

АВТОМАТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВХІДНОГО ЗАВДАННЯ ПОСЛІДОВНОЇ ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ РІЗНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Розглянуто спосіб автоматичного визначення вхідного завдання, яке забезпечує бажану товщину шару фарби на виході фарбодрукарської системи при різних навантаженнях та режимах подачі фарби.

It is considered the way of automatically determining of the input task that provides the desired thickness of the layer of paint on the output of paintprinting system under different loads and modes of supply of paint.

1. ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ

Для скорочення часу підготовки поліграфічних машин до друку та зменшення кількості неякісної продукції, використовується попереднє налагодження фарбодрукарських систем, яке має такі складові: задання товщин шарів фарби на вході системи, налаштування кута повороту дукторного циліндра та регулювання фази розтиральних циліндрів.

Відомо, що для попереднього задання товщин шарів фарби на вході використовується інформація про коефіцієнт заповнення друкарської форми [1,2]. Для цього застосовують сканування форми і, розбиваючи її на зони, визначаються значення коефіцієнтів заповнення форми у кожній зоні. Але виробники поліграфічних машин не дають інформації про те, яким чином з даних про коефіцієнт заповнення форми визначається товщина смужки фарби в окремих зонах на вході фарбової системи при попередньому налагодженні.

Тому оптимізація процесу визначення вхідного завдання фарбодрукарської системи для забезпечення технологічно-необхідної товщини шару фарби на друкуючих елементах для різних видів друкованої продукції є актуальною задачею.

2. АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ДАНОЮ ПРОБЛЕМОЮ

У доступних інформаційних джерелах та публікаціях [1,2] лише стверджується про те, що сучасні друкарські машини мають автоматичні системи керування зонами подачі фарби, за допомогою яких можна досягти високої якості друку. Для скорочення часу підготовки машини

³ Українська академія друкарства

до друку потрібно мати точні дані про попереднє налагодження подачі фарби. Відомо, що такі дані отримують за допомогою сканера друкарської форми, додрукарських пристроїв або бази даних раніше виконаних замовлень. Якщо в останньому випадку з твердженням про достовірність даних можна погодитись, оскільки вони коригуються в процесі виконання замовлення, то в двох перших випадках виникають сумніви, оскільки немає інформації, як на підставі даних про коефіцієнти заповнення форми визначається вхідне задання подачі фарби. Адже у фарбових апаратах, оснащених дукторно-ножевими фарбоживильними системами, циркулюють як прямі, так і зворотні потоки фарби, і частина фарби з фарбового апарата повертається у дукторне корито.

Так в роботі [3,4] встановлено суттєвий вплив коефіцієнта заповнення форми на перерозподіл потоків фарби між входом і виходом фарбової системи. В праці [4] також виявлено значний вплив на перерозподіл фарби у фарбодрукарській системі способу формування порцій подачі фарби у фарбову систему, який полягає у співвідношенні товщини і ширини смуг подачі фарби. В статті [5] досліджується вплив розтирального циліндра на перерозподіл потоків фарби між виходом і входом фарбодрукарської системи.

З вище викладеного випливає, що інформації про коефіцієнти навіть зонального заповнення форми недостатньо для попереднього налагодження подачі фарби.

Тому в даній роботі пропонується визначити вхідне задання на основі математичної моделі фарбодрукарської системи з врахуванням характеру друкованої продукції.

3. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ

Принцип роботи фарбодрукарської системи ґрунтується на відокремленні від загальної маси в початковий момент часу шару фарби значно більшої товщини, ніж потрібно для нанесення на форму. Потім цей шар розкочується, зменшуючись за товщиною до потрібного значення, накочується на форму і через офсетний циліндр (в машинах плоского друку) передається на матеріал, що задруковується. Фарбові системи друкарських машин фірм, що їх продукують, мають різні конструкції і складаються з десятків елементів – циліндрів та еластичних валиків, які чергуються між собою. Розтиральні циліндри, крім колового руху, мають ще й осьове переміщення.

Для спрощення поставленої задачі на даному етапі дослідження розглядатимемо послідовну фарбодрукарську систему з одним накочувальним валиком, схема якої представлена на рис.1.

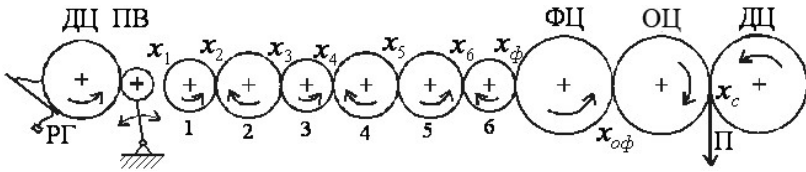


Рис. 1. Схема послідовної фарбової системи

Товщина шару фарби задається регулювальним гвинтом РГ, а ширина - кутом повороту дукторного циліндра ДЦ за один цикл роботи передавального валика ПВ. Коливаючись, передавальний валик здійснює передачу фарби як в прямому напрямку від ДЦ до розкочувального валика 1, так і в зворотному. 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 накочувальний валик 6, який наносить шар фарби на форму, закріплену на формному циліндрі ФЦ. За допомогою офсетного циліндра ОЦ фарба з форми передається на папір П, який проходить між офсетним та друкарським циліндрами.

При побудові моделі робимо наступні припущення: лінійні швидкості поверхонь елементів фарбодрукарської системи рівні між собою; тиск у зонах контакту валиків, формного, офсетного та друкарського циліндрів є сталими; схема моделі відповідає схемі фарбової системи друкарської офсетної машини Rotator 314, представленій в роботі [4], якщо з останньої вилучити накочувальні валики 7, 9 та розтиральний циліндр 8; всі елементи фарбодрукарської системи мають лише обортовий рух; довжини кіл валиків і циліндрів поділені на ціле число умовних одиниць, яке дорівнює довжині кіл відповідних валиків і циліндрів реальної друкарської офсетної машини в сантиметрах; час проходження шляху в один сантиметр відповідає одній відносній одиниці; проковзування між елементами фарбової системи відсутнє; передавальний валик здійснює один цикл роботи за час одного оберту формного циліндра.

На підставі публікацій [4,5] та прийнятих припущень, складаємо за схемою фарбової системи її математичну модель.

$$h_0(z) = P_{\alpha}(z)h_{d_0}(z); \quad x_n(z) = h_0(z) + l_{d_n}(z);$$

$$h_{n_d}(z) = \alpha_{n_0} z^{-P_n} x_n(z); \quad l_{d_0}(z) = \gamma_{n_0} x_n(z);$$

$$h_{n_{d_{\Sigma}}}(z) = h_{n_d}(z) + \overline{P_p}(z) z^{-R_z} h_{n_1}(z);$$

$$l_{n_d}(z) = P_{\alpha}(z) z^{-r_n} h_{n_{d_{\Sigma}}}(z); \quad l_{n_{d_{\Sigma}}}(z) = l_{n_d}(z) + \overline{P_p}(z) z^{-R_z} l_{n_1}(z);$$

$$\begin{aligned}
l_{d_n}(z) &= P_{\alpha}(z)l_{n_{d_{\Sigma}}}(z); h_{n_{1_{\Sigma}}}(z) = \overline{P_{\alpha}}(z)z^{-P_2}h_{n_d}(z) + h_{n_1}(z); \\
h_{1_n}(z) &= P_p(z)h_{n_{1_{\Sigma}}}(z); \\
l_{n_1}(z) &= P_p(z)\gamma_1 z^{-r_n}x_1(z); l_{n_{1_{\Sigma}}}(z) = l_{n_1}(z) + \overline{P_{\alpha}}z^{-P_2}l_{n_d}; \\
h_{n_1}(z) &= P_p(z)z^{-P_n}l_{n_{1_{\Sigma}}}(z); \quad x_1(z) = h_{n_1}(z) + l_1(z); \\
h_1(z) &= (P_{\alpha}\alpha + \overline{P_{\alpha}})z^{-P_1}x_1(z); \\
P_{\alpha}(z) &= \frac{1 - z^{-b_d}}{1 - z^{-d_{\phi}}}, \quad P_p(z) = \frac{z^{-(b_d + P_2)} - z^{-(d_{\phi} - R_2)}}{1 - z^{-d_{\phi}}}; \\
x_2(z) &= h_1(z) + l_2(z); \quad l_1(z) = \gamma_2 z^{-r_1}x_2(z); \\
h_2(z) &= \alpha_2 z^{-P_2}x_2(z); \quad x_3(z) = h_2(z) + l_3(z); \\
l_2(z) &= \gamma_3 z^{-r_2}x_3(z); \quad h_3(z) = \alpha_3 z^{-P_3}x_3(z); \\
x_4(z) &= h_3(z) + l_4(z); \quad l_3(z) = \gamma_4 z^{-r_3}x_4(z); \\
h_4(z) &= \alpha_4 z^{-P_4}x_4(z); \quad x_5(z) = h_4(z) + l_5(z); \\
l_4(z) &= \gamma_5 z^{-r_4}x_5(z); \quad h_5(z) = \alpha_5 z^{-P_5}x_5(z); \\
x_6(z) &= h_5(z) + l_6(z); \quad l_5(z) = \gamma_6 z^{-r_5}x_6(z); \\
h_6(z) &= \alpha_6 z^{-P_6}x_6(z); \quad x_f(z) = h_6(z) + l_f(z); \\
l_6(z) &= (1 - \alpha_f k_3)z^{-r_6}x_f(z); \quad h_f(z) = \alpha_f z^{-P_f}x_f(z); \\
x_{of}(z) &= h_f(z) + l_{of}(z); \quad l_f(z) = \gamma_{of} k_3 z^{-r_f}x_{of}(z); \\
h_{of}(z) &= \alpha_{of} z^{-P_{of}}x_{of}(z); \quad x_c(z) = h_{of}(z); \\
h_c(z) &= x_c(z) \cdot \beta; \quad l_{of}(z) = x_c(z) \cdot (1 - \beta) \cdot z^{-r_{of}},
\end{aligned} \tag{1}$$

де $h_0(z), h_{d_0}(z), h_{n_d}(z), h_{n_{d_{\Sigma}}}(z), h_{n_{1_{\Sigma}}}(z), h_{1_n}(z), h_i(z), h_f(z), h_{of}(z), h_c(z), (i = 1 \div 6)$ – товщини прямих потоків фарби на поверхні валиків (циліндрів) при виході з зон їх контакту; $l_{d_n}(z), l_{d_0}(z), l_{n_d}(z), l_{n_{d_{\Sigma}}}(z), l_{n_1}(z), l_{n_{1_{\Sigma}}}(z), l_i(z), l_f(z), l_{of}(z), (i = 1 \div 6)$ – товщини зворотних потоків фарби на валиках (циліндрах) при виході з їх зон контакту; $x_n(z), x_i(z), x_f(z), x_{of}(z), x_c(z), (i = 1 \div 6)$ – товщини фарби в зонах контакту валиків (валиків і цилінд-

рів); p , r – час транспортування прямих і зворотних потоків фарби поверхню валиків (циліндрів) у відносних одиницях; α , γ – коефіцієнт передачі прямих і зворотних потоків фарби при виході з зон контакту валиків (валиків та циліндрів); β – коефіцієнт передачі фарби з офсетного циліндра на матеріал; k_3 – коефіцієнт заповнення форми; $P_\alpha(z)$, $P_p(z)$ – оператори формування процесу передачі під час спільного руху передавального валика з дукторним циліндром та першим розкочувальним валиком; b_d – час повороту дукторного циліндра який відповідає певній ширині смуги у відносних одиницях; $\overline{P_\alpha(z)}$, $\overline{P_p(z)}$ – інверсні значення операторів; P_z – час вистою передавального валика біля дукторного циліндра в сумі з часом його переміщення до першого розкочувального валика у відносних одиницях; R_z – час переміщення валика в зворотному напрямку до дуктора в сумі з часом вистою до початку повороту дуктора у відносних одиницях; d_ϕ – час циклу роботи передавального валика, який відповідає часу одного оберта формного циліндра у відносних одиницях, тобто довжині кола циліндра.

На підставі математичної моделі (1) фарбової системи та її схеми, яка подана на рис.1, будемо структурну схему симулятора фарбодрукарської системи в середовищі Matlab Simulink (рис.2).

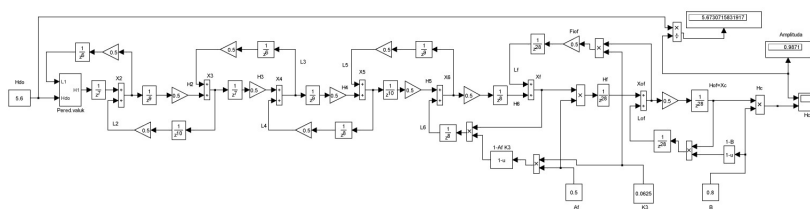


Рис.2. Структурна схема симулятора фарбодрукарської системи в середовищі Matlab Simulink

3. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ

При моделюванні геометричні розміри елементів фарбодрукарської системи задаємо через відповідні транспортні запізнення при передачі прямих і зворотних потоків фарби $P_n, R_n, P_i, R_i, P_f, R_f, P_{of}, R_{of}$. Оскільки осьовий хід розтиральним циліндрам не надається, то при

моделюванні достатньо враховувати подання фарби тільки в одну зону.

Значення коефіцієнтів передачі фарби в зонах контакту елементів фарбової системи задаємо рівними між собою – $\alpha_i = \gamma_i = \alpha_f = \gamma_f = \alpha_{of} = \gamma_{of} = 0,5$, а коефіцієнт передачі фарби з поверхні офсетного циліндра $\beta = 0,8$.

Визначимо вплив характеру навантаження, тобто величини коефіцієнта заповнення, на товщину шару фарби на виході фарбодрукарської системи. Задаємо ширину смуги подачі фарби b_d таким чином, щоб кількість фарби, що подається, залишалася сталою, а її товщина h'_0 , приведена до довжини форми l_f , закріпленої на формному циліндрі, дорівнювала одній умовній одиниці:

$$h'_0 = \frac{b_d \cdot h_{d0}}{l_f}. \quad (2)$$

Так прийнявши, що ширина смуги подачі фарби становить $b_d = 5 \text{ в.о.}$, що відповідає транспортному запізненню 5 відносних одиниць, а довжина форми становить 56 в.о., з виразу (2) визначаємо товщину шару фарби, яка повинна задаватися регулювальним гвинтом на виході фарбодрукарської системи:

$$h_{d0} = \frac{h'_0 \cdot l_f}{b_d} = \frac{1 \text{ у.о.} \cdot 56 \text{ в.о.}}{5 \text{ в.о.}} = 11,2 \text{ у.о.} \quad (3)$$

Задаємо отриману величину $h_{d0} = 11,2 \text{ у.о.}$, та, змінюючи навантаження (\hat{e}_c) від 0,0625 до 1, проводимо моделювання, результати якого представлені в таблиці 1.

Збільшуємо ширину смуги подачі фарби в два рази, тобто до величини $b_d = 10 \text{ в.о.}$ Тоді товщина шару фарби h_{d0} згідно з виразом (3) становитиме 5,6 у.о.

Задавши відповідні значення b_d і h_{d0} проводимо моделювання для значень \hat{e}_c таких, як в попередньому випадку. Отримані результати наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

k_3	0,0625	0,125	0,25	0,375	0,5	0,625	0,75	0,875	1,0
$b_d=5$	1,79	1,398	0,972	0,745	0,604	0,508	0,438	0,3851	0,3436
$b_d=10$	0,99	0,818	0,61	0,485	0,4033	0,345	0,302	0,268	0,2407

Для зручності аналізу на підставі таблиць побудовано графіки залежності товщини шару фарби h_c на виході фарбодрукарської системи від навантаження для двох режимів подачі фарби (рис.3).

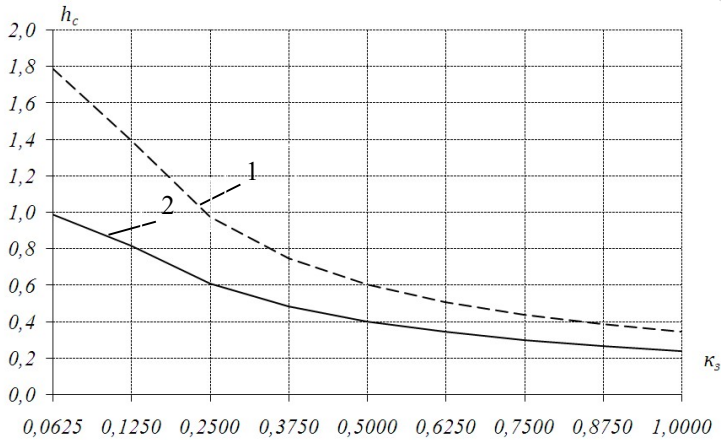


Рис. 3. Графіки залежності товщини шару фарби h_c від навантаження $\hat{\epsilon}_c$

Графік, представлений пунктирною лінією на рис.3, відображає залежність h_c від навантаження за умови формування порцій подачі фарби шириною $b_d=5в.о.$ і товщиною $h_{d0}=11,2у.о.$, а графік 2, показаний суцільною лінією, отримуємо за умови, що $b_d=10в.о.$, а $h_{d0}=5,6у.о.$ Якщо в моделі не враховувати передачу фарби в зворотному напрямі, тобто від розкочувальної групи до дукторного циліндра, то в двох випадках ми отримали б ідентичні залежності h_c від $\hat{\epsilon}_c$, в яких товщина шару фарби h_c на виході фарбодрукарської системи змінювалася б обернено пропорційно до навантаження. Так при $\kappa_3=1$ товщина шару фарби h_c становила б $1у.о.$, а при $\kappa_3=0,0625$ - $h_c=16у.о.$, тобто товщина шару фарби на відбитку збільшується в 16 разів. З врахуванням роботи передавального валика отримуємо інші результати. Так наприклад, як показано на графіку 2 рис.3, товщина шару фарби h_c при $\kappa_3=1$ становить $0,24в.о.$, а при $\kappa_3=0,0625$ збільшується до $0,99в.о.$, тобто в 4,1 раз, а не в 16 разів. При подачі такої ж кількості фарби, але за умови, що ширина порції b_d зменшується в два

рази, а товщина h_{d0} при цьому відповідно збільшується, отримуємо дещо інший результат (графік 1, рис.3), так при $\kappa_3 = 1$ товщина шару фарби h_c становить 0,34в.о., а при $\kappa_3 = 0,0625$ зростає до 1,79в.о. – більш як в 5,2 разів.

З порівняльного аналізу графіків 1 і 2 (рис.3) випливає, що при зменшенні ширини смуги подачі фарби в два рази за умови незмінної її кількості товщина шару фарби, що передається на відбиток збільшується, але не пропорційно, так наприклад при $\kappa_3 = 1$ товщина шару фарби на виході фарбодрукарської системи h_c збільшується приблизно на 43%, зі зменшенням навантаження в два рази це співвідношення становить 50%, а при $\kappa_3 = 0,0625$ товщина шару фарби h_c збільшується на 81%.

Якщо прийняти, що бажана товщина шару фарби на виході фарбодрукарської системи повинна $h_c^{баж}$ становити 1у.о., то, щоб забезпечити умову $h_c = h_c^{баж}$ для різних величин навантаження при різних режимах подачі фарби, потрібно здійснювати відповідну корекцію завдання товщини шару фарби на вході фарбодрукарської системи. Спираючись на результати роботи [6], визначати величину скоригованого завдання $h_{d0}^{кор}$ можна автоматично під час моделювання за наступним виразом:

$$h_{d0}^{кор} = h_c^{баж} (h_c (z^{-1} + z^{-2} + z^{-3} + \dots + z^{-(l_f-1)} + z^{-l_f}))^{-1} l_f \cdot h_d.$$

Змінюючи величину навантаження, проводимо моделювання з дотриманням умови, що у всіх випадках товщина шару фарби на виході фарбодрукарської системи має бути однаковою і рівною $h_c^{баж}$. Результати моделювання представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

k_3	0,0625	0,125	0,25	0,375	0,5	0,625	0,75	0,875	1,0
$b_d=5$	6,256	8,01	11,52	15,03	18,55	22,06	25,57	29,08	32,59
$b_d=10$	5,67	6,85	9,192	11,54	13,89	16,23	18,58	20,92	23,27

За даними таблиці 2 збудовано графіки, які представлені на рис. 4.

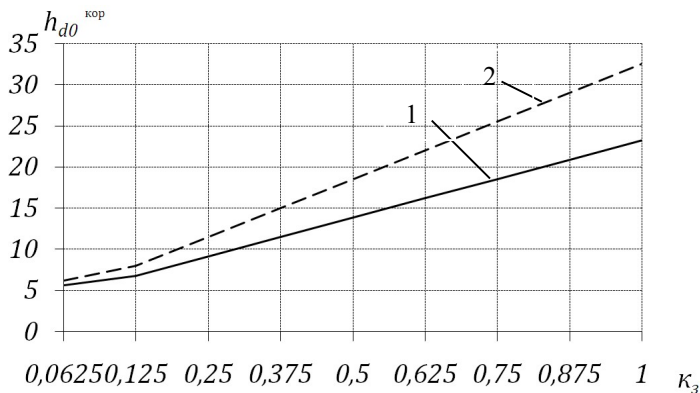


Рис. 4. Графіки скоригованої товщини подачі фарби $h_{d0}^{кор}$, для двох режимів подачі фарби при зміні навантаження

Графік 1 отриманий за умови, що ширина смуги подачі фарби b_d становить 5в.о., а графік 2 - для випадку коли $b_d = 10в.о.$

З аналізу графіка 2 випливає, що навіть при незначному навантаженні $\kappa_3 = 0,625$ скоригована товщина шару фарби на вході дещо більша від товщини h_{d0} , яка мала б забезпечувати, при відсутності зворотного потоку фарби від розкочувальної групи у фарбову, товщину шару фарби на виході фарбової системи величиною 1у.о. навіть при максимальному навантаженні при $\kappa_3 = 1$.

Як видно з рис.4 залежності $h_{d0}^{кор}$ від \hat{e}_ζ мають майже лінійний характер, тільки кут нахилу до осі \hat{e}_ζ змінюється в залежності від параметрів формування порцій подачі фарби. Так при $\kappa_3 = 1$ скоригована товщина смуги подачі фарби при $b_d = 5в.о.$ в 1,4 рази більша ніж у випадку, коли ширина смуги подачі фарби $b_d = 10в.о.$, а при $\kappa_3 = 0,5$ це співвідношення становить 1,34 рази.

Хоча кількість фарби, яка подається при цьому за умови, що $b_d = 5в.о.$ буде значно менша ніж у випадку, коли $b_d = 10в.о.$ Щоб порівнювати значення кількості фарби, що подається на вхід фарбодрукарської системи, потрібно товщину подачі фарби $h_{d0}^{кор}$, отриману в результаті моделювання для випадку $b_d = 5в.о.$, привести до ширини

смуги подачі фарби $b_d = 10 \text{ в.о.}$, тобто дані представлені на графіку 1 (рис.4) поділити на два.

При зменшенні навантаження до $\kappa_3 = 0,0625$ скориговані товщини шарів фарби для двох різних ширин смуг подачі фарби наближаються одна до одної і відрізняються лише в 1,1 раза, а кількість фарби, яка подається при цьому за умови $b_d = 5 \text{ в.о.}$, зменшується майже в два рази по відношенні до варіанту завдання, коли $b_d = 10 \text{ в.о.}$

Отже, використовуючи такий підхід, ми можемо визначити потрібне, скориговане значення товщини смуги подачі фарби h_{d0}^{kop} , яке забезпечує бажану товщину шару фарби на виході $h_c^{баж}$ при різних навантаженнях та режимах подачі фарби.

4. ВИСНОВКИ

Розроблено математичну модель фарбодрукарської системи, яка враховує роботу дукторно-ножового фарбоживильного пристрою.

На підставі математичної моделі побудовано структурну схему моделі фарбодрукарської системи в середовищі Matlab Simulink, яка дає можливість отримувати профілі товщини шару фарби на виході системи при різних режимах роботи фарбоживильного пристрою і зміни навантаження.

В результаті моделювання виявлено, що характер залежності товщини шару фарби на виході фарбодрукарської системи від навантаження, суттєво змінюється при зміні режиму подачі фарби.

В роботі запропоновано спосіб автоматичного визначення товщини порції дискретної подачі фарби, яка забезпечує бажану товщину шару фарби на матеріалі, що задруковується.

Встановлено, що не можливо аналітичним шляхом визначити параметри смуг фарби на вході фарбодрукарської системи та режиму їх подачі лише на підставі даних про навантаження.

Отримані результати можуть служити підставою для застосування подібних підходів і до більш складних фарбодрукарських систем з метою оптимізації процесу їх попереднього налагодження.

1. Г. Китпхан *Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства*; Пер. с нем. – М.: МГУП, 2003. – 1280 с. 2. Ярема С.М., Мамут Б.Г. *Фарбові та зволожувальні апарати, ракельні та лакувальні пристрої друкарських машин.* – К.: Ун-т «Україна»: ХК «Бліц-Інформ», 2003. – 191с. 3. Лущиків М., Рибак В. *Розрахунок і побудова номограм розходу та відбору фарби у фарбодрукарських системах послідовної структури //Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць Української академії друкарства.* – Львів, 2007. – №18. – С.30-39. 4. 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 Української академії друкарства. – Львів, 2008. – №20. – С.3-24. 5. Верхола М.І., Гук І.Б. Моделювання та визначення коефіцієнта передачі фарби передавальним валіком у фарбовій системі з розтиральним циліндром //Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць Української академії друкарства. – Львів, 2009. – №21. – С.39-52. 6. Верхола М.І., Гук І.Б., Споляк Р.М. Моделювання та комп'ютерне визначення зонального розподілу товщини шарів фарби на виході фарбодрукарської системи з розтиральним циліндром //Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць Української академії друкарства. – Львів, 2010. – №23. – С.22-34.