

УДК 004.942+681.625.233

М. И. Верхола, У. П. Пановик

Украинская академия печати

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АНАЛИЗА ПЕРЕДАЧИ КРАСКИ
В КРАСКОПЕЧАТНЫХ СИСТЕМАХ ОФСЕТНЫХ ПЕЧАТНЫХ МАШИН**

Разработаны математические модели элементов красочных аппаратов и на их основе составлена модель краскопечатной системы полиграфической офсетной машины фирмы Heidelberg GTO 52. Данная математическая модель описывает процесс раскатывания и передачи краски от краскопитающего устройства к печатным оттискам с учетом ее осевого смещения под действием растирочных цилиндров, которые размещены в четырех позициях структуры красочного аппарата. Кроме этого модель дает возможность учитывать разные режимы работы краскопитающего устройства. На базе математической модели создана информационная технология исследования и анализа характера распределения краски и его влияния на толщину слоя, который передается на выход краскопечатной системы.

Данная технология реализуется путем создания на основании разработанной модели краскопечатной системы симулятора в среде Matlab-Simulink и проведения с его использованием имитационного моделирования. Полученные результаты показывают существенное влияние величины коэффициентов передачи краски в местах контакта элементов краскопечатной системы на толщину слоя краски полученных оттисков. Проведен сравнительный анализ результатов симуляции с экспериментально полученными в процессе печатания на офсетной печатной машине Heidelberg GTO 52. Установлено, что передача краски между элементами краскопечатной системы не является постоянной величиной, а зависит от толщины суммарного слоя краски в местах контакта этих элементов.

Предложенная в работе информационная технология дала возможность получить математическую зависимость, которая описывает процесс передачи краски в местах контакта валиков и цилиндров с учетом динамического изменения ее толщины.

Ключевые слова: модель, краскопередача, коэффициент, система, симулятор, технология, машина, форма, оттиск.

M. I. Verhola, U. P. Panovyk

Ukrainian Academy of Printing

**INFORMATION TECHNOLOGY OF THE INK TRANSMISSION ANALYSIS
IN THE INK-PRINTING SYSTEM OF OFFSET PRINTING-MACHINE**

The mathematical models of ink-vehicles elements were worked out and on their basis the model of the ink-printing system for offset machine — Heidelberg GTO 52 was made. This mathematical model describes the process of pinning-out and transmission of the ink from ink-supply adjusting device to the printed imprints. This model takes into account axial displacement of ink under the action of grinding cylinders, that located in ink-vehicles accommodated in four positions. Besides model gives an opportunity to take into account different modes of operations of ink-supply adjusting device. On the base of mathematical model the information technology of research and analysis ink-distribution character as well as its influence on the ink thickness passing on the exit of the ink-printing system was created.

This task can be realized with an imitation design by building the simulator in the Matlab-Simulink environment on the basis of the ink-printing system model. The results obtained show large influence of ink-transmitivities coefficient on its redistribution as in a circle so in axial directions in the places where the ink-printing system elements contact. The comparative analysis of simulation results and experimentally got in the process of printing in the offset printing-machine — Heidelberg GTO 52 was performed. It is established that the size of ink-transmitivities coefficient between the elements of the ink-printing system depends on the ink thickness in the zones where these elements contact.

The information technology of ink-transmission analysis offered in the article gave an opportunity to get mathematical dependence. This dependence describes the process of ink distribution in the contact zones of rollers and cylinders taking into account the dynamic change of the ink thickness.

Key words: model, ink-transmission, coefficient, system, simulator, technology, machine, plate, imprint.

Введение. Как известно, главным назначением краскопечатной системы является обеспечение заданной толщины слоя краски на оттис-

ках при печати разных видов продукции. Поэтому краскопечатную систему можно рассматривать как объект регулирования. Регулируемой,

то есть исходной, величиной является толщина слоя краски на оттисках, входной – подача краски. Изменение вида печатной продукции требует изменения печатной формы, что можно рассматривать как изменение характера возмущения и нагрузки на красочную систему.

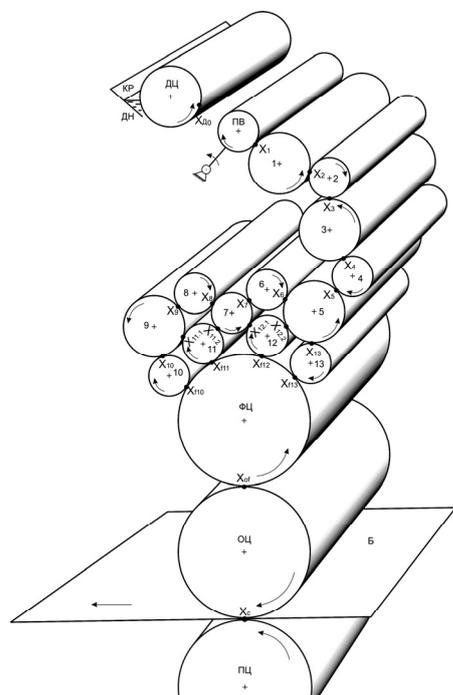


Рис. 1. Схема краскопечатной системы офсетной машины Heidelberg GTO-52-2/-P

Большинство листовых и рулонных машин высокой и офсетной печати оснащены дукторно-ножевыми красочными аппаратами. Процесс раскатывания и передачи краски является чрезвычайно сложным, он зависит не только от структуры красочного аппарата и геометрических размеров отдельных элементов, но и от многих других факторов. Через взаимосвязь многих параметров красочных аппаратов провести экспериментальные исследования для выявления влияния тех или иных факторов на процесс раскатывания краски чрезвычайно трудно, кроме того, это требует и больших материальных затрат. Для решения данной проблемы предлагается разработать информационную технологию, которая дала бы возможность проводить симуляцию и анализ процессов, протекающих в краскопечатных системах, с учетом всех имеющих возмущений, связанных с реализацией технологического процесса. А это требует адекватного математического описания процессов раскатывания и передачи краски с учетом структуры и геометрических размеров элементов красочной системы. На основании математических моделей разрабатываются про-

граммы на базе одного из языков объектно-ориентированного программирования, таких как Delphi, Java, C++, или строятся симуляторы моделей в среде Matlab-Simulink.

Основная часть. Рассмотрим процессы, которые протекают в краскопечатных системах при изготовлении печатной продукции на примере офсетной печатной машины Heidelberg GTO-52-2/-P, в состав красочного аппарата которой входят четыре накатных валика и четыре растирочных цилиндра. Раскатывание краски в красочной системе происходит следующим образом. Слой краски поступает из красочного резервуара (КР) через щель между дукторным цилиндром (ДЦ) и дукторным ножом (ДН) на передаточный валик (ПВ) (рис. 1).

Часть слоя попадает к первому раскаточному цилиндру 1, а оставшаяся на ДЦ часть слоя возвращается обратно в КР. Далее краска транспортируется раскаточной системой валиков и цилиндров (1–9) к накатным валикам (10–13), в результате чего в красочной системе образуются прямые и обратные потоки краски. Валики 10–13 накатывают краску на форму, закрепленную на формном цилиндре (ФЦ). Слой краски передается с поверхности формы через офсетный цилиндр (ОЦ) на бумагу (Б), образуя при этом печатные оттиски.

При построении математической модели делаем следующие предположения: поверхности элементов краскопечатной системы условно разделены на шестнадцать зон передачи краски в направлении от входа к выходу системы; количество зон соответствует количеству регулировочных органов подачи краски; ширины зон равны между собой; передаточный валик осуществляет один цикл работы за время одного оборота формного цилиндра; линейные скорости поверхностей элементов краскопечатной системы равны между собой; давление в зонах контакта валиков, формного, офсетного и печатного цилиндров является постоянным; поверхности валиков и цилиндров разделены на целое число условных единиц, которое равно длине кругов соответствующих валиков и цилиндров реальной печатной офсетной машины в миллиметрах; время прохождения пути в один миллиметр отвечает одной относительной единице; проскальзывание между элементами красочной системы отсутствует; период перемещения растирочных цилиндров в осевом направлении отвечает времени одного оборота формного цилиндра.

С учетом принятых предположений и схемы краскопечатной системы (рис. 1) на основании трудов [1, 2] разрабатываем соответствующую математическую модель, описывающую процесс распределения и передачи краски, фрагмент которой представлен ниже.

$$\begin{aligned}
x_{00}^j(z) &= P_{КП}^j(z)h_{00}^j(z) + R_{ПВ}^j(z)x_1^j(z). \\
x_1^j(z) &= R_1^j(z)x_2^j(z) + P_{ПВ}^j(z)x_{00}^j(z) + \\
&+ G_{12}^{j(j-1)}(z)x_2^{j-1}(z) + G_{12}^{j(j+1)}(z)x_2^{j+1}(z); \\
x_2^j(z) &= P_1^j(z)x_1^j(z) + R_2^j(z)x_3^j(z) + \\
&+ G_{21}^{j(j-1)}(z)x_1^{j-1}(z) + G_{21}^{j(j+1)}(z)x_1^{j+1}(z); \\
x_3^j(z) &= P_2^j(z)x_2^j(z) + R_3^j(z)x_4^j(z) + \\
&+ G_{34}^{j(j-1)}(z)x_4^{j-1}(z) + G_{34}^{j(j+1)}(z)x_4^{j+1}(z); \\
x_4^j(z) &= P_3^j(z)x_3^j(z) + R_4^j(z)x_5^j(z) + \\
&+ G_{43}^{j(j-1)}(z)x_3^{j-1}(z) + G_{43}^{j(j+1)}(z)x_3^{j+1}(z); \\
x_5^j(z) &= P_4^j(z)x_4^j(z) + R_{5,3}^j(z)x_{13}^j(z) + \\
&+ G_{5\ 13}^{j(j-1)}(z)x_{13}^{j-1}(z) + G_{5\ 13}^{j(j+1)}(z)x_{13}^{j+1}(z); \\
x_6^j(z) &= P_5^j(z)x_5^j(z) + R_6^j(z)x_7^j(z) + \\
&+ G_{65}^{j(j-1)}(z)x_5^{j-1}(z) + G_{65}^{j(j+1)}(z)x_5^{j+1}(z); \\
x_7^j(z) &= P_6^j(z)x_6^j(z) + R_{73}^j(z)x_{12,1}^j(z); \\
x_i^j(z) &= P_{i-1}^j(z)x_{i-1}^j(z) + R_i^j(z)x_{i+1}^j(z); \\
&\dots\dots\dots \\
x_{\Phi 10}^j(z) &= P_{10}^j(z)x_{10}^j(z) + P_{\Phi 10}^j(z)x_{\Phi 11}^j(z); \\
x_{\Phi 11}^j(z) &= P_{11,2}^j(z)x_{11,2}^j(z) + P_{\Phi 12}^j(z)x_{\Phi 12}^j(z); \\
x_{\Phi 12}^j(z) &= P_{12,2}^j(z)x_{12,2}^j(z) + P_{\Phi 13}^j(z)x_{\Phi 13}^j(z); \\
x_{\Phi 13}^j(z) &= P_{13}^j(z)x_{13}^j(z) + R_{\Phi}^j(z)x_{оф}^j(z); \\
x_{оф}^j(z) &= P_{\Phi}^j(z)x_{\Phi 10}^j(z) + R_{оф}^j(z)x_c^j(z); \\
x_c^j(z) &= P_{оф}^j(z)x_{оф}^j(z); \\
h_c^j(z) &= P_c^j(z)x_c^j(z), \quad (1)
\end{aligned}$$

где $h_{00}^j(z)$ — толщина слоя краски на поверхности дукторного цилиндра при выходе из щели между ДН и ДЦ; $j = 1, 2, \dots, n$ — количество зон регулирования подачи краски; $x_i^j(z)$ — толщина слоя краски в i -х местах контакта валиков и цилиндров, которые раскатывают краску; $x_{\Phi 10}^j(z)$, $x_{\Phi 11}^j(z)$, $x_{\Phi 12}^j(z)$, $x_{\Phi 13}^j(z)$ — толщина слоя краски в местах контакта накатных валиков с формой; $P_{КП}^j(z)$ — оператор формирования передачи краски, во время совместного движения передающего валика с ДЦ; $P_{ПВ}^j(z)$ и $R_{ПВ}^j(z)$ — операторы передачи краски от ДЦ к первому растирочному цилиндру и в обратном

направлении; $P_i^j(z)$ — операторы передачи прямых и $R_i^j(z)$ — обратных потоков краски в пределах отдельной j -й зоны; $P_{\Phi 10}^j(z)$, $P_{\Phi 12}^j(z)$, $P_{\Phi 13}^j(z)$, $P_{\Phi}^j(z)$, $R_{\Phi}^j(z)$ — операторы передачи краски поверхностью формного цилиндра между позициями его контакта с накатными валиками; $P_{оф}^j(z)$, $R_{оф}^j(z)$ — операторы передачи краски поверхностью офсетного цилиндра в направлении запечатываемого материала и обратно к формному цилиндру; $x_{оф}^j(z)$ и $x_c^j(z)$ — толщина слоя краски в местах контактов офсетного цилиндра с формой и бумагой; $P_c^j(z)$ — оператор передачи краски с офсетного цилиндра на бумагу; $h_c^j(z)$ — толщина слоя краски в j -й зоне оттиска; $G_{(i+1)i}^{j(j-1)}(z)$, $G_{(i+1)i}^{j(j+1)}(z)$ — операторы передачи краски между зонами при движении растирочного цилиндра вправо и влево $G_{(i+1)i}^{j(j+1)}(z)$, $G_{i(i+1)}^{j(j-1)}(z)$.

Для построения симулятора краскопечатной системы офсетной печатной машины ГТО-52 детализируем операторы передачи краски в круговых и осевых направлениях.

Операторы передачи краски в круговом направлении, с учетом результатов работы [3], поданные в z -изображениях будут иметь следующий вид:

для раскаточных валиков

$$P_i^j(z) = \alpha_i z^{-P_i}, \quad R_i^j(z) = \gamma_i z^{-r_i};$$

для растирочных цилиндров, которые размещены в позициях 1, 3, 5, 9,

$$P_i^j(z) = (\alpha_i - \alpha_{in}(z) - \alpha_{in}(z))z^{-P_i},$$

$$R_i^j(z) = (\gamma_i - \gamma_{in}(z) - \gamma_{in}(z))z^{-r_i};$$

$$P_{\Phi}^j(z) = \alpha_{\Phi} k_z z^{-P_{\Phi}}; \quad P_{\Phi 10}^j(z) = \alpha_{\Phi 10} k_z z^{-P_{\Phi 10}};$$

$$P_{\Phi 12}^j(z) = \alpha_{\Phi 12} k_z z^{-P_{\Phi 12}}; \quad P_{\Phi 13}^j(z) = \alpha_{\Phi 13} k_z z^{-P_{\Phi 13}};$$

$$R_{\Phi}^j(z) = \gamma_{\Phi} z^{-r_{\Phi}}; \quad P_{оф}^j(z) = \alpha_{оф} z^{-P_{оф}};$$

$$R_{оф}^j(z) = \gamma_{оф} z^{-r_{оф}}; \quad P_c^j(z) = \beta, \quad (2)$$

где α_i , α_{Φ} , $\alpha_{оф}$ — коэффициенты передачи прямых и обратных — γ_i , γ_{Φ} , $\gamma_{оф}$ потоков краски в местах контакта элементов краскопечатной системы; k_z — коэффициент заполнения формы печатающими элементами; β — коэффициент передачи краски с поверхности офсетного цилиндра на бумагу; z^{-P_i} , z^{-r_i} , $z^{-P_{\Phi}}$, $z^{-r_{\Phi}}$, $z^{-P_{оф}}$, $z^{-r_{оф}}$ — транспортные запаздывания передачи краски, соответствующие геометрическим размерам элементов краскопечатной системы.

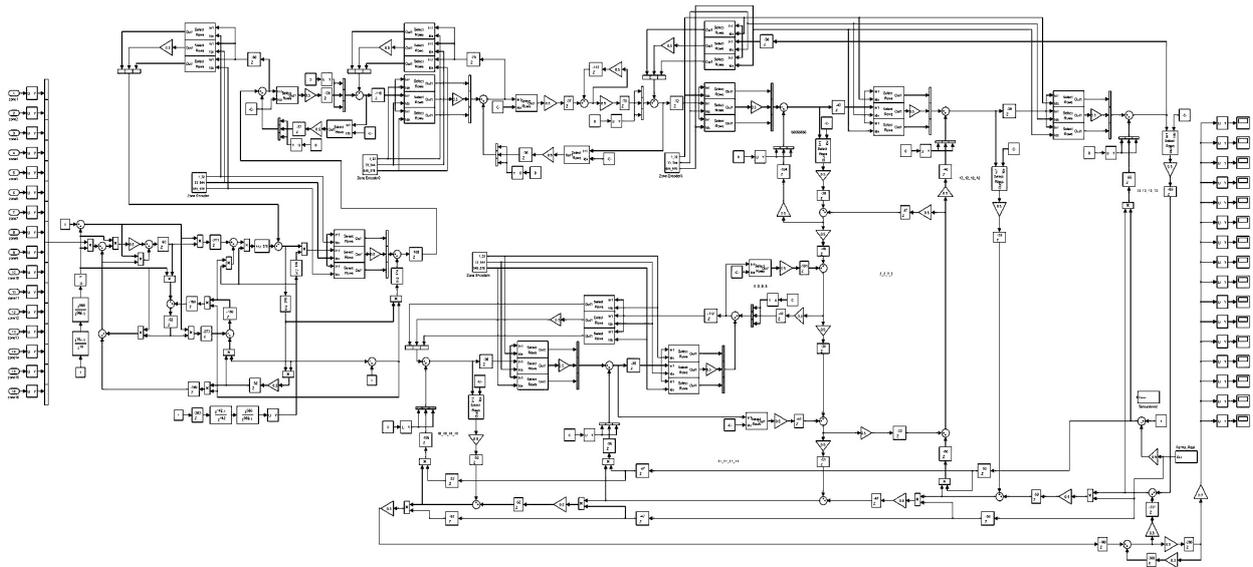


Рис. 2. Структурная схема симулятора краскопечатной системы

Операторы передачи краски растирочными цилиндрами на основании работы [4] можно записать следующим образом:

$$G_{(i+1)i}^{j(j-1)}(z) = \alpha_{in}(z)z^{-P_i}; \quad G_{i(i+1)}^{j(j-1)}(z) = \gamma_{in}(z)z^{-r_i};$$

$$G_{(i+1)i}^{j(j+1)}(z) = \alpha_{in}(z)z^{-P_i}; \quad G_{i(i+1)}^{j(j+1)}(z) = \gamma_{in}(z)z^{-r_i}, \quad (3)$$

где $\alpha_{in}(z)$, $\gamma_{in}(z)$ — z -изображение передачи прямых и обратных потоков краски в осевом направлении вправо и влево $\alpha_{in}(z)$, $\gamma_{in}(z)$.

На основании разработанной математической модели, фрагменты которой представлены в виде систем уравнений (1)–(3), строим симулятор модели краскопечатной системы в среде Matlab-Simulink (рис. 2).

Для проверки достоверности созданной в данной работе информационной технологии проведем сравнение экспериментально полученных значений толщин слоев краски в разных зонах оттиска с толщинами, полученными в тех же зонах оттиска с помощью компьютерной симуляции работы краскопечатной системы офсетной машины Heidelberg GTO-52-2/-P.

Изготавливаем печатную форму с коэффициентом заполнения формы, равным единице, по всей ее площади. Для проведения эксперимента настраиваем печатную машину следующим образом: отключаем осевое перемещение растирочных цилиндров; выставляем угол поворота дуктора такой величины, чтобы ширина полосы общей подачи краски составляла 45 мм, и задаем толщину зональной подачи краски. В 1-ю и 16-ю зоны краску не подаем. Толщина слоя краски, подаваемой во 2-ю зону, $h_{d0}^2 = 20$ мкм. Толщину подачи краски в каждой следующей зоне h_{d0}^j увеличиваем на 10 мкм.

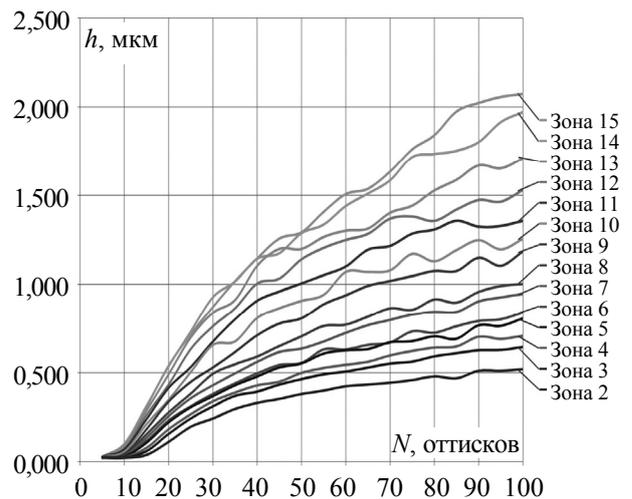
Запускаем машину и, отпечатав 100 оттисков черной краской фирмы Huber, проводим их ден-

ситометрические измерения прибором XRite Spectrodensitometr 500 series.

На основании полученных значений оптических плотностей и опираясь на результаты работы [5], рассчитываем толщину слоя краски на оттисках по выражению (4).

$$H(D) = \ln(1 - D / D_m) \cdot \alpha^{-1}, \quad (4)$$

где H — толщина краски; D — оптическая плотность; $D_m = 2,9896435$ — максимальное значение оптической плотности; $\alpha = -0,959722$ — коэффициент, который зависит от типа краски, ее цвета и бумаги. Результаты вычислений представлены на рис. 3.

Рис. 3. Графики переходных процессов изменения толщины слоев краски в j -х зонах оттисков

Для проведения сравнительного анализа результатов экспериментальных исследований с результатами моделирования в симулятор модели краскопечатной системы (рис. 2) вводим

параметры предварительной настройки, такие же, как и при эксперименте на реальной печатной машине. Задаем коэффициенты заполнения формы во всех зонах равными $k_z = 1$, коэффициент передачи краски на оттиск $\beta = 0,7$, а коэффициенты передачи потоков краски $\alpha_i = \gamma_i = 0,5$ и проводим симуляцию. В результате симуляции при выходе краскопечатной системы на установившийся режим получаем толщины слоев краски в соответствующих зонах оттисков, усредненные значения которых представлены на рис. 4, а (график 4 при $\alpha = 0,5$). Усредненные значения толщин слоя краски в разных зонах десяти последних оттисков, полученные экспериментально при выходе печатной машины Heidelberg GTO 52-2/-P на установившийся режим, поданы в виде графика 1 на рис. 4, а.

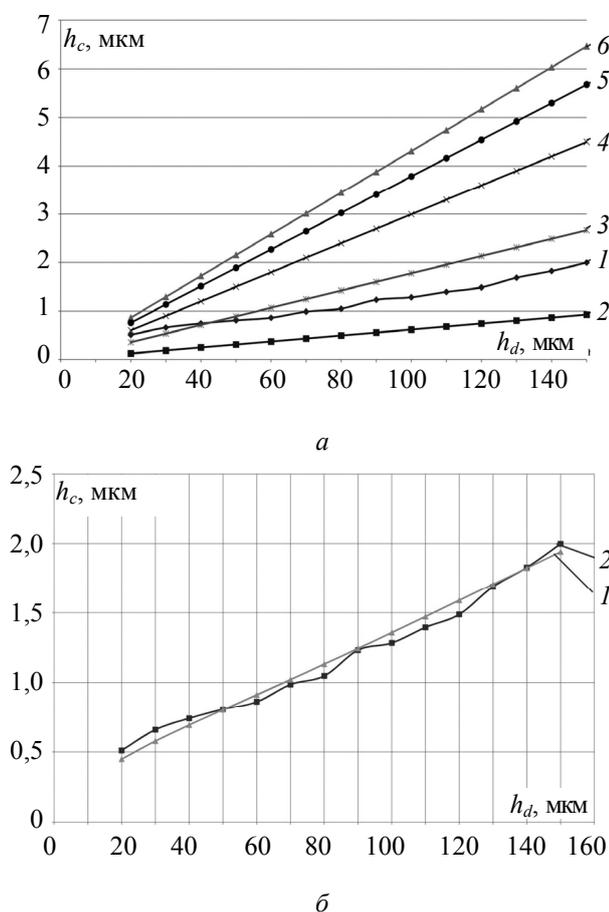


Рис. 4. Зависимости толщин краски на оттисках от входного значения h_{d0}^i

Как видим, толщины слоев краски, определенные путем симуляции, не совпадают с величинами, полученными экспериментально. В отдельных трудах, посвященных исследованию красочных аппаратов, отмечено, что коэффициент передачи краски в местах контакта валиков и цилиндров может изменяться в пределах 0,4–0,6. Поэтому проводим ряд повторных симуляций,

изменяя коэффициенты передачи краски в данных пределах. Полученные усредненные значения толщин слоев краски на оттисках при разных значениях коэффициентов передачи краски α_i представлены в виде графиков 2 ($\alpha = 0,4$), 3 ($\alpha = 0,45$), 5 ($\alpha = 0,55$), 6 ($\alpha = 0,6$) на рис. 4, а.

Из представленных графических зависимостей (рис. 4) видно, что ни одна из них не совпадает с графиком, полученным экспериментально. Это объясняется тем, что значение коэффициентов передачи краски α_i в процессе печати изменяется. Установлено, что одним из основных факторов, который влияет на коэффициент передачи краски, является изменение ее толщины. Такое изменение происходит как при выходе краскопечатной системы на установившийся режим работы, так и при изменении величины входного задания.

Предложенная информационная технология дала возможность исследовать характер изменения процесса передачи краски и установить математическую зависимость изменения значений коэффициентов передачи прямых и обратных потоков краски от ее толщины в зоне контакта:

$$\alpha_i = \alpha_{\min} + \Delta\alpha(e^{3(X_i - X_n)/10})^{-1}; \quad (5)$$

$$\gamma_i = 1 - \alpha_{\min} - \Delta\alpha(e^{3(X_i - X_n)/10})^{-1}; \quad (6)$$

где α_{\min} — минимальное значение коэффициента передачи краски; $\Delta\alpha$ — величина изменения коэффициента передачи краски; X_i — толщина слоя краски в зоне контакта валиков и цилиндров; X_n — постоянная толщина краски, которая не делится в зоне контакта.

Если ввести выражения (5) и (6) в модель краскопечатной системы, оставив неизменными параметры входного задания, и провести симуляцию, то получим усредненные значения величин толщин слоев краски в разных зонах оттиска, которые представлены в виде графика 1 на рис. 4, б. Для сравнительного анализа переносим с рис. 4, а график 1, полученный в процессе печатания (график 2 на рис. 4, б). Определено, что отклонение результатов симуляции от экспериментальных не превышает 8 %.

Закключение. Разработана математическая модель краскопечатной системы офсетной печатной машины, которая отображает процесс распределения и передачи краски от входа системы к оттиску с учетом режима работы краскопитающего устройства и растирочных цилиндров. На базе модели создана информационная технология исследования и анализа раскатывания и передачи краски путем имитационного моделирования. Установлено, что коэффициенты передачи прямых и обратных потоков краски

зависят от толщины слоев краски в зонах контакта элементов краскопечатной системы. Получены математические зависимости, которые

отображают передачу краски между элементами краскопечатной системы с учетом динамики ее изменения.

Литература

1. Алексеев Г. В. Красочные аппараты ротационных машин высокой и плоской печати. М.: Книга, 1980. – 184 с.
2. Верхола М. И., Бабинец В. М. Определение коэффициента передачи краски передающим валиком и анализ распределения краски между входом и выходом красочной системы с тремя накачными валиками // Компьютерные технологии печати: сб. науч. тр. Львов: Украинская академия печати, 200. № 20. С. 3–24.
3. Верхола М. И., Гук И. Б. Моделирование осевого раскатывания краски в программном пакете Matlab-simulink // Компьютерные технологии печати: сб. науч. тр. Львов: Украинская академия печати, 2004. № 11. С. 19–34.
4. Верхола М. И., Гук И. Б. Моделирование и определение распределения краски в динамике в красочных системах с растирающими цилиндрами // Компьютерные технологии печати: сб. науч. тр. Львов: Украинская академия печати, 2006. № 16. С. 3–13.
5. Луцкив Н. М., Малачивский П. С. Определение толщины слоя краски на оттиске по оптической плотности // Компьютерные технологии печати: сб. науч. тр. Львов: Украинская академия печати, 2005. № 13. С. 306–311.

References

1. Alekseev H. V. *Krasochnye apparaty rotatsionnykh mashin vysokoy i ploskoy pechati* [The ink-vehicles of high and flat printing rotary machines]. Moscow, Kniga Publ., 1980. 184 p.
2. Verkhola M. I., Babinets V. M. Determination of ink-transmitivity coefficient by the transmitter roller and analysis of ink-distribution between an entrance and exit of the ink system with three rolling-uprollers. *Komp'yuternye tekhnologii pechati: sbornik nauchnykh trudov* [Computer technologies of printing. Collection of scientific works], 2004, no. 20, pp. 3–24 (In Ukrainian).
3. Verkhola M. I., Guk I. B. A design of axial ink pinning-out in the programmatic package Matlab – Simulink. *Komp'yuternye tekhnologii pechati: sbornik nauchnykh trudov* [Computer technologies of printing. Collection of scientific works], 2004, no. 11, pp. 19–34 (In Ukrainian).
4. Verkhola M. I., Guk I. B. Design and determination of ink distribution with dynamics in the ink systems with grinding cylinders. *Komp'yuternye tekhnologii pechati: sbornik nauchnykh trudov* [Computer technologies of printing. Collection of scientific works], 2006, no. 16, pp. 3–13 (In Ukrainian).
5. Lutskiv N. M., Malachivskiy P. S. Determination of the thickness of the ink layer on the imprint for optical density. *Komp'yuternye tekhnologii pechati: sbornik nauchnykh trudov* [Computer technologies of printing. Collection of scientific works], 2005, no 13, pp. 306–311 (In Ukrainian).

Информация об авторах

Верхола Михаил Иванович — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматизации и компьютерных технологий, Украинская академия печати (79020, г. Львов, ул. Подголоско, 19, Украина). E-mail: v1talik1988@mail.ru.

Пановик Ульяна Петровна — старший преподаватель кафедры автоматизации и компьютерных технологий, Украинская академия печати (79020, г. Львов, ул. Подголоско, 19, Украина). E-mail: panulap@mail.ru.

Information about the authors

Verhola Mikhail Ivanovich — Ph. D. Engineering, assistant professor, assistant professor of the Department of Automation and Computer Technology, Ukrainian Academy of Printing (19, Pidholosko str., 79020, Lvov, Ukraine). E-mail: v1talik1988@mail.ru.

Panovyk Ulyana Petrovna — senior lecturer of the Department of Automation and Computer Technology, Ukrainian Academy of Printing (19, Pidholosko str., 79020, Lvov, Ukraine). E-mail: panulap@mail.ru.

Поступила 02.03.2015