

УДК 681.625.23:004.942

Верхола М.І., к.т.н., доцент; **Гук І.Б.**, асистент; **Пановик У.П.**, ст. викладач
Українська академія друкарства

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АНАЛІЗУ РОЗПОДІЛУ ФАРБИ У ФАРБОДРУКАРСЬКИХ СИСТЕМАХ ОФСЕТНИХ МАШИН

У даній роботі запропоновано інформаційну технологію дослідження і аналізу осьового розподілу фарби у фарбодрукарських системах офсетних машин з метою підвищення точності їх налагодження та якості друкованої продукції. Оскільки фарбові системи офсетних друкарських машин є досить складними і можуть мати до чотирьох розтиральних циліндрів, то завдання визначення впливу режиму роботи кожного розтирального циліндра на перерозподіл фарби, як між сусідніми зонами, тобто в осьовому напрямі, так і між виходом і входом фарбової системи, є важливим, оскільки від його вирішення залежить точність попереднього налагодження подання фарби фарбоживильним пристроєм, а відповідно і якість друкованої продукції та зменшення витрат на фарбу і папір.

Фарбодрукарська система, розтиральний, формний та офсетний циліндри, сигнальний граф, інформаційна технологія.

Постановка проблеми.

Офсетні друкарські машини, які використовуються в поліграфії, мають різну будову фарбових апаратів, до складу яких може входити від 9 до 28 валиків і циліндрів [1].

Прийнято вважати, що якість друкованої продукції залежить від структури фарбового апарата та від кількості елементів, з яких він складається.

Як відомо [2, 3], фарбова система друкарської машини повинна забезпечувати дозоване подання фарби у фарбову систему, регулювання товщини фарби до потрібної величини та нанесення її рівномірним шаром на відбитки. Офсетні друкарські машини в основному оснащені дукторно-ножевими фарбоживильними пристроями, які забезпечують дискретне подання фарби у вигляді смуг певної товщини та ширини.

Варто зазначити, що виконавчі механізми фарбоживильних пристроїв, якими оснащені офсетні машини фірм Man Roland тощо, можуть забезпечувати високу точність позиціонування дукторного ножа стосовно дукторного циліндра. Тому подальший розвиток фарбодрукарських систем здійснюється шляхом удосконалення систем керування ними, в тому числі й автоматичної системи попереднього налагодження фарбового апарата на той чи інший вид друкованої продукції. Параметри налагодження визначаються на підставі коефіцієнтів заповнення форми друкувальними елементами за допомогою спеціалізованих програм сучасних комп'ютерно-видавничих систем для підготовки текстової та графічної інформації [4].

До складу фарбових апаратів входять розтиральні циліндри, яким, крім колового руху, надається ще й осьове переміщення, що негативно впливає на точність передачі фарби від фарбоживильного пристрою до відбитка. Програми комп'ютерно-видавничих систем, які дають можливість визначати коефіцієнти зонального заповнення форми не враховують збурень від дії розтиральних циліндрів. Тому визначення впливу розтиральних циліндрів на процес зонального розподілу і передачі фарби у фарбодрукарській системі з метою зменшення їх негативної дії на якість друкованої продукції є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

На даний час є низка наукових публікацій, які стосуються даної проблеми. Так, в роботі [5] на основі балансу потоків фарби обґрунтовано її передачу в осьовому напрямку та складено відповідні рівняння балансу товщини шарів фарби, які передаються розтиральним циліндром, як в осьовому, так і в коловому напрямках. У статті [6] обґрунтовано математичний перехід від часового представлення процесу колового і осьового розподілу фарби у фарбовій системі до операторного за допомогою z-перетворень. У публікації [7] проведено аналіз впливу характеру рисунку на друкарській формі на перерозподіл фарби між сусідніми зонами відбитка. В даному випадку розглядається спрощена фарбова система послідовної структури з одним розтиральним циліндром.

У роботі [8] запропонована методика визначення коефіцієнта передачі фарби фарбоживильним пристроєм від дукторного циліндра до першого елемента фарбової системи при багато-

зонному регулюванні подання фарби і дії розтирального циліндра. В даній роботі не проаналізовано вплив зміни величини осьового ходу розтирального циліндра на процес передачі фарби.

Ціллю даної статті є створення інформаційної технології для дослідження і аналізу впливу розтиральних циліндрів на процес колового та осьового розподілу фарби у фарбодрукарських системах офсетних машин.

Виклад основного матеріалу роботи.

До складу фарбодрукарських систем офсетних машин входять: фарбоживильний пристрій, в якому фарба за допомогою передавального валика транспортується від дукторного циліндра до першого валика або розтирального циліндра розкочувальної групи; до складу останньої, залежно від марки машини, може входити різна кількість валиків і розтиральних циліндрів; накочувальна група, яка може нараховувати до чотирьох валиків, які контактують з розтиральними циліндрами та формою, закріпленою на формному циліндрі, що контактує з офсетним циліндром. Товщина фарби, яка передається від дукторного циліндра, може змінюватися гвинтами або кулачковими механізмами в межах окремих зон регулювання. Далі фарба, рухаючись до виходу фарбової системи сумується і розщеплюється в місцях контакту валиків і циліндрів. При цьому формується шар фарби, який через друкарську форму і офсетний циліндр передається на папір або інший матеріал, що задруковується. Елементи фарбодрукарської системи, обертаючись, створюють прямі та зворотні потоки між входом і виходом системи, тому частина фарби буде повертатися назад у дукторне корито. Шар фарби, що транспортується поверхнею розтирального циліндра, рухаючись до місця контакту з наступним валиком, зміщується ще й в осьовому напрямку. Тому дія розтиральних циліндрів призводить до перерозподілу частини прямих і зворотних потоків фарби в сусідні зони. Визначити вплив кожного розтирального циліндра, проводячи відповідні експериментальні дослідження на реальних друкарських машинах, практично не можливо, оскільки на розкочування і передачу фарби впливає чимало факторів. Це і умови навколишнього середовища, в яких проводяться експерименти, збурення, що передаються від дії фарбоживильного пристрою, інших розтиральних циліндрів, друкарської форми, та низка інших чинників. Крім того, немає технічних засобів, які б могли з достатньою точністю вимірювати товщину фарби на поверхні елементів фарбодрукарської системи. Тому для вирішення даної проблеми доцільно користуватися відповідними інформаційними технологіями. А це зокрема вимагає розробки адекватних математичних моделей.

Розглянемо задачу на прикладі фарбодрукарської системи малоформатних офсетних машин Romaug314, які ще експлуатуються на малих поліграфічних підприємствах.

Використовуючи відомі підходи [9, 10], за схемою фарбодрукарської системи, яка подана в паспорті друкарської машини, складемо відповідний сигнальний граф. На рисунку 1 зображена лише частина графа, а точніше перша, друга і остання зона, а таких зон в офсетній друкарській машині, яка розглядається, є 22.

Вхідний вузол кожної зони графа відповідає товщині потоку фарби, яка подається на вхід розтирального циліндра, а вихідний – товщині фарби, яка передається на папір. Інші вузли графа відповідають товщинам фарби в місцях контакту елементів фарбодрукарської системи x_i^j , x_{fi}^j , x_{of}^j та x_p^j . Вузли з'єднані в межах j -тої зони вітками, які відповідають операторам передачі прямих і зворотних потоків фарби в коловому напрямі, а вітки, що з'єднують між собою вузли сусідніх зон відповідають операторам передачі прямих і зворотних потоків фарби в осьовому напрямі. Сигнальні графи є досить зручними для наочного представлення процесу передачі фарби та комп'ютерного симулювання.

Для створення математичної моделі приймаємо наступні припущення: поверхні елементів фарбодрукарської системи офсетної машини умовно розділені на зони передачі фарби в перпендикулярному напрямі до осі валиків, тобто від входу до виходу кожна зона демонструється відповідним сигнальним графом; кількість зон відповідає кількості елементів регулювання подання фарби; ширини зон рівні між собою; період переміщення розтиральних циліндрів в осьовому напрямі дорівнює часу одного обертання формного циліндра, а траєкторія руху цих циліндрів може бути різною; лінійні швидкості поверхонь елементів фарбової системи в коловому напрямі є однаковими; діаметри валиків і циліндрів мають різні величини; при поданні фарби на вхід фарбової системи в кожній зоні частина фарби, завдяки циркуляції зворотних потоків, може повертатися назад в дукторну скриньку; з поверхні останнього елемента – офсетного циліндра – фарба передається на папір або інший матеріал, що задруковується, і, таким чином, маємо відповідну витрату фарби на виході фарбодрукарської системи.

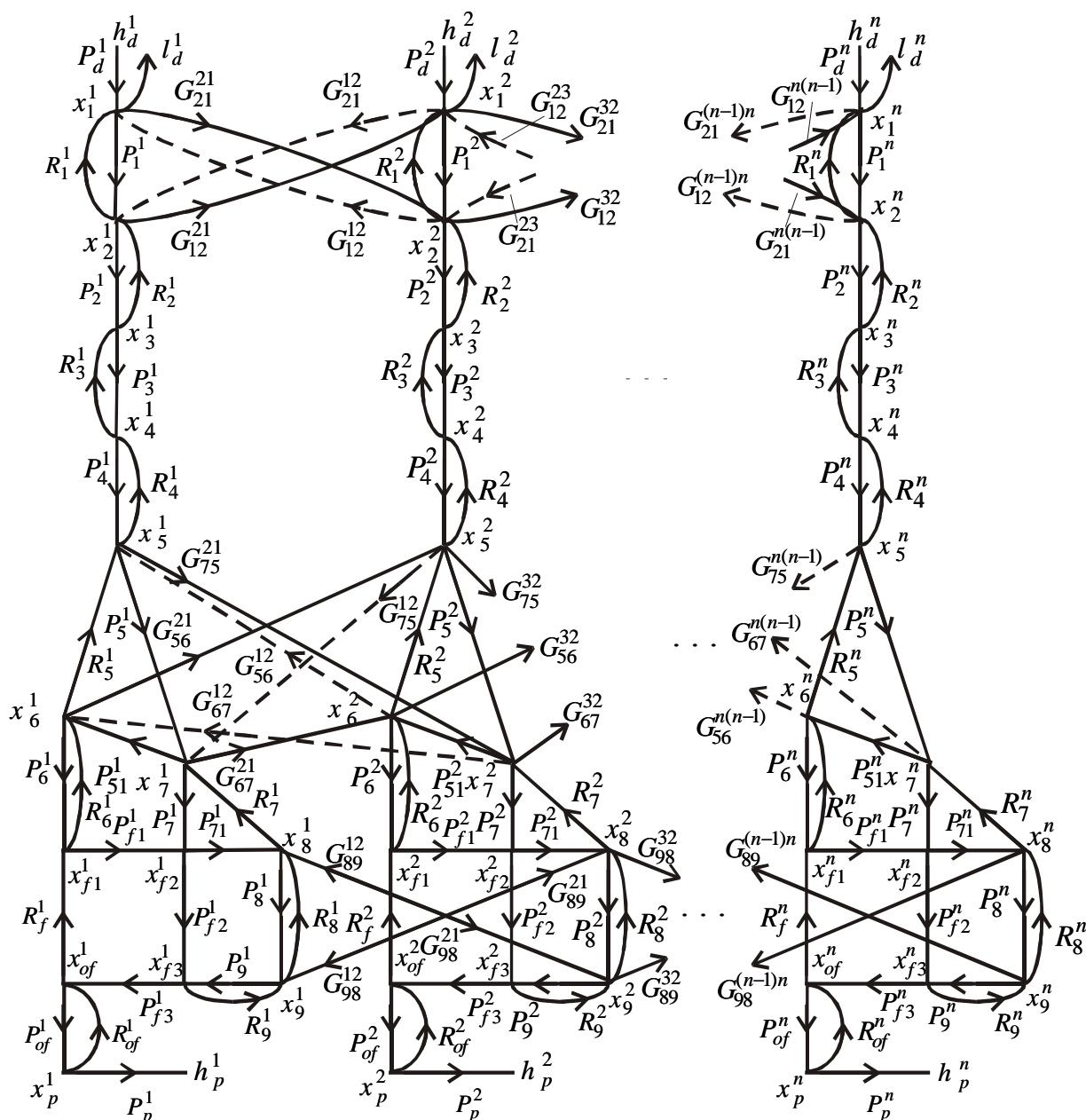


Рис. 1. Сигнальний граф фарбодрукарської системи

На підставі наукових праць [5, 6, 11, 12] з врахуванням вище перерахованих допущень відповідно до графа, представленого на рис.1, складаємо систему рівнянь (1), яка описує процес розкочування і передачі фарби в кожній зоні:

- в першій зоні фарбодрукарської системи:

$$\begin{aligned}
 x_1^1(z) &= P_d^1(z)h_d^1(z) + R_1^1(z)x_2^1(z) + G_{12}^{12}(z)x_2^2(z); \\
 x_2^1(z) &= P_1^1(z)x_1^1(z) + R_2^1(z)x_3^1(z) + G_{21}^{12}(z)x_1^2(z); \\
 x_3^1(z) &= P_2^1(z)x_2^1(z) + R_3^1(z)x_4^1(z); \\
 x_4^1(z) &= P_3^1(z)x_3^1(z) + R_4^1(z)x_5^1(z); \\
 x_5^1(z) &= P_4^1(z)x_4^1(z) + R_5^1(z)x_6^1(z) + G_{56}^{12}(z)x_6^2(z); \\
 x_6^1(z) &= P_{51}^1(z)x_7^1(z) + R_6^1(z)x_{f1}^1(z) + G_{67}^{12}(z)x_7^2(z); \\
 x_{f1}^1(z) &= P_6^1(z)x_6^1(z) + R_f^1(z)x_{of}^1(z); \\
 x_7^1(z) &= P_5^1(z)x_5^1(z) + R_7^1(z)x_8^1(z) + G_{75}^{12}(z)x_5^2(z); \\
 x_8^1(z) &= P_{71}^1(z)x_{f2}^1(z) + R_8^1(z)x_9^1(z) + G_{89}^{12}(z)x_9^2(z);
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_{f_2}^1(z) &= P_7^1(z)x_7^1(z) + P_{f_1}^1(z)x_{f_1}^1(z); \\x_9^1(z) &= P_8^1(z)x_8^1(z) + R_9^1(z)x_{f_3}^1(z) + G_{98}^{12}(z)x_8^2(z); \\x_{f_3}^1(z) &= P_9^1(z)x_9^1(z) + P_{f_2}^1(z)x_{f_2}^1(z); \\x_{of}^1(z) &= P_{f_3}^1(z)x_{f_3}^1(z) + R_{of}^1(z)x_p^1(z); \\x_p^1(z) &= P_{of}^1(z)x_{of}^1(z); \quad h_p^1(z) = P_p^1(z)x_p^1(z); \end{aligned}$$

- в другій зоні:

$$\begin{aligned}x_1^2(z) &= P_d^2(z)h_d^2(z) + R_1^2(z)x_2^2(z) + G_{12}^{21}(z)x_2^1(z) + G_{12}^{23}(z)x_2^3(z); \\x_2^2(z) &= P_1^2(z)x_1^2(z) + R_2^2(z)x_3^2(z) + G_{21}^{21}(z)x_1^1(z) + G_{21}^{23}(z)x_1^3(z); \\x_3^2(z) &= P_2^2(z)x_2^2(z) + R_3^2(z)x_4^2(z); \\x_4^2(z) &= P_3^2(z)x_3^2(z) + R_4^2(z)x_5^2(z); \\x_5^2(z) &= P_4^2(z)x_4^2(z) + R_5^2(z)x_6^2(z) + G_{56}^{21}(z)x_6^1(z) + G_{56}^{23}(z)x_6^3(z); \\x_6^2(z) &= P_{51}^2(z)x_7^2(z) + R_6^2(z)x_{f_1}^2(z) + G_{67}^{21}(z)x_7^1(z) + G_{67}^{23}(z)x_7^3(z); \\x_{f_1}^2(z) &= P_6^2(z)x_6^2(z) + R_f^2(z)x_{of}^2(z); \\x_7^2(z) &= P_5^2(z)x_5^2(z) + R_7^2(z)x_8^2(z) + G_{75}^{21}(z)x_5^1(z) + G_{75}^{23}(z)x_5^3(z); \\x_8^2(z) &= P_{71}^2(z)x_{f_2}^2(z) + R_8^2(z)x_9^2(z) + G_{89}^{21}(z)x_9^1(z) + G_{89}^{23}(z)x_9^3(z); \\x_{f_2}^2(z) &= P_7^2(z)x_7^2(z) + P_{f_1}^2(z)x_{f_1}^2(z); \\x_9^2(z) &= P_8^2(z)x_8^2(z) + R_9^2(z)x_{f_3}^2(z) + G_{98}^{21}(z)x_8^1(z) + G_{98}^{23}(z)x_8^3(z); \\x_{f_3}^2(z) &= P_9^2(z)x_9^2(z) + P_{f_2}^2(z)x_{f_2}^2(z); \\x_{of}^2(z) &= P_{f_3}^2(z)x_{f_3}^2(z) + R_{of}^2(z)x_p^2(z); \\x_p^2(z) &= P_{of}^2(z)x_{of}^2(z); \quad h_p^2(z) = P_p^2(z)x_p^2(z); \end{aligned}$$

.....
- в n -ній зоні фарбодрукарської системи офсетної машини:

$$\begin{aligned}x_1^n(z) &= P_d^n(z)h_d^n(z) + R_1^n(z)x_2^n(z) + G_{12}^{n(n-1)}(z)x_2^{n-1}(z); \\x_2^n(z) &= P_1^n(z)x_1^n(z) + R_2^n(z)x_3^n(z) + G_{21}^{n(n-1)}(z)x_1^{n-1}(z); \\x_3^n(z) &= P_2^n(z)x_2^n(z) + R_3^n(z)x_4^n(z); \\x_4^n(z) &= P_3^n(z)x_3^n(z) + R_4^n(z)x_5^n(z); \\x_5^n(z) &= P_4^n(z)x_4^n(z) + R_5^n(z)x_6^n(z) + G_{56}^{n(n-1)}(z)x_6^{n-1}(z); \\x_6^n(z) &= P_{51}^n(z)x_7^n(z) + R_6^n(z)x_{f_1}^n(z) + G_{67}^{n(n-1)}(z)x_7^{n-1}(z); \\x_{f_1}^n(z) &= P_6^n(z)x_6^n(z) + R_f^n(z)x_{of}^n(z); \\x_7^n(z) &= P_5^n(z)x_5^n(z) + R_7^n(z)x_8^n(z) + G_{75}^{n(n-1)}(z)x_5^{n-1}(z); \\x_8^n(z) &= P_{71}^n(z)x_{f_2}^n(z) + R_8^n(z)x_9^n(z) + G_{89}^{n(n-1)}(z)x_9^{n-1}(z); \\x_{f_2}^n(z) &= P_7^n(z)x_7^n(z) + P_{f_1}^n(z)x_{f_1}^n(z); \\x_9^n(z) &= P_8^n(z)x_8^n(z) + R_9^n(z)x_{f_3}^n(z) + G_{98}^{n(n-1)}(z)x_8^{n-1}(z); \\x_{f_3}^n(z) &= P_9^n(z)x_9^n(z) + P_{f_2}^n(z)x_{f_2}^n(z); \\x_{of}^n(z) &= P_{f_3}^n(z)x_{f_3}^n(z) + R_{of}^n(z)x_p^n(z); \\x_p^n(z) &= P_{of}^n(z)x_{of}^n(z); \quad h_p^n(z) = P_p^n(z)x_p^n(z); \end{aligned} \tag{1}$$

де $h_d^j(z)$ – товщина шару фарби, що подається на вхід j -тої зони фарбодрукарської системи; $j=1,2,\dots,n$ – кількість зон регулювання подання фарби; $x_1^j(z), x_2^j(z), \dots, x_9^j(z)$ –

товщина шару фарби в місцях контакту валиків і циліндрів, які розкочують фарбу; $x_{f1}^j(z)$, $x_{f2}^j(z)$, $x_{f3}^j(z)$ – товщина шару фарби в місцях контакту накочувальних валиків з формою; $P_1^j(z)$, $P_2^j(z), \dots, P_9^j(z)$ – оператори передачі прямих та $R_1^j(z)$, $R_2^j(z), \dots, R_9^j(z)$ – зворотних потоків фарби в межах окремої j -тої поверхнею валиків і циліндрів; $P_{f1}^j(z)$, $P_{f2}^j(z)$, $P_{f3}^j(z)$, $R_f^j(z)$ – оператори передачі фарби поверхнею формного циліндра між позиціями його контакту з накочувальними валиками і формним циліндром; $P_{of}^j(z)$, $R_{of}^j(z)$ – оператори передачі фарби поверхнею офсетного циліндра у напрямі до матеріалу, що задруковується та від нього до формного циліндра; $x_{of}^j(z)$ і $x_p^j(z)$ – товщина шару фарби в місцях контактів офсетного циліндра з формою та паперовими аркушами; $P_c^j(z)$ – оператор передачі фарби з офсетного циліндра на папір; $h_c^j(z)$ – товщина шару фарби в j -тій зоні відбитка; $G_{21}^{j(j-1)}(z)$, $G_{12}^{j(j-1)}(z)$ – оператори передачі фарби між зонами при русі розтирального циліндра, який розміщений на вході фарбодрукарської системи, вправо та вліво: $G_{21}^{j(j+1)}(z)$, $G_{12}^{j(j+1)}(z)$; $G_{75}^{j(j-1)}(z)$, $G_{67}^{j(j-1)}(z)$, $G_{56}^{j(j-1)}(z)$ – оператори передачі фарби між зонами при русі розтирального циліндра, який розміщений на схемі фарбодрукарської системи в позиції 5, вправо та вліво: $G_{75}^{j(j+1)}(z)$, $G_{67}^{j(j+1)}(z)$, $G_{56}^{j(j+1)}(z)$; $G_{98}^{j(j-1)}(z)$, $G_{89}^{j(j-1)}(z)$ – оператори передачі фарби між сусідніми зонами при русі розтирального циліндра, який знаходиться в позиції 8, вправо та вліво: $G_{98}^{j(j+1)}(z)$, $G_{89}^{j(j+1)}(z)$.

Для побудови стимулятора фарбодрукарської системи деталізуємо оператори передачі фарби в коловому і осьовому напрямках.

Оператори передачі фарби в коловому напрямку, з врахуванням результатів роботи [13], подамо в z -зображеннях:

$$\begin{aligned}
 P_1^j(z) &= (\alpha_1 - \alpha_{1n}(z) - \alpha_{1n}(z))z^{-P_1}; \\
 R_1^j(z) &= (\gamma_1 - \gamma_{1n}(z) - \gamma_{1n}(z))z^{-r_1}; \\
 P_i^j(z) &= \alpha_i z^{-P_i}; & R_i^j(z) &= \gamma_i z^{-r_i}; \\
 P_5^j(z) &= (\alpha_5 - \alpha_{5n}(z) - \alpha_{5n}(z))z^{-P_5}; \\
 P_{51}^j(z) &= (\alpha_{51} - \alpha_{51n}(z) - \alpha_{51n}(z))z^{-P_{51}}; \\
 R_5^j(z) &= (\gamma_5 - \gamma_{5n}(z) - \gamma_{5n}(z))z^{-r_5}; \\
 P_8^j(z) &= (\alpha_8 - \alpha_{8n}(z) - \alpha_{8n}(z))z^{-P_8}; \\
 R_8^j(z) &= (\gamma_8 - \gamma_{8n}(z) - \gamma_{8n}(z))z^{-r_8}; \\
 P_{f1}^j(z) &= \alpha_{f1} k_z z^{-P_{f1}}; & P_{f2}^j(z) &= \alpha_{f2} k_z z^{-P_{f2}}; \\
 P_{f3}^j(z) &= \alpha_{f3} k_z z^{-P_{f3}}; & R_f^j(z) &= \gamma_f z^{-r_f}; \\
 P_{of}^j(z) &= \alpha_{of} z^{-P_{of}}; & R_{of}^j(z) &= \gamma_{of} z^{-r_{of}}; & P_p^j(z) &= \beta,
 \end{aligned} \tag{2}$$

де α_i , α_f , α_{of} – коефіцієнти передачі прямих та зворотних – γ_i , γ_f , $\gamma_{of} = (1 - \beta)$ потоків фарби в місцях контакту елементів фарбодрукарської системи; k_z – коефіцієнт заповнення форми друкувальними елементами; β – коефіцієнт передачі фарби з поверхні офсетного циліндра на папір або картон; z^{-P_i} , z^{-r_i} , z^{-P_f} , z^{-r_f} , $z^{-P_{of}}$, $z^{-r_{of}}$ – транспортні запізнення передачі фарби в коловому напрямку.

Оператори передачі фарби розтиральними циліндрами в осьовому напрямку на підставі роботи [6] можна подати так:

$$\begin{aligned}
 G_{21}^{j(j-1)}(z) &= \alpha_{1n}(z) z^{-P_1}; & G_{12}^{j(j-1)}(z) &= \gamma_{1n}(z) z^{-r_1}; \\
 G_{21}^{j(j+1)}(z) &= \alpha_{1n}(z) z^{-P_1}; & G_{12}^{j(j+1)}(z) &= \gamma_{1n}(z) z^{-r_1};
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G_{75}^{j(j-1)}(z) &= \alpha_{5n}(z) z^{-P_5}; & G_{67}^{j(j-1)}(z) &= \gamma_{51n}(z) z^{-P_{51}}; & G_{56}^{j(j-1)}(z) &= \gamma_{5n}(z) z^{-r_5}; \\
 G_{75}^{j(j+1)}(z) &= \alpha_{5,l}(z) z^{-P_5}; & G_{67}^{j(j+1)}(z) &= \gamma_{51,l}(z) z^{-P_{51}}; & G_{56}^{j(j+1)}(z) &= \gamma_{5,l}(z) z^{-r_5}; \\
 G_{98}^{j(j-1)}(z) &= \alpha_{8n}(z) z^{-P_8}; & G_{89}^{j(j-1)}(z) &= \gamma_{8n}(z) z^{-r_8}; \\
 G_{98}^{j(j+1)}(z) &= \alpha_{8,l}(z) z^{-P_8}; & G_{89}^{j(j+1)}(z) &= \gamma_{8,l}(z) z^{-r_8},
 \end{aligned} \tag{3}$$

де $\alpha_{in}(z)$, $\gamma_{in}(z)$ – z -зображення передачі прямих і зворотних потоків фарби вправо та вліво $\alpha_{in}(z)$, $\gamma_{in}(z)$.

Процеси розкочування і передачі, які відбуваються у фарбодрукарських системах, є надзвичайно складними, тому до складу математичної моделі, що їх описує, може входити декілька сотень рівнянь. Проводити аналіз таких систем без використання відповідних технічних засобів неможливо. Вирішувати такі задачі пропонуємо шляхом розвитку відповідних інформаційних технологій, суть яких полягає в створенні адекватних моделей, розробці програмних засобів, побудові відповідних симуляторів, за допомогою яких можна отримати знання, які дадуть можливість більш точно віртуально відтворювати процеси, що тривають у фарбодрукарських системах. Отримані результати будуть важливі як для налагодження фарбодрукарських систем наявних офсетних машин, так і для проектування та побудови досконаліших фарбових апаратів.

Комп'ютерне симулювання та аналіз результатів

Розглянемо одну із технологій для вирішення поставленої задачі. На основі схеми сигнального графа фарбодрукарської системи (рис. 1) та її математичного опису, поданого у вигляді системи рівнянь (1-3), будемо структурну схему симулятора фарбодрукарської системи в програмному середовищі Matlab-Simulink (рис. 2), яка складається з одинадцяти елементів, в тому числі з трьох розтиральних циліндрів, трьох накочувальних валиків, формного та офсетного циліндрів.

Для проведення симулювання на підставі результатів експериментів, представлених роботі [11], задаємо коефіцієнти передачі фарби в коловому напрямку $\alpha_i = \gamma_i = 0,5$, а коефіцієнт передачі фарби з офсетного циліндра на папір $\beta = 0,7$. Геометричні розміри валиків і циліндрів задаємо через показники степеня $P_i, r_i, P_f, r_f, P_{of}, r_{of}$ в операторах передачі фарби. Кількість зон проходження від входу фарбодрукарської системи до відбитків j приймаємо: вісім. Для спрощення аналізу приймаємо, що довжина форми відповідає довжині формного циліндра в коловому напрямку, а коефіцієнти заповнення форми в кожній зоні однакові і рівні $k_z=1$. Щоб виявити вплив величини осьового ходу першого розтирального циліндра на розподіл фарби вважаємо, що він рухається вправо до виходу фарбодрукарської системи на усталений режим, а два інших розтиральних циліндри мають лише обертовий рух. Спочатку приймаємо, що фарба не повертається у дукторну скриньку, і подаємо на вхід фарбодрукарської системи товщину фарби, однаковою у всіх зонах $h_d^j = 1$ у.о.

Задаємо коефіцієнти передачі прямих і зворотних потоків фарби вправо, рівними 20% від коефіцієнтів передачі цих потоків фарби в коловому напрямку, і після симулювання отримуємо результат, який поданий у вигляді графіків (рис. 3).

Оскільки повернення фарби у дукторну скриньку в даному випадку немає, то сума товщин фарби у всіх зонах відбитка дорівнює сумі товщин, поданих на вхід системи, тобто

$$\sum h_c^j = \sum h_d^j.$$

Розглянемо випадок коли максимальна кількість фарби буде повертатися до дукторної скриньки. Такий варіант можливий тоді, коли дукторний циліндр безпосередньо і постійно буде контактуватиме з першим валиком чи розтиральним циліндром розкочувальної групи фарбодрукарської системи. Приймаємо, що коефіцієнт передачі фарби в коловому напрямі в місці контакту дукторного циліндра і першого елемента розтиральної групи такий самий, як і в інших місцях контакту валиків і циліндрів, тобто $\alpha_1 = 0,5$. Оскільки перерозподіл фарби між виходом і входом фарбодрукарської системи при цьому зміниться, визначаємо шляхом симулювання товщини фарби на вході системи, яка б забезпечувала сумарну товщину шарів фарби у всіх зонах відбитка таку, як і у випадку, коли зворотний потік фарби у дукторну скриньку відсутній. Маємо зазначити, що осьовий хід всіх розтиральних циліндрів при цьому має бути відсутній.

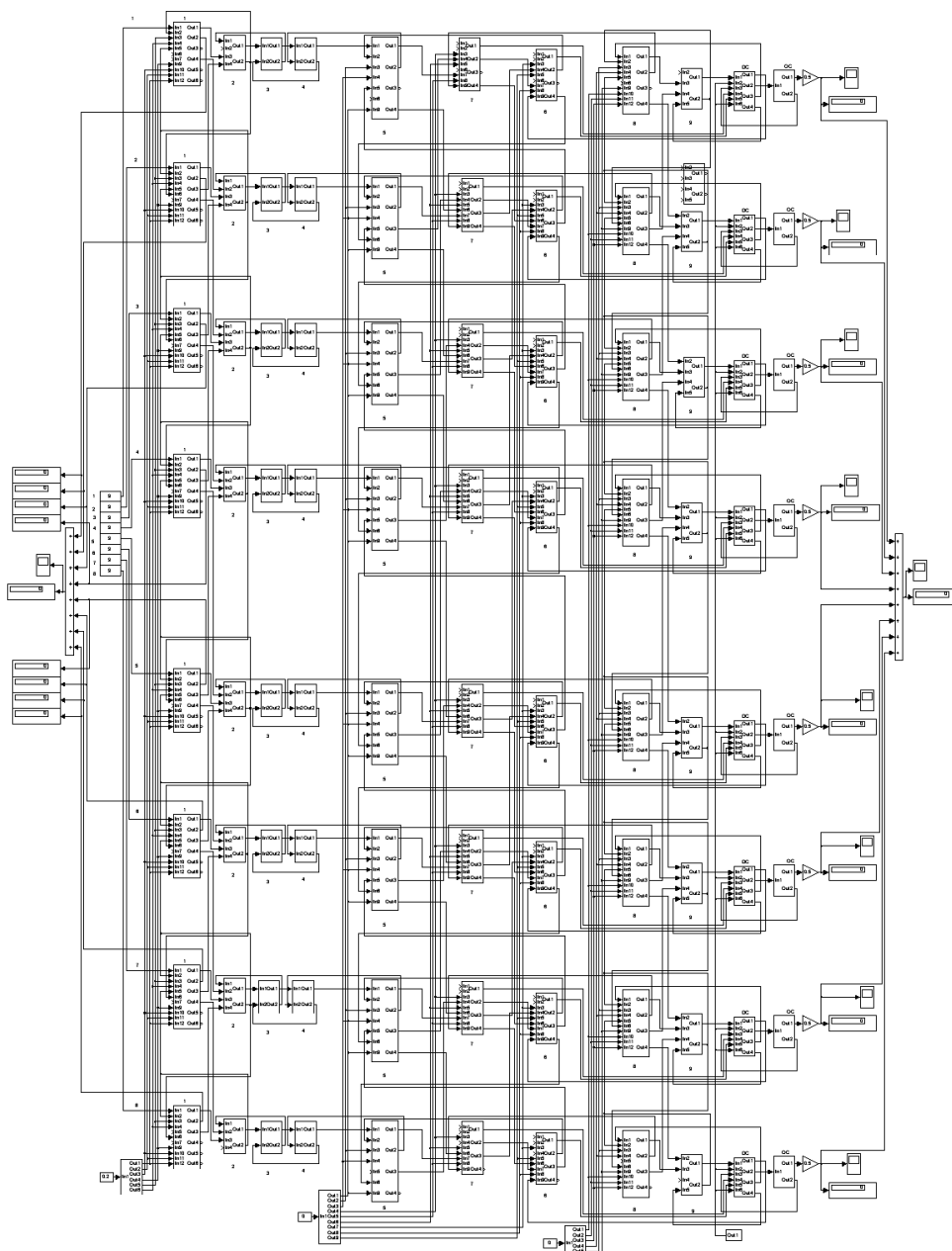


Рис. 2. Схема симулятора фарбодрукарської системи

Задаємо визначені величини товщини фарби на вході h_d^j та коефіцієнти передачі першим розтиральним циліндром прямих і зворотних потоків фарби в осьовому напрямку такі, як в попередньому випадку, тобто 20%, і проводимо симулювання, результати якого подано на рис. 4.

Як видно з графіків, при виході фарбодрукарської системи на усталений режим товщина шару фарби у крайній правій зоні h_c^n є в 2,4 рази більшою від товщини шару фарби в першій зоні. Разом з тим, з аналізу графіків, що на рис.3, спостерігаємо: для випадку, коли відсутня зворотна передача фарби на вході, товщина шару фарби в крайній правій зоні щодо першої майже в 16 раз більша.

Отже, як бачимо, перерозподіл фарби в осьовому напрямі суттєво залежить не тільки від коефіцієнтів передачі фарби в осьовому напрямку, але й від коефіцієнтів передачі фарби між дукторним циліндром і першим елементом фарбодрукарської системи. Ми розглянули два граничних випадки, які на реальних офсетних друкарських машинах реалізувати важко, оскільки в першому випадку фарбу на поверхню першого розтирального валіка чи циліндра потрібно прямо витискати, як зубну пасту на щітку, щоб вона не поверталася назад, а другому випадку неможливо забезпечити щілину між дукторним циліндром і ножем розміром у кілька мікрон, оскільки вона буде забиватися фарбою. Як впливає з результатів роботи [8], в

реальних машинах коефіцієнт передачі фарби передавальним валиком від дукторного циліндра до першого елемента розкочувальної групи при спрощеному варіанті подання його роботи змінюється від 0,75 до 0,95. Отже, далі будемо проводити дослідження впливу осьового ходу розтиральних циліндрів на перерозподіл фарби в межах цих двох крайніх режимів роботи фарбоживильного пристрою.

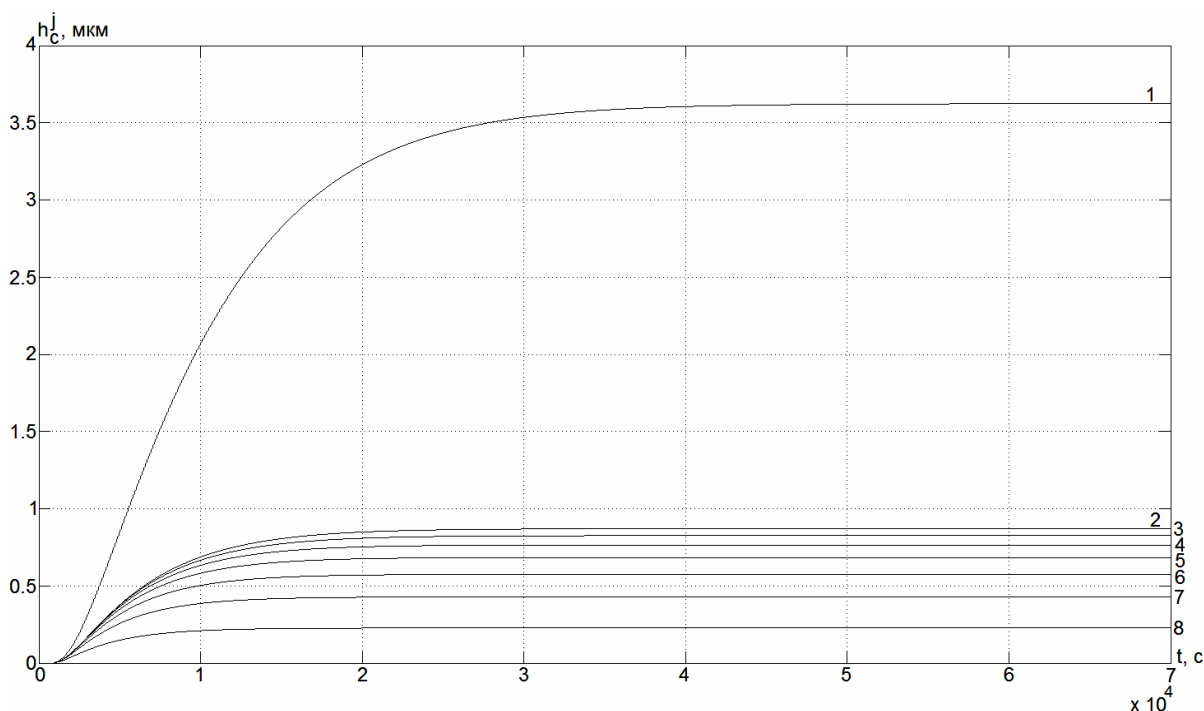


Рис. 3. Графіки зонального розподілу фарби на виході фарбодрукарської системи при $\alpha_1 = 1,0$

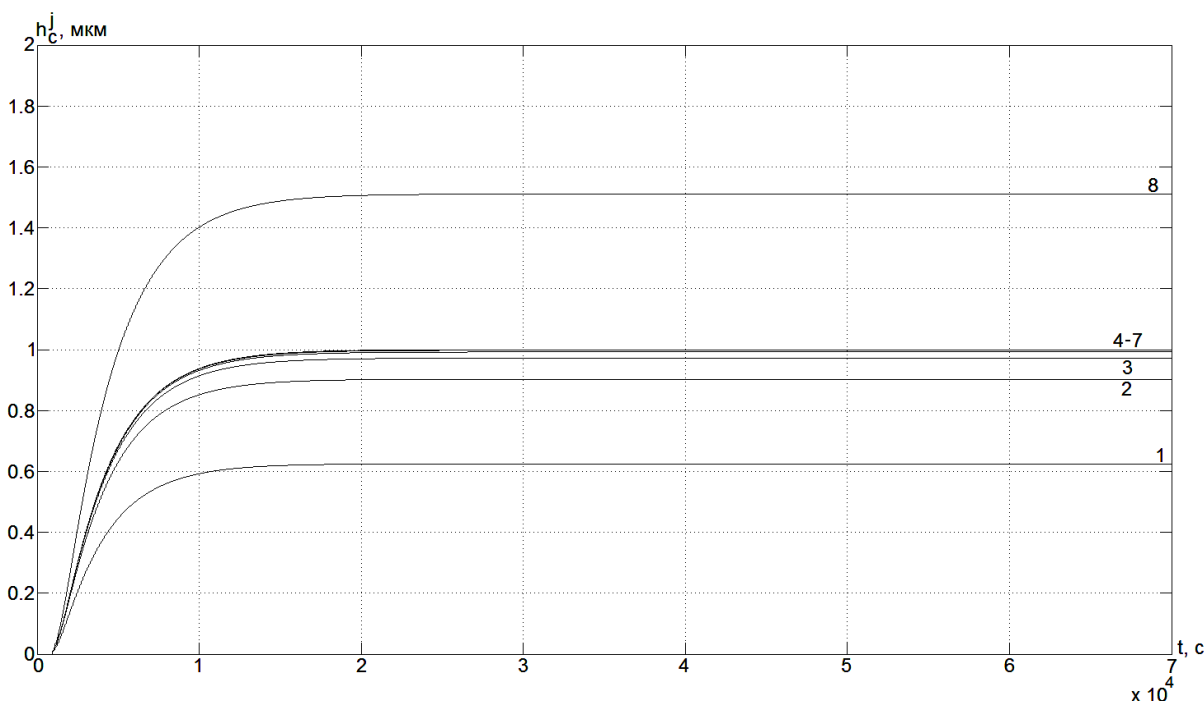


Рис. 4. Графіки зонального розподілу фарби на виході фарбодрукарської системи при $\alpha_1 = 0,5$

Оскільки на даному етапі нас цікавлять усталені режими роботи фарбодрукарської системи, то, щоб скоротити процес симулювання, доцільно перейти до статичної моделі фарбодрукарської системи.

Для усталеного режиму роботи фарбодрукарської системи на підставі теореми про кінцеве значення [14] та роботи [8] оператори передачі фарби можна подати в такому вигляді:

$$\begin{aligned}
 P_i^j(z) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \alpha_i z^{-P_i} = \alpha_i; & R_i^j(z) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \gamma_i z^{-R_i} = \gamma_i; \\
 P_1^j(z) &= \lim_{n \rightarrow \infty} (\alpha_1 - \alpha_{1,n}(z) - \alpha_1(z)) z^{-P_1} = \alpha_1 - \alpha_{1,n} = \alpha_1 - \alpha_{1n}; \\
 R_1^j(z) &= \lim_{n \rightarrow \infty} (\gamma_1 - \gamma_{1,n}(z) - \gamma_1(z)) z^{-R_1} = \gamma_1 - \gamma_{1,n} = \gamma_1 - \gamma_{1n}; \\
 P_5^j(z) &= \lim_{n \rightarrow \infty} (\alpha_5 - \alpha_{5,n}(z) - \alpha_5(z)) z^{-P_5} = \alpha_5 - \alpha_{5,n} = \alpha_5 - \alpha_{5n}; \\
 P_{51}^j(z) &= \lim_{n \rightarrow \infty} (\gamma_{51} - \gamma_{51,n}(z) - \gamma_{51}(z)) z^{-P_{51}} = \gamma_{51} - \gamma_{51,n} = \gamma_{51} - \gamma_{51n}; \\
 R_5^j(z) &= \lim_{n \rightarrow \infty} (\gamma_5 - \gamma_{5,n}(z) - \gamma_5(z)) z^{-R_5} = \gamma_5 - \gamma_{5,n} = \gamma_5 - \gamma_{5n}; \\
 P_8^j(z) &= \lim_{n \rightarrow \infty} (\alpha_8 - \alpha_{8,n}(z) - \alpha_8(z)) z^{-P_8} = \alpha_8 - \alpha_{8,n} = \alpha_8 - \alpha_{8n}; \\
 P_{f1}^j(z) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \alpha_{f1} k_z z^{-P_{f1}} = \alpha_{f1} k_z; & P_{f2}^j(z) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \alpha_{f2} k_z z^{-P_{f2}} = \alpha_{f2} k_z; \\
 P_{f3}^j(z) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \alpha_{f3} k_z z^{-P_{f3}} = \alpha_{f3} k_z; & R_f^j(z) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \gamma_f z^{-R_f} = \gamma_f; \\
 P_{of}^j(z) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \alpha_{of} k_z z^{-P_{of}} = \alpha_{of}; & R_{of}^j(z) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \gamma_{of} z^{-R_{of}} = \gamma_{of}.
 \end{aligned} \tag{4}$$

За структурною схемою фарбодрукарської системи, що представляє процес розкочування і передачі фарби в динаміці, на підставі вище перетворених операторів передачі фарби (4) будують в середовищі Matlab-Simulink симулятор статичної моделі фарбодрукарської системи, схему якого тут подаємо, оскільки його структура подібна до схеми симулятора, наведеної на рис. 2.

Приймаємо, що коефіцієнт передачі фарби від дукторного циліндра до розкочувальної групи фарбодрукарської системи $\alpha_1 = 0,75$. Шляхом симулювання визначаємо товщини шарів фарби на вході системи, тобто h_d^j за умови, що в кожній зоні відбитка товщини фарби мають бути однаковими і рівними $h_c^j = 1$ у.о. Значення коефіцієнтів передачі прямих і зворотних потоків фарби в усталеному режимі при русі першого розтирального циліндра вправо відповідно до засад, обґрунтованих в роботі [14], можна визначити наступним чином:

$$\alpha_{1p} = k_{os} \alpha_1; \quad \gamma_{1p} = k_{os} \gamma_1,$$

де k_{os} – коефіцієнт зміщення потоків фарби вправо.

Задаємо отримані значення товщин шарів фарби h_d^j та, змінюючи величини коефіцієнтів передачі фарби α_{1p} і γ_{1p} , виходячи з умови, що k_{os} змінюється від 0 до 1, проводимо симулювання, результати якого подаємо в таблиці 1.

Таблиця 1

α_{1n}	$0,2\alpha_1$	$0,4\alpha_1$	$0,6\alpha_1$	$0,8\alpha_1$	$1,0\alpha_1$	$0,2\alpha_1$	$0,4\alpha_1$	$0,6\alpha_1$	$0,8\alpha_1$	$1,0\alpha_1$
при $\alpha_1 = 0,75$					при $\alpha_1 = 0,95$					
h_c^8	1,96	2,852	3,607	4,225	4,74	3,034	4,391	5,231	5,789	6,193
h_c^7	0,9952	0,9558	0,8889	0,8132	0,7174	0,9339	0,7701	0,632	0,5271	0,4256
h_c^6	0,9895	0,9299	0,8459	0,7646	0,7174	0,9019	0,7145	0,5729	0,4744	0,4256
h_c^5	0,977	0,8887	0,7845	0,6846	0,5694	0,8544	0,6453	0,5033	0,4035	0,309
h_c^4	0,9499	0,8238	0,7035	0,6117	0,5694	0,7839	0,5596	0,4249	0,3432	0,309
h_c^3	0,891	0,7188	0,5789	0,4629	0,3438	0,6792	0,4522	0,3276	0,2444	0,1688
h_c^2	0,7644	0,5615	0,4382	0,3683	0,3438	0,5245	0,3231	0,2305	0,1842	0,1688
h_c^1	0,4742	0,2701	0,1536	0,0706	0	0,2885	0,1445	0,0779	0,0349	0

Приймаємо, що коефіцієнт передачі фарби на вхід фарбодрукарської системи становить $\alpha_1 = 0,95$ та визначимо шляхом симулювання товщини фарби h_d^j за умови, що всі розтиральні циліндри мають лише обертовий рух. Завантажуємо отримані значення h_d^j на вхід моделі та, змінюючи значення коефіцієнтів передачі фарби в осьовому напрямі таким чином, як і в попередньому випадку, проводимо симулювання, результати якого представлені в правій частині таблиці 1.

Застосовуючи вище викладену технологію, проводимо симулювання і визначаємо зональний розподіл товщини шарів фарби h_c^j на виході фарбодрукарської системи в усталеному режимі її роботи за умови, коли змінюється коефіцієнт передачі фарби в осьовому напрямі вправо α_{5n} , тобто осьовий хід 5-го розтирального циліндра результати якого представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

α_{5n}	$0,2\alpha_1$	$0,4\alpha_1$	$0,6\alpha_1$	$0,8\alpha_1$	$1,0\alpha_1$	$0,2\alpha_1$	$0,4\alpha_1$	$0,6\alpha_1$	$0,8\alpha_1$	$1,0\alpha_1$
при $\alpha_1 = 0,75$					при $\alpha_1 = 0,95$					
h_c^8	2,412	3,567	4,408	5,023	5,49	2,755	4,039	4,887	5,471	5,898
h_c^7	0,9782	0,8833	0,7739	0,6762	0,5858	0,9562	0,821	0,6926	0,5896	0,5
h_c^6	0,962	0,8401	0,7179	0,6175	0,547	0,9311	0,7696	0,6337	0,5316	0,4635
h_c^5	0,9338	0,7808	0,6491	0,5505	0,4763	0,8916	0,7036	0,5645	0,4684	0,4
h_c^4	0,8847	0,6993	0,5599	0,4541	0,3606	0,8294	0,6184	0,4792	0,3807	0,2966
h_c^3	0,7991	0,5877	0,453	0,3678	0,3238	0,7315	0,5087	0,3808	0,3037	0,2649
h_c^2	0,6512	0,4399	0,3287	0,2631	0,2171	0,5784	0,3721	0,272	0,2157	0,1776
h_c^1	0,38	0,2023	0,1103	0,0482	0	0,3268	0,1683	0,0906	0,0395	0

Аналогічним чином визначаємо зональний розподіл товщини шару фарби на виході системи h_c^j при зміні осьового ходу розтирального циліндра, що знаходиться на схемі сигнального графа (рис. 1) в восьмій позиції та двох значень коефіцієнта передачі фарби на вхід фарбової системи α_1 . Отримані результати зведені в таблицю 3.

Таблиця 3

α_{8n}	$0,2\alpha_1$	$0,4\alpha_1$	$0,6\alpha_1$	$0,8\alpha_1$	$1,0\alpha_1$	$0,2\alpha_1$	$0,4\alpha_1$	$0,6\alpha_1$	$0,8\alpha_1$	$1,0\alpha_1$
при $\alpha_1 = 0,75$					при $\alpha_1 = 0,95$					
h_c^8	1,906	2,711	3,351	3,848	4,237	2,067	2,975	3,66	4,172	4,563
h_c^7	0,9923	0,9439	0,8748	0,8058	0,7436	0,9869	0,9206	0,8372	0,7597	0,6931
h_c^6	0,9847	0,9169	0,8346	0,7591	0,6948	0,976	0,8878	0,7922	0,7101	0,6428
h_c^5	0,9699	0,8768	0,7814	0,7009	0,6351	0,9561	0,8413	0,7349	0,65	0,5829
h_c^4	0,9408	0,8175	0,7114	0,6293	0,5663	0,9197	0,7757	0,6619	0,5779	0,5152
h_c^3	0,8838	0,7296	0,6185	0,5392	0,4803	0,8532	0,6829	0,5684	0,4898	0,4328
h_c^2	0,7719	0,5997	0,4968	0,4303	0,3845	0,7318	0,5519	0,45	0,3859	0,3425
h_c^1	0,5516	0,4055	0,3326	0,2886	0,2588	0,5093	0,3652	0,2961	0,2552	0,2279

У реальній офсетній друкарській машині під час її роботи рухаються усі розтиральні циліндри, при чому циліндри, що знаходяться в позиції 5 і 8 та контактують з накочувальними валиками, переміщуються в осьовому напрямі в протифазі, тобто назустріч один одному.

Використовуючи запропоновану в роботі інформаційну технологію, визначаємо зональний розподіл товщини шару фарби на виході фарбодрукарської системи від величини осьового ходу циліндрів за умови, що розтиральний циліндр 5 рухається вправо, а циліндр 8 вліво, а осьовий рух першого циліндра при цьому відсутній. Отримані результати для двох значень коефіцієнта передачі фарби на вхід системи α_1 зведені в таблицю 4.

Із збільшенням коефіцієнта передачі фарби в осьовому напрямі зростає перерозподіл товщини шару фарби в напрямі руху циліндра. Так, при русі першого розтирального циліндра вправо за умови, що $\alpha_1 = 0,75$ товщина шару фарби в першій зоні зменшується з $h_c^1 = 0,4742$ у.о. до $h_c^1 = 0$ у.о., а в правій крайній зоні збільшується з $h_c^8 = 1,96$ у.о. до $h_c^8 = 4,74$ у.о. І цей ефект підсилюється при збільшенні коефіцієнта передачі на вхід фарбової системи.

Таблиця 4

$\alpha_{5n},$ α_{8n}	$0,2\alpha_1$	$0,4\alpha_1$	$0,6\alpha_1$	$0,8\alpha_1$	$1,0\alpha_1$	$0,2\alpha_1$	$0,4\alpha_1$	$0,6\alpha_1$	$0,8\alpha_1$	$1,0\alpha_1$
	при $\alpha_1 = 0,75$					при $\alpha_1 = 0,95$				
h_c^8	1,379	1,622	1,779	1,882	1,945	1,503	1,784	1,943	1,784	2,082
h_c^7	1,077	1,121	1,127	1,121	1,126	1,116	1,171	1,173	1,171	1,161
h_c^6	1,023	1,03	1,011	0,9718	0,9042	1,033	1,042	1,02	1,042	0,903
h_c^5	0,9923	0,9659	0,9352	0,9064	0,8928	0,9849	0,9513	0,9192	0,9513	0,879
h_c^4	0,9624	0,9017	0,8551	0,8209	0,7908	0,9409	0,8676	0,8208	0,8676	0,7649
h_c^3	0,9169	0,8242	0,7632	0,719	0,682	0,8818	0,7763	0,7175	0,7763	0,6478
h_c^2	0,8318	0,7149	0,6496	0,6112	0,5852	0,7841	0,6593	0,5984	0,6593	0,5453
h_c^1	0,8188	0,8212	0,88	0,9689	1,075	0,7567	0,7491	0,8087	0,7491	1,018

Так, при $\alpha_1 = 0,95$ товщина шару фарби на виході фарбодрукарської системи у правій крайній зоні збільшується з $h_c^8 = 3,034$ у.о. до $h_c^8 = 6,193$ у.о.

Подібна тенденція зберігається і при зміні коефіцієнта передачі фарби в осьовому напрямку розтиральним циліндром, який знаходиться в позиції 5. Однак, як видно з даних, наведених у таблиці 2 тут дещо знижується вплив на перерозподіл фарби між зонами коефіцієнта передачі фарби на вхід фарбодрукарської системи. Так якщо при $\alpha_1 = 0,75$ товщина шару фарби в крайній правій зоні за умови $\alpha_{5n} = 0,2\alpha_5$ становить $h_c^8 = 2,412$ у.о., то при $\alpha_1 = 0,95$ - $h_c^8 = 2,755$ у.о.

Зі збільшенням коефіцієнта передачі фарби в осьовому напрямі до величини $\alpha_{5n} = \alpha_5$ товщина шару фарби у восьмій зоні становитиме відповідно для $\alpha_1 = 0,75$ - $h_c^8 = 5,49$ у.о., а для $\alpha_1 = 0,95$ - $h_c^8 = 5,898$ у.о. Отже, як бачимо в даному випадку коефіцієнт передачі фарби на вхід фарбодрукарської системи має значно менший вплив на перерозподіл фарби в осьовому напрямі, ніж при осьовому русі 1-го розтирального циліндра, це пояснюємо тим, що розтиральний циліндр знаходиться ближче до виходу фарбодрукарської системи.

Аналогічний вплив на перерозподіл фарби в осьовому напрямку має і розтиральний циліндр, який знаходиться в позиції 8. Тільки варто зауважити, що в даному випадку як видно з даних таблиці 3 навіть при величині коефіцієнта передачі фарби в осьовому напрямі $\alpha_{8n} = \alpha_8$ товщина шару фарби в першій зоні не зменшується до $h_c^1 = 0$ у.о. Це пояснюємо тим, що розтиральний циліндр не є вузловим у напрямку передачі фарби, а розміщений між другим і третім накочувальним валиком. Тому основна частина фарби через перший і другий накочувальний валик передається безпосередньо на друкарську форму.

Як видно із результатів, представлених в таблиці 4, одночасний рух в протифазі розтиральні циліндри 5 і 8 не забезпечують однакової товщини фарби у всіх восьми зонах на виході фарбодрукарської системи, навіть за умови, що осьовий рух першого розтирального циліндра, який вноситиме негативний вплив на рівномірність зонального розподілу товщини фарби, на виході відсутній.

Висновки

1. Побудовано сигнальний граф фарбодрукарської системи офсетної друкарської машини з розтиральними циліндрами.
2. Розроблена математична модель, яка описує процес колового і осьового розкочування та передачі фарби.
3. На підставі сигнального графа фарбодрукарської системи офсетної машини та її математичної моделі побудовано відповідний симулятор в середовищі Matlab-Simulink, який дає можливість відтворювати процеси колового і осьового розподілу та передачі фарби з врахуванням режиму роботи розтирального циліндра.
4. В результаті моделювання встановлено, що на характер зонального перерозподілу фарби на виході фарбодрукарської системи суттєвий вплив мають: величина осьового ходу розтирального циліндра, коефіцієнт передачі фарби на вхід системи та позиція розтирального циліндра у фарбодрукарській системі.
5. Для підвищення ефективності попереднього налагодження фарбодрукарської системи слід компенсувати фактори, які негативно впливають на рівномірність товщини шару фарби в осьовому напрямі відбитка.

1. Верхола М., Гук І., Бабінець В. Моделювання та експериментальне дослідження осьового розкочування фарби у фарбовому апараті офсетної друкарської машини RomaJor 314 // Поліграфія і видавнича справа, 2002. – №38. – С. 113-138.

2. Митрофанов В.П. Печатное оборудование. М.Из-во МГУП, 1999, – 443 с.

3. Чехман Я.І. Друкарське устаткування. – Львів: УАД, 2005. – 486 с.

4. Верхола М., Гук І., Пановик У. Аналіз розподілу фарби у послідовних фарбових системах з розтиральним циліндром за їх статичними моделями // Комп'ютерні технології друкарства. Збірник наукових праць. 2013. – №29. – С. 27-42.

5. Верхола М., Гук І. Аналіз осьового розкочування фарби в усталеному режимі роботи фарбової системи // Комп'ютерні технології друкарства. Збірник наукових праць, 2005. – №13. – С. 14-34.

6. Верхола М., Гук І. Моделювання та визначення розподілу фарби в динаміці у фарбових системах з розтиральними циліндрами // Комп'ютерні технології друкарства. Збірник наукових праць, 2006. – №16. – С. 3-13.

7. Верхола М., Гук І., Бабінець В. 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.

8. Верхола М., Гук І. Моделювання та визначення коефіцієнта передачі фарби передавальним валиком у фарбовій системі з розтиральним циліндром // Комп'ютерні технології друкарства. Збірник наукових праць. 2009. – №21. – С. 39-52.

9. Верхола М., Луцків М. Сигнальний граф процесу розкочування фарби // Вісник ДУ «Львівська політехніка». – Львів, 1998. – Том 2. – С. 348-353.

10. Верхола М., Луцків М. Розширений сигнальний граф розгалужених фарбових груп // Поліграфія і видавнича справа. 1999. – №35. – С. 196-200.

11. Алексеев Г.В. Красочные аппараты ротационных машин высокой и плоской печати. – М., Книга. 1980. –184 с.

12. Верхола М., Бабінець В. 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. 2008, №20. С.3-24.

13. Верхола М., Гук І. Моделювання осьового розкочування фарби в програмному пакеті Matlab-Simulink // Комп'ютерні технології друкарства. Збірник наукових праць, 2004. – №11. – С. 19-34.

14. Куо Б. Теория проектирования цифровых систем управления. – М.: Машиностроение, 1986. – 448 с.