

Н.М. Луцкий,
Украинская академия печати
К. Степень
Лодзькая политехника

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕДАЧИ КРАСКИ В СИСТЕМЕ РАСТРОВОЙ ЦИЛИНДР – ФЛЕКСОГРАФСКАЯ ФОРМА – ЗАПЕЧАТЫВАЕМЫЙ МАТЕРИАЛ

Рассматривается задача математического моделирования передачи краски с растрового цилиндра на флексографскую форму и запечатываемый материал в установленном режиме. Приведены результаты исследований и компьютерного моделирования для различной скорости печати и давления.

The task of mathematical design of transmission of paint is examined from a raster cylinder to the fleksografskuyu form and sealed material up in set mode. The results of researches and computer simulation are resulted for different speed of seal and dalenyuya.

Постановка проблемы

Внедрение информационных технологий обработки текста и иллюстраций, изготовление флексографских печатных форм по технологии CtP значительно улучшило качество печатной продукции [3,9]. Однако при печати применяются традиционные методы наладки, контроля и управления печатным процессом. Существует значительный разрыв между высоким теоретическим уровнем информационных технологий допечатного процесса и низким теоретическим уровнем печатного процесса, что не позволяет научно обосновать оптимальный выбор и управление техническими и эксплуатационными параметрами печатания. Например, выбор оптимальной скорости печати, давления в зонах контакта печатных форм с растровыми и печатными цилиндрами, количество передаваемой краски на запечатываемый материал и т.п.

Качество флексографской печати в значительной степени зависит от постоянства и равномерности подачи краски на печатную форму, равномерности покрытия оттисков слоем краски, свойств краски и запечатываемого материала. Для наладки флексографской печатной машины на тираж и создания системы автоматического управления печатным процессом необходима информация о нём. Поэтому возникает проблема моделирования флексографского печатного процесса. Для решения этой проблемы сначала необходимо решить ключевую задачу – моделирование переноса краски в флексографской печати, которая поставлена и решается в этой статье.

Анализ последних исследований

Перенос краски в флексографской печатной машине является сложным процессом, который происходит в красочной системе на которой в значительной степени влияют технические и эксплуатационные параметры и различные факторы. Правильное определение причин и создание регулирующего воздей-

ствия при печатании тиража требует высокой квалификации печатника или системы управления, что не всегда является оптимальным.

Качество флексографской печати в значительной степени зависит от постоянства подачи краски на печатную форму и передачи на запечатываемый материал [8, 9]. Для более стабильной подачи краски была разработана специальная технология изготовления керамических растровых цилиндров с линиатурой до 600 лин/см [4, 9]. Но при их эксплуатации происходят загрязнения растровых ячеек, что приводит к уменьшению их емкости и количества краски передаваемой на печатную форму. В трудах авторов [4, 5] дано математическое описание профиля растровой ячейки и их забруднения.

Аналитические модели краскопереноса сначала были построены для офсетных красочных систем, которые были обоснованы в работах Л.А. Раскина и В.М. Митрофанова [2, 7]. Модели краскопереноса связывают параметры технологического процесса, формы, запечатываемого материала и краски. В большинстве случаев эти модели устанавливают зависимость толщины слоя краски на оттиске от давления в зоне контакта, скорости печатания, вязкости краски и др. параметры модели определяются на основании экспериментальных данных. Недостатком этих моделей является то, что они не учитывают изменения подачи краски с растрового цилиндра на печатную форму.

В [8] приведены результаты исследований и модели переноса краски с флексографской формы на запечатываемый материал с учетом впитывания краски в материал, описываемое уравнением передачи краски, предложенное Рупом и Райхе. В доступной литературе не представлены условия проведения экспериментальных исследований и допущений, при которых была построена модель краскопереноса.

На основании проведенных экспериментальных исследований краскопереноса, выполненных на текстовом аппарате ICT F1 в Институте полиграфии и подиграфии Лодзькой политехнике, авторами [5, 6] были построены модели передачи краски с растрового цилиндра на печатную форму и запечатываемый материал при разных давлениях и скоростях печати. Особенность текстового аппарата ICT F1, на котором проводились экспериментальные исследования, заключается в том, что на нем можно отпечатать только один оттиск. Это означает, что условия эксперимента не в полной мере отвечают условиям переноса краски в реальной печати. При эксперименте не учитывался обратный поток краски, образованный той частью краски, которая осталась на форме, т.е. – которая не была перенесена на запечатываемый материал.

На основании проведенного анализа отметим основные недостатки существующих моделей краскопереноса:

- не известны условия проведения экспериментальных исследований и допущения, при которых были построены модели;
- модели недостаточно прозрачны, потому что не в полной мере описывают физическую последовательность подачи краски с растрового цилиндра на печатную форму, а с нее на запечатываемый материал;
- не учитывают наличия обратного потока краски с печатной формы на растровый цилиндр и циркуляции краски на печатной форме.

Эти недостатки ограничивают их адекватность и применение. Экспериментальное исследование красочных систем дорогое, требует значительных материальных средств и времени, специальной измерительной аппаратуры.

Цель работы

Разработать модель передачи краски в системе растровый цилиндр – флексографская форма – запечатываемый материал в установившемся режиме, с учетом обратного потока краски и компьютерное моделирование при различных скоростях печати и давления в зонах контакта.

Разработка математической модели

Решения поставленной задачи осуществлено путем развития ранее построенной автором модели переноса краски [5, 6], которая построена на основании экспериментальных исследований, проведенных на текстовом аппарате ИСТ F1. При этом в существующей модели дополнительно учитывается обратный поток краски и ее циркуляция на поверхности печатной формы, что имеет место в реальной офсетной печати.

При построении математической модели передачи краски в системе растровый цилиндр – флексографская форма – запечатываемый материал принимаем следующие положения:

- рассматривается установившийся режим краскопереноса в системе;
- с красочной камеры на растровый цилиндр подается сплошной равномерный слой краски;
- при передаче краски с растрового цилиндра на печатную форму та часть краски, которая не передалась на форму остается на растровом цилиндре;
- часть переданной краски на форме переносится на запечатываемый материал, а часть краски, которая не передалась на запечатываемый материал, остается на печатной форме и образует обратный поток краски в системе и циркуляцию на форме;
- печатная форма есть в виде сплошной плашки;
- переменными величинами есть скорость печати и давление в зонах контакта печатного цилиндра, остальные – постоянные.

Используя результаты работы [5, 6], рассмотрим задачу построения математической модели краскопереноса в системе растровый цилиндр – печатная форма – запечатываемый материал, с учетом обратного потока на форме при изменениях скорости печати и давления при постоянных условиях краскопереноса.

Количество краски, которая передается с растрового цилиндра на печатную форму с учетом обратного потока краски на форме, можно представить некоторыми функциями скорости и давления:

$$m_1 = f_1(V)f_2(P_1)(m_0 + m_3), \quad (1)$$

где m_1 – масса краски, которая передается на печатную форму, m_0 – масса краски на растровом цилиндре до подачи, m_3 – масса краски образовавшаяся обратным потоком краски на форме, V – линейная скорость печати, P_1 – давление в зоне контакта растрового и формного цилиндров, $f_1(V)$, $f_2(V)$ – искомые функции.

Имея количество краски на форме, можно определить количество краски, передаваемое на запечатываемый материал, которое в общем виде можно записать так:

$$m_2 = f_3(V)f_4(P_2)m_1, \quad (2)$$

где m_2 — масса краски передана на оттиск, $f_3(V)$, $f_4(P_2)$ — искомые функции, P_2 — давление в зоне контакта формного и печатного цилиндра.

Массу краски, образованной обратным потоком краски, можно определить из очевидной зависимости:

$$m_3 = m_1 - m_2. \quad (3)$$

которую можно представить так:

$$m_3 = \left[1 - \frac{m_0}{f_3(V)f_4(P_2)} \right] m_1 \quad (4)$$

После подстановки m_3 в выражения (1) и преобразований получим:

$$m_1 = f_1(V)f_2(V)[m_0 + [1 - f_3(V)f_4(P_2)]m_1]. \quad (5)$$

Отсюда определим количество краски, передаваемое с растрового цилиндра на печатную форму:

$$m_1 = \frac{f_1(V)f_2(P_1)}{1 - f_1(V)f_2(P_1) + f_1(V)f_2(P_1)f_3(V)f_4(P_2)} m_0. \quad (6)$$

Из выражения (2) с учетом (6), получим количество краски передаваемое на запечатываемый материал:

$$m_2 = \frac{f_1(V)f_2(P_1)f_3(V)f_4(P_2)}{1 - f_1(V)f_2(P_1) + f_1(V)f_2(P_1)f_3(V)f_4(P_2)} m_0. \quad (7)$$

Таким образом, в общем виде получены аналитические выражения зависимости количества передаваемой краски с растрового цилиндра на печатную форму и запечатываемый материал. Отметим, что полученные зависимости значительно отличаются от полученных в работах [5, 6].

На основании анализа экспериментальных исследований передачи краски и полученных из аналитического выражения (6) предложено математическую модель передачи краски с растрового цилиндра на печатную форму для допустимых границ значения скорости печати и давления:

$$m_2 = \left[\alpha_0 + \alpha_m (1 - e^{-v}) \right] (1 + P_1 / 100) [f_3(V)(0.9 + P_2 / 100)] * \\ \left[1 - \left[\alpha_0 + \alpha_m (1 - e^{-v}) \right] \right] (1 + P_1 / 100) \\ \left[1 - f_3(V)(0.9 + P_2 / 100) \right]^{-1} m_0 \quad (8)$$

$$V_{\min} \leq V \leq V_{\max}$$

для

$$P_{\min} \leq P_{1,2} \leq P_{\max}.$$

Здесь V_{\min} , V_{\max} – граничные значения скорости печати, P_{\min} , P_{\max} – граничные значения давления в зонах контакта. Для упрощения вычислений функция $f_3(V)$ реализуется алгоритмически на основании экспериментальных данных.

Аналогично получено зависимость количества краски на запечатываемом материале:

$$m_2 = \left[\alpha_0 + \alpha_m (1 - e^{-v}) \right] (1 + P_1 / 100) [f_3(V) (0.9 + P_2 / 100)] * \\ \left[1 - \left[\alpha_0 + \alpha_m (1 - e^{-v}) \right] (1 + P_1 / 100) \right]^{-1} m_0 \\ \left[1 - f_3(V) (0.9 + P_2 / 100) \right]^{-1} m_0 \quad (9)$$

На основании полученных выражений можно определить и другие зависимости. Например, коэффициент передачи краски с печатной формы на запечатываемый материал или обратного потока краски.

На основании результатов экспериментальных исследований, выполненных на текстовом аппарате ICT F1 в Институте паперництва и полиграфии Лодзькой политехники, определили параметры модели $\alpha_0 = 0.26$, $\alpha_m = 0.24$ для скорости печати от 0.2 до 1ю5 м/с и удельном давлении от 2 до 10 кН/м.

Результаты компьютерного моделирования

Классический подход к анализу краскопереноса, который заключается в составлении алгоритма и программы для вычислений выражений типа (9) и (10), требует составления программы для каждого выражения ее наладки, поэтому является трудоемким. Для упрощения задачи, предлагается компьютерное моделирование в популярном пакете MATLAB-Simulink [1] в котором использовано объектно-ориентированное программирование, что является его преимуществом.

На основании полученных зависимостей (1), (2) и (3) при помощи графического редактора Simulink операционных блоков библиотеки построен симулятор передачи краски в системе растровый цилиндр – печатная форма – запечатываемый материал. Окно симулятора представлено на рис. 1.

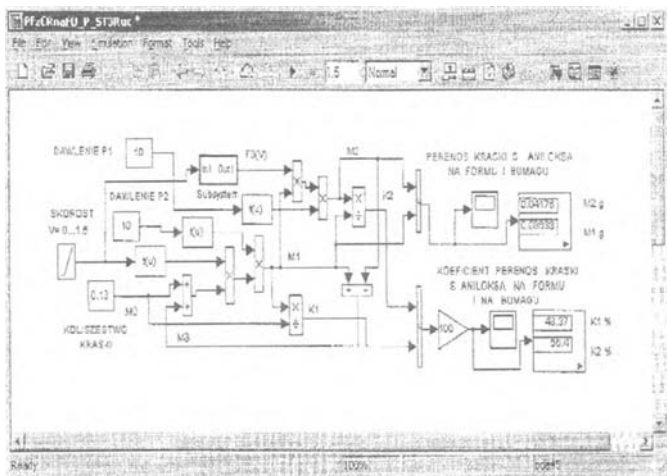


Рис. 1. Окно симулятора передачи краски

Симулятор построен с блоков математических функций F_{cp} в которых составлены микропрограммы для вычислений функций $f_1(V)$, $f_2(P_1)$, $f_4(P_2)$ и блоков умножения Produkt. Для задания массы краски на растровом цилиндре и давления применено блоки Constant. Имитацию линейного изменения скорости печати осуществляет блок Ramp. Блок Subsystem вычисляет функцию f_3V на основании экспериментальных данных. Определение коэффициентов краскопереноса осуществляется блоком Divide. Визуализация результатов моделирования осуществляют блоки Display и Skope.

На основании результатов экспериментальных исследований определили параметры модели $\alpha_0 = 0.26$ и $\alpha_m = 0.24$, которые были введены в модель. При моделировании задавали массу краски на растровом цилиндре $m_0 = 0.13$ г, давление $P = (2 - 10)$ кН/м, скорость печати изменяли в границах от 0.2 до 1.5 м/с.

Результаты симулирования приведены на рис.2. в виде зависимости количества передаваемой краски с растрового цилиндра на печатную форму (верхние кривые) от скорости печати при давлении $P_1 = P_2 = 10$ кН/м.

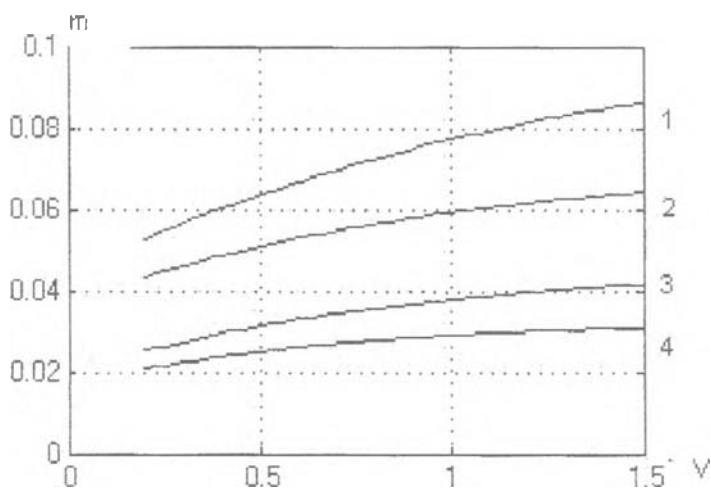


Рис.2. Зависимости количества передаваемой краски с растрового цилиндра на печатную форму (верхние кривые) и с формы на запечатываемый материал (нижние кривые) от скорости печати в построенной модели (кривые 1,3) и известной (кривые 2,4)

При увеличении скорости от 0.2. до 1.5. м/с количество передаваемой краски в известной модели изменяется от 0.043 до 0.094 г, а в построенной от 0.052 до 0.086 г. Количество передаваемой краски с печатной формы на запечатываемый материал изменяется в известной модели от 0.020 до 0.031 г, а в построенной от 0.025 до 0.041 г.

Увеличение передаваемого количества краски в модели системы растровый цилиндр – печатная форма – запечатываемый материал по сравнению с результатами эксперимента, полученными на текстовом аппарате ICT F1 обусловлено различными условиями краскопереноса. В текстовом аппарате краска передается на запечатываемый материал только в течении одного оборота

формного цилиндра, поэтому отсутствует циркуляция краски на форме. В реальном красочном аппарате происходит циркуляция краски на печатной форме той части краски, которая не передается на запечатываемый материал, что приводит к увеличению количества краски на форме и запечатываемом материале.

На рис. 3 представлено результаты симулирования передачи краски во второй модели в относительных единицах от скорости печати при давлении $P_1 = P_2 = 10$ кН/м.

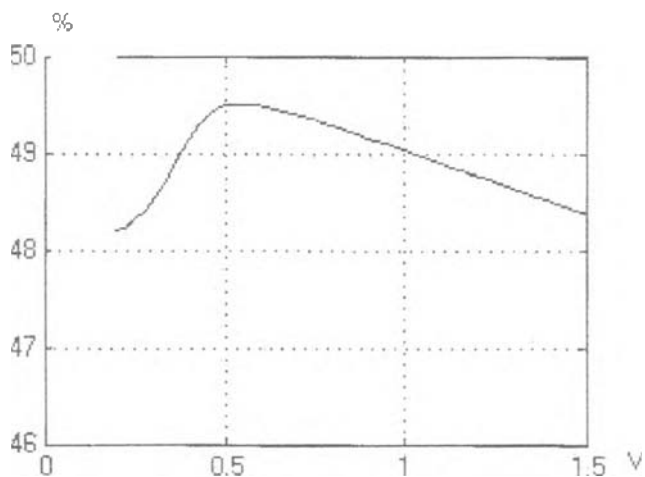


Рис. 3. Относительное изменение подаваемой краски с формы на запечатываемый материал для второй модели

При изменении скорости печати с 0.2 до 1.5 м/с количество передаваемой краски на второй модели увеличивается от 121 до 134%.

На рис.4 представлено зависимость коэффициента передачи краски с формы на запечатываемый материал в %.

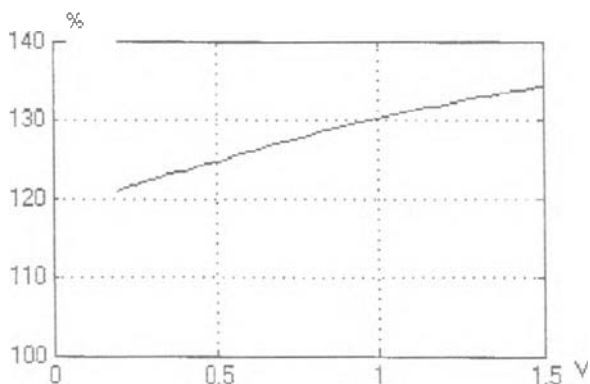


Рис.4. Зависимость коэффициента передачи краски с формы на запечатываемый материал

При увеличении скорости печати от 0.2 до 1.5 м/с коэффициент передачи краски не является постоянным. Сначала он увеличивается и при скорости 0.5 м/с достигает своего максимального значения и снова уменьшается.

В таблице 1 приведены результаты краскопереноса первой и второй модели при различных скоростях печати и давлениях в зоне контактов цилиндра с растровым и печатными цилиндрами.

Таблица 1

Скорость, V[м/с]	Давление кН/м		Масса краски на форме, [г]		Перенос краски, %	Масса краски на оттиске, m [г]		Перекос краски m ₂ /m ₁ , %
	P ₁	P ₂	Модель 2	Модель 1		Модель 2	Модель 1	
0.2	2	2	0.04876	0.4034	120.9	0.0162	0.0178	120.9
0.5			0.05254	0.4701	124.5	0.02665	0.0214	124.5
1.5								
0.2	4	10	0.05325	0.04351	122.4	0.02413	0.01971	122.4
0.5			0.06406	0.0507	126.4	0.02979	0.02358	126.4
1.5			0.08801	0.06424	136.9	0.04002	0.02923	136.9
0.2	10	4	0.0492	0.04113	119.6	0.02371	0.01983	119.6
0.5			0.0589	0.04793	122.9	0.02914	0.02371	122.9
1.5			0.08012	0.06078	131.8	0.03876	0.0294	131.8
0.2	10	10	0.05263	0.04351	121	0.02534	0.02097	121
0.5			0.06314	0.0507	124.5	0.03124	0.02508	124.5
1.5			0.08633	0.06429	134.3	0.04176	0.0311	134.3

С таблицы делаем заключение, что давление и скорость печати значительно влияет на краскоперенос. Поэтому для обеспечения равномерной толщины краски на оттисках печать тиража необходимо проводить при постоянной скорости печатания и давления.

На основании результатов компьютерного моделирования можно утверждать, что предложенная математическая модель краскопереноса в системе растровый цилиндр – печатная форма – запечатываемый материал более полно описывает передачу краски в флексографской печати. Построенный симулятор можно использовать для модельных исследований краскопереноса и выбора оптимальных параметров наладки красочной системы.

Выводы

1. Существует значительный разрыв между высоким теоретическим уровнем информационных технологий до печатных процессов и низким уровнем печатного процесса, что не позволяет научно обосновать оптимальный выбор и управление параметрами печатания.

2. Существующие модели краскопереноса в флексографии не учитывают наличие обратного потока краски и ее циркуляцию на печатной форме, что ограничивает их адекватность и применение.

3. Предложена математическая модель краскопереноса в системе растровый цилиндр – печатная форма – запечатываемый материал с учетом циркуляции краски на форме, что повышаст ее адекватность.

4. Разработан симулятор для моделирования краскопереноса, который позволяет строить графические зависимости количества передаваемой краски с растрового цилиндра на форму и запечатываемый материал от скорости при заданном давлении.

5. На основании компьютерного моделирования установлено, что в предложенной модели количество краски на форме и запечатываемом материале на 20-35% больше нежели в известной.

6. Построенный симулятор можно использовать для модельных исследований краскопереноса и выбора оптимальных параметров наладки красочной системы.

1. Гультяев А.К. *MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде WINDOWS: Практическое пособие.* С-Пт. Корона Принт. 1999. – 282с.

2. Величко О. *Опрацювання інформаційного потоку взаємодією елементів друкарського контакту.* – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет». 2005. – 260с.

3. Ласкин А.В. и др. *Computer-to-Plate для флексографии: ключевые аспекты технологии.* – М.: Курсив. 2001. – 80с.

4. Луцків М., Стемпель К. *Описання форми та оцінювання параметрів растрової комірки анілоксового вала // Комп'ютерні технології друкарства. Зб.наук.праць.* – Львів, 2006. – №15. – С.16-35.

5. Луцків М., Стемпель К. *Модельювання перенесення фарби з растрового циліндра на флексографічну форму // Комп'ютерні технології друкарства. Зб.наук.праць.* – Львів, 2008. – №19. – С. 13-23.

6. Луцків М., Стемпель К. *Модельювання перенесення фарби з флексографської форми на задруковуваний матеріал // Поліграфія і видавничі справи. Зб. наук. Праць.* Львів, 2008. – №2(48). – С. 141-152.

7. Рискин и др. *Технология печатных процессов.* М.: Книга. 1989. – 432с.

8. Ярема С.М. *Флексографія: обладнання, технологія.* – К.: Либідь, 1998. – 310с.

9. *Podręcznik Fleksografii. Zrzeszenie Polskich fleksografow.* – Warszawa, 1998.

10. Czichon, M. Czichon J. *Formy fleksografowe. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.* Warszawa. – 2006.