

УДК 681.624

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПОПЕРЕДНЬОГО ЗАПОВНЕННЯ ФАРБОЮ ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ З ДВОМА НАКОЧУВАЛЬНИМИ ВАЛИКАМИ

У. П. Пановик

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

Висвітлено оптимізацію процесу підготовки фарбодрукарської системи до друку. Досліджено перехідний процес виходу фарбодрукарської системи з двома накочувальними валиками на усталений режим роботи при різних навантаженнях та шляхом комп'ютерного симулювання визначено кількість робочих циклів системи для попереднього її заповнення фарбою до моменту під'єднання накочувальних валиків до форми. Такий підхід дає можливість не тільки суттєво скоротити час виходу системи на робочий режим, а й значно зменшити кількість некондиційних відбитків. Описано процес визначення оптимальної кількості циклів роботи фарбодрукарської системи з двома накочувальними валиками для попереднього заповнення фарбою до моменту подання команди на друк. Встановлено кількість циклів роботи попереднього заповнення фарбодрукарської системи оптимальною кількістю фарби та подано їх значення у вигляді таблиці та графіків.

Ключові слова: оптимізація друкарського процесу, фарбодрукарська система, робочий режим роботи, перехідний процес, попереднє заповнення фарбою системи, комп'ютерне симулювання.

Постановка проблеми. Одним із методів скорочення часу виходу офсетної машини на робочий режим є процес оптимізації попереднього заповнення фарбодрукарської системи фарбою до моменту подання команди на друк. При цьому основною проблемою є визначення моменту під'єднання накочувальних валиків до форми. У попередніх дослідженнях встановлено, що оптимальна кількість циклів роботи машини для попереднього заповнення послідовної фарбодрукарської системи фарбою залежить від щільності заповнення форми друкувальними елементами. Важливо визначити, як впливає на час попереднього заповнення фарбою зміна структури фарбодрукарської системи.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Процес виходу фарбодрукарської системи на усталений режим її роботи досліджений у наукових працях [1–4]. У роботі [1] представлена експоненціальна залежність перехідного процесу, яка відображає реакцію фарбодрукарської системи на регулювання подавання фарби; запропоновано скоротити час перехідного процесу за рахунок значного збільшення або зменшення подавання фарби порівняно з необхідною величиною в

декілька разів. У праці [2] зазначено, що в офсетних друкарських машинах тривалість перехідного процесу при зміні загального подавання фарби відповідає часу друку 300 відбитків, а в разі зміни зонального подавання фарби — 500–600 відбитків. У публікації [3] виведено вираз для визначення часу перехідного процесу фарбодрукарської системи. В роботі [4] проведено моделювання та експериментальне дослідження перехідного процесу виходу фарбодрукарської системи офсетної машини на робочий режим. Але в жодній з цих робіт не розглянуто питання зменшення тривалості перехідного процесу шляхом оптимізації попереднього заповнення фарбодрукарської системи фарбою до моменту подачі команди на друк.

Мета статті — розробити інформаційну технологію скорочення часу підготовки фарбодрукарської системи з двома накочувальними валиками до друку, яка полягає у визначенні оптимальної кількості циклів роботи системи для попереднього заповнення фарбою до моменту подавання аркушів на друк на основі її моделі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо поставлене завдання на прикладі фарбодрукарської системи, до складу якої входять фарбоживильний пристрій, п'ять розкочувальних валиків, два накочувальні валики, формний та офсетний циліндри. Під час спільного руху дукторного циліндра з передавальним валиком частина фарби передається на поверхню валика, а інша залишається на дукторному циліндрі. Передавальний валик здійснює коливний рух від дукторного циліндра до першого розкочувального валика і в зворотному напрямі. При спільному обертанні передавального валика з першим розкочувальним валиком шар фарби при виході із зони їх контакту передається на валик 1. У розкочувальній групі в зонах контакту валиків 1–5 шари фарби, що транспортуються їх поверхнями, сумуються і діляться з певним коефіцієнтом при виході з цих зон. З виходу валика 5 фарба передається на накочувальні валики 6 та 7, які наносять шар фарби на форму, закріплену на формному циліндрі Ф. За допомогою офсетного циліндра ОФ фарба з форми передається на папір, який проходить між офсетним та друкарським циліндрами.

Розробляємо математичну модель фарбодрукарської системи з двома накочувальними валиками. У побудові математичної моделі вважатимемо, що: цикл роботи фарбоживильного пристрою відповідає одному оберту формного циліндра; довжини кіл валиків і циліндрів поділені на ціле число умовних одиниць; час проходження фарбою шляху в 1 мм на поверхні валиків і циліндрів відповідає одній відносній одиниці; лінійні швидкості поверхонь елементів фарбодрукарської системи є рівними між собою. З урахуванням прийнятих вище умов складаємо рівняння, які описують процес передавання фарби:

$$x_n(z) = P_d(z)h_d(z) + R_n(z)x_{nd}(z) + R_n^*(z)R_{dn}(z)x_1(z);$$

$$x_{nd}(z) = P_n(z)P_{sc}(z)x_n(z) + R_{n1}(z)x_{n1}(z);$$

$$x_{n1}(z) = P_{nd}(z)x_{nd}(z) + R_n^*(z)P_p(z)x_1(z);$$

$$x_1(z) = P_n(z)P_{1n}(z)x_n(z) + P_n^*(z)x_{n1}(z) + R_1(z)x_2(z);$$

$$\begin{aligned}
x_2(z) &= P_1(z)x_1(z) + R_2(z)x_3(z); \\
x_3(z) &= P_2(z)x_2(z) + R_3(z)x_4(z); \\
x_4(z) &= P_3(z)x_3(z) + R_4(z)x_5(z); \\
x_5(z) &= P_4(z)x_4(z) + R_{5,2}(z)x_7(z); \\
x_6(z) &= P_5(z)x_5(z) + R_6(z)x_{\phi 2}(z); \\
x_7(z) &= R_{5,1}(z)x_6(z) + R_7(z)x_{\phi 1}(z); \\
x_{\phi 1}(z) &= P_7(z)x_7(z) + R_{\phi}(z)x_{o\phi}(z); \\
x_{\phi 2}(z) &= P_6(z)x_6(z) + P_{\phi 1}(z)x_{\phi 1}(z); \\
x_{o\phi}(z) &= P_{\phi 2}(z)x_{\phi 2}(z) + R_{o\phi}(z)x_c(z); \\
x_c(z) &= P_{o\phi}(z)x_{o\phi}(z); \\
h_c(z) &= P_c(z)x_c(z),
\end{aligned} \tag{1}$$

де $x_i(z)$, $x_{\phi}(z)$, $x_{o\phi}(z)$, $x_c(z)$ — товщини шарів фарби в зонах контакту елементів фарбодрукарської системи; $x_n(z)$, $x_{nd}(z)$, $x_1(z)$, $x_{n1}(z)$ — товщини шарів фарби в зонах контакту елементів фарбоживильного пристрою; h_d — товщина шару фарби на поверхні дукторного циліндра; $P_{\text{жс}}(z)$, $P_p(z)$, $P_n(z)$, $R_n(z)$, $P_n^*(z)$, $R_n^*(z)$, $P_{nd}(z)$, $P_{1n}(z)$, $R_{n1}(z)$, $R_{dn}(z)$, $P_d(z)$, $R_d(z)$ — оператори формування передавання фарби фарбоживильного пристрою [5]; $P_i(z)$, $R_i(z)$ — оператори передавання прямих і зворотних потоків фарби поверхнею валиків і циліндрів; $P_{\phi}(z)$, $P_{\phi}(z)$, $P_{o\phi}(z)$, $P_{o\phi}(z)$ — оператори передавання прямих і зворотних потоків фарби на поверхні валиків формного і офсетного циліндрів; $P_c(z)$ — оператор передавання фарби на папір; $h_c(z)$ — товщина шару фарби на друкарському відбитку; z^{-p_i} , z^{-r_i} — транспортні запізнення передавання фарби в коловому напрямку; α_i — коефіцієнти передавання прямих та $(\alpha - I)$ — зворотних потоків фарби в місцях контакту елементів фарбодрукарської системи; $F(z)$ — оператор формування навантаження, який відображає характер заповнення форми друкувальними елементами та дорівнює k_3 ; β — коефіцієнт передавання фарби на відбиток. Оператори передавання прямих і зворотних потоків фарби поверхнею валиків і циліндрів можна подати таким чином:

$$\begin{aligned}
P_i(z) &= \alpha_i z^{-P_i}, R_i(z) = (1 - \alpha_{i+1}) z^{-r_i}, R_6(z) = (1 - \alpha_{\phi 2} F(z) z^{-P_{\phi 1}}) z^{-r_6}, \\
R_7(z) &= (1 - \alpha_{\phi 1} F(z)) z^{-r_7}, P_{\phi 1}(z) = \alpha_{\phi 1} F(z) z^{-P_{\phi 1}}, P_{\phi 2}(z) = \alpha_{\phi 2} F(z) z^{-(P_{\phi 1} + P_{\phi 2})}, \\
R_{\phi}(z) &= (1 - \alpha_{o\phi}) z^{-r_{\phi}}, P_{o\phi}(z) = \alpha_{o\phi} z^{-r_{o\phi}}, R_{o\phi}(z) = (1 - \beta) z^{-r_{o\phi}}, P_c(z) = \beta.
\end{aligned}$$

Процес подачі фарби фарбоживильним пристроєм, циркулювання та розподіл прямих та зворотних потоків фарби і передавання її на матеріал, що задруковується з урахуванням структури фарбодрукарської системи, подано на рис. 1.

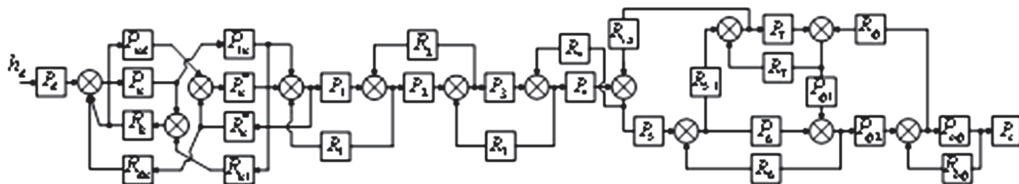


Рис. 1. Структурна схема фарбодрукарської системи з двома накочувальними валиками

На основі математичної моделі фарбодрукарської системи (1) та її структурної схеми (рис. 1) для дослідження процесів розкочування і передавання фарби будуємо симулятор фарбодрукарської системи в середовищі Matlab-Simulink (рис. 2).

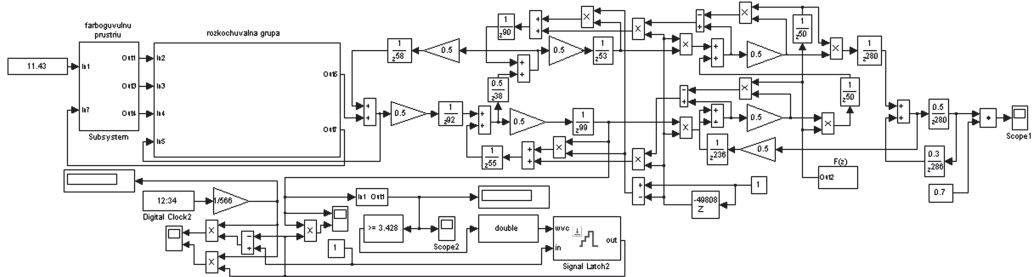


Рис. 2. Симулятор фарбодрукарської системи з двома накочувальними валиками

Для проведення симулювання геометричні розміри фарбодрукарської системи задаємо через відповідні транспортні запізнення при передаванні прямих і зворотних потоків фарби p, r . Задаємо значення коефіцієнтів передавання фарби в точках контакту елементів фарбової системи $\alpha_i = (1 - \alpha_{i+1}) = 0,5$, а коефіцієнт передачі фарби на папір — $\beta = 0,7$.

Проводимо моделювання згідно з методикою, описаною в праці [5]. На підставі даних про інтенсивність заповнення форми друкувальними елементами k_z визначаємо товщину шару подавання фарби на вхід фарбодрукарської системи $h_d(z)$ за умови отримання на виході фарбодрукарської системи бажаної товщини фарби в 1 мкм. При введенні в симулятор вхідного завдання проводиться симулювання до виходу фарбодрукарської системи на усталений режим (рис. 3, а). У результаті досліджень виявлено, що під час визначення оптимальної кількості робочих циклів попереднього заповнення фарбодрукарської системи з двома накочувальними валиками треба орієнтуватися на другий накочувальний валик у напрямку руху форми, оскільки він буде завершувати процес нанесення фарби на форму. Отже, визначається середнє значення товщини шару фарби на поверхні другого накочувального валика h_n при отриманні на виході фарбодрукарської системи бажаної товщини фарби. Після віртуального від'єднання накочувальних валиків від форми проводиться симулювання до моменту, коли товщина шару фарби на другому накочувальному валику дорівнюватиме h_n і визначається при цьому кількість циклів N_{η} . Далі здійснюють повторні симулювання для уточнення значень N_{η} доти, доки кількість некондиційних відбитків буде зведена до мінімуму. У результаті симулювань отримаємо оптимальну кількість циклів роботи машини N_{η}^{opt} для попереднього заповнення фарбодрукарської системи фарбою до моменту подання команди на друк (рис. 3, б).

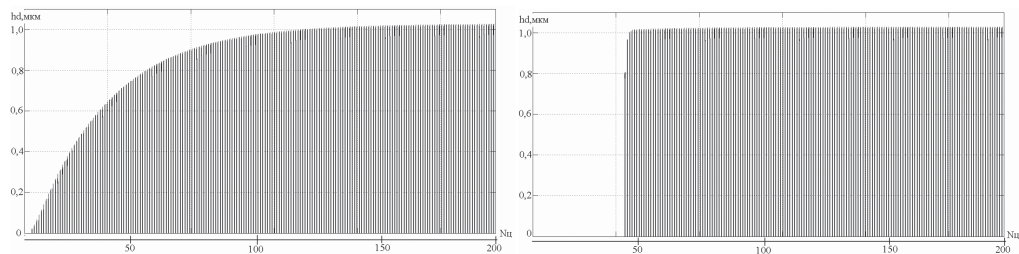


Рис. 3. Перехідний процес виходу фарбодрукарської системи на усталений режим при $k_3 = 0,3$: а — без попереднього заповнення системи фарбою, б — з попереднім оптимальним заповненням системи фарбою до початку друку

Проводимо симулювання роботи фарбодрукарської системи з двома накочувальними валиками для різної щільності заповнення форми друкувальними елементами. Результати подано у табл. 1 та у вигляді графіка на рис. 4.

Таблиця 1

k_3	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
h_d , МКМ	11,43	15,15	18,47	25,54	32,67	39,84	47,38	54,5	61,23	68,34	75,47
h_n , МКМ	2,829	2,848	2,87	2,909	2,973	3,047	3,133	3,175	3,25	3,327	3,386
N_y^{omm}	88	64	52	38	31	26	23	21	19	18	17

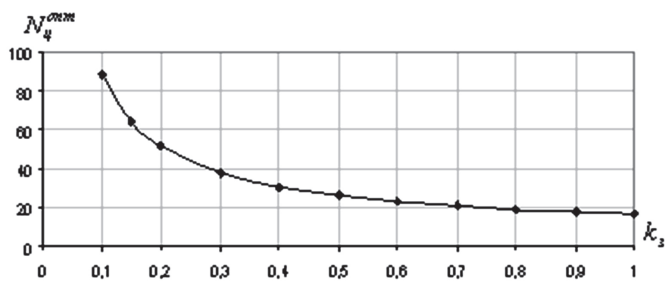


Рис. 4. Залежність $N_y^{omm} = f(k_3)$

Проведемо апроксимацію цих даних за методом найменших квадратів [6]. Характер залежності можна описати рівнянням: $y = a \cdot x^b$. Унаслідок його логарифмічного перетворення отримуємо лінійне рівняння зв'язку: $Y = A_0 + A_1 X$, де $Y = \lg(y)$; $A_0 = \lg(a)$; $A_1 = b$; $X = \lg(x)$. За методом найменших квадратів, коли $F = \sum_{i=1}^n [Y_i - (A_0 + A_1 \cdot X_i)]^2 = \min$, складаємо систему умовних рівнянь при $n = 2$:

$$A_0 n + A_1 \sum_{i=1}^n X_i = \sum_{i=1}^n Y_i;$$

$$A_0 \sum_{i=1}^n X_i + A_1 \sum_{i=1}^n X_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i X_i). \quad (2)$$

Використовуючи дані симулювання, розв'язуємо систему рівнянь та визначаємо значення невідомих коефіцієнтів A_0 та A_1 : $A_0 = 1,2118$, $A_1 = -0,7204$, та отримуємо аналітичну залежність: $y = 16,284 \cdot x^{-0,7204}$. Отже, отримана функціональна залежність тривалості попереднього заповнення фарбою фарбодрукарської системи з двома накочувальними валиками від її навантаження $N_q^{opt} = 16,69936 \cdot \kappa_3^{-0,72811}$ має степеневий характер; зі збільшенням щільності заповнення форми друкувальними елементами час попереднього заповнення фарбодрукарських систем фарбою скорочується.

Висновки. Розроблено математичну модель фарбодрукарської системи з двома накочувальними валиками, яка відображає процес подавання фарби фарбоживильним пристроєм, циркулювання та розподіл прямих та зворотних потоків фарби і передавання її на матеріал, що задруковується. Запропонована в роботі інформаційна технологія оптимізації процесу попереднього заповнення фарбою фарбодрукарської системи з двома накочувальними валиками на основі її моделі, яка дає можливість скоротити час її виходу на робочий режим і суттєво зменшити кількість некондиційної продукції. Результати досліджень показали, що у разі застосування розробленої інформаційної технології час виходу фарбодрукарської системи на усталений режим роботи після попереднього заповнення її фарбою скорочується при $\kappa_3 = 0,3$ в 3,7 разу, а при $\kappa_3 = 0,5$ — в 4 рази, відповідно, кількість некондиційних відбитків зменшується у 28 та 20 разів. Унаслідок апроксимації результатів симулювання встановлено функціональну залежність тривалості попереднього заповнення фарбою фарбодрукарської системи з двома накочувальними валиками від її навантаження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Митрофанов В. П. Печатное оборудование / В. П. Митрофанов, А. А. Тюрин, Е. Г. Бирбраер, В. И. Штоляков. — М. : Издательство МГУП, 1999. — 443 с.
2. Ефимов М. В. Автоматизация технологических процессов полиграфии / М. В. Ефимов, Г. Д. Толстой. — М. : Книга, 1989. — 542 с.
3. Луцків М. М. Визначення часу перехідного процесу в фарбових апаратах друкарських машин / М. М. Луцків, М. І. Верхола, І. Б. Гук // Комп'ютерні технології друкарства. — 1999. — № 3. — С. 237–242.
4. Верхола М. І. Моделювання та експериментальне дослідження перехідного процесу фарбодрукарської системи HEIDELBERG GTO-52-2/-P / М. І. Верхола, Р. М. Споляк // Комп'ютерні технології друкарства. — 2011. — № 26. — С. 3–15.
5. Верхола М. І. Комп'ютерне визначення оптимальної кількості робочих циклів фарбодрукарської системи для попереднього заповнення її фарбою / М. І. Верхола, У. П. Пановик // Комп'ютерні технології друкарства. — 2015. — № 2 (34). — С. 59–71.
6. Елисеева И. И. Эконометрика : учеб. / И. И. Елисеева, С. В. Курышева, Т. В. Костеева и др. ; под ред. И. И. Елисеевой. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Финансы и статистика, 2007. — 576 с.

REFERENCES

1. Mitrofanov, V. P. (1999). *Pечатное оборудование*. Moscow: Izdatel'stvo MGUP (in Russian).
2. Efimov, M. V. (1989). *Avtomatizacija tehnologicheskikh processov poligrafii*. Moscow: Kniga (in Russian).
3. Luckiv, M. M., Verhola M. I., Guk I. B. (1999). Vyznachennja chasu perehidnogo procesu v farbovyh aparatah drukars'kyh mashyn. *Komp'juterni tehnologii' drukarstva*, (3), 237–242 (in Ukrainian).
4. Verhola M. I., Spoljak R.M. (2011). Modeljuvannja ta eksperymental'ne doslidzhennja perehidnogo procesu farbodrukars'koi' systemy HEIDELBERG GTO-52-2/-P. *Komp'juterni tehnologii' drukarstva*, (26), 3–15 (in Ukrainian).
5. Verhola M. I., Panovyk U. P. (2015). Komp'juterne vyznachennja optymal'noi' kil'kosti robochyh cykliv farbodrukars'koi' systemy dlja poperedn'ogo zapovnennjai 'ii 'farboju *Komp'juterni tehnologii' drukarstva*, 2 (34), 59–71 (in Ukrainian).
6. Eliseeva I.I. (2007). *Jekonometrika*. Moscow: Finansy i statistika (in Russian).

**INFORMATION TECHNOLOGY OF OPTIMIZATION OF PREVIOUS INKS
FILLING PROCESS OF INK PRINTING SYSTEM WITH TWO FORM
ROLLERS**

U. P. Panovyk

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

The proposed article is devoted to the optimization of preparation process of ink printing system to printing. The transition process of ink printing system output with two form rollers on steady mode has been researched at the different loading. By computer simulation it was determined the amount of system working cycles for its previous ink filling to the moment of connecting form rollers with the plate. Such approach gives an opportunity not only to substantially decrease the time of output system on an operating mode, but also to considerably decrease the amount of substandard imprints. The process of determining the optimal amount of working cycles of ink printing system with two form rollers for previous ink filling to the moment of serve of command to print has been described. The amount of working cycles of ink printing system for previous ink filling by the optimal amount of ink is set and their values are given in the form of tables and graphs.

Keywords: *optimization of the printing process, ink printing system, working mode, transition process, pre-filling of system, computer simulation.*

Стаття надійшла до редакції 23.02.2016.

Received 23.02.2016.