

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ  
ПЕРЕДАЧІ ФАРБИ МІЖ ЕЛЕМЕНТАМИ  
ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ НА ТОВЩИНУ  
ЇЇ ШАРУ НА ВІДБИТКАХ**

*У даній роботі запропонована інформаційна технологія визначення товщини шару фарби на поверхні елементів фарбодрукарської системи з врахуванням впливу її технологічних параметрів.*

*The informational technology of ink film thickness determination on the printing unit's surface considering influence of it's technological parameters is proposed in this article.*

1. ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ ТА ЇЇ АКТУАЛЬНІСТЬ

Основним завданням поліграфічної галузі є виготовлення поліграфічної продукції високої якості шляхом перенесення фарби з друкарської форми на папір, або інший матеріал. Даний процес технічно забезпечують відповідні друкарські машини, до складу яких входять фарбодрукарські системи. Останні в свою чергу складаються з фарбових валиків і циліндрів, фарбоживильного пристрою та формного циліндра, а в офсетних друкарських машинах є ще й офсетний циліндр, який розміщений між формним і друкарським циліндрами. На даний час основним видом фарбоживильних пристроїв на машинах високого і офсетного друку є дукторно-ножеві пристрої за допомогою яких фарба у вигляді дискретних порцій подається у фарбову систему. Оскільки товщина порцій фарби, яка формується фарбоживильним пристроєм значно більша від тієї, яку потрібно передавати на відбиток (1-2 мкм), то до складу фарбової системи входить від одного до декількох десятків валиків і циліндрів, які беруть участь у формуванні шару фарби, який наноситься на друкарські елементи форми. Цей процес є дискретно-неперервним та полягає в сумуванні потоків фарби на поверхні валиків і циліндрів при входженні їх у зону контакту елементів фарбової системи й діленні при виході з цієї зони [1, 2]. Прямі потоки фарби передають фарбу до відбитка, а зворотні до дукторного циліндру.

Очевидно, що передача фарби з друкарської форми на матеріал безпосередньо впливає на якість друкованої продукції і залежить від властивостей фарби, характеристик паперу, швидкості роботи машини та інших технологічних параметрів. Але на сьогодні мало доступної

---

<sup>1</sup> Українська академія друкарства

інформації про те, чи впливає і як саме розподіл фарби між валиками на характер нанесення її на відбиток. Тому визначення впливу передачі фарби між валиками на якість друкованої продукції є цікавою і актуальною проблемою.

## 2. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ДАНОЮ ТЕМОЮ

Передачу фарби можна удосконалити, якщо ми краще зрозуміємо механізм її передачі та фактори, що впливають на цей процес. Першою спробою створити математичну модель перенесення фарби вважаємо спробу Філа і Олсона. Вони запропонували передавальне число як відношення кількості фарби на папері до кількості фарби на друкарській формі після друку. Це число стало лише для значної початкової кількості фарби на друкарській формі.

Дослідження перенесення фарби, зроблені у Національному інституті друкарських фарб (США) Вільямом С. Уолкером і Жакліном М. Фетцко, були спрямовані на ідентифікацію змінних якості відбитків. На підставі даних, отриманих в результаті експерименту, автори побудували найбільш точну криву, з якої було виведено рівняння перенесення фарби [2, 3]:

$$y = (1 - b^{-kx})(b(1 - e^{-x/b}) + f(x - b(1 - e^{-x/b}))), \quad (1)$$

де  $x$  – початкова кількість фарби на одиницю площі друкарської форми;  $y$  – кількість перенесеної фарби на одиницю площі паперу;  $k$  – константа, яка стосується гладкості паперу;  $b$  – зв'язувальна здатність комбінації фарба-папір;  $f$  – частина вільної фарби, яка передається на папір і називається сталою розщеплення.

Усі наступні роботи [3, 4] показують, що хоча в загальному передавальна формула Уолкера-Фетцко може бути застосована до усіх трьох основних видів друку, завжди виникає необхідність зробити деякі вдосконалення для різних реологічних властивостей матеріалу та умов друку.

Проблема передачі фарби на матеріал висвітлена досить ґрунтовно, в той же час досліджень, присвячених впливу передачі фарби між валиками на якість друкованої продукції, дуже мало. Так, в роботі [5] стверджується, що товщина шару фарби, яка передається на папір в усталеному режимі, дорівнює товщині шару фарби на вході фарбової системи і не залежить як від коефіцієнтів передачі фарби між валиками, так і від передачі фарби з формного циліндра на папір. В публікації [6] представлена структурна схема моделі послідовної фарбової системи, на базі якої отримано ряд залежностей та аналітичним шляхом встановлено, що в усталеному режимі роботи фарбової системи при

постійній подачі фарби на перший валік товщина шару фарби, яка передається на стрічку, не залежить від коефіцієнта передачі фарби між валіками в зонах їх контакту.

Отримані в працях [5, 6] результати щодо впливу коефіцієнтів передачі фарби між валіками на товщину шару фарби на виході стосуються усталеного режиму роботи фарбових систем. Тому дослідження впливу передачі фарби між валіками на товщину шару фарби на відбитках з врахуванням роботи фарбоживильного пристрою є метою даної роботи.

### 3. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ

Як відомо, фарбова система друкарських машин призначена для стабільного і рівномірного нанесення шару фарби на всі друкувальні елементи форми. Принцип її роботи ґрунтується на відокремленні на вході системи від загальної маси фарби шару значно більшої товщини, ніж потрібно для нанесення на форму. Після цього цей шар розкочується, зменшуючись за товщиною до потрібного значення, а далі накочується на форму. Передача фарби з дукторної скриньки до форми супроводжується послідовним утворенням і розділенням шару фарби в кожній контактній зоні «валік-циліндр». Завдяки багаторазовому розщепленню початкової порції фарби вона надходить до накочувальних валіків у вигляді тонкого суцільного та локально рівномірного шару. У зв'язку з тим, що фарбу треба наносити тонким шаром у фарбодрукарських системах офсетних машин, збільшують кількість валіків, через що збільшується поверхня розкочування фарби. Тому в сучасних офсетних ротативних машинах нараховують більше 20 валіків і циліндрів.

Враховуючи складність фарбодрукарських систем, для вирішення поставленої задачі розглянемо фарбову систему послідовної структури, сигнальний граф якої представлений на рис. 1.

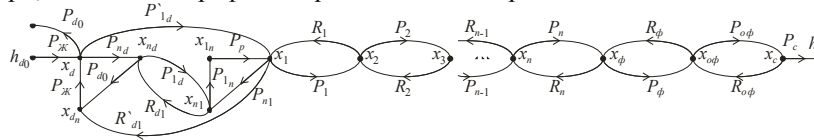


Рис. 1. Сигнальний граф послідовної фарбодрукарської системи з фарбоживильним пристроєм

Вхідний вузол графа відповідає товщині шару фарби, яка задається регулювальним гвинтом фарбоживильного пристрою, а вихідний – середній товщині фарби на відбитку. Інші вузли графа відповідають товщинам шару фарби у відповідних зонах контакту фарбових валіків

і циліндрів. Вузли з'єднані вітками, які відповідають операторам передачі фарби елементами фарбової системи.

Сигнальні графи є наочними і зручними для аналітичного дослідження та комп'ютерного моделювання.

При побудові математичної моделі приймаємо наступні допущення: цикл роботи фарбоживильного пристрою відповідає одному оберту формного циліндра; довжини кіл валиків і циліндрів поділені на ціле число умовних одиниць; умовна одиниця шляху проходження фарбою на поверхні валиків і циліндрів відповідає одній відносній одиниці часу; проковзування валиків і циліндрів відсутнє, тому лінійні швидкості поверхонь елементів фарбодрукарської системи є рівними між собою; тиск в зонах контакту валиків і циліндрів є сталим; впливом навколишнього середовища на процес передачі фарби нехтуємо.

З врахуванням прийнятих допущень та результатів праць [1, 7, 8] за схемою фарбодрукарської системи, граф якої представлений на рис.1, складемо систему рівнянь, яка описує процес передачі фарби:

$$\begin{aligned}
 x_d(z) &= P_{jc}(z)h_{d0}(z) + P_{jc}(z)x_{dn}(z); \\
 x_{nd}(z) &= P_{nd}(z)x_d(z) + R_{d1}(z)x_{n1}(z); \\
 x_{dn}(z) &= P_{dn}(z)x_{nd}(z) + R_{d1}(z)x_1(z); \\
 x_{n1}(z) &= P_{1d}(z)x_{nd}(z) + P_{n1}(z)x_1(z); \\
 x_{1n}(z) &= P_{1d}(z)x_d(z) + P_{1n}(z)x_{n1}(z); \\
 x_1(z) &= P_p(z)x_{1n}(z) + R_1(z)x_2(z); \\
 x_2(z) &= P_1(z)x_1(z) + R_2(z)x_3(z); \\
 x_3(z) &= P_2(z)x_2(z) + R_3(z)x_4(z); \\
 &\dots\dots\dots \\
 &\dots\dots\dots \\
 x_{n-1}(z) &= P_{n-2}(z)x_{n-2}(z) + R_{n-1}(z)x_n(z); \\
 x_n(z) &= P_{n-1}(z)x_{n-1}(z) + R_\phi(z)x_\phi(z); \\
 x_\phi(z) &= P_n(z)x_n(z) + R_{o\phi}(z)x_{o\phi}(z); \\
 x_{o\phi}(z) &= P_\phi(z)x_\phi(z) + R_{o\phi}(z)x_c(z); \\
 x_c(z) &= P_{o\phi}(z)x_{o\phi}(z); h_c(z) = P_c(z)x_c(z), \quad (1)
 \end{aligned}$$

де  $x_i(z)$ ,  $x_\phi(z)$  і  $x_{o\phi}(z)$ ,  $x_c(z)$  – товщини шарів фарби в зонах контакту елементів фарбодрукарської системи;  $x_d(z)$ ,  $x_1(z)$  – товщини шару фарби в зоні контакту передавального валика з дукторним циліндром і першим розкочувальним валиком відповідно;  $x_{dn}(z)$  – товщина шару

фарби на поверхні передавального валика в момент його відриву від дукторного циліндра і в діаметрально протилежній точці  $x_{nd}(z)$ ;  $x_{1n}(z)$  – товщина шару фарби на поверхні передавального валика в момент його контакту з першим розкочувальним валиком і в діаметрально протилежній точці  $x_{n1}(z)$ ;  $P_{жс}(z)$ ,  $P_p(z)$  – оператори формування передачі фарби під час спільного руху передавального валика з дукторним циліндром та першим розкочувальним валиком;  $P_{nd}(z) = \alpha_n P_p(z) z^{-P_n}$ ,  $P_{dn}(z) = P_{жс}(z) z^{-r_n}$  – оператори передачі фарби поверхнею передавального валика під час його спільного руху з дукторним циліндром;  $P_{1n}(z) = P_p(z) z^{-P_n}$ ,  $P_{1n}(z) = \gamma_1 P_p(z) z^{-r_n}$  – оператори передачі фарби поверхнею передавального валика під час його руху в контакті з розкочувальним валиком;  $P_{1d}(z) = \alpha_n P_{жс}(z) z^{-P_n} \cdot \bar{P}_{жс}(z) z^{-P_z}$ ,  $P_{1d}(z) = P_{жс}(z) z^{-r_n} \cdot \bar{P}_{жс}(z) z^{-P_z}$  – оператори передачі фарби під час переміщення передавального валика від дукторного циліндра до розкочувального валика;  $R_{d1}(z) = \gamma_1 P_p(z) z^{-r_n} \cdot \bar{P}_p(z) z^{-R_z}$ ,  $R_{d1}(z) = P_p(z) z^{-P_n} \cdot \bar{P}_p(z) z^{-R_z}$  – оператори передачі фарби під час переміщення передавального валика від розкочувального валика до дукторного циліндра;  $P_{d0}$  – оператор передачі зворотного потоку фарби дукторним циліндром;  $P_n$ ,  $r_n$  – час транспортування прямих і зворотних потоків фарби поверхнею передавального валика у відносних одиницях;  $P_z$  – час вистою передавального валика біля дукторного циліндра в сумі з часом його переміщення до першого розкочувального валика у відносних одиницях;  $R_z$  – час переміщення передавального валика в зворотному напрямку до дуктора в сумі з часом вистою до початку повороту дуктора у відносних одиницях;  $P_{(i+1)i}(z) = \alpha_i z^{-P_i}$ ,  $P_{i(i+1)}(z) = (1 - \alpha_{i+1}) z^{-r_i}$ ,

$$P_n(z) = (1 - \alpha_\phi F(z)) z^{-r_n}, P_\phi(z) = \alpha_\phi z^{-P_\phi},$$

$R_\phi(z) = (1 - \alpha_{o\phi}) F(z) z^{-P_\phi}$ ,  $P_{o\phi}(z) = \alpha_{o\phi} z^{-P_{o\phi}}$ ,  $R_{o\phi}(z) = (1 - \beta) z^{-r_{o\phi}}$  – оператори передачі прямих і зворотних потоків фарби на поверхні валиків формного і офсетного циліндрів;  $F(z)$  – оператор формування навантаження;  $h_{d0}$  – товщина шару фарби на поверхні дукторного циліндра при виході між ножем і циліндром;  $P_c(z)$  – оператор передачі фарби на папір;  $h_c(z)$  – товщина шару фарби на друкарському відбитку.

#### 4. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ

Для спрощення поставленої задачі розглядатимемо коротку фарбодрукарську систему послідовної структури, до складу якої входить дукторно-ножевий фарбоживильний пристрій, три валики, формний та офсетний циліндри. Дослідження фарбодрукарської системи проводитимемо шляхом моделювання, для чого на підставі сигнального графа (рис.1) та математичної моделі (1) будемо схему симулятора фарбодрукарської системи в середовищі Matlab-Simulink. З метою оптимізації процесу моделювання і аналізу створюємо чотири ідентичних схеми симулятора моделі фарбоживильної системи, виходи яких під'єднаємо до входу мультиплексора, виходом підключеного до блоку Vuhid (рис.2).

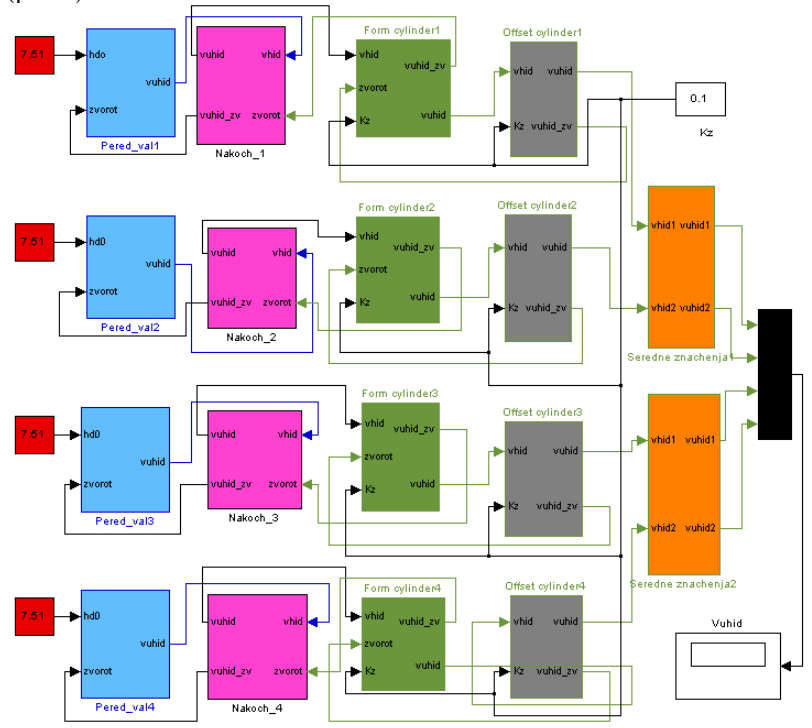


Рис. 2. Структурні схеми симуляторів моделей послідовної фарбодрукарської системи в середовищі Matlab-Simulink

Під час моделювання геометричні розміри фарбодрукарської системи задаємо через відповідні транспортні запізнення  $p_n$ ,  $r_n$ ,  $p_i$ ,  $r_i$ ,  $p_f$ ,  $r_f$

$p_{of}$ ,  $r_{of}$ . Коефіцієнт передачі фарби з офсетного циліндра на відбиток  $\beta$  приймаємо рівним 0,7.

Моделювання проводимо за таких умов. На входах моделей задаємо ширину смуги подачі фарби  $b_d$ , рівною 50 у.о., коефіцієнт заповнення форми, який визначає навантаження однаковим у всіх моделях і рівним  $\kappa_3=1$ , а коефіцієнти передачі фарби між валиками і циліндрами в трьох моделях задаємо різними значеннями  $\alpha=0,45; 0,5; 0,55$ , а в четвертій – функцію  $\alpha = 0,45 + 0,1e^{\frac{3h}{20}}$ , яку отримано в результаті апроксимації графічних залежностей побудованих на підставі експериментальних досліджень [9].

У моделі з коефіцієнтами передачі фарби між валиками і циліндрами  $\alpha=0,5$  налагоджуємо подачу фарби таким чином, щоб середнє значення товщини шару фарби на відбитках становило 1 у.о. Середнє значення товщини шару фарби обраховується за виразом апробованим в роботі [10]:

$$h_{c\text{сер}} = \left( h_c \left( z^{-1} + z^{-2} + z^{-3} + \dots + z^{-(l_f-2)} + z^{-(l_f-1)} + z^{-l_f} \right) \right) \cdot l_f^{-1},$$

де  $l_f$  – транспортне запізнення у відносних одиницях, яке відповідає довжині форми в напрямку передачі фарби.

Після цього отримане значення товщини смуги подачі фарби  $h_{d0}$  задаємо на всіх входах моделей і проводимо симулювання, результати якого в графічному вигляді представлені на рис.3.

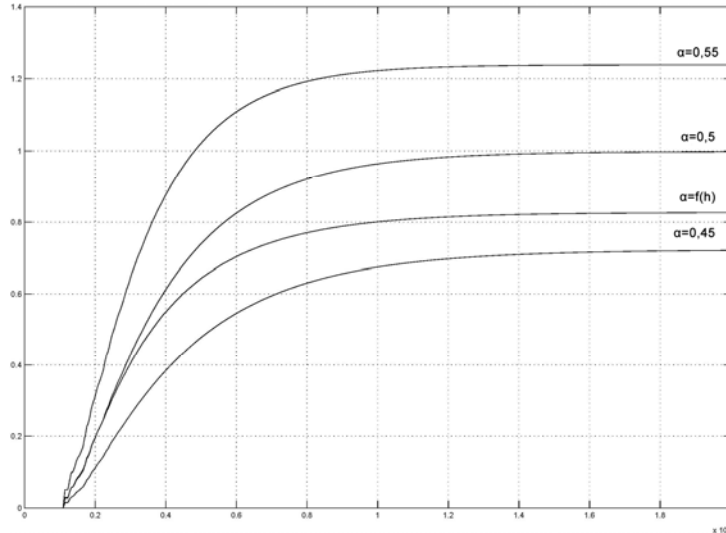


Рис. 3. Графіки зміни середнього значення товщини шару фарби  $h_{c\text{сер}}$  на виході фарбодрукарської системи при  $\kappa_3=1$  і різних  $\alpha$

Як видно з графіків, при збільшенні значення коефіцієнта передачі фарби  $\alpha$  з 0,5 до 0,55 товщина шару фарби на відбитках збільшується на 24%, при коефіцієнті  $\alpha = 0,45$  зменшується на 27%.

Змінюємо коефіцієнт заповнення форми в операторі навантаження в бік зменшення до величини  $\kappa_3 = 0,5$  та проводимо налагодження подачі фарби, щоб при коефіцієнті передачі  $\alpha = 0,5$  середнє значення товщини фарби на відбитку  $h_{c\text{ сеп}} = 1$  у.о. Після цього, як і в попередньому випадку, отримане значення  $h_{d0}$  задаємо на всіх входах моделей, коефіцієнти передачі  $\alpha$  яких залишаємо попередніми, і проводимо моделювання, результати якого відображені у вигляді графіків на рис.4.

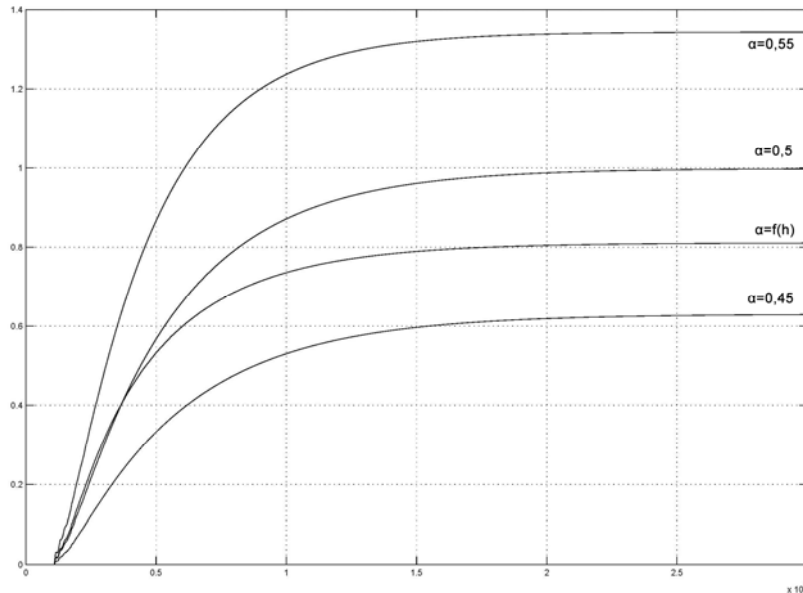


Рис. 4. Графіки зміни середнього значення товщини шару фарби  $h_{c\text{ сеп}}$  на виході фарбодрукарської системи при  $\kappa_3 = 0,5$  і різних  $\alpha$

У даному випадку із збільшенням коефіцієнта передачі фарби  $\alpha$  до 0,55 товщина шару фарби  $h_{c\text{ сеп}}$  на виході фарбодрукарської системи збільшується на 34%, а із зменшенням  $\alpha$  до 0,45 зменшується приблизно на 37%. Як бачимо з отриманих даних, діапазон відхилення товщини шару фарби на виході фарбодрукарської системи при коефіцієнтах  $\alpha = 0,55$  і  $\alpha = 0,45$  із зменшенням  $\kappa_3$  зростає, в той же час при заданні коефіцієнта передачі фарби між валиками і циліндрами за допомогою функції  $\alpha = f(h)$ , яку наведено вище, товщина шару фарби на виході  $h_{c\text{ сеп}}$  практично не залежить від зміни  $\kappa_3$ .



Зменшуємо коефіцієнт заповнення форми до значення  $\kappa_s=0,1$  та, як і в двох попередніх експериментах, визначаємо товщину смуги подачі фарби  $h_{d0}$  за умови, що коефіцієнти передачі фарби  $\alpha=0,5$  і товщина шару фарби на виході фарбодрукарської системи в квазіусталеному режимі становитиме 1 у.о. Після цього задаємо отриману величину  $h_{d0}$  на входи всіх чотирьох моделей та проводимо симулювання, результати якого подані на рис.5.

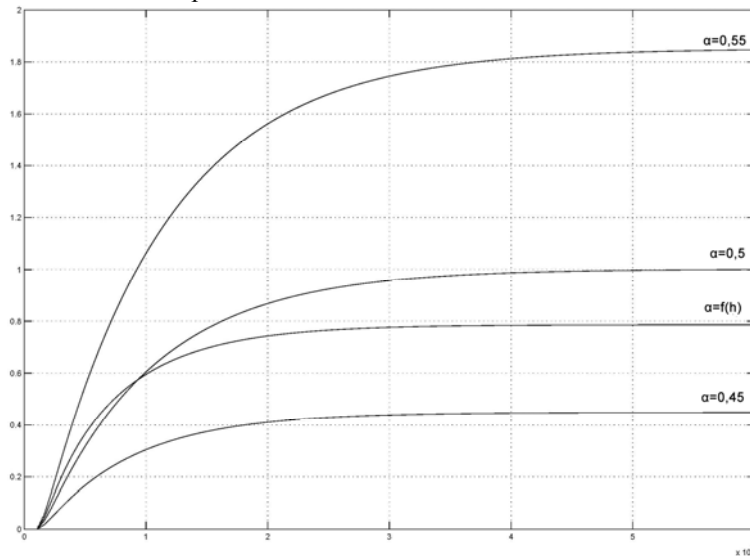


Рис. 5. Графіки зміни середнього значення товщини шару фарби  $h_{c\text{сер}}$  на виході фарбодрукарської системи при  $\kappa_s=0,1$  і різних  $\alpha$

Як видно з графіків (рис.5), при коефіцієнті передачі фарби  $\alpha=0,55$  товщина шару фарби на виході  $h_{c\text{сер}}$  є більшою на 85% стосовно товщини шару фарби на відбитку, отриманої при  $\alpha=0,5$ . А із зменшенням  $\alpha$  до 0,45 товщина шару фарби на відбитках в квазіусталеному режимі зменшується на 55%.

## 5. ВИСНОВКИ

1. У фарбодрукарських системах, в яких немає зворотного потоку фарби на вході системи, тобто часткового повернення її до джерела живлення, коефіцієнт передачі фарби між валиками та циліндрами не впливає на товщину шару фарби на відбитках в усталеному режимі, а лише змінює час перехідного процесу.

2. Більшість друкарських машин оснащені фарбоживильними пристроями, в яких циркулюють як прямі, так і зворотні фарбові потоки. У

таких фарбодрукарських системах, як показали дослідження, коефіцієнт передачі фарби  $\alpha$  має значний вплив на товщину шару фарби на відбитках.

3. Встановлено, що із зменшенням навантаження на виході фарбодрукарської системи вплив коефіцієнта передачі фарби на товщину шару фарби на виході суттєво зростає. Так, якщо при  $\alpha=0,55$  за умови, що  $\kappa_3=1$ , товщина шару фарби була більша від бажаної на 24%, то при  $\kappa_3=0,1$  відхилення товщини шару фарби на відбитках зросло до 85%, тобто майже в 3,5 рази, а при  $\alpha=0,45$  товщина шару фарби на відбитках зменшилась при  $\kappa_3=1$  на 27%, а при  $\kappa_3=0,1$  на 55%.

4. Виявлено, що при заданні передачі фарби між елементами фарбодрукарської системи за допомогою залежності  $\alpha = f(h)$  товщина шару фарби на відбитках відрізняється від бажаної, але залишається практично однаковою при зміні навантаження. Отже, від достовірності математичного опису передачі фарби між елементами фарбодрукарської системи в значній мірі залежатиме точність її попереднього налагодження.

1. Алексеев Г.В. Красочные аппараты ротационных машин высокой и плоской печати. –М., Книга. 1980. –184 с. 2. Раскин А.Н. и др. Технология печатных процессов. –М., Книга. 1989. – 389 с. 3. Г. Киппхан Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства; Пер. с нем. – М.: МГУП, 2003. – 1280с. 4. Dein Wang An investigation of the applicability of Walker and Fetsko ink transfer equation on and the influence of ink viscosity on heat set ink used on the web offset process. – School of Printing, Rochester Institute of technology, Rochester, New York, 1986 – 64с. 5. Верхола М.І., Луцків М.М., Щесюк Т.А. Модель простого фарбового апарата // Поліграфія і видавнича справа: Науково-технічний збірник. – 1997. – №32. – С.85-92. 6. Верхола М.І., Гук І.Б., Луцків М.М. Вплив коефіцієнта переносу фарби в розкочувальній фарбовій групі на її товщину на стрічці // Поліграфія і видавнича справа: Науково-технічний збірник. – 2000. – №36. – С.93-98. 7. Зирнзак Л.Ф. и др. Листовые офсетные печатные машины. –М.: Издательство МГУП. 1998. – 136с. 8. 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. 9. Верхола М.І., Споляк Р.М. Моделювання та експериментальне дослідження перехідного процесу фарбодрукарської системи машини Heidelberg GTO-52-2/-P // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць. – 2011. – №26. – С.3-15. 10. 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. – 2010. – №23. – С.22-34.