

УДК 621.372:376.56

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ БАГАТОПОЛЮСНИХ КОМПОНЕНТІВ ПОЗДОВЖНЬОГО СУМІЩЕННЯ ФАРБ У РУЛОННИХ ДРУКАРСЬКИХ МАШИНАХ

О. В. Тимченко, О. В. Шевчук

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

Проаналізовано технологічний процес суміщення фарб в стрічкопровідній системі чотириколірної рулонної друкарської машини. Окреслено необхідність дослідження факторів впливу на якість суміщення фарб в стрічкопровідній системі рулонної друкарської машини. Досліджено фактори впливу на процес суміщення фарб. Описано методика визначення похибки суміщення фарб в поточній секції за допомогою передавальних функцій. Обґрунтовано доцільність використання запроєктованих методик.

Ключові слова: суміщення фарб, стрічкопровідна система, рулонна друкарська машина, ділянки паперової стрічки, математична модель.

Постановка проблеми. Сьогодні немає моделі суміщення фарб в абсолютних координатах. Це є перешкодою для з'єднання комп'ютерних моделей стрічкопровідного пристрою в стрічкопровідній системі. Також потрібно зазначити, що динамічні властивості автоматизованих систем управління суміщенням фарб навіть на лінійних багатоконтурних моделях дотепер практично не досліджені. Це пояснюється відсутністю відповідного програмного забезпечення, що дає змогу реалізувати комплексні математичні моделі безперервно-дискретних динамічних систем. Саме тому доцільно розглядати питання про динамічні властивості цього процесу в абсолютних координатах. Для цього необхідно враховувати нелінійність як в стрічкопровідній системі, так і в самому процесі поздовжнього суміщення фарб. Необхідно зазначити, що різні дослідники наводять приблизно однакові перехідні характеристики суміщення фарб по натягу паперової стрічки. Проте перехідні характеристики процесу управління ними відрізняються. Саме тому доцільно лінеаризувати нелінійну динамічну модель і порівняти отримані результати.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Основи теорії суміщення фарб розробили Б. В. Дурняк, М. М. Луцків, В. П. Мітрофанов, О. В. Тимченко. Основною ідеєю цих публікацій є облік пружного або пружно-в'язкого стану задрукованої паперової стрічки. Мірою оцінки суміщення фарб встановлюється умовне положення i -ї фарби:

$$s_i(t) = V_{\pi} \int_0^t \varepsilon_i(t) dt,$$

де V_{II} , м/с — лінійна швидкість друку; $\varepsilon_i(t)$ — закон зміни пружного стану стрічки на виході i -го формного циліндра.

Мета статті — розробка та дослідження моделей суміщення фарб в рулонних друкарських машинах для підвищення якості роботи РДМ на високошвидкісних режимах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження процесу суміщення фарб в стрічкопровідній системі чотириколірної рулонної друкарської машини, що містить чотири стрічкопровідні секції (СПС) і три ділянки паперової стрічки із такими значеннями їх параметрів: $L_1^* = L_2^* = L_3^* = L^*$, $V_1^* = V_2^* = V_3^* = V^*$, $T_1 = T_2 = T_3 = T$. На рис. 1 наведено лінеаризовану математичну модель процесу суміщення фарб.

Визначаємо за допомогою цієї моделі передаточні функції окремих каналів:

$$W_{\Delta\varepsilon_{i+1,j}\Delta s_{i+1,j}}(p) = k_\varepsilon \left(\frac{1 - e^{-pT}}{Tp} - \frac{1}{Tp+1} \right); \tag{1}$$

$$W_{\Delta L_1, \Delta s_{i+1,j}}(p) = \frac{1}{Tp+1}; \tag{2}$$

$$W_{\Delta V_{i+1}, \Delta s_{i+1,j}}(p) = \frac{1}{p(Tp+1)}; \tag{3}$$

$$W_{\Delta V_i \Delta s_{i+1,j}}(p) = -\frac{1}{p} \left(\frac{1}{Tp+1} \right). \tag{4}$$

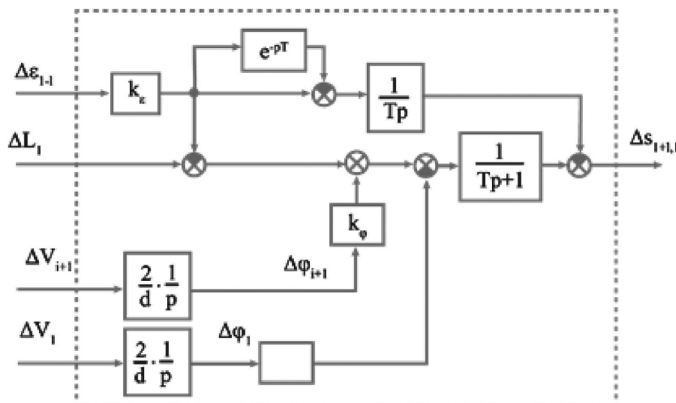


Рис. 1. Математична модель лінеаризованого процесу суміщення фарб

Розглянемо стрічкопровідну систему багатосекційної друкарської машини, яка містить 3 ділянки паперової стрічки. При дії збурень похибка суміщення фарб в поточній секції визначається за допомогою передавальних функцій (1)–(4). Водночас суміщення фарб в подальших секціях міняється через варіації відносного видовження стрічки на їх входах. З цієї причини під час аналізу стрічкопровідну систему розглядаємо як спільне функціонування блоків відносного видовження і формування похибок суміщення фарб. Структурна схема такої стрічкопровідної системи наведена у вигляді багатополусних компонентів та зв'язків між ними, що

описує процес суміщення фарб (рис. 2). Математична модель опису цієї структурної схеми дає змогу визначити похибки суміщення фарб у всіх секціях рулонної друкарської машини.

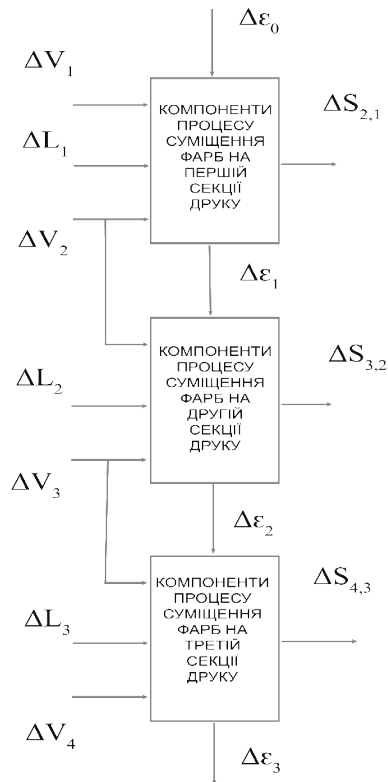


Рис. 2. Структурна схема багатополусних компонентів стрічкопровідної системи та системи суміщення фарб в багатосекційній РДМ

Суміщення фарб визначається по спеціальних мітках, які друкуються на полях відбитка. Ці мітки зазвичай мають вигляд смужок або хрестів. Для одночасного визначення похибок радіального, осьового і діагонального суміщення фарб використовуються косі мітки, які мають форму трапецій. Мітки для візуального визначення суміщення фарб за відсутності похибки мають накладатися одна на одну. Мітки для автоматизованого контролю суміщення фарб друкуються із заданими інтервалами і в певній послідовності.

На рис. 3 подано систему прямокутних міток, яка містить стартові мітки, що визначають початок циклу відліку, чорною (К), жовтою (Y), пурпурною (M), блакитною (C) фарбами. Завершує цикл чорна мітка, яка індексує момент закінчення циклу відліку. На цьому рисунку показано два методи визначення похибок суміщення фарб по сусідній фарбі і по базовій фарбі. Тут: ΔS_{21} — похибка 2-ї жовтої

фарби відносно 1-ї чорної; Δs_{32} — похибка 3-ї пурпурної фарби відносно 2-ї жовтої; Δs_{43} — похибка 4-ї блакитної фарби відносно 3-ї пурпурної.

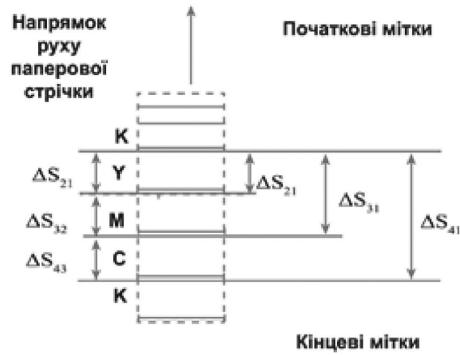


Рис. 3. Система прямокутних міток для автоматичного контролю суміщення фарб

Одна з фарб, наприклад перша чорна, може бути використана як базова, відносно якої визначаються похибки поєднання всіх інших фарб. В цьому випадку: Δs_{21} — похибка 2-ї жовтої фарби відносно базової чорної; Δs_{31} — похибка 3-ї пурпурної фарби відносно базової; Δs_{41} — похибка 4-ї блакитної фарби відносно базової чорної. Похибки суміщення фарб можуть визначатися за показами окремих датчиків, розташованих на виході кожної друкарської секції, або за допомогою загальної вимірювальної системи, розташованої на виході друкарської машини. Між похибками суміщення фарб по сусідніх і по базових мітках, які визначені за допомогою окремих датчиків, існує така закономірність:

$$\Delta s_{21}(t) = \Delta s_{21}(t)$$

$$\Delta s_{31}(t) = \Delta s_{32}(t) + \Delta s_{21}(t - T) \quad (5)$$

$$\Delta s_{41}(t) = \Delta s_{43}(t) + \Delta s_{32}(t - T) + \Delta s_{21}(t - 2T). \quad (6)$$

Якщо вимірювати похибки суміщення фарб по загальній базовій фарбі на виході друкарської машини, то необхідно використовувати такі співвідношення:

$$\Delta s_{410}(t) = \Delta s_{21}(t - 2T) + \Delta s_{32}(t - T) + \Delta s_{43}(t) \quad (7)$$

$$\Delta s_{310}(t) = \Delta s_{21}(t - 2T) + \Delta s_{32}(t - T) \quad (8)$$

$$s_{210}(t) = s_{21}(t - 2T). \quad (9)$$

Ці формули показують, якщо відомі похибки по сусідній мітці, то можна визначити відповідні похибки по базовій мітці і навпаки. Якщо вимірювання суміщення фарб здійснюється по базових мітках на виході друкарської машини, то як керуюча дія зазвичай використовується зміна фази форменого циліндра. При вимірюванні суміщення фарб по сусідній мітці зазвичай корекція здійснюється завдяки переміщенню реєстрового валика.

Висновки. Проведено лінеаризацію вихідного рівняння суміщення фарб і отримано лінійне диференційне рівняння, що описує зв'язок між величиною суміщення фарб по сусідній фарбі. Побудована лінеаризована математична модель процесу поздовжнього суміщення фарб для чотириколірної рулонної друкарської

машини. Досліджено методи виміру похибок суміщення фарб по сусідніх, поточних і загальних базових фарбах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дурняк Б. В. Аналіз моделей стрічкопровідних систем рулонних друкарських машин. Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. УНТЗ. 1998. Вип. 33. С. 75–83.
2. Дурняк Б. В., Тимченко О. В. Математичне моделювання і реалізація систем керування стрічкопровідними системами. Київ : Вид. центр «ПРОСВІТА», 2003. 232 с.
3. Дурняк Б. В. Стрічкопровідні системи рулонних ротаційних машин. Київ, 2002. 292 с.
4. Аналіз і дослідження системи автоматичного регулювання суміщення фарб/ Кам'янин І., Тимченко О., Вовк А., Шевчук О. Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ІПМЕ НАН України. 2013. Вип. 67. С. 178–184.
5. Морфлюк В. Ф. Цифрове визначення та стабілізація параметрів технологічних процесів у рулонних друкарських машинах. Київ : ВПЦ «Київ. політехніка», 2008. 164 с.
6. Митрофанов В. П. Элементы теории и расчета рулонных печатных машин: учебное пособие для вузов. Москва : МПИ, 1984. 80 с.0
7. Друкарське устаткування : підруч. / Чехман Я. І., Сенкус В. Т., Дідич В. П., Босак В. О. Львів, 2005. 468 с.

REFERENCES

1. Durniak, B. V. (1998). Analiz modelei strichkoprovodnykh system rulonnykh drukarskykh mashyn: Avtomatyzatsiia vyrobnychyykh protsesiv u mashynobuduvanni ta prykladobuduvanni. UNTZ, 33, 75–83 (in Ukrainian).
2. Durniak, B. V., & Tymchenko, O. V. (2003). Matematychnе modeliuвання i realizatsiia system keruvannya strichkoprovodnymy systemamy. Kyiv : Vyd. tsentr «PROSVITA» (in Ukrainian).
3. Durniak, B. V. (2002). Strichkoprovodni systemy rulonnykh rotatsiinykh mashyn. Kyiv (in Ukrainian).
4. Kam'ianchyn, I., Tymchenko, O., Vovk, A., & Shevchuk, O. (2013). Analiz i doslidzhennia systemy avtomatychnoho rehuliuвання sumishchennia farb: Modeliuвання ta informatsiini tekhnolohii. Zb. nauk. pr. IPME NAN Ukrainy, 67, 178–184 (in Ukrainian).
5. Morfliuk, V. F. (2008). Tsyfrove vyznachennia ta stabilizatsiia parametriv tekhnolohichnykh protsesiv u rulonnykh drukarskykh mashynakh. Kyiv : VPTs «Kyiv. politekhnika» (in Ukrainian).
6. Mitrofanov, V. P. (1984). Elementy teorii i rascheta rulonnykh pechatnykh mashin: uchebnoe posobie dlia vuzov. Moskva : MPI (in Russian).
7. Chekhman, Ya. I., Senkus, V. T., Didych, V. P., & Bosak, V. O. (2005). Drukarske ustatkuvannya. Lviv (in Ukrainian).

MATHEMATICAL MODEL OF MULTI-POLE COMPONENTS OF LENGTHWISE INK COMBINATION IN WEB PRINTING PRESSES

O. V. Tymchenko, O. V. Shevchuk

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
uad_wiz@ukr.net*

The technological process of ink combination in a tape-moving system of a four-colour web printing press has been analysed. The necessity of research of factors influencing the quality of ink combination in the tape system of a web printing press has been stipulated. Factors of influence on the process of ink combination have been studied. Ink combination errors are determined by the readings of individual sensors located at the output of each printing section, or by using a common measuring system located at the output of the printing press.

The method of determination of the ink combination error in the current section using transfer functions has been described. The phase perturbations of the input cylinder have been studied. Linearization of the original ink combination equation has been performed and a linear differential equation has been obtained describing the relationship between the ink combination value of the adjacent ink. A linearized mathematical model of the process of lengthwise ink combination for a 4-colour web printing press has been constructed.

Methods of measuring the ink combination errors on neighbouring, current and common base inks have been studied. It is determined that the least accurate is the method of determining the presence of errors of colour matching on the first basic label. To improve noise immunity it is suggested to use the last fourth ink of relative elongation as a base. If the ink combination is measured on the base labels at the output of the printing press, then the phase change of the shaped cylinder is usually used as a control action. When measuring the ink combination on a nearby label, as a rule, the correction is made by moving the register roller. The expediency of using the projected methods has been substantiated.

Keywords: *ink combination, tape-moving system, web printing press, areas of paper tape, mathematical model.*

Стаття надійшла до редакції 27.08.2019.

Received 27.08.2019.