УДК 681.625.23:004942
© В. Рибак[1], 2012

МОДЕЛЮВАННЯ ФАРБОВИХ ПОТОКІВ ФАРБОВОЇ СИСТЕМИ ДУКТОРНО-НОЖОВОГО ТИПУ ПОСЛІДОВНОЇ СТРУКТУРИ

Розроблено математичну модель фарбо-друкарської системи дукторно-ножового типу послідовної структури для усталених режимів роботи. Приведені результати комп'ютерного симулювання.

Mathematical model of inking printing system with sequential structure, blade and fountain roller for continuous modes of operation are developed. The results of computer simulation are displayed.

1. ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ

Існуючі моделі фарбових потоків побудовані при певних припущеннях, зокрема не враховують дискретної подачі фарби, яка здійснюється фарбоживильним пристроєм дукторно-ножового типу. Отож достовірність результатів моделювання фарбових потоків значною мірою залежатимуть від прийнятих припущень. Застосування імітаційної моделі фарбо-живильного пристрою є досить складною і малопридатною для аналізу усталених фарбових потоків.

Отже створення математичної моделі фарбових потоків фарбових систем дукторно-ножового типу на основі простої і адекватної моделі фарбо-живильного пристрою зручної для комп'ютерного симулювання є актуальною задачею.

2. АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ ПОВ'ЯЗАНИХ З ДАНОЮ ПРОБЛЕМОЮ

У фарбових системах, до яких входять фарбоживильний пристрій, розкочувальна група валиків, розтиральні циліндри, накочувальні валики, друкарська форма, протікають складні процеси, пов'язані з циркуляцією прямих і зворотніх потоків фарби, модуляцію потоку растровою друкарською формою, формування фарбового зображення і його передача на задруковуваний матеріал. Тому для спрощення задачі побудови моделей вводять ряд припущень і обмежень, щоб спростити модель. Результати комп'ютерного симулювання у значній мірі залежать від прийнятих припущень і не в повній мірі описують окремі явища і процеси. Перші моделі фарбових систем для усталеного режиму роботи були побудовані за умови, що на вхід системи подається

[1] Українська академія друкарства

суцільний рівномірний потік фарби і не враховували повернення частини фарби назад у фарбове корито [8, 9].

В роботах [6, 7] досліджено розподілення потоків подачі і відбору фарби для усталеного режиму з врахуванням повернення частини назад у фарбове корито, однак при цьому без належного обґрунтування задавалися коефіцієнти відбору фарби на вході фарбодрукарської системи. Натомість у роботах [1, 2, 3, 4, 5] побудовано декілька імітаційних дискретних моделей фарбо-живильного пристрою. За результатами комп'ютерного симулювання встановлено що коефіцієнт передачі фарбоживильного пристрою залежить від параметрів дукторно-ножового пристрою. Запропоновані моделі подані в z-перетвореннях є досить складні. Наприклад, процес дискретної подачі фарби фарбоживильного пристрою дукторно-ножового типу за допомогою передавального валика описано системою із 15-ти рівнянь у z-перетвореннях [2, 5]. Про складність симулювання можна судити з того, що для її реалізації в MATLAB Simulink необхідно 18 блоків дискретної передавальної функції, 6 блоків сумування і понад 20 ліній зв'язку між блоками, тому модель є громіздка, що обмежує її застосування. Побудова фізичних моделей для перевірки їх математичних моделей вимагає великих матеріальних затрат для розробки вимірювальної апаратури для вимірювання товщини фарби на фарбових валиках і задруковуваному матеріалі. Тому в даній роботі вирішується задача опрацювання простої аналогової адекватної моделі фарбоживильного пристрою і на її основі побудова моделі фарбових потоків фарбодрукарської системи дукторно-ножового типу послідовної структури для усталених режимів роботи.

3. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ

Для розв'язання поставленої задачі необхідно опрацювати аналогову модель дискретної подачі фарби на вихід фарбової системи. Враховуючи новизну і складність поставленої задачі розглянемо передачу потоків у фарбодрукарській системі послідовної структури, схема якої зображена на рис. 1.

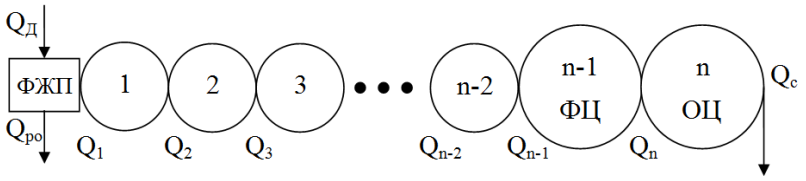

Рис. 1. Схема фарбодрукарської системи послідовної структури

Усереднений у фарбоживильному пристрої рівномірний потік фарби подається на перший передавальний валик і послідовно розкочується у фарбовій системі, набуваючи необхідних реологічних властивостей і накочувальним n-2им валиком накочується на друкарську форму, закріплену на формному циліндрі ФЦ. Створене на ньому фарбове зображення переноситься на офсетний циліндр ОЦ і передається на задруковуваний матеріал (наприклад, на паперову стрічку). Частина фарби, яка не сприйнялася пробільними елементами, створює зворотній потік у фарбовій системі, який частково крізь фарбоживильний пристрій дукторно-ножового типу повертається назад у фарбове корито.

Спочатку розглянемо побудову математичної моделі фарбоживильного пристрою ФЖП дукторно-ножового типу, який складається із фарбового корита в якому встановлений дукторний циліндр. Товщина фарби задається регулювальними гвинтами, а ширина смуги фарби – кутом повороту дукторного циліндра. Передавальний валик, коливаючись, здійснює періодичну подачу порцій фарби на вхід фарбової системи, яка послідовно розкочується валиками у результаті чого на друкувальних елементах форми утворюється рівномірний за товщиною шар фарби. [8,9]

Для побудови математичної моделі припускаємо: фарбодрукарська система є фільтр низьких частот; розглядаються усталені режими роботи фарбодрукарської системи; існують стабільні умови друкарського процесу.

За прийнятих умов здійснимо еквівалентну заміну дискретного фарбоживильного пристрою неперервним аналоговим шляхом заміни дискретних потоків подачі і відбору фарби на його вході і виході їх середніми значеннями. На основі прийнятих припущень і еквівалентувань складемо систему рівнянь балансу потоків за одиницю часу

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_0 + K_0 Q_2 \\ Q_0 &= K_Д Q_Д \\ Q_{po} &= K_{po} Q_1 \\ Q_2 &= K_1 Q_1 + \gamma_2 Q_3, \end{aligned} \qquad (2)$$

де $Q_д$ – величина подачі потоку фарби, дукторним циліндром при заданому куті повороту за один цикл роботи друкарської машини, Q_0 – середнє значення потоку фарби, яке подається на перший фарбовий валик, Q_{po} – середнє значення потоку фарби, яка повертається назад у дукторне корито (розхід фарби на вході системи), Q_i – середнє значення потоку фарби у точці контакту першого валика з дукторним цилін-

дром, Q_2, Q_3 – середні значення потоків фарби у точках контакту першого і другого валиків.

Коефіцієнти передачі визначимо на основі прийнятих припущень і еквівалантуань усереднення потоків і заміщення дискретного фарбоживильного пристрою неперервним аналогом: коефіцієнт передачі фарбоживильного пристрою.

$$K_Д = \alpha_Д \frac{b_Д T_1}{b_В T_Ц}, \qquad (2)$$

де $\alpha_д$ – коефіцієнт передачі прямого потоку фарби з дукторного циліндра на перший валик при спільному переміщенні, $b_Д$ – ширина смуги фарби, яка створюється на поверхні дукторного циліндра при його повороті на заданий кут, $b_В$ – довжина ободу передавального валика, T_1 – час вистою передавального валика біля другого валика, $T_Ц$ – час циклу подачі фарби.

Коефіцієнт розходу фарби на вході системи

$$K_{ро} = \gamma_Д \frac{b_Д}{b_В}, \qquad (3)$$

де $\gamma_Д$ – коефіцієнт передачі зворотного потоку фарби при повороті дукторного циліндра.

Коефіцієнт передачі зворотного потоку фарби першого валика

$$K_0 = \gamma_1 \frac{T_1}{T_Ц}, \qquad (4)$$

де γ_1 – коефіцієнт передачі зворотного потоку.

Коефіцієнт передачі K_1 прямого потоку першого валика визначається із умови балансу подачі і розходу фарби у фарбо друкарській системі. Не зважаючи на простоту аналогової моделі фарбоживильного пристрою, вона є досить інформативна. Зокрема її коефіцієнти передачі, вплив яких на властивості фарбової системи досліджуються нижче. Здійснювати дослідження самої моделі фарбоживильного пристрою без конкретної системи немає змісту.

На основі прийнятих припущень із врахуванням рівнянь (1) аналогової моделі фарбоживильного пристрою відповідно до схеми рис.1, складемо систему рівнянь балансу подачі і розходу потоків фарби для усіх точок контакту фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів:

$$Q_1 = Q_0 + \kappa_0 Q_2$$

$$Q_0 = \kappa_Д Q_Д$$

$$Q_{ро} = \kappa_{ро} Q_1$$

$$
\begin{aligned}
&Q_2 = \kappa_1 Q_1 + \gamma_2 Q_3 \\
&Q_3 = \alpha_2 Q_2 + \gamma_3 Q_4 \\
&Q_4 = \alpha_2 Q_3 + \gamma_4 Q_5 \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
&Q_{n-2} = (1 - \alpha_{n-3}\kappa_з) Q_{n-3} + \gamma_{n-2} Q_{n-1} \\
&Q_{n-1} = \alpha_{n-2} Q_{n-2} + \gamma_{n-1} Q_n \\
&Q_n = \alpha_{n-1}\kappa_з Q_n + \gamma_n Q_n \\
&Q_C = \alpha_n Q_n \\
&q_C = \beta Q_C
\end{aligned}
\tag{5}
$$

де Q_i – величина потоків у точках контакту фарбових валиків формного і офсетного циліндрів, Q_c – велечина потоку у точці контакту офсетного циліндра і стрічки, q_c – велечина потоку, який передається на задруковуваний матеріал, α_i, γ_i – коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків фарби при виході із точок контакту, β – коефіцієнт передачі фарби з офсетного циліндра на задруковуваний матеріал.

Аналіз потоків фарби у фарбовій системі на основі систем рівнянь (5) є трудомісткий, отож неефективний. Тому для дослідження використаємо симулювання. Розроблено інформаційні технології аналізу фарбових потоків, застосовано мову високого рівня об'єктно-орієнтованого графічного програмування. Для цього на основі схеми рис.1 і систем рівнянь (5) побудована структурна схема моделі потоків фарбодрукарської системи послідовної структури, яка подана у середовищі MATLAB Simulink на рис. 2.

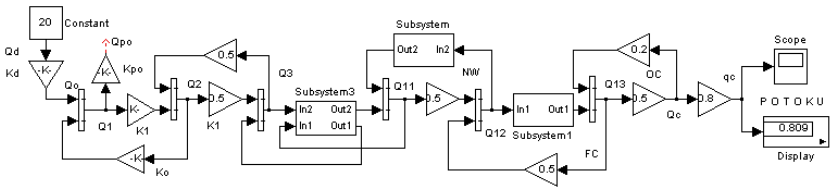

Рис. 2. Структурна схема моделі потоків фарбодрукарської системи послідовної структури

Ліва сторона схеми відповідає аналоговій моделі фарбоживильного пристрою і другого валика системи. Для зручності і компактності структурної схеми моделі використаємо блок Subsystem3, у якому розміщено підмодель, де легко задати необхідне число фарбових валиків, які входять у систему. Блоки Subsystem і Subsystem1 відповідають накочувальному валику і друкарській формі, спрощують схему моделі і є зручними для маніпулювання коефіцієнтами передачі прямих і зво-

ротних потоків при зміні ступеня заповнення форми друкувальними елементами. Блоки, які розміщені праворуч відповідають формному і офсетному циліндрам та передачі фарби на задруковуваний матеріал. Блок Constant служить для задання величини потоку фарби на дукторному циліндрі. Блоки Scope і Display слугують для візуалізації результатів симулювання.

Визначимо примірні межі зміни коефіцієнтів передачі моделі фарбоживильного пристрою при зміні кута повороту дукторного циліндра за умови, що ширина смуги фарби на поверхні дукторного циліндра змінюється в межах $1 \leq b_Д \leq 10$см, при довжині ободу передавального валика $b_Д = 20$ см, та відношення $T_1/T_у = 0{,}75$. Тоді за виразом (2) визначимо межі значень коефіцієнта передачі фарбоживильного пристрою $0{,}00187 \leq K_g \leq 0{,}187$. Аналогічно за виразом (3) коефіцієнт розходу фарби на вході системи $0{,}0025 \leq K_{po} \leq 0{,}25$, та інші коефіцієнти.

Для проведення комп'ютерного симулювання визначимо оціночне значення величини фарбового потоку, який передається з офсетного циліндра на задруковуваний матеріал за одиницю часу, наприклад, один цикл роботи машини:

$$q_C = bhV, \tag{6}$$

де b – робоча ширина форми (задруковуваного матеріалу), h – товщина суцільного шару фарби на відбитку, V – лінійна швидкість стрічки при друкуванні.

Задамо номінальні значення змінних, які входять у вираз (6), прийнявши b = 1м, h = 2 мкм, V = 5 м/с. Тоді оціночне значення величини потоку фарби $q_c = 10^{-5}$ м^3/с.

4. РЕЗУЛЬТАТИ КОМП'ЮТЕРНОГО СИМУЛЮВАННЯ

Метою комп'ютерного симулювання було визначити вплив збільшення кута повороту дукторного циліндра на передачу фарбових потоків у фарбо друкарській системі послідовної структури, яка складається з 11 фарбових валиків, формного і офсетного циліндрів, за умови мінімального і збільшеного кута повороту, яким відповідають коефіцієнти передачі фарбоживильного пристрою $K_g =$ 0,00187 та 0,187 і коефіцієнти розходу фарби на вході системи $K_{po} = 0{,}0025$ та 0,25, які задавали аналоговій моделі фарбоживильного пристрою.

Налагоджували подачу фарби на вході системи таким чином ($Q_g =$ 10,35 та $54{,}2 \cdot 10^{-5}$ м^3/с), щоби при максимальному коефіцієнті заповнення форми $K_Д = T$, величина фарбового потоку, яка передається на задруковуваний матеріал, становила $1 \cdot 10^{-5}$ м^3/с, що є зручним для порівняння результатів. Налагоджували блоки Subsystem, які відповідають накочу вальному валику і друкарській формі на варіації коефіцієнта заповнення при симулюванні в межах $0 \leq K_з \leq 1$. В моделі задавали

номінальні коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків $\alpha_i = \gamma_i = 0{,}5$, $\beta = 0{,}8$. Результати комп'ютерного симулювання подані у вигляді характеристики передачі фарбових потоків для мінімального і збільшеного кутів повороту дукторного циліндра ($\kappa_g = 0{,}00187$ та 0,187) і коефіцієнтів розходу фарби на вході системи $\kappa_p = 0{,}0025$ та 0,25, подані на рис. 3.

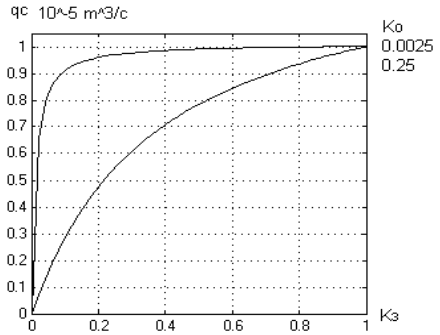

Рис. 3. Характеристики передачі фарбових потоків у фарбо друкарській системі для різних кутів повороту дукторного циліндра

При малому куті повороту дукторного циліндра ($К_Д = 0{,}00187$) характеристика фарбопередачі швидко наростає і при коефіцієнті Кз = 0,2 темп наростання потоку зменшується і характеристика наближається до горизонтальної лінії. Натомість при збільшеному куті повороту ($К_Д = 0{,}0187$) характеристика тонопередачі є більш полога. Звідси робимо важливий практичний висновок, що збільшення кута повороту дукторного циліндра значно впливає на статичні параметри фарбодрукарської системи і значно покращує лінійність передачі потоків при зміні коефіцієнта заповнення.

Метою наступної серії комп'ютерного симулювання було більш повно дослідити вплив параметрів фарбоживильного пристрою на характеристики передачі фарбових потоків. Для цього у першій моделі фарбодрукарської системи задавали найменший коефіцієнт передачі фарбоживильного пристрою $К_Д = 0{,}00187$, а у другій – найбільший $К_Д = 0{,}0187$. Налагоджували подачу фарби на виході моделі, щоб забезпечити товщину шару фарби на відбитках 2 мкм. У наступних двох моделях задавали проміжні значення коефіцієнтів передачі фарбоживильного пристрою $К_Д = 0{,}0075$ та 0,075. Налагоджували подачу фарби на вході моделі, щоб забезпечити товщину фарби на відбитках 1 мкм при коефіцієнті заповнення форми $К_З = 1$. Аналогічно до попереднього визначали і задавали параметри фарбоживильного пристрою. Результати комп'ютерного симулювання представлені у вигляді сімейств

характеристик передачі фарбових потоків при зміні коефіцієнта заповнення форми в межах $0 \leq K_З \leq 1$ подані на рис.4

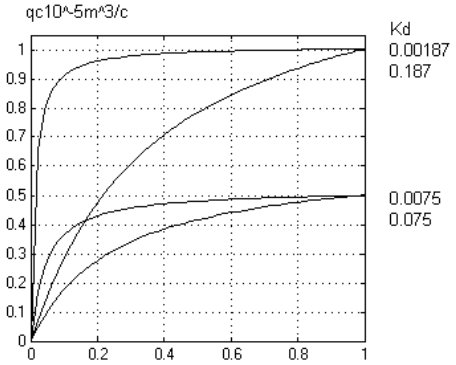

Рис. 4. Сімейство характеристик передачі фарбових потоків для різних коефіцієнтів передачі фарбоживильного пристрою

Щоб досягнути заданої товщини потоку фарби на відбитку 2 мкм при малому коефіцієнті передачі фарбоживильного пристрою ($K_Д$ = 0,00187) необхідно збільшити подачу фарби на вході моделі $Q_Д = 554*10^{-5}$. Тому характеристика передачі потоку фарби при малому коефіцієнті заповнення форми ($0 \leq K_З \leq 0,1$) стрімко наростає, в наслідок чого зростає чутливість фарбодрукарської системи, що негативно впливає на передачу фарби. Натомість збільшення коефіцієнта передачі фарбоживильного пристрою ($K_Д = 0,187$) зменшує величину потоку фарби на вході моделі $Q_Д = 29*10^{-5}$ м^3/с. Характеристика передачі потоків стає більш пологою, зменшується чутливість системи, що є позитивним впливом на тонопередачу фарбодрукарської системи.

5. ВИСНОВКИ

1. Вперше розроблено просту аналогову модель дискретного фарбоживильного пристрою дукторно-ножового типу на основі якої побудовано математичну модель фарбодрукарської системи послідовної структури для усталених режимів роботи.

2. Розроблено інформаційну технологію, яка включає математичні моделі, програмні засоби у середовищі MATLAB Simulink у вигляді стимуляторів для обчислення і побудові сімейств статичних характеристик передачі фарбових потоків та аналізу властивостей фарбових систем.

3. Шляхом комп’ютерного симулювання встановлено, що збільшення кута повороту дукторного циліндра фарбоживильного при-

строю є ефективним засобом підвищення лінійності характеристик передачі фарбових потоків.

4. Одержані результати можуть слугувати базою для побудови більш складних моделей і вдосконалення фарбодрукарських систем.

1. Верхола М.І., Бабінець В.М., Гук І.Б. Моделювання та аналіз режиму подачі фарби та процес ї розкочування у фарбовій системі//. Комп'ютерні технології друкарства. Збірник наукових праць, 2002, №8. – С.3-15. 2. Верхола М.І. Аналіз розподілу потоків фарби між входом і виходом фарбової системи при різних способах подачі фарби//. Комп'ютерні технології друкарства. Збірник наукових праць, 2002, №7. – С.12-27. 3. Верхола М.І., Гук І.Б. Моделювання та визначення коефіцієнта передачі фарби передавальним валиком у фарбовій системі з розтиральним циліндром//. Комп'ютерні технології друкарства. Збірник наукових праць. – Львів. 2002, №21. – С.39-52. 4. Верхола М.І., Бабінець В.М Визначення коефіцієнта передачі фарби передаючим валиком та аналіз розподілу фарби між входом та виходом фарбової системи з трьома накочувальними валиками. Комп'ютерні технології друкарства. Збірник наукових праць УАД.-Львів. 2008, №20. – С.3-15. 5. Верхола М.І., Споляк Р. Моделювання та експериментальне дослідження перехідного процесу фарбодрукарської системи машини Heidelberg GTO-52-2/2-8//. Комп'ютерні технології друкарства. Збірник наукових праць. – Львів, 2011, №26. – С.3-15. 6. Луцків М.М., Рибак В.І. Розрахунок і побудова номограм розходу та відбору фарби у фарбодрукарських системах послідовної структури// Комп'ютерні технології друкарства. Збірник наукових праць УАД.-Львів. 2007, №18. – С.30-39. 7. Луцків М.М., Рибак В.І. Визначення точності фарбодрукарської системи послідовної структури для заданих інтервалів тоновідтворення зображеня// Комп'ютерні технології друкарства. Збірник наукових праць. - Львів. 2008, №20. – С.25-33. 8. Чехман Я.І. та ін. Друкарське устаткування. - Львів: УАД 2005. – 468 с. 9. Ярема С.М. Мамут Б.Г. Фарбові та зволожуючі апарати, ракелі та лакувальні пристрої друкарських машин.-К.: Ун-т «Україна»: ХК «Бліц-Інформ». 2003.-191 с.