков И.В., Бирюкова Н.Д. и др.] ; под ред. А.Н. Раскина. – М.: Книга, 1989. – 429 с.

11. Чак Г. Рабочий поток : пер. с англ. / Чак Гехман. – М. : МГУП, 2004. – 252 с.

12. Шарифуллин М. Понимают друг друга с полуслова или автоматическая настройка послепечатного оборудования / М. Шарифуллин // Курсив. – 2004. – № 6. – С. 50–56.