Прядко А.А., Виноградов Е.Л., Ваганов В.В.

Исследование усиления тона при печатании струйным способом

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

doi: 10.18411/lj-05-2019-42

idsp: ljjournal-05-2019-42

Аннотация

В статье рассмотрены два варианта исследования явления растискивания, наблюдаемого при запечатывании бумажных субстратов на струйном принтере. Оба варианта основаны на сканировании субстратов и нанесенных на них модельных изображений. Приведены экспериментальные данные об оптических свойствах изучаемых объектов, включая результаты измерения параметров их неоднородности и усиления тона. Выявлены достоинства и недостатки вариантов сканирования, составлены рекомендации по их применению в целях совершенствования струйной технологии распространения информации.

Ключевые слова: усиление тона, растискивание, струйная печать, оптическое сканирование.

Abstract

The article discusses two options for studying the phenomenon of dot gain which is observed when paper substrates are printed on an inkjet printer. Both variants are based on scanning substrates and model images printed on them. Experimental data of the optical properties of the objects, including the results of measuring the parameters of their inhomogeneity and tone enhancement are presented. The advantages and disadvantages of scanning options were identified, recommendations were made for their use in order to improve the inkjet technology.

Keywords: tone enhancement, dot gain, inkjet printing, optical scanning.

Хотя в настоящее время струйная печать занимает одно из ведущих положений среди технологий широко востребованной оперативной полиграфии, проблема ее совершенствования по-прежнему считается актуальной. При этом следует учитывать, что усиление тона оттисков (или растискивание) как основная причина снижения качества репродуцирования изучено недостаточно. Исследовав механизм этого негативного явления применительно к струйной печати, можно целенаправленно корректировать оригинал-макеты и технологические приемы переноса информации с них на вещественные носители; тем самым, будут найдены приемлемые пути решения указанной проблемы.

Исходя из изложенного, в настоящей работе на различных видах бумаг были напечатаны струйным способом модельные черно-белые штриховые изображения (штрих-карты), которые затем сканировались в целях выявления влияния свойств бумажных субстратов на масштабы растискивания.

Запечатываемые материалы, примененное оборудование, обработка экспериментальных данных

В опытах использовались следующие шесть видов субстратов:

1. бумага фирмы Lamond (Epson) 80 г/м²;
2. бумага фирмы Lamond (Epson) 120 г/м²;
3. бумага фирмы Colotech+ 120 г/м²;
4. бумага фирмы Colotech+ 160 г/м²;
5. бумага фирмы Lamond (Epson) 180 г/м²;
6. бумага фирмы Splindergel 300 г/м².

На каждый материал с помощью принтера Epson StylusPro 9800 наносились изображения штрих-карт, отличающихся частотой штриховки $1/d$; параметр d (поперечный размер штриха и пробела) изменялся от 1 до 6 пикселей. После этого полученные модельные оттиски сканировались на аппарате Xerox 5325, работающем на отражение.

Характеристики сканов, то есть их ширина a , высота b , средний уровень тона m , стандартное отклонение уровня тона s , средний коэффициент отражения R , коэффициент вариации k , рассчитывались по программе Scilab. Ниже представлен пример расчета характеристик для субстрата фирмы Lamond (Epson) 80 г/м².

$$\begin{aligned} m &= 131.8 \\ s &= 116.7 \\ a &= 608 \\ b &= 605 \\ k &= \frac{s}{\sqrt{a \cdot b \cdot m}} = 1.46 \cdot 10^{-3} \\ R &= \frac{m}{255} = 0,517 \end{aligned}$$

Уровень тона – это характеристика отражательной способности объектов, измеряемая цифровыми приборами типа сканеров и изменяющаяся в отличие от коэффициента отражения не непрерывно, а единичными скачками в пределах от 0 до 255. Коэффициент отражения равен отношению уровня тона к 255; таким образом, точность цифрового измерителя коэффициентов отражения изучаемых образцов составляет $\pm 1/255$ ($\pm 0,004$).

В наших экспериментах также измерялись методом оптического сканирования средние значения коэффициентов отражения для незапечатанных бумаг R_δ и бумаг с нанесенными на них сплошными слоями черной краски (плашек) R_η . Параметр $h = \frac{R_\delta + R_\eta}{2}$ имеет смысл коэффициента отражения света идеальной штрих-картой, напечатанной без усиления тона; чем больше разность $h - R(d)$, тем заметнее несанкционированное закрашивание пробелов (растискивание) [1].

Экспериментальные данные

В таблице 1 просуммированы результаты исследования бумаги фирмы Lamond, характеризуемой массой листа единичной площади (граммажом) 80 г/м², и оттисков, напечатанных с ее использованием.

Таблица 1

Экспериментальные данные; запечатываемый материал – бумага фирмы Lamond, 80 г/м²

d = 1 пк m = 146.4 s = 83.8 ab = N = 603 · 597 k = 9.54 · 10 ⁻⁴ R = 0.574	d = 2 пк m = 151.5 s = 86.8 N = 607 · 588 k = 9.59 · 10 ⁻⁴ R = 0.594	d = 3 пк m = 155.5 s = 86.6 N = 604 · 586 k = 9.36 · 10 ⁻⁴ R = 0.610
d = 4 пк m = 159.8 s = 86.8 N = 607 · 584 k = 9.11 · 10 ⁻⁴ R = 0.627	d = 5 пк m = 151.1 s = 91.2 N = 605 · 605 k = 9.98 · 10 ⁻⁴ R = 0.593	d = 6 пк m = 155.5 s = 86.6 N = 604 · 586 k = 9.36 · 10 ⁻⁴ R = 0.610
Незапечатанная бумага: $R_\delta = 0.992$; s = 2.6		
Плашка: $R_\eta = 0.229$; s = 9.0		
h = 0,611		

Экспериментальная зависимость среднего коэффициента отражения от частоты штриховки тест-карт приведена на рисунке 1. Подобные данные были получены и для всех других субстратов.

Рисунок 1 – График зависимости $R = f(1/d)$ для штрих-карт на бумаге Lamond, 80 г/м² (ширина штрихов и пробелов d в пикселях)

Известны два вида усиления тона:

- при реже наблюдаемом пространственном растискивании слабо и равномерно закрашивается вся площадь пробелов, а коэффициент их светотражения R_x становится несколько меньше R_δ ;

- при растискивании локальном краска как бы перетекает из штрихов в пробелы – тогда задаваемые четкие границы штрих-пробел в зонах шириной $(x_1 + x_2)$ размываются, зоны штрихов вблизи этих границ шириной x_1 светлеют, приграничные зоны пробелов (их поперечные размеры x_2) заметно темнеют.

Теория усиления тона штриховых модельных оттисков позволяет связать величины R , d , R_δ с параметрами растискивания пространственного (R_x) и локального (x_1 , x_2) [2]. В частности, если $R_x \cong R_\delta$ (пространственное растискивание отсутствует), $x_1 \cong x_2 = x/2$, $x < d/2$, то

$$R = h - \frac{x}{d} \left[R_\delta + R_q - \frac{2(R_\delta - R_q)}{\ln(R_\delta/R_q)} \right] \quad (1)$$

Значит, в указанных обстоятельствах теоретическая зависимость $R = f(1/d)$ представляет собой прямую линию, тангенс угла наклона которой к оси абсцисс пропорционален половине ширины зоны размыва границы штрих-пробел x , а начальная ордината равна h [1].

Как видно из рисунка 1, экспериментальные точки с некоторым разбросом, более заметным для оттисков, заштрихованных с меньшей частотой, группируются около прямой, которая отсекает на оси ординат отрезок, близкий по длине к h . Таким образом, в данном случае результаты опытов вполне удовлетворительно согласуются с теоретическими представлениями о растискивании, и по формуле (1) можно рассчитать количественную характеристику локального усиления тона x . Экспериментальные данные для тест-карт на других субстратах принципиально от данных, показанных на **рис. 1**, не отличаются.

Значения x и ширины зоны проявления локального растискивания $2x$, определенные по результатам всех выполненных нами опытов, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты определения параметров локального растискивания по данным оптического сканирования штрих-карт

№ бумаги	1	2	3	4	5	6
x (мкм)	51	27	41	81	5.5	60
$2x$ (мкм)	102	54	82	162	11	120

Использованный в нашей работе компьютеризованный метод сканирования дает возможность показать практически скачкообразное изменение светотражения объекта при пересечении границы штрих-пробел (см. рисунок 2). Для этого требуется:

- просканировать изображение прямоугольной фигуры, плотно закрашенной наполовину, по строке, перпендикулярной границе между сплошным красочным слоем и незакрашенной частью прямоугольника;

- в программе Scilab получить оптическую профилограмму скана, то есть координатную зависимость уровня тона от номера освещенного локуса;
- вывести профилограмму на экран монитора [3].

Типичная оптическая профилограмма показана на рисунке 2.

Рисунок 2 – Пример оптической профилограммы; бумага фирмы Lamond, 80 г/м², строка скана трехсотая

Рисунок 2 убедительно демонстрирует неоднородность и бумажного субстрата, и – особенно – сплошного слоя краски, нанесенного на бумагу. Видно, что уровень тона окрашенной поверхности сканируемого образца m_c изменяется на десятки единиц при переходе от одного освещаемого локуса к другому, в то время как точность светочувствительного измерительного прибора (сканера) составляет только ± 1 . В таких обстоятельствах по полученным нами оптическим профилограммам можно лишь приблизительно оценивать поперечные размеры зон размывания границ между закрашенными и незакрашенными участками исследуемых объектов $(x_1 + x_2) \cong 2x$. Итоги таких оценок просуммированы в таблице 3.

Таблица 3

Результаты анализа профилограмм

№ бумаги	x1, пк	x2, пк	x1 + x2, пк	2хср, пк	2хср, мкм
1	1	1.5	2.5	2.3	100
	1.5	1	2.5		
	0.5	1.5	2		
2	0.5	1	1.5	1.7	72
	0.5	1.5	2		
	0.5	1	1.5		
3	1	1.5	2.5	2.3	100
	1	1	2		
	1	1.5	2.5		
4	1	2	3	2.5	110
	1	1	2		
	1	1.5	2.5		
5	0.5	1	1.5	1.5	64
	0.5	1	1.5		
	0.5	1	1.5		
6	1	1	2	2.5	110
	1	1.5	2.5		
	2	1	3		

Выводы

1. Результаты применения компьютеризованного метода сканирования для изучения отражательной способности модельных оттисков подтверждают адекватность теории увеличения тона репродукций (растискивания) за счет несанкционированного закрашивания пробелов.

2. Сканирование запечатываемых материалов, нанесенных на них сплошных слоев краски и штрих-карт дает возможность количественно охарактеризовать масштабы пространственного и локального растискивания. При этом метод сканирования по сравнению с рефлектометрией оказывается более информативным – он позволяет измерять не только усредненные показатели отражения света изучаемыми объектами, но также и параметры их оптической неоднородности. К тому же, метод сканирования привлекательнее с точки зрения внедрения в производство.

3. Вариант полного сканирования объектов по их площадям более трудоемок и более точен, чем вариант сканирования по строке с пересечением границы запечатанных и незапечатанных участков субстрата. Достоинства второго варианта сканирования – его экспрессность и наглядность результатов; именно его следует рекомендовать

полиграфистам -практикам. Данные о качестве запечатывания бумаг, полученные двумя вариантами сканирования коррелируют.

4. При заметном разнообразии в граммаже использованные бумажные субстраты запечатываются струйным способом без принципиальных различий: во всех случаях пространственное растискивание незаметно, а ширина зоны размытия границ между печатными и пробельными элементами варьирует в интервале 10-160 мкм. Печатание на бумаге №5 характеризуется наиболее высоким качеством, к худшим результатам приводит использование бумаги №4.

1. Борисенко Е. А., Виноградов Е. Л., Спирина И. В. Исследование механизмов физического растискивания. Часть II. Экспериментальное изучение оптических свойств штриховых тест-карт. // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела, 2008, №4, с. 3-7;
 2. Борисенко Е. А., Виноградов Е. Л., Мартыненко С. В. Исследование механизмов физического растискивания. Часть I. Теория. // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела, 2008, №3, с. 16-24;
 3. Виноградов Е. Л., Лесник Ф. М., Мансуров А. С. Оптическое сканирование запечатываемых материалов и полиграфических продуктов. // American Scientific Journal, 2017, №3 (11), p. 8-10.
-