

УДК 681.624

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ДИНАМІКУ ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ

М. І. Верхола, У. П. Пановик, М.І. Калитка, О.Є. Бабиш

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

Розроблено математичну модель фарбодрукарської системи послідовної структури з використанням z -перетворень, яка описує дискретно-неперервний процес розподілу і передачі фарби з врахуванням режиму роботи фарбоживильного пристрою. Побудовано в середовищі Matlab-Simulink симулятор фарбодрукарської системи, який імітує процес взаємодії усіх компонентів системи. Проведено моделювання та дослідження впливу навантаження та величини розщеплення фарби в зонах контакту на тривалість виходу фарбодрукарської системи на робочий режим. З'ясовано, що зі зростанням коефіцієнтів заповнення форми друкувальними елементами κ_z в діапазоні від 0,1 до 0,5 тривалість перехідного процесу зменшується за експоненціально подібною залежністю практично для всіх значень α_z , а в діапазоні від 0,5 до 1,0 ця залежність є практично обернено-пропорційною. Встановлено характер впливу коефіцієнтів розподілу і передачі фарби на тривалість перехідного процесу при зміні α_i в діапазоні від 0,4 до 0,6. Визначено, що при отриманні відбитків з κ_z від 0,5 до 1,0 тривалість перехідного процесу N_{mn} із зростанням α_i зменшується майже лінійно, а зі зменшенням κ_z особливо в діапазоні від 0,1 до 0,25, графічні залежності стають криволінійними.

Отриманні результати досліджень можуть бути використані для удосконалення систем налагодження офсетних машин на робочий режим.

Ключові слова: *фарбодрукарська система, математична модель, симулятор, моделювання, перехідний процес, коефіцієнт розщеплення фарби.*

Постановка проблеми. Дослідження динаміки фарбодрукарських систем офсетних машин, в основному націлені на вивчення стійкості усталеного режиму роботи та перехідних процесів, що відбуваються при передачі фарби від фарбоживильного пристрою до відбитка. Тривалість виходу фарбодрукарської системи на усталений режим залежить від багатьох чинників: структура та кількість елементів системи, геометричні розміри валиків та циліндрів; характер заповнення форми друкувальними елементами. Для опису динаміки фарбодрукарських систем зазвичай використовують математичні моделі з транспортним запізненням, які отримують при експериментальному дослідженні. Моделювання процесів перенесення фарби в фарбодрукарській системі здійснюється за допомогою опису фізичних процесів з подальшим

використанням програмно-апаратних засобів. Актуальним завданням є дослідження впливу коефіцієнтів поділу фарби в зонах контакту валиків і циліндрів на перехідний процес систем.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Основним критерієм аналізу динаміки фарбодрукарських систем є тривалість перехідного процесу, тобто час виходу системи на робочий режим після пуску друкарської машини. Як стверджується в роботі [1] тривалість перехідного процесу залежатиме не тільки від транспортного запізнення проходження потоків фарби поверхнями валиків і циліндрів фарбодрукарської системи, але й від інерції відновлення балансу між надходженням і витратою після регулювання подачі фарби. При зміні зональної подачі фарби час виходу на робочий режим більший ніж при зміні загальної подачі.

При дослідженні динаміки фарбодрукарських систем встановлено, що зі зменшенням коефіцієнта заповнення форми час встановлення перехідних процесів у фарбодрукарській системі зростає [2]. Це підтверджується і результатами досліджень динамічних властивостей фарбодрукарської системи отриманими за допомогою симулятора побудованого в програмному пакеті Matlab [3]. Аналогічні дані отримано в результаті моделювання друкарського процесу за допомогою комп'ютерної програми Quick Basic [4], які показують, що час виходу фарбодрукарської системи на робочий режим обернено залежить від коефіцієнтів заповнення форми друкувальними елементами.

Залежність тривалості перехідного процесу у фарбодрукарських системах від щільності заповнення форми друкувальними елементами підтверджено і рядом інших публікацій. Проте на даний час практично відсутня інформація про характер впливу коефіцієнтів розщеплення фарби в зонах контакту елементів фарбодрукарської системи на тривалість її виходу на робочий режим.

В роботі [5] запропонована методика оцінки перехідного процесу у фарбодрукарських системах на основі кінцевої тривалості перехідного процесу в дискретних системах, який дає змогу аналітичним шляхом визначати час перехідного процесу (t_n) для розкочувальної підсистеми у відносних одиницях:

$$t_n = \sum_{i=1}^k (p_i + r_i) / k \alpha^{k-1} \beta k_3, \quad (1)$$

де α , β – коефіцієнти ділення потоку фарби в зонах контакту елементів фарбодрукарської системи;

p_i , r_i – транспортні запізнення при передачі прямих і зворотних потоків фарби поверхнями валиків і циліндрів та їх кількість - k ;

k_3 – коефіцієнт заповнення форми друкувальними елементами.

Мета статті – Розроблення математичної та імітаційної моделей фарбодрукарської системи офсетної машини для дослідження інтегрального впливу технологічних факторів на тривалість виходу системи на робочий режим роботи.

Виклад основного матеріалу дослідження. В основі фарбопередачі між валиками та циліндрами у фарбодрукарській системі лежить принцип подільності фарби. Вважається, що потік фарби, який проходить по поверхнях валиків та циліндрів від фарбоживильного пристрою до форми в точках контакту елементів системи ділиться навпіл. Проте, дослідження фарбопередачі дають можливість стверджувати, що коефіцієнт передачі фарби в зонах контакту валиків і циліндрів в залежності від швидкості друкарської машини, матеріалів поверхонь елементів системи, в'язкості фарби та температури може змінюватись [6], що в свою чергу впливає на динамічні властивості фарбодрукарської системи. Для визначення впливу зміни коефіцієнтів передачі фарби в зонах контакту валиків і циліндрів на тривалість виходу фарбодрукарської системи на робочий режим використовуємо метод математичного моделювання. Розглянемо вирішення поставленого завдання на прикладі фарбодрукарської системи послідовної структури.

У фарбодрукарських системах офсетних машин для подачі фарби використовуються дукторно-ножові фарбоживильні пристрої [7]. Дукторний циліндр, повертаючись на певний кут, подає із фарбової скриньки фарбу у вигляді імпульсів заданої товщини та ширини. Передавальний валик, який здійснює коливальний рух забирає частину фарби з поверхні дуктора і передає її до першого розкочувального валика фарбодрукарської системи. Внаслідок обертання валиків і циліндрів фарба передається до накочувального валика. В процесі транспортування потоки фарби сумуються під час входження у зони контакту і розщеплюються на виході, утворюючи прямі та зворотні потоки, що циркулюють поверхнями елементів фарбодрукарської системи. Накочувальний валик наносить фарбу на друкувальні елементи форми, закріпленої на формному циліндрі. З поверхні форми фарба за допомогою офсетного циліндра передається на папір, проходячи через зону контакту між офсетним та друкарським циліндрами.

Для наочного відображення процесу розподілу і передачі фарби побудуємо структурну схему фарбодрукарської системи. Основними елементами для побудови структурних схем є ланка, суматор і вузол. Ланка відповідає оператору передачі прямих і зворотних потоків фарби. Суматор відображає накладання потоків фарби в зонах контакту елементів фарбодрукарської системи. Вузол на виході з суматора – це місце розщеплення фарби на виході із зон контакту валиків і циліндрів. Таким чином структурна схема наочно відображає процес розподілу і передачі фарби та є важливим інструментом для побудови симулятора фарбодрукарської системи. Застосувавши такий підхід, будуємо структурну схему фарбодрукарської системи послідовної структури, яка представлена на рис. 1.

На структурній схемі представлено першу, другу, третю та останню зони фарбодрукарської системи. На вході схеми відображені товщини зональної подачі фарби, а на виході – товщини фарби, що передається на відбитки. Прямі та зворотні вітки контурів відтворюють переміщення потоків фарби поверхнями валиків і циліндрів.

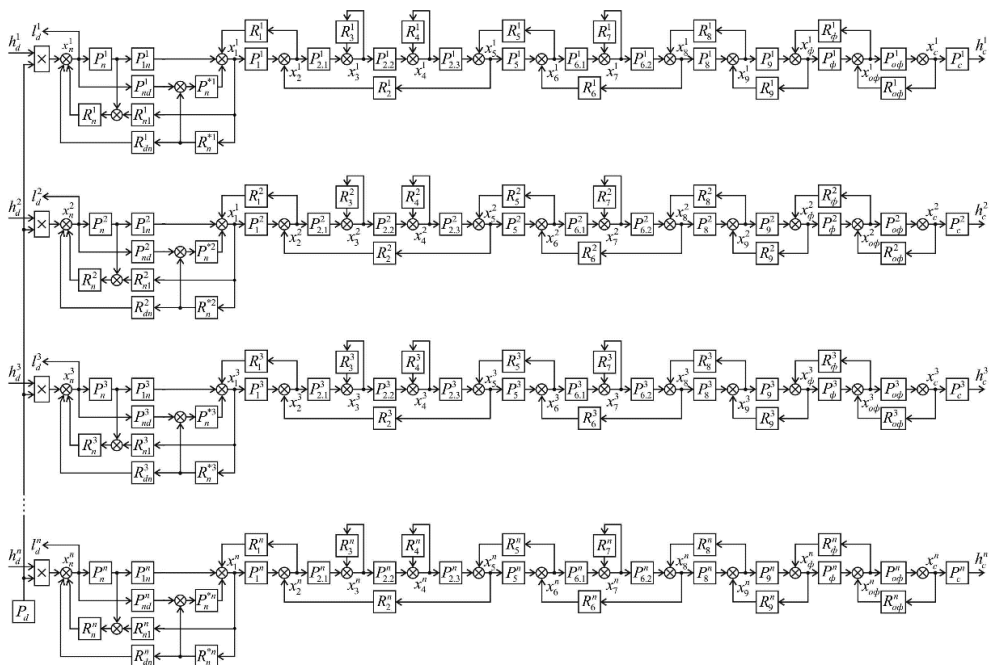


Рис. 1. Структурна схема фарбодрукарської системи послідовної структури

Для розроблення математичної моделі робимо такі припущення: діаметри елементів фарбодрукарської системи різні; довжини кіл валиків і циліндрів поділені на ціле число умовних одиниць; час проходження потоку фарби поверхнею валиків і циліндрів шляху в 1 мм відповідає одній відносній одиниці; нехтуємо часом проходження фарби через зону контакту; лінійні швидкості елементів фарбодрукарської системи рівні між собою; проковзування валиків і циліндрів відсутнє; цикл роботи фарбоживильного пристрою може дорівнювати часу одного або двох обертів формного циліндра; за змінні приймаємо товщини потоків фарби в місцях контакту і на поверхні елементів фарбодрукарської системи та товщини подачі й передачі фарби на відбитки.

На підставі зроблених припущень та наукових праць [8-9] складаємо систему рівнянь для однієї зони фарбодрукарської системи, схема якої представлена на рис. 1:

$$\begin{aligned}
 x_{nd}(z) &= P_n(z)P_{jc}(z)x_n(z) + R_{n1}(z)x_{n1}(z); \\
 x_1(z) &= P_n(z)P_n(z)x_n(z) + P_{nd}P_n^*(z)x_n(z) + R_1(z)x_2(z); \\
 h_1(z) &= P_1(z)x_1(z); l_n(z) = R_n(z)R_{n1}(z)x_1(z) + R_n^*(z)R_{dn}(z)x_1(z); \\
 x_2(z) &= P_1(z)x_1(z) + R_2(z)x_5(z); \\
 h_{2,1}(z) &= P_{2,1}(z)x_2(z); l_1(z) = R_1(z)x_2(z); \\
 x_3(z) &= P_{2,1}(z)x_2(z) + R_3(z)x_3(z); \\
 h_{2,2}(z) &= P_{2,2}(z)x_3(z); l_3(z) = R_3(z)x_3(z); \\
 x_4(z) &= P_{2,2}(z)x_3(z) + R_4(z)x_4(z); \\
 h_{2,3}(z) &= P_{2,3}(z)x_4(z); l_4(z) = R_4(z)x_4(z);
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
x_5(z) &= P_{2,3}(z)x_4(z) + R_5(z)x_6(z); \\
h_5(z) &= P_5(z)x_5(z); \quad l_2(z) = R_2(z)x_5(z); \\
x_6(z) &= P_5(z)x_5(z) + R_6(z)x_8(z); \\
h_{6,1}(z) &= P_6(z)x_6(z); \quad l_5(z) = R_5(z)x_6(z); \\
x_7(z) &= P_{6,1}(z)x_6(z) + R_7(z)x_7(z); \\
h_{6,2}(z) &= P_{6,2}(z)x_7(z); \quad l_7(z) = R_7(z)x_7(z); \\
x_8(z) &= P_{6,2}(z)x_7(z) + R_8(z)x_9(z); \\
h_8(z) &= P_8(z)x_8(z); \quad l_6(z) = R_6(z)x_8(z); \\
x_9(z) &= P_8(z)x_8(z) + R_9(z)x_{\phi}(z); \\
h_9(z) &= P_9(z)x_9(z); \quad l_8(z) = R_8(z)x_9(z); \\
x_{\phi}(z) &= P_9(z)x_9(z) + R_{\phi}(z)x_{\text{оф}}(z); \\
h_{\phi}(z) &= P_{\phi}(z)x_{\phi}(z); \quad l_9(z) = R_9(z)x_{\phi}(z); \\
x_{\text{оф}}(z) &= P_{\phi}(z)x_{\phi}(z) + R_{\text{оф}}(z)x_c(z); \\
h_{\text{оф}}(z) &= P_{\text{оф}}(z)x_{\text{оф}}(z); \quad l_{\phi}(z) = R_{\phi}(z)x_{\text{оф}}(z); \\
x_c(z) &= P_{\text{оф}}(z)x_{\text{оф}}(z); \quad l_{\text{оф}}(z) = R_{\text{оф}}(z)x_c(z); \\
h_c(z) &= P_c(z)x_c(z),
\end{aligned} \tag{1}$$

де $x_n(z)$, $x_i(z)$, $x_{\phi}(z)$, $x_{\text{оф}}(z)$, $x_c(z)$ – z -зображення товщин потоків фарби в місцях контакту елементів фарбодрукарської системи;

$h_i(z)$, $l_i(z)$ – z -зображення товщин потоків фарби на поверхні валиків і циліндрів;
 $h_d(z)$, $h_c(z)$ – z -зображення товщин подачі фарби та передачі її на матеріал, що задруковується;

$P_n(z)$, $R_n(z)$, $P_n^*(z)$, $R_n^*(z)$ – оператори передачі фарби передавальним валиком під час його контакту з дуктором та першим валиком розкочувально-накочувальної підсистеми;

$P_d(z)$, $R_d(z)$ – оператори передачі фарби дукторним циліндром від дукторної скриньки до передавального валика і в зворотному напрямку;

$P_{nd}(z)$, $P_{ln}(z)$, $R_{nl}(z)$, $R_{dn}(z)$ – оператори передачі прямих і зворотних потоків фарби передавальним валиком від дуктора до розкочувального валика та у зворотному напрямку;

$P_i(z)$, $R_i(z)$ – оператори передачі прямих і зворотних потоків фарби поверхнями валиків і циліндрів;

$P_{\phi}(z)$, $R_{\phi}(z)$, $P_{\text{оф}}(z)$, $R_{\text{оф}}(z)$ – оператори передачі прямих і зворотних потоків фарби поверхнями формного і офсетного циліндрів;

$P_c(z)$ – оператор передачі фарби з поверхні формного циліндра на матеріал, що задруковується.

На основі структурної схеми (рис. 1) та математичної моделі (1) розробляємо симулятор фарбодрукарської системи. Для побудови симулятора більш детально розглянемо оператори передачі фарби елементами фарбодрукарської системи.

Оператори передачі фарби в коловому напрямку іншими елементами фарбодрукарської системи на підставі публікації можна подати таким чином:

$$\begin{aligned}
 P_i(z) &= \alpha_i z^{-p_i}; R_i(z) = \gamma_i z^{-r_i}; \\
 P_\phi(z) &= \alpha_\phi F(z) z^{-p_\phi}; R_\phi(z) = \gamma_\phi z^{-r_\phi}; \\
 P_{o\phi}(z) &= \alpha_{o\phi} z^{-p_{o\phi}}; R_{o\phi}(z) = \gamma_{o\phi} z^{-r_{o\phi}}; \\
 P_c(z) &= \beta,
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

де α_i, γ_i – коефіцієнти передачі прямих та зворотних потоків фарби із зон контакту на поверхню валиків і циліндрів;

$\gamma_{o\phi} = (1 - \beta)(\beta - \text{коефіцієнт передачі фарби на папір});$

$z^{-p_i}, z^{-r_i}, z^{-p_\phi}, z^{-r_\phi}, z^{-p_{o\phi}}, z^{-r_{o\phi}}$ – транспортні запізнення передачі фарби елементами фарбодрукарської системи.

Оператор формування друкувальних елементів на поверхні форми на підставі [10] можна подати так:

$$F(z) = z^{-b_0} (1 - z^{-\alpha_i})(1 - z^{-d_f})^{-1} \tag{3}$$

де b_0 – зміщення друкувальних елементів відносно до початку форми;

$\alpha_i = k_3 l_f$ – транспортні запізнення, що відповідають тривалості нанесення фарби на друкувальні елементи (плашки) форми L_f ;

$l_f = T_f / T$ – час у відносних одиницях, за який друкарська форма довжиною L_f обертуючись проходить зону контакту з накочувальним валиком;

d_f – тривалість одного оберту формного циліндра у відносних одиницях.

Аналіз факторів впливу на динаміку фарбодрукарських систем можна проводити аналітичним шляхом, але використання такого підходу вимагає значної затрати часу. Тому вирішувати поставлену задачу в даній роботі будемо шляхом комп'ютерного симулювання використовуючи розроблений симулятор фарбодрукарських систем.

За допомогою симулятора фарбодрукарської системи послідовної структури визначаємо параметри вхідного завдання (при ширині імпульсу подачі фарби $b_d = 30$ мм) для різних α_i та κ_3 . Задаючи параметри вхідного завдання та відповідні значення коефіцієнтів розподілу та передачі фарби α_i та κ_3 проводимо серію модельних експериментів до виходу фарбодрукарської системи на усталений режим і визначаємо тривалість перехідного процесу $N_{\text{пт}}$. Окремі результати моделювання зведено в табл. 1., а інформація про вплив κ_3 та α_i на тривалість перехідного процесу $N_{\text{пт}}$ подана у вигляді графічних залежностей на рис. 2 та рис. 3.

Аналіз результатів симулювання показує, що значення параметрів вхідного завдання зростають зі зменшенням α_i . Так при $\kappa_3 = 0,1$ і $\alpha_i = 0,6$ величина зональної подачі фарби становить $h_d = 6,8$ мкм, а перехідний процес завершиться за 134 цикли роботи фарбодрукарської системи (оберти формного циліндра). При отриманні відбитків з $\kappa_3 = 0,1$ за умови, що $\alpha_i = 0,5$ вхідне завдання h_d збільшується до 12,8 мкм, а тривалість виходу системи на робочий режим зростає до 398 обертів формного циліндра (рис. 2). Зі зменшенням коефіцієнтів розщеплення і передачі фарби до

Таблиця 1

Кількість циклів роботи фарбодрукарської системи послідовної структури до виходу на усталений режим при різних α_i та κ_3

№ з/п	κ_3	$\alpha_i = 0,4;$ $\gamma_i = 0,6;$		$\alpha_i = 0,45;$ $\gamma_i = 0,55;$		$\alpha_i = 0,5;$ $\gamma_i = 0,5;$		$\alpha_i = 0,56;$ $\gamma_i = 0,44;$		$\alpha_i = 0,6;$ $\gamma_i = 0,4;$	
		$h_d,$ МКМ	$N_{mn},$ ЦИКЛІВ	$h_d,$ МКМ	$N_{mn},$ ЦИКЛІВ	$h_d,$ МКМ	$N_{mn},$ ЦИКЛІВ	$h_d,$ МКМ	$N_{mn},$ ЦИКЛІВ	$h_d,$ МКМ	$N_{mn},$ ЦИКЛІВ
1	0,10	140	375	32,88	452	12,75	398	7,81	217	6,79	134
3	0,20	152,2	356	42,68	362	21,11	251	14,99	122	13,38	77
5	0,30	164,3	335	52,46	302	29,46	185	22,17	88	19,99	55
6	0,50	191,6	301	72,87	234	46,36	132	36,57	62	33,21	41
7	0,80	230,9	265	103,1	179	71,62	97	58,16	47	53,04	32
8	1,0	257,4	245	123,3	159	88,49	85	72,56	42	66,27	29

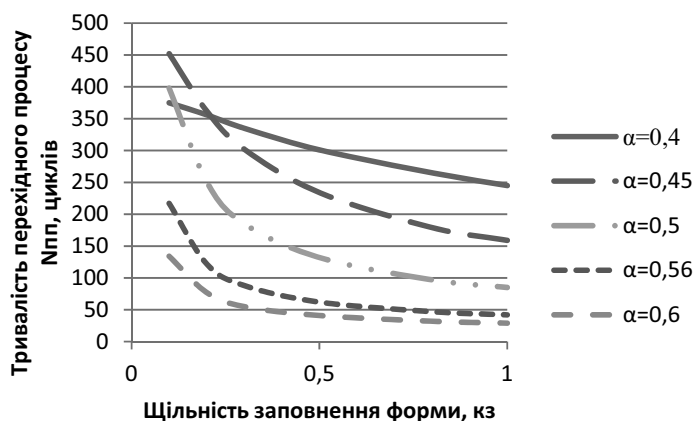


Рис.2. Залежності тривалості перехідного процесу N_{pp} від κ_3 у фарбодрукарській системі послідовної структури при різних значеннях α

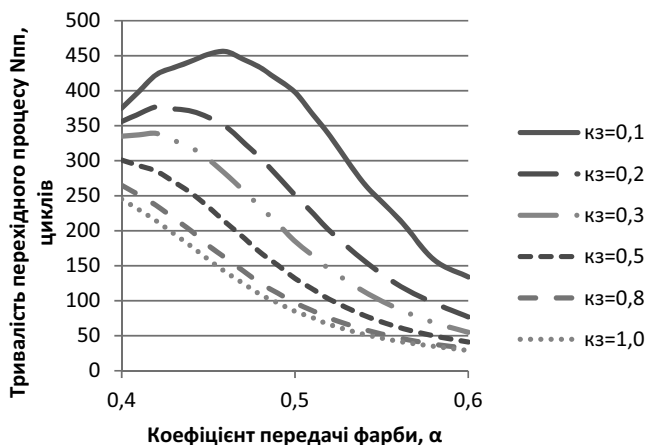


Рис.3. Залежності тривалості перехідного процесу N_{pp} від α у фарбодрукарській системі послідовної структури при різних значеннях κ_3

$\alpha_i=0,4$ при отриманні кондиційних відбитків з $\kappa_3=0,1$ вхідне задавання збільшується до 140 мкм, а тривалість перехідного процесу становить $N_{\text{пт}}=375$ циклів роботи фарбодрукарської системи. При зменшенні коефіцієнтів розподілу і передачі фарби до $\alpha_i=0,5$ величина вхідного задавання становить $h_d=46,4$ мкм, а тривалість перехідного процесу $N_{\text{пт}}=132$ цикли. При отриманні відбитків з $\kappa_3=0,5$ за умови, що $\alpha_i=0,4$ вхідне задавання зростає до 191,6 мкм, а тривалість перехідного процесу збільшується до 301 циклу роботи фарбодрукарської системи. Якщо потрібно отримати відбитки з $\kappa_3=1,0$, при $\alpha_i=0,6$, то величина вхідного задавання повинна становити 66,3 мкм. Перехідний процес в даному випадку завершиться за 29 обертів формного циліндра. Зі зменшенням коефіцієнтів розщеплення і передачі фарби до $\alpha_i=0,5$ вхідне задавання потрібно збільшити до 88,5 мкм. Тоді час перехідного процесу до отримання кондиційних відбитків становитиме $N_{\text{пт}}=85$ циклів. Щоб отримати відбитки з технологічно необхідною товщиною фарби на їх поверхні за умови, що $\alpha_i=0,4$ і $\kappa_3=1,0$ вхідне задавання повинно бути $h_d=257,4$ мкм. Тривалість виходу фарбодрукарської системи на усталений режим становитиме 245 циклів.

Аналізуючи графічні залежності (рис. 3) бачимо, що зі зростанням κ_3 в діапазоні від 0,1 до 0,5 тривалістю перехідного процесу зменшується за експоненціально подібною залежністю практично для всіх значень α_i . Із збільшенням κ_3 від 0,5 до 1,0 спостерігається обернено-лінійна залежність. Інший характер впливу коефіцієнтів розподілу і передачі фарби на тривалість перехідного процесу спостерігається при зміні α_i в діапазоні від 0,4 до 0,6 (рис. 3). Так, якщо при отриманні відбитків з κ_3 від 0,5 до 1,0 тривалість перехідного процесу $N_{\text{пт}}$ із зростанням α_i зменшується майже лінійно, то зі зменшенням κ_3 особливо в діапазоні від 0,1 до 0,25, графічні залежності стають криволінійними.

Висновок. Проведено моделювання та дослідження впливу коефіцієнтів розподілу і передачі фарби в зонах контакту елементів фарбодрукарської системи α_i та щільності заповнення форми друкувальними елементами κ_3 на тривалість перехідного процесу. Встановлено, що при отриманні відбитків з $\kappa_3=0,5$ і $\alpha_i=0,5$ тривалість виходу на усталений режим становить 132 цикли роботи машини. Зі збільшенням зміни α_i до 0,6 тривалість перехідного процесу зменшиться в 3,2 рази, а зі зменшенням коефіцієнтів розщеплення до 0,4 тривалість перехідного процесу зростає в 2,3 рази. Аналогічна тенденція спостерігається при тиражуванні відбитків з більшою інтенсивністю заповнення їх елементами зображення. Проте, при зменшенні щільності заповнення форми друкувальними елементами суттєво змінюється характер впливу α_i на тривалість виходу фарбодрукарської системи на робочий режим. Так при тиражуванні відбитків з $\kappa_3=0,1$ зі зміною α_i від 0,5 до 0,6 тривалість виходу системи на робочий режим зменшується практично в 3 рази. Однак, зі зменшенням коефіцієнтів розщеплення фарби фарбодрукарська система стає динамічно не чутливою.

Динамічні властивості фарбодрукарської системи безпосередньо визначають затрати фарби та паперу при налагодженні таких систем на заданий наклад. Тому, отриманні результати досліджень можуть бути використані для удосконалення систем налагодження офсетних машин на робочий режим.

Список використаних джерел

1. Ковалева В.В. Автоматизированные системы управления технологическими процессами в полиграфии: Учебн. пособие. М.: Изд-во МГУП, 2010. – 277 с.
2. Щербина Ю. В. Аналитический метод исследования динамики красочных аппаратов печатных машин. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2007. №1. С. 3-15.
3. Qiu Min Wu, Ji Mei Wu, Rui Wang. Study for Dynamic Property of the Inking System of Offset Press Based on Matlab. *Applied Mechanics and Materials*, 2011. Vols. 121-126, P. 392-396. URL: <http://www.scientific.net> (Last accessed: 10.10.2020).
4. Shem M. Chou. Computer Simulation of Offset Printing: II. Effects of Vibrator Oscillation and Image Layout. *Warrendale: Printing Industries of America*. 1997. 25 p. URL: <http://www.printing.org> (Last accessed: 16.05.2014).
5. Луцків М.М., Верхола М. І., Гук І. Б. Визначення часу перехідного процесу розкочування фарби в друкарських машинах. Комп'ютерні технології друкарства: збірник наукових праць. 1999. №3. С. 237-242.
6. Киппхан Г. Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства. М.: МГУП, 2003. – 1280 с.
7. Чехман Я. І., Сенкус В. Т., Дідич В. П., Босак В. О. Друкарське устаткування: підручник. Львів: УАД, 2005. – 468 с.
8. Верхола М. І. Аналіз розподілу потоків фарби між виходом і входом фарбової системи при різних способах подачі фарби. Комп'ютерні технології друкарства: збірник наукових праць. 2002. №7. – С.13–27.
9. Верхола М. І., Бабінець В. М. Визначення коефіцієнта передачі фарби передаючим валіком та аналіз розподілу фарби між входом та виходом фарбової системи з трьома накочувальними валіками. Комп'ютерні технології друкарства: збірник наукових праць. 2008. № 20. – С.3–24.
10. 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 : збірник наукових праць. 2007. №18. – С. 5-21.

REFERENCES

1. Kovaleva V.V. (2010). Avtomatizirovannyye sistemy upravleniia tekhnologicheskimi protsessami v poligrafii: Uchebn. posobie. M.: Izd-vo MGUP [in Russian].
2. Shcherbina Iu. V. (2007). Analiticheskii metod issledovaniia dinamiki krasochnykh apparatov pechatnykh mashin. Problemy poligrafii i izdatelskogo dela. 1, 3-15 [in Russian]
3. Qiu Min Wu, Ji Mei Wu, Rui Wang. Study for Dynamic Property of the Inking System of Offset Press Based on Matlab. *Applied Mechanics and Materials*, 2011. Vols. 121-126, P. 392-396. URL: <http://www.scientific.net> (Last accessed: 10.10.2020). (in English)
4. Shem M. Chou. Computer Simulation of Offset Printing: II. Effects of Vibrator Oscillation and Image Layout. *Warrendale: Printing Industries of America*. 1997. 25 p. URL: <http://www.printing.org> (Last accessed: 16.05.2014). (in English)
5. Lutskiy M.M., Verkhola M. I., Huk I. B. (1999). Vyznachennia chasu perekhidnoho protsesu rozkochuvannia farby v drukarskykh mashynakh. Kompiuterni tekhnolohii drukarstva: zbirnyk naukovykh prats. 3, 237-242 [in Ukrainian].

6. Kippkhan G. (2003). Entsiklopediia po pechatnym sredstvam informatsii. Tekhnologii i sposoby proizvodstva. M.: MGUP [in Russian].
7. Chekhman Ya. I., Senkus V. T., Didych V. P., Bosak V. O. (2005). Drukarske ustatkuvannia: pidruchnyk. Lviv: UAD [in Ukrainian].
8. Verkhola M. I. (2002). Analiz rozpodilu potokiv farby mizh vykhodom i vkhodom farbovoi systemy pry riznykh sposobakh podachi farby. Kompiuterni tekhnolohii drukarstva: zbirnyk naukovykh prats. 7, 13–27 [in Ukrainian].
9. 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 nakochuvalnymy valykamy. Kompiuterni tekhnolohii drukarstva: zbirnyk naukovykh prats. 20, 3–24 [in Ukrainian].
10. 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. Kompiuterni tekhnolohii drukarstva : zbirnyk naukovykh prats. 18, 5-21 [in Ukrainian].

DOI 10.32403/2411-9210-2020-2-44-39-49

MODELING AND RESEARCH OF TECHNOLOGICAL FACTORS INFLUENCE ON THE DYNAMICS OF THE INK PRINTING SYSTEM

M. I. Verkhola, U. P. Panovyk, M.I. Kalytka, O.E. Babych

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

A mathematical model of the sequential structure ink printing system using z-transforms has been developed, which describes a discrete-continuous process of ink distribution and transfer taking into account the mode operation of the ink supply device. The mathematical model makes it possible to determine the thickness of the ink flows not only at the outlet of the system, but also in different zones of the rollers and cylinders surfaces. An ink printing system simulator is designed in the Matlab-Simulink environment, which simulates the process of all system components interaction. Modeling and research influence of loading and size of ink splitting in contact zones on duration of an ink printing system exit on an operating mode is carried out. It is found that with increasing coefficients of form filling by printing elements κ_3 in the range from 0.1 to 0.5 the duration of the transition process decreases exponentially similar dependence for almost all values of α_p , and in the range from 0.5 to 1.0 this dependence is almost inversely proportional. The influence's nature of the ink distribution and transfer coefficients has been established on the duration of the transition process when changing α_i in the range from 0.4 to 0.6. It is determined that when obtaining imprints with κ_3 from 0.5 to 1.0, the duration of the transition process N_{nm} decreases almost linearly with increasing α_p , and with a decrease of κ_3 especially in the range from 0.1 to 0.25, the graphical dependences become curvilinear. It

was found that when the density of filling the form with printing elements decreases, the nature of α_i influence on the duration of the ink printing system output to the operating mode changes significantly. Thus, when replicating imprints with $\kappa_3=0.1$ with a change in α_i from 0.5 to 0.6, the duration of the system output on the operating mode is reduced by almost 3 times. However, as the ink splitting coefficients decrease, the ink printing system becomes dynamically insensitive.

The obtained research results can be used to improve the systems for adjusting offset machines to the operating mode.

Keywords: *ink printing system, mathematical model, simulator, modeling, transient process, ink splitting coefficient.*

Стаття надійшла до редакції 09.10.2020.

Received 09.10.2020.