

DOI: 10.18721/JCSTCS.11303

УДК 004.9: 655.3.02

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БУМАЖНЫХ СУБСТРАТОВ И МОДЕЛЬНЫХ ОТТИСКОВ**

*Е.Л. Виноградов, Д.С. Коротков*

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Исследовано светоотражение и светопропускание двух бумажных субстратов и модельных оттисков, напечатанных на этих материалах струйным и электрофотографическим способами. С указанной целью применялся метод оптического сканирования изучаемых объектов, последовательно размещаемых на черной подложке, эффективно поглощающей световое излучение, и на металлическом зеркале. Сканирование объектов выполнялось с использованием доступного планшетного офисного сканера. Полученные экспериментальные данные об отражении, пропускании, рассеянии и поглощении света в десятках тысяч точек облучаемых образцов обрабатывались в компьютерной программе Scilab-5.3.3, что позволило за короткое время определить и усредненные значения параметров оптических свойств этих объектов, и характеристики их неоднородности. Продемонстрированы преимущества компьютеризованного метода сканирования полиграфических материалов и продуктов перед широко применяемым методом рефлектометрии, показана его перспективность для решения проблемы повышения качества печати. По сравнению со всеми другими известными методами контроля печатной продукции метод ее оптического сканирования наиболее информативен, точен и универсален.

**Ключевые слова:** информационные технологии, оптическое сканирование, печатная бумага, струйная печать, электрофотография, качество репродуцирования.

**Ссылка при цитировании:** Виноградов Е.Л., Коротков Д.С. Информационная технология исследования оптических свойств бумажных субстратов и модельных оттисков // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2018. Т. 11. № 3. С. 29–35. DOI: 10.18721/JCSTCS.11303

## **INFORMATION TECHNOLOGY FOR STUDY OF OPTICAL PROPERTIES OF PAPER SUBSTRATES AND MODEL PRINTS**

*Ye.L. Vinogradov, D.S. Korotkov*

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,  
St. Petersburg, Russian Federation

Light reflection and light transmission of two paper substrates and model prints printed on these materials by inkjet and electrophotographic methods are investigated. For this purpose, we have used optical scanning of the given objects placed in series on a black substrate, effectively absorbing light radiation, and on a metal mirror. The objects were scanned using an available flatbed office scanner. The obtained experimental data on reflection, transmission, scattering and absorption of light in tens of thousands of irradiated sample points were processed in a computer program Scilab-5.3.3, which allowed to determine the average parameter values of the optical properties of these objects and the characteristics of their heterogeneity in a short time. As a result, the advantages of the computerized method of scanning printing materials and products over the widely used reflectometry method have been convincingly demonstrated, the method's prospects for solving the problem of improving the printing quality have been confirmed. In comparison with all other known methods for controlling the printed products, the optical scanning method is the most informative, accurate and universal.

**Keywords:** information technology, optical scanning, printing papers, inkjet printing, electrophotography, the quality of reproduction.

**Citation:** Vinogradov Ye.L., Korotkov D.S. Information technology for study of optical properties of paper substrates and model prints. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Computer Science. Telecommunications and Control Systems, 2018, Vol. 11, No. 3, Pp. 29–35. DOI: 10.18721/JCSTCS.11303

Несмотря на бурное развитие электронных средств информационного обмена, ставшее особенно заметным в XXI веке, печатные средства распространения сведений по-прежнему остаются широко востребованными. Вне всяких сомнений, полиграфия выдержала конкуренцию со своим электронным высокоскоростным и вездесущим конкурентом; правда, для этого ей пришлось решительным образом измениться. Современную полиграфию отличает высокий динамизм, достигаемый за счет перехода на малостадийные цифровые технологии репродукции исходной информации, которой ныне в обязательном порядке придается форма электронного оригинал-макета [1].

Производственная деятельность многих типографий XXI века ориентирована на массового потребителя, который заинтересован, главным образом, в скорейшем выпуске продукции коммерческого, «делового» назначения, чрезвычайно разнообразной, малотиражной и малообъемной, хорошего качества — хотя, может быть, и не наивысшего [2]. Поддержание на заданном уровне качества репродукций (точности воспроизведения тиражируемого оригинала на оттисках) и, тем более, его повышение остается проблемой актуальной, но в то же

время весьма сложной:

- качество полиграфических продуктов определяется множеством факторов: выбором печатающих устройств и режимами их эксплуатации, механическими и оптическими свойствами используемых красок, показателями сорбционных и оптических свойств запечатываемых материалов [3];

- значимость каждого из перечисленных факторов, как и способы его варьирования, нередко заранее неизвестны; в таких случаях оптимальное исполнение заказа, выходящего за рамки накопленного производственного опыта, должно предваряться исследовательскими работами;

- как правило, на проведение исследований в типографиях нет времени, квалифицированных кадров, соответствующего приборного обеспечения, средств на его закупку.

В сложившихся условиях приемлемое решение указанной проблемы находят, исходя из насущной необходимости максимального ускорения печатного процесса. Для этого требуется автоматизированное цифровое оборудование, реализующее бесконтактные «укороченные» полиграфические технологии, например, электрофотографию или импульсную струйную печать. Выбрав печатающие устройства под дикта-

том рынка, полиграфист фактически теряет возможность совершенствования выпускаемой продукции путем регулирования режимов функционирования закупленного оборудования и подбора красок — управляемые компьютерами автоматы работают по несменяемым программам на красках, указанных в технической документации. В рамках парадигмы всемерного сокращения времени исполнения заказов типографии способны поднимать качество изданий только за счет надлежащего выбора запечатываемых материалов.

В настоящее время круг таких материалов очень широк и продолжает расширяться. Однако в этом круге по-прежнему, как и две тысячи лет тому назад, наиболее востребованной остается бумага. По комплексу свойств (механических, сорбционных, оптических) с бумажными субстратами не могут сравниться никакие другие. В частности, бумага, содержащая в качестве связующего очищенную целлюлозу, совершенно не поглощает электромагнитное излучение в оптическом диапазоне; к тому же, благодаря пористой структуре тонкие листы этого материала практически не пропускают, а диффузно отражают световые потоки. Бумажные субстраты не прозрачны, поэтому их можно запечатывать с двух сторон; нанесенные на них черно-белые изображения максимально контрастны; при переносе на печатную бумагу изображений цветных минимален риск нарушения цветопередачи. Зрительное восприятие информации, распространяемой печатными средствами, предполагает ее предварительное «переписывание» на световое излучение; значит, уникальные оптические свойства бумажных субстратов чрезвычайно важны [4].

Выпускается большое количество видов печатных бумаг: матовых и глянцевых, мелованных и немелованных, грубо- и тонкопористых, предназначенных для выпуска специальной продукции, запечатываемых определенными способами и т. п. Удачное решение задачи выбора бумажных субстратов, обеспечивающего требуемое качество репродукций, вполне реально — конечно, если в серии экспериментов выяснить, как влияют оптические показатели бумаг на

свойства оттисков, получаемых на имеющемся оборудовании.

Настоящая статья содержит описание перспективной методологии проведения таких опытов, основанной на оптическом сканировании изучаемых объектов.

### Экспериментальные данные о сканировании запечатанной и незапечатанной бумаги

Исследовались оптические свойства образцов бумажных субстратов и напечатанных на них модельных оттисков — сплошных черных красочных слоев, нанесенных на бумагу двух видов: высококачественную глянцевую Color Copy Coated Silk с массой единичной площади  $m = 166 \text{ г/м}^2$  и «обычную» потребительскую Кондопожского ЦБК с  $m = 64 \text{ г/м}^2$ . Именно оптика полиграфических материалов и продуктов, в конечном итоге, и определяет качество репродукционного процесса. Запечатывались бумажные субстраты способами струйным (на принтере Epson L 110) и электрофотографическим (с помощью принтера Canon MF 4140).

Оптические показатели субстратов и модельных оттисков находились методом сканирования на отражение [4, с. 46–66; 5]; в этих целях применялся планшетный сканер Samsung SCX-3200, характеризуемый разрешением 1200 dpi. Образцы бумажных субстратов сканировались дважды (при размещении на черной и зеркальной подложках), что позволило рассчитать параметры взаимодействия света с бумагами в их объемах, т. е. коэффициенты диффузного рассеяния и поглощения  $\alpha_p$ ,  $\alpha_n$  [4, с. 34–46; 6; 7]. При этих расчетах использовались следующие формулы:

$$\frac{\alpha_n}{\alpha_p} = \frac{(1 - R_1)(1 - R_0)}{2 R_0}, \quad (1)$$

$$A = 1 + \frac{\alpha_n}{\alpha_p}, \quad (2)$$

$$\alpha_p m = \frac{1}{2\sqrt{A^2 - 1}} \left[ \ln \frac{R_0 - A - \sqrt{A^2 - 1}}{R_0 - A + \sqrt{A^2 - 1}} - \frac{A + \sqrt{A^2 - 1}}{A - \sqrt{A^2 - 1}} \right], \quad (3)$$

где  $R_0$  и  $R_1$  – средние коэффициенты отражения светового излучения образцами, расположенными на черной, хорошо поглощающей свет, и зеркальной подложках, соответственно. Если коэффициент поглощения много меньше коэффициента диффузного рассеяния (а для хороших бумаг так и должно быть), то для  $\alpha_p$  справедлива значительно более простая формула, чем (3) [4, с. 30; 8]:

$$\alpha_p m = \frac{R_0}{1 - R_0}. \quad (4)$$

Сравнительная визуальная оценка светотражения запечатываемых материалов (бумаг) группами квалифицированных экспертов, весьма популярная в недавнем прошлом, ныне рассматривается как очевидный анахронизм, поскольку метод экспертизы субъективен, не универсален и не точен. В настоящее время его полностью вытеснила рефлектометрия – измерение с помощью фотометров и оптических денситометров коэффициентов отражения света различными субстратами при варьировании их толщины и длины волны излучателей, замене подложек. Приборное обеспечение объективного, универсального и достаточно точного рефлектометрического метода находится на высоком уровне, и это еще одна причина его широкого распространения.

Однако рефлектометрии, при всех ее достоинствах, присущ неустранимый недостаток: она не пригодна для изучения и микро-, и макронеоднородности объектов в масштабах, соответственно,  $\sim 1 \div 10, 10, \sim 10^2 \div 10^3$  мкм (а бумажные субстраты заведомо в большей или меньшей степени неоднородны, и такая их особенность сопряжена с риском заметного снижения качества оттисков). Лишенный упомянутого недостатка метод оптического сканирования по этому признаку явно предпочтительнее рефлектометрии [5]. К тому же, он превосходит другие известные методы исследования неоднородности материалов по доступности, быстрдействию и экологической безопасности [9].

Сканирование субстратов и оттисков с последующей обработкой сканов в компьютерной программе Scilab-5.3.3 открывает

возможность характеризовать отражательную способность исследуемых объектов не только их усредненными показателями, но и параметрами оптической неоднородности (в частности, значениями коэффициента вариации  $K_{\text{вар}}$ ). Кроме того, при выполнении двойного сканирования можно определить параметр светопроницаемости образцов – их средний коэффициент пропускания  $T$  [4, с. 39; 7]:

$$T = \sqrt{(R_1 - R_0)(1 - R_0)}. \quad (5)$$

Выбор пакета Scilab обусловлен следующими обстоятельствами: во-первых, в его составе имеется инструмент Scilab Image and Video Processing Toolbox, необходимый для статистического анализа изображений субстратов и оттисков, в том числе многоцветных; во-вторых, он в отличие от более мощного пакета MATLAB бесплатен и, следовательно, доступен для предельно широкого круга исследователей и полиграфистов-практиков.

Компьютеризованный метод сканирования применительно к решению проблем полиграфии с надлежащей тщательностью пока еще не апробировался. Можно сослаться лишь на публикацию по этой теме [10], посвященную описанию успешно завершившегося исследования влияния неоднородности бумаги на качество струйной печати (однако в указанной работе использовалась компьютерная программа, доступ к которой строго ограничен).

Результаты проведенных нами экспериментов просуммированы в табл. 1–3.

Из табл. 1 видно, что по усредненному коэффициенту отражения света исследованные субстраты почти не отличаются – их отражательная способность очень высока (и этим ограничивается информация, которую можно получить критикуемым нами методом рефлектометрии). Однако по результатам компьютеризованного метода сканирования различия между глянцевой и потребительской бумагами велики и хорошо заметны: второй субстрат в три раза более оптически неоднороден, диффузное рассеяние света в нем в шесть раз менее эффективно, он светопроницаем, наконец, он лучше поглощает свет – в 2,5 раза. От-

Таблица 1

Показатели оптических свойств бумажных субстратов

Table 1

Optical properties of paper substrates

Субстрат (бумага)	$R_1$	$R_0$	$K_{\text{вар}}$	$T$	$\alpha_p, \text{ м}^2/\text{кг}$	$\alpha_n, \text{ м}^2/\text{кг}$
Глянцевая	0,999	0,999	0,01	0	6000	0,003
Потребительская	0,999	0,985	0,03	0,015	1000	0,008

Таблица 2

Характеристики отражательной способности сплошных красочных слоев

Table 2

Characteristics of the reflectivity of continuous paint layers

Субстрат (бумага)	Способ печати	$R_1$	$K_{\text{вар}}$
Глянцевая	Струйный	0,12	0,5
Глянцевая	Электрофотографический	0,13	0,5
Потребительская	Струйный	0,23	0,5
Потребительская	Электрофотографический	0,13	0,7

Таблица 3

Параметры отражательной способности оборотной стороны плотно окрашенных бумажных листов

Table 3

The parameters of the reflectivity of the reverse side of densely filled paper sheets

Субстрат (бумага)	Способ печати	$R_1$	$K_{\text{вар}}$
Глянцевая	Струйный	0,999	0,1
Глянцевая	Электрофотографический	0,999	0,1
Потребительская	Струйный	0,890	0,2
Потребительская	Электрофотографический	0,980	0,06

меченные недостатки потребительской бумаги должны сказываться на качестве ее запечатывания, что экспериментально уверенно подтверждается.

По данным табл. 2 (см. четвертый столбец) сплошные красочные слои, по крайней мере, на порядок более неоднородны, чем субстраты. Все они выглядят темно-серыми, причем слой, нанесенный струйным способом на потребительскую бумагу, светлее других (см. третий столбец). В этом отношении предпочтение следует отдать

электрофотографической печати, хотя полученные этим способом модельные оттиски несколько более неоднородны.

Из табл. 3 следует, что маловязкая черная краска, применяемая в струйных принтерах, пробивается на оборотные стороны запечатываемых листов менее плотной светопроницаемой потребительской бумаги, снижая их светоотражение и увеличивая оптическую неоднородность. Этот отрицательный эффект почти не заметен при использовании электрофотографии.

### Заключение

Экспериментально доказаны преимущества компьютеризованного метода оптического сканирования полиграфических материалов и модельных оттисков при выборе печатающих устройств и субстратов, обеспечивающем выпуск продукции надлежащего качества. Достоинства обсуждаемого метода состоят в следующем:

1. Оборудование для реализации сканирования (работающие на отражение планшетные сканеры, персональные компьютеры с программным обеспечением типа Scilab-5.3.3) сравнительно дешево, экологически безопасно и широко распространено. Значит, внедрение этого метода в производственную практику типографий не должно наталкиваться на сколько-нибудь серьезные препятствия.

2. Информативность метода сканирования уникальна. При использовании черных и зеркальных подложек он позволяет в одном опыте количественно охарактеризо-

вать весьма разнообразные изучаемые объекты и средними значениями показателей отражения, пропускания, поглощения света, и параметрами их оптической неоднородности.

3. Компьютеризованное сканирование экспрессно и не трудозатратно. Длительность полномасштабного опыта составляет всего несколько десятков минут.

4. Метод сканирования беспрецедентно точен. Фактически при его использовании можно в течение минуты измерить многочисленные оптические показатели образца в десятках и даже сотнях тысяч точек, отстоящих друг от друга на расстояние порядка 10 мкм (при разрешающей способности сканера 2400 dpi). В такой ситуации погрешность измерений уже не зависит от числа отсчетов, она определяется техническими характеристиками измерительного прибора (сканера). Например, в наших опытах величины коэффициентов отражения находились с относительной погрешностью 0,4 %.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киппхан Г. Энциклопедия по печатным средствам информации. М.: МГУП, 2003. 1253 с.
2. Романо Ф. Принт-медиа бизнес. Современные технологии издательско-полиграфической отрасли. М.: ПРИНТ-МЕДИА центр, 2006. 456 с.
3. Леонтьев В.Н. Методы и средства совершенствования печатных бумаг в системе «бумага-краска-оттиск». СПб.: ГУРП, 2008. 170 с.
4. Ваганов В.В., Виноградов Е.Л., Тропец В.А. Оптика бумаги и оттиска. СПб.: СПбГПУ, 2015. 144 с.
5. Виноградов Е.Л., Тропец В.А., Чекменев К.А. Новый способ исследования оптических свойств запечатываемых материалов с применением сканирующих устройств, работающих на отражение // Дизайн. Материалы. Технология. 2015. № 1 (36). С. 53–57.
6. Kubelka P., Munk F. A contribution to the optics of colorant layers // Papermaking Science

Technology. 1931. No. 12 (11A). Pp. 593–601.

7. Виноградов Е.Л., Тропец В.А. Исследование оптических свойств печатной бумаги. Комплексный подход // Дизайн. Материалы. Технология. 2011. № 4 (19). С. 47–50.

8. Vinogradov E.L. Indexes of optical properties of print paper: the simplified definition // Conference Proceeding Book. 2006. Pp. 112–113.

9. Tomimasu H., Luner P., Kim D., Suk D. Comparison of four paper imaging techniques: P-radiography, electrography, light transmission and soft X- radiography // Tappi Journal. 1991, July. P. 165.

10. Виноградов Е.Л., Тропец В.А. Исследование прогностической способности различных методов оценки неоднородности бумаги при определении ее влияния на дефекты струйной печати // Вестник СПбГУПТД. Естественные и технические науки. 2016. № 1. С. 129–135.

Статья поступила в редакцию 21.06.2018.

### REFERENCES

1. Kipphan G. *Encyclopedia of printed media*. Moscow: MGUP Publ., 2003, 1253 p. (rus)
2. Romano F. *Print-media business. Modern technologies of publishing and printing industry*. Moscow: PRINT-MEDIA centre, 2006, 456 p. (rus)

3. Leontiev V.N. *Methods and means of improvement of printing papers in the system "paper-paint-print"*. St. Petersburg: GURP Publ., 2008, 170 p. (rus)
4. Vaganov V.V., Vinogradov E.L., Tropets V.A.

*Optics paper and print*. St. Petersburg: SPbGPU Publ., 2015, 144 p. (rus)

5. **Vinogradov E.L., Tropetz V.A., Chekmenev K.A.** A new method of studying the optical properties of printed materials using scanning devices working on reflection. *Design. Materials. Technology*, 2015, No1 (36), Pp. 53–57. (rus)

6. **Kubelka P., Munk F.** A contribution to the optics of colorant layers. *Papermaking Science Technology*, 1931, No. 12 (11A), Pp. 593–601.

7. **Vinogradov E.L., Tropets V.A.** Investigation of optical properties of printing paper. Integrated approach. *Design. Materials. Technology*, 2011, No. 4 (19), Pp. 47–50. (rus)

8. **Vinogradov E.L.** Indexes of optical properties of print paper: the simplified definition. *Conference Proceeding Book*, 2006, Pp. 112–113.

9. **Tomimasu H., Luner P., Kim D., Suk D.** Comparison of four paper imaging techniques: P-radiography, electrography, light transmission and soft X- radiography. *Tappi Journal*, July, 1991, P. 165.

10. **Vinogradov E.L., Tropez V.A.** Investigation of the predictive ability of different methods for the evaluation of the heterogeneity of the paper in determining its effect on defects of ink-jet printing. *Bulletin of SPbGUPTA. Natural and technical sciences*, 2016, No. 1, Pp. 129–135. (rus)

*Received 21.06.2018.*

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS

**ВИНОГРАДОВ Евгений Леонидович**  
**VINOGRADOV Yevgeni L.**  
E-mail: vinogradov-el@rambler.ru

**КОРОТКОВ Дмитрий Станиславович**  
**KOROTKOV Dmitry S.**  
E-mail: dkor1@yandex.ru