Баханов В.С., Виноградов Е.Л., Ваганов В.В.
Сравнительный анализ методов измерения усиления тона в
электрофотографической печати

*Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/lj-05-2019-26

idsp: ljjournal-05-2019-26

Аннотация

В статье рассматриваются методы исследования оттисков, полученных способом электрофотографической печати, имеющих целью определение влияния различных параметров запечатываемой бумаги на величину усиления тона. Показаны преимущества и недостатки традиционного для типографий способа измерения тона с помощью спектрофотометра и сканера, а также возможности и перспективы использования способа анализа качества печати с помощью построения профилограмм модельных оттисков.

Ключевые слова: усиление тона, электрофотографическая печать, коэффициент отражения, сканирование, рефлектометрия.

Abstract

The article discusses the methods of research prints, obtained by the method of electrophotographic printing, aimed to determine the influence of various parameters of the imprinted paper on the magnitude of the tone gain. The advantages and disadvantages of the traditional way of measuring the tone by printing patches using a spectrophotometer and scanner are shown, as well as the possibilities and prospects of using the method of analyzing print quality using the construction of profilograms of model imprints.

Keywords: tone gain, electrophotographic printing, reflection coefficient, scanning, reflectometry.

В последние десятилетия наблюдается активное совершенствование компьютеризованного способа электрофотографической печати, обусловленное беспрецедентно ярким развитием цифровой электронно-вычислительной техники и растущим спросом на высокоскоростные технологические схемы компьютер-печать. Электрофотография весьма актуальна: в настоящее время она уже широко применяется в оперативной полиграфии, и, кроме того, эта технология представляет большой интерес в плане решения общей проблемы повышения качества любых видов печатных продуктов, так как в перспективе электрофотографический способ распространения информации может превзойти по точности репродуцирования оригинала все остальные способы печатания, как традиционные контактные, так и современные бесконтактные. В таких обстоятельствах возникает интерес к изучению методов измерения усиления тона оттисков (или растискивания) как основной причины снижения качества печати. Целью данной работы является сравнение методов измерения усиления тона электрофотографической продукции и составление рекомендаций по их использованию в полиграфической практике.

Методика проведения опытов и их результаты

В основном растискивание оно вызвано увеличением площади печатных элементов за счет сокращения площади пробелов при переносе информации на вещественные носители.

На величину усиления тона влияет множество факторов, таких как состав и физико-химические свойства тонера, режим печатания, качество запечатываемого материала. Если первые две группы параметров контролировать и изменять практически невозможно, имея в виду жесткие требования к условиям эксплуатации имеющегося печатного оборудования, то вполне доступным является использование разных видов бумажных субстратов, характеристики которых могут существенно различаться [1].

Исследованные нами оттиски печатались на лазерном принтере модели Xerox DocuColor 5252. Это печатная машина электрофотографического способа печати,

возможно использование различных видов бумаг граммажом до 300 г/м². Печать оттисков производилась в разрешении 150 точек на дюйм в чёрном цвете.

В качестве оборудования для сканирования оттисков использовался сканер от принтера модели Xerox 5325, позволяющий сканировать листовые объекты при разрешении 600 точек на дюйм.

Для измерения коэффициентов отражения света сплошными красочными слоями (напечатанными плашками) применялся спектрофотометр X-Rite i1 Pro с использованием возможностей программного пакета ProfileMaker 5.0.

Оттиски были получены на субстратах пяти видов:

- бумаге матовой Mondi IQ Ultra, 80 г/м²;
- бумаге матовой Xerox Colotech+, 120 г/м²;
- бумаге матовой Xerox Colotech+, 160 г/м²;
- бумаге немелованной глянцевой LumiArt, 150 г/м²;
- бумаге мелованной матовой LumiSilk, 200 г/м².

Первым из примененных нами методов характеристики растискивания является денситометрия; то есть измерение оптической плотности объектов, отражающих свет. Этот метод широко используется в типографиях; можно сказать, сейчас с его помощью полиграфисты традиционно определяют масштабы усиления тона при репродуцировании.

Оптическая плотность D_i i -той точки объекта вычисляется как десятичный логарифм ее коэффициента светоотражения в минус первой степени:

$$D_i = \lg \frac{1}{R_i}, \quad (1)$$

Оценка относительной площади заполнения растрового поля S_i (в процентах) рассчитывается по формуле Мюррея-Девиса [2]:

$$S_i = \frac{1 - 10^{-D_r}}{1 - 10^{-D_v}} * 100, \quad (2)$$

где D_{ri} — оптическая плотность i -го растрового поля; D_v — оптическая плотность плотного слоя краски (ее считают равной единице). О масштабах растискивания (но не о причинах его проявления) предлагается судить по величине S_i .

При оценке качества цветных иллюстраций пользуются спектрофотометрами — приборами, по сравнению с денситометрами более функциональными, сложными и дорогими.

С помощью спектрофотометра X-Rite i1 Pro были сняты показатели отражения черных плашек для всех видов бумаг (рисунок 1).

Рисунок 1 - Результаты спектрофотометрического измерения коэффициентов отражения света сплошными черными красочными слоями, нанесенными на разные бумажные субстраты

Затем по формуле (1) были найдены значения оптической плотности плашек и по формуле Мюррея-Девиса (2) рассчитали значения относительной площади растровых элементов (таблица 1).

Таблица 1.

Значения относительной площади растровых элементов и величина растискивания для разных видов бумаг

Номер бумажного субстрата	1	2	3	4	5
Средний коэффициент отражения R	0,390	0,366	0,372	0,341	0,390
Относительная площадь растровых элементов S_i , %	56,7	59,3	58,6	62,1	56,6

Второй способ измерения растискивания состоит в сканировании модельных штриховых оттисков (штрих-карт), отличающихся частотой нанесения штрихов.

Штрих-карты содержат перемежающиеся чёрные и белые полосы одинаковой ширины d . При изменении этого показателя меняется и частота штрихования $1/d$. Если наблюдается так называемое локальное растискивание («перетекание» краски из штрихов в пробелы), то с увеличением $1/d$ эффект возрастания тона модельных оттисков должен становиться все более заметным; в случае растискивания пространственного (слабого равномерного закрашивания пробелов) сниженный тон штрих-карт от частоты штрихования зависеть не будет. Таким образом, по экспериментальной зависимости $R = f(1/d)$ можно составить суждение и о масштабах растискивания, и о его механизмах [3].

Для проведения опытов были подготовлены карты с шириной полос от 4 до 10 пикселей (1 пк = 33,3 мкм). Полученные модельные оттиски были отсканированы на планшетном сканере, а затем с помощью компьютерного анализа по программе Scilab были определены средние значения их уровня тона m и средние коэффициенты отражения R ,

$$R = \frac{m}{255}, \quad (3)$$

Типичная зависимость $R = f(1/d)$ показана на рисунке 2.

Рисунок 2 - Зависимость коэффициента отражения света R штриховыми оттисками, напечатанными на мелованной бумаге LumiSilk 200 г/м²

Из теории локального растискивания следует, что для толкования результатов сканирования штриховых карт необходимо определить показатели светотражения субстратов R_b и плашек R_p . Среднее арифметическое этих величин $R_{ид} = \frac{R_b + R_p}{2}$ имеет смысл коэффициента отражения света идеальной картой, для которой усиление тона ничтожно. Теоретическая зависимость $R = f(1/d)$ линейна, она имеет вид

$$R = R_{ид} - \frac{x}{d} \left[R_b + R_p - \frac{2 * (R_b - R_p)}{\ln \left(\frac{R_b}{R_p} \right)} \right], \quad (4)$$

где x — усредненная половина ширины зоны размытия границы штрих-пробел (в принципе, эта зона складывается из двух частей x_1 и x_2 , которые характеризуют области просветления штрихов и затемнения пробелов вблизи границы). Если пространственным растискиванием пренебрегать нельзя, то в формуле (4) параметр R_b нужно заменить на коэффициент отражения света слабо закрашенным пробелом R_x по всей его ширине.

Уравнение (4) вполне удовлетворительно описывает полученные нами экспериментальные данные. В преобразованной форме

$$x = \frac{R_{ud} - R_{0.25}}{R_b + R_p - \frac{2 * (R_b - R_p)}{\ln\left(\frac{R_b}{R_p}\right)}} * d, \quad (5)$$

(где $R_{0.25}$ — значение коэффициента отражения для карты, заштрихованной с частотой $1/4$ а $d = 4$) оно использовалось нами для расчета количественной характеристики локального растискивания x — см. таблицу 2.

Таблица 2
Результаты определения параметров локального растискивания по данным оптического сканирования штрих-карт

Номер бумаги	1	2	3	4	5
x (мкм)	34	36	35	37	27
$2x$ (мкм)	68	72	70	74	54

Третий метод оценки величины растискивания, так, как и второй, предполагает использование планшетного сканера в качестве инструмента для получения данных о светоотражении оттисков. В данном случае необходимо сканировать не штрих-карты, а простейшие модельные оттиски, представляющие собой прямоугольники, наполовину плотно покрашенные черной краской.

Обработка результатов опытов с простейшими оттисками производилась также в программе Scilab, при этом использовалась возможность строить оптические профилограммы сканов (рисунок 3). Такая процедура наглядно показывает не только изменение уровней тона в выбранной строке изображения при пересечении границы краска-пробел, но и ярко демонстрирует неоднородность слоя краски и запечатываемого материала, влияющую на качество репродуцирования.

Рисунок 3 - Пример профилограммы; бумага мелованная матовая LumiSilk 200 г/м², строка скана 500

Другое важное достоинство получения профилограмм — детализация зоны перехода от окрашенной в черный цвет плашки в область незакрашенного субстрата. демонстрация разделения пограничной зоны на два участка предположительно разной ширины.

Результаты анализа оптических профилограмм приведены в таблице 3.

Результаты анализа профилограмм

Таблица 3

Номер бумаги	x_1 , пк	x_2 , пк	$x_1 + x_2$, пк	$2x_{ср}$, мкм
1	1,1	1,5	2,6	86
2	1,1	1,7	2,8	93
3	1,2	1,4	2,6	86
4	1,3	1,6	2,9	97
5	0,8	1,6	2,4	81

Выводы

Подводя итоги проделанной работы, приходим к таким заключениям:

1. Фотометрические исследования, проводимые с применением денситометров или спектрофотометров, в сравнении со сканированием изучаемых объектов недостаточно информативны. Впрочем, следует указать на практическое совпадение данных о светоотражательной способности объектов, добытых разными способами.

2. Сравнивая методы сканирования модельных оттисков разных видов, имеющие целью получение либо зависимостей $R = f(1/d)$, либо оптических профилограмм, отмечаем меньшую точность измерения параметров растискивания вторым из них. Однако метод профилограмм отличается возможностью визуализации растискивания, он менее трудоемок и, по нашему мнению, имеет лучшие перспективы внедрения в практику полиграфических предприятий.
3. Методами сканирования доказано, что растискивание при печатании на бумаге №5 заметно менее всего. Можно прогнозировать более высокое качество печати при использовании этого субстрата.

1. Виноградов Е. Л. Цифровые технологии оперативной полиграфии: учебное пособие // Е. Л. Виноградов, В. В. Ваганов. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. - 62 с.;
 2. Методы контроля градационной передачи при печати. Журнал «КомпьюАрт»: электронный журнал, 2008. Февраль. URL: <https://compuart.ru/article/18697> (дата обращения 06.05.2019);
 3. Борисенко Е. А. Исследование механизмов физического растискивания. Часть 1. Теория // Е. А. Борисенко, Е. Л. Виноградов, С. В. Мартыненко. Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела, 2008, № 3, с. 16 – 24;
-