


На правах рукописи



Домасёв Максим Валерьевич

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ
ЦВЕТОПЕРЕДАЧИ В МАШИНАХ
СТРУЙНОЙ ПЕЧАТИ НА БУМАЖНЫХ НОСИТЕЛЯХ**

Специальность: 05.02.13 — Машины, агрегаты и процессы
(полиграфическая промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург

2011

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна» на кафедре технологии полиграфического производства.

Научный руководитель: кандидат химических наук, доцент
Гнатюк Сергей Павлович

Официальные оппоненты: доктор физ.-мат. наук, профессор
Вакуленко Сергей Августович

кандидат технических наук, профессор
Леонтьев Владимир Николаевич

Ведущая организация: ОАО «Ленполиграфмаш», г. Санкт-Петербург

Защита состоится 26 декабря 2011 г. в 12.00 на заседании диссертационного совета Д 212.236.02 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна» по адресу: 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская ул., д. 18, ауд. 241.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна по адресу: 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская ул., д. 18.

Автореферат размещён на сайте www.sutd.ru

Автореферат разослан 17 ноября 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



В. В. Сигачева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время в полиграфии всё более широко используются машины струйной печати. Они обеспечивают оперативность получения тиражных копий изобразительных оригиналов с высоким качеством печати, по ряду важных параметров превосходящим возможности многих других систем репродуцирования изображения, как «цифровых», так и традиционных.

Основным показателем качества печатной продукции является цвет оттиска как результат комплекса взаимодействий морфологических, топологических, механических и прочих свойств подложки с красками в процессе их нанесения и закрепления в печатной машине.

Проблема надлежащего цветовоспроизведения ныне успешно решается с помощью систем управления цветом (Color Management Systems). Тем не менее, в силу ряда ограничений печатного синтеза цвет оригинала, в том числе, и в струйной печати, может быть передан на оттиске лишь субъективно тождественно в компромиссных условиях, обусловленных прежде всего ограниченной гаммой печатного синтеза. В этой связи всегда актуальной остается задача расширения его цветового охвата, что достигается в струйной печати поиском оптимальных условий печати, совершенствованием свойств красок, а также применением специальным образом произведенной и модифицированной бумаги.

Используемые в настоящее время для оценки этого показателя методы ограничиваются в основном лишь визуальным анализом тел цветовых охватов и их проекций на плоскости в равноконтрастном цветовом пространстве $L^*a^*b^*$ МКО, что не позволяет количественно оперировать данным параметром и вынуждает прибегать к экспертным оценкам. Это затрудняет адекватную оценку качества цветопередачи печатной системы.

Наличие объективных критериев оценки качества цветопередачи позволило бы интенсифицировать научные разработки в области производства материалов для струйной печати, совершенствования машин струйной печати, и оценить влияние на их качественные характеристики большого числа технологических показателей.

Данная задача должна решаться комплексно для системы краска — печатная машина — бумага с учетом свойств и механизмов взаимодействия всех ее компонентов, а результат оцениваться, по возможности, по наиболее представительному и объективному количественному критерию.

Цели и задачи работы. Целью работы является разработка комплексных критериев цветопередачи и методики управления качеством струйной печати. Основными задачами исследования является:

— разработка комплексного критерия объективной количественной оценки возможности цветопередачи в струйных машинах по цветовому охвату печати, который мог бы быть использован как основа выявления характеристик бумажной подложки, наилучшим образом согласующихся с показателями качества печатного изображения;

— исследование связи морфологических, топологических и химических свойств подложек с характеристиками цвета печати;

— создание математической модели прогнозирования потребительских свойств материала;

— экспериментальное апробирование модели прогнозирования.

Методы и средства исследований. В работе использовались методы: денситометрии, спектрофотометрии, колориметрии, математического моделирования стохастических трёхмерных объектов методом триангуляции, экспертных оценок, статистического анализа данных, фрактальной оценки морфологии и топологии бумаги, прецизионного химического синтеза; атомно-силовой микроскопии.

Основные положения, выносимые на защиту:

— методика квалиметрии результатов струйной печати;

— метод объективной численной оценки качества цветопередачи оттиска на основе критерия цветового охвата, вычисленного по объему тела цветового охвата методом триангуляции;

— оценка взаимосвязи цветового охвата со структурно-механическими, оптическими, градационными и контрастно-резкостными характеристиками бумаги;

— оценка влияния химической композиции приёмного слоя бумаг для струйной печати на показатели качества цветопередачи;

— критерий качества цветопередачи на основе характеристики цветового охвата и методика его применения как интегрального критерия качества печати и построения на основе этого критерия информационных и научно-исследовательских моделей и баз данных.

Научная новизна работы состоит в следующем:

— предложен комплексный численный критерий оценки качества цветопередачи, который, в отличие от существующих, объективно характеризует цветопередачу в системе краска-бумага-машина струйной печати и в своем количественном выражении позволяет прогнозировать качество струйной печати применительно к широкому спектру материалов;

— разработана модель прогнозирования свойств материалов для струйной печати на основе физических и топологические характеристики материала, а также с учётом химического состава его приемного слоя;

— разработана методика управления характеристиками цветопередачи в струйной печати на основе метода химической модификации поверхности печатной подложки как средство управления характеристиками цветопередачи;

— определены дискриминантные функции, описывающие свойства материалов в зависимости от их группы, на основании чего построена информационно-исследовательская база данных материалов.

Практическая значимость результатов работы:

— разработана методика оценки влияния свойств материалов на цветопередачу и качественные характеристики материалов струйной печати, прогнозирования их потребительских свойств, которые могут быть использованы в научно-исследовательских и маркетинговых разработках и в решении задач совершенствования качества полиграфической продукции;

— разработанное в рамках данных исследований прикладное программное обеспечение может быть использовано в типографиях, репроцентрах, научно-исследовательских и производственных учреждениях;

— научные и практические результаты работы используются в НИР и учебном процессе кафедры полиграфического производства.

Апробация работы. Основные положения работы были доложены на следующих конференциях:

- Международная конференция «Агрия Медиа» 2003 (Эгер, Венгрия);
- Международный симпозиум «Фотография в XXI веке: традиционные и цифровые процессы» 2006 (Санкт-Петербург);
- Третья международная конференция «Химия поверхности и нанотехнология» (Санкт-Петербург — Хилово);
- Международная конференция Printing Technology SPB'2006 (Санкт-Петербург);
- Шестая международная конференция ICISH'2008 (Пекин, КНР);
- Международная конференция молодых ученых Print-2009 (Санкт-Петербург);
- VIII Международная научно-практическая конференция «Визуальная культура: дизайн, реклама, информационные технологии» 2009 (Омск).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 статей из них 1 статья в издании, рекомендованном перечнем ВАК, 7 тезисов, 1 монография.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов и рекомендаций. Содержит 148 страниц, 36 рисунков, 17 таблиц, 5 приложений, список литературы из 82 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность тематики проведенного научного исследования, сформулированы цели и задачи исследования, определены научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе выполнено исследование основных научных разработок в области технологии струйной печати и технологии материалов для струйной печати (бумаг и красок). Приведена система классификации бумаг для струйной печати. Проанализирован химический состав красок для струйной печати. Рассмотрены основные качественные параметры бумаг для струйной растровой печати: геометрические — гладкость, пухлость, пористость; оптические — белизна, глянец; механические — мягкость, прочность; сорбционные показатели.

Анализ литературных источников показал недостаточность имеющихся критериев оценки качества материалов для струйной печати в отношении возможности прогнозирования качества итогового оттиска. Сделан вывод о необходимости оценки качества материала-носителя печатного изображения по печатному изображению как конечному результату взаимодействия системы бумага — краска — печатающее устройство, по которому оценивается качество самой печати потребителем.

Анализ зарубежных исследований показал возможность использования для решения этой задачи различных качественных критериев, созданных на базе колориметрической и экспертной оценки печатного оттиска по качеству цветопередачи. Рассмотрены основные методы этих оценок, их недостатки, определена возможность создания комплексного критерия оценки качества материалов для струйной печати на основе характеристики качества цветовоспроизведения.

Вторая глава посвящена разработке методического аппарата анализа качественных показателей материалов на базе следующих критериев: впитывающая способность, топология поверхности, белизна, оптическая плотность, локальный контраст и резкость, колориметрия. Для проверки эффективности предложенных критериев были использованы методы статистического анализа данных, основанные на методиках корреляционного, регрессионного, дисперсионного и кластерного анализов, а также методы экспертных оценок.

Краевой контраст и резкость определялись по микрофотографиям участка поверхности печатного изображения, образованного границей запечатанного и пробельного участка.

Оценка качества цветовоспроизведения осуществлялось методами классической колориметрии МКО. Для этого использовалась 288-польная цветовая шкала GretagMachbeth RGB Target 1.5. Для каждого образца шкалы вычислялись координаты цвета в системе XYZ МКО относительно стандартного колориметрического наблюдателя МКО 1931 г. и излучения D65. Измерения проводились спектрофотометром GretagMachbeth Eye-One. Ввиду нелинейности цветового пространства XYZ был осуществлен перевод координат цвета в систему $L^*a^*b^*$ МКО. Для удобства представления результата была также использована модификация цветовой координатной системы $L^*a^*b^*$ МКО — модель CIELCH, полученная путем трансформации координат цветности из прямоугольной в полярные координаты цветового тона ($h^\circ ab$) и насыщенности (C^*ab).

По полученным данным в системе координат цветового пространства $L^*a^*b^*$ МКО строилось тело цветового охвата, визуализированное на графике. Особый интерес в рамках решения поставленной данной работой задачи представлялся в определении геометрических характеристик тела цветового охвата, прежде всего объема и площади поверхности. Для этой цели был использован метод пространственной триангуляции по алгоритму QHull.

Объем тела цветового охвата, выраженный в единицах ΔE^3 , следует считать точной численной характеристикой способности печатной системы качественно воспроизводить гамму цветов изобразительного оригинала, а значения координат цветовой насыщенности C^*ab , вычисленные для трёх основных колорантов печатной машины (CMY) и их попарных смесей (RGB), позволяют определить способность печатной системы воспроизводить отдельные группы цветовых тонов. Чем ниже значения этих характеристик, тем меньший диапазон цветов изобразительного оригинала оказывается возможным воспроизвести в печати с использованием данного носителя и как следствие этого ниже потребительская оценка субъективного качества печати. Для проверки адекватности данного критерия было предложено оценить его связь с субъективным качеством печати, определённым методом экспертных оценок.

Для расчёта показателя объема тела цветового охвата и колориметрических характеристик материалов было написано специализированное программное обеспечение.

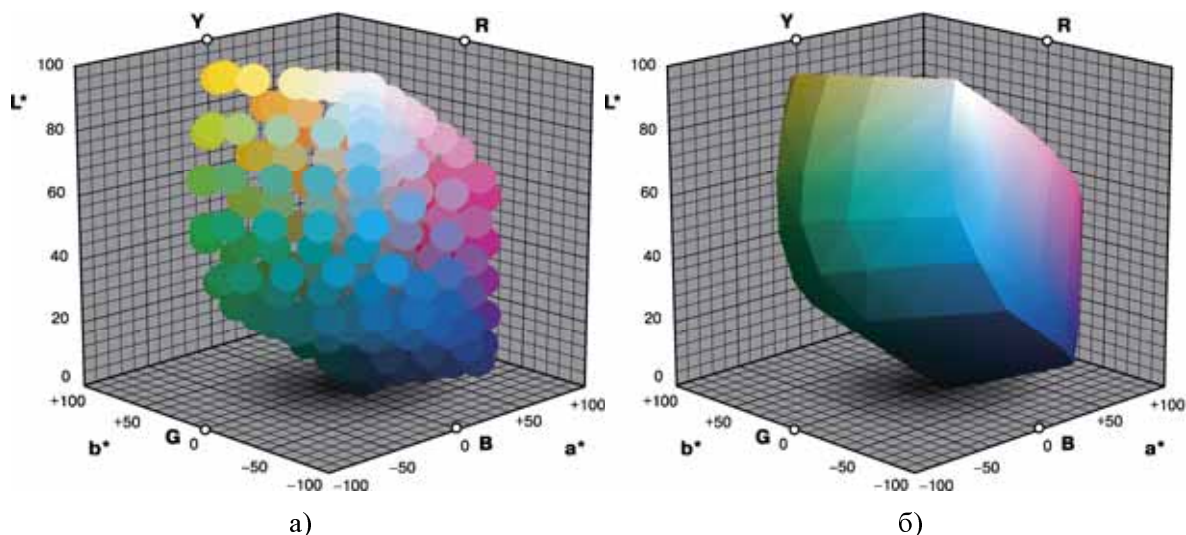


Рис. 1. Аппроксимация тела цветового охвата в системе $L^*a^*b^*$ МКО с помощью триангуляции по алгоритму QHull: а) исходные данные, б) результат триангуляции

Оценка топологии носителя осуществлялась на основе микрофотографий поверхности бумаги по методу фрактальных оценок, предложенному А. Б. Лихачевым. Суть метода заключается в построении описывающих структуру поверхности материала фрактальных моделей параметры которых позволяют с очень высокой степенью точности судить о характере поверхности, её однородности и распределении микронеровностей. Наличие такой оценки позволяет рассчитать корреляции качественных показателей печатного изображения с геометрическими свойствами материала-носителя.

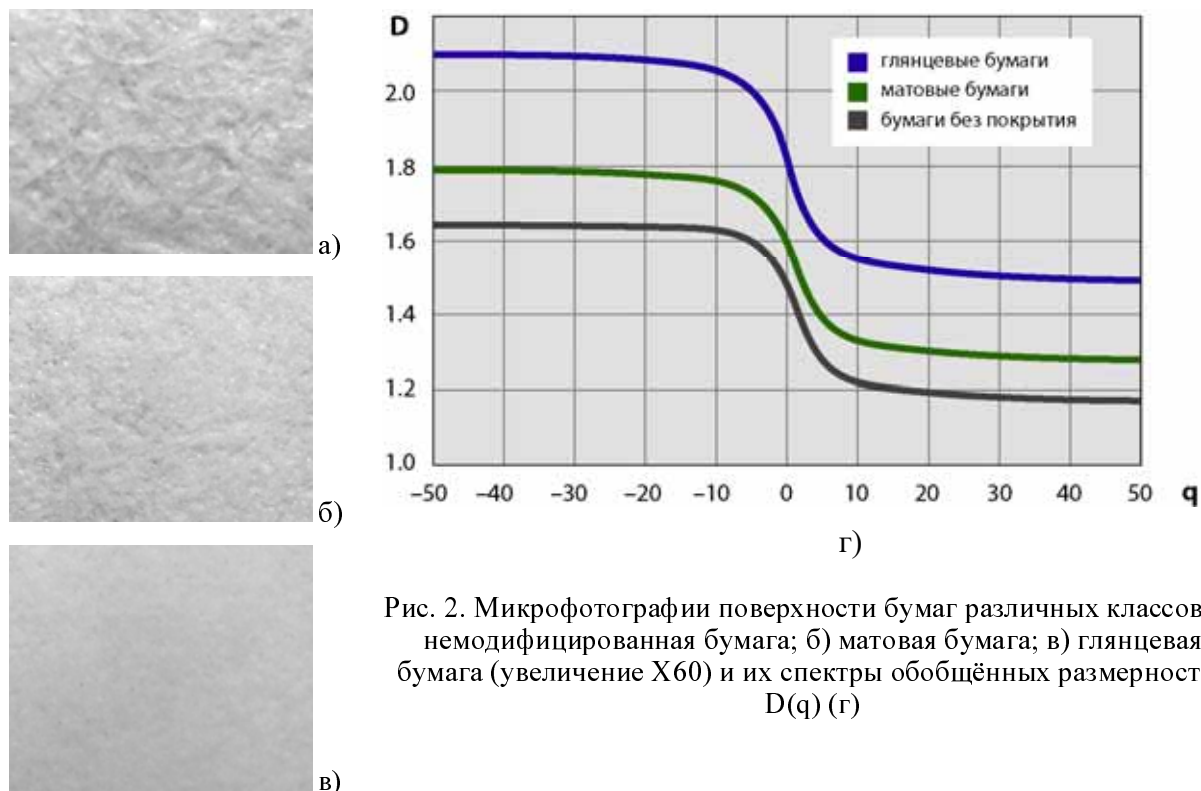


Рис. 2. Микрофотографии поверхности бумаг различных классов: а) немодифицированная бумага; б) матовая бумага; в) глянцевая бумага (увеличение X60) и их спектры обобщённых размерностей $D(q)$ (г)

Анализ градационной характеристики материалов осуществлялся по значениям оптической плотности на основе 20-польной линейной градационной шкалы от 0% до 100% с шагом 5% для желтого, пурпурного, голубого и черного колорантов.

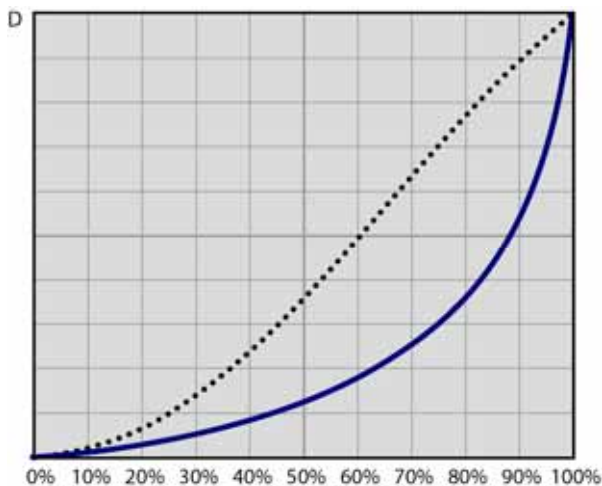
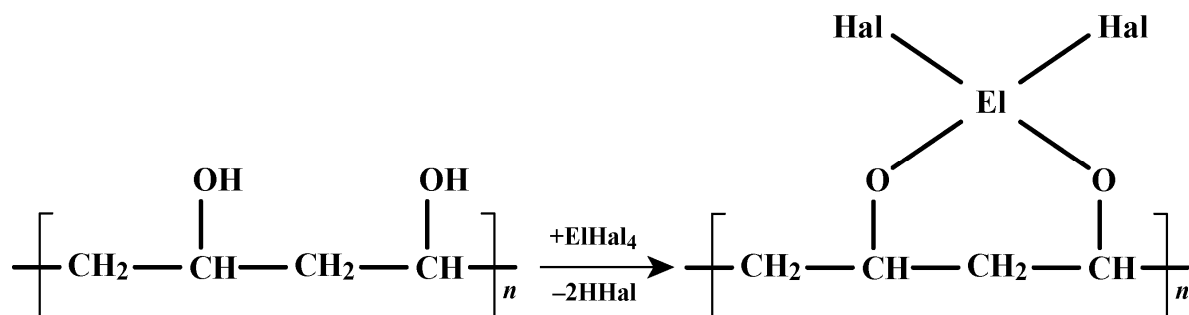


Рис. 3. Градиционная характеристика печатной системы, построенной на базе струйного принтера Epson Stylus Photo R220 и бумаги Lomond Glossy Photo Paper (сплошная линия) и градиционная кривая офсетного печатного процесса (пунктирная линия), построенные в линейной шкале координат значения тона (DV), % — оптическая плотность (D)

В качестве меры белизны бумаги было предложено использовать характеристику светлоты L^*_w МКО незапечатанного поля материала. Одновременно с этим определялась светлота L^*_k МКО поля запечатанного чёрной краской и разница этих двух величин ΔL^* , которая может быть интерпретирована как показатель **динамического диапазона** материала.

Для оценки статистической значимости результатов работы и проверки вероятностных зависимостей между различными группами показателей качественной оценки было предложено использовать методы корреляционного, регрессионного, кластерного, дисперсионного и дискриминантного анализа.

Для проверки гипотезы о влиянии химического состава материала-носителя на печатные свойства бумаг и, прежде всего, на качество цветопроизведения, был использован метод направленной наноструктурной химической модификации материала, основанный на положениях теории молекулярной сборки Алесковского-Кольцова. Метод основан на проведении управляемой химической реакции замещения в результате которой имеющиеся на поверхности материала функциональные группировки замещаются атомными группами строго определенного состава с образованием атомарного монослоя, связанного химическими связями с поверхностью материала-носителя. Путем многократного повторения реакции удастся образовать любое число таких слоев, регулируя тем самым поверхностные свойства образца на атомарно-молекулярном уровне:



Третья глава посвящена экспериментальному исследованию качественных характеристик материалов для струйной печати с использованием предложенных методик. Для этого были отобраны различные сорта бумаг для струйной

фотографической бумаги отечественных и зарубежных производителей в соответствии с ассортиментом, доступном отечественному потребителю. Предварительно оценивалась геометрическая однородность образцов чтобы исключить из исследования бракованные бумаги.

По методу Клемма была определена впитывающая способность материалов (табл. 1), определены мультифрактальные оценки топологии их поверхности (табл. 2).

Табл. 1. Материалы для струйной печати, отобранные в качестве объектов исследования

Обр. №	Производитель	Коммерческое название	Характер поверхности	Плотность, г/м.кв.	Впитывающая способность, h
1.	Светогорск	SvetoCopy	без покрытия	80	3.25
2.	ProfLine	ProfLine MT	матовая	210	2.12
3.	Canon	Matte Photo Paper	матовая	170	1.90
4.	Lomond	Matt Inkjet Photo Paper	матовая	170	1.98
5.	ProfLine	ProfLine GL	глянцевая	210	1.86
6.	Epson	Matte Paper Heavyweight	матовая	167	1.75
7.	Славич	Дизайн плюс матовая	матовая	170	1.67
8.	Kodak	Glossy Picture Paper	глянцевая	190	1.29
9.	Славич	Принт фото сатин	полуглянцевая	190	1.16
10.	HP	Premium Plus Photo Paper Matt	полуглянцевая	240	1.05
11.	Epson	Photo Quality Glossy Paper	глянцевая	141	0.90
12.	HP	Premium Glossy Photo Paper	суперглянцевая	240	0.68
13.	Lomond	Super Glossy	суперглянцевая	170	0.60
14.	Славич	Фотоджет глянцевая	суперглянцевая	230	0.57

Табл. 2. Мультифрактальные показатели топологии поверхности исследованных материалов

Обр. №	Материал	$D(0)$	$D(1)$	$D(2)$	$D(50)$	$f(50)$	$\alpha(50)$
1.	Светогорск SvetoCopy	1.917	1.866	1.816	1.498	0.099	1.470
2.	ProfLine MT	1.973	1.912	1.859	1.549	0.097	1.520
3.	Canon Matte Photo Paper	1.978	1.921	1.870	1.529	0.090	1.544
4.	Lomond Matt Inkjet Photo Paper	1.983	1.933	1.859	1.549	0.097	1.520
5.	ProfLine GL	1.990	1.945	1.944	1.779	0.598	1.800
6.	Epson Matte Paper Heavyweight	1.988	1.927	1.866	1.574	0.106	1.548
7.	Славич Дизайн плюс матовая	1.990	1.936	1.874	1.549	0.110	1.520
8.	Kodak Glossy Picture Paper	1.996	1.951	1.936	1.764	0.604	1.771
9.	Славич Принт фото сатин	1.994	1.940	1.771	1.673	0.106	1.635
10.	HP Premium Plus Photo Paper Matt	1.996	1.950	1.760	1.640	0.097	1.600
11.	Epson Photo Quality Glossy Paper	2.000	1.968	1.944	1.829	0.598	1.802
12.	HP Premium Glossy Photo Paper	2.000	2.000	1.985	1.915	0.454	1.772
13.	Lomond Super Glossy	2.000	2.000	1.990	1.900	0.460	1.829
14.	Славич Фотоджет глянцевая	2.000	2.000	1.996	1.935	0.455	1.800

Печатные характеристики материалов испытывались на струйном принтере Epson Stylus Photo R220. Для печати использовались оригинальные красочные материалы производства фирмы Epson, выдерживались необходимые процедуры по акклиматизации бумаги, поддержанию постоянных климатических условий и времени стабилизации печатного изображения. Печать выполнялась при соблюдении постоянного режима печати без использования системы управления цветом. Были получены следующие результаты:

Табл. 3. Печатные характеристики бумаг (материалы ранжированы по степени увеличения численного значения объема тела цветового охвата)

Обр. №	Краевая резкость	Локальный контраст	Оптическая плотность чёрного поля	Градационная кривая $D = a + \exp(b \times DV)^*$		Динамич. диапазон ΔL^* МКО**	Объем тела цветового охвата, ΔE^3
				<i>a</i>	<i>b</i>		
1.	66.70	0.2706	1.19	0.1202	0.0230	65.39	249590
2.	45.20	0.4544	1.45	0.0693	0.0303	76.93	454910
3.	43.00	0.4218	1.38	0.0743	0.0291	80.77	528750
4.	43.70	0.4154	1.72	0.0541	0.0339	81.43	544050
5.	31.30	0.5309	1.84	0.0494	0.0356	84.68	553300
6.	44.60	0.4658	1.53	0.0738	0.0300	82.62	553980
7.	43.70	0.5571	1.31	0.0550	0.0313	83.66	577430
8.	31.80	0.4702	1.77	0.0425	0.0371	87.66	605220
9.	36.80	0.6121	1.93	0.0528	0.0353	89.04	628440
10.	36.00	0.5297	1.90	0.0737	0.0319	88.82	646120
11.	31.30	0.6030	2.06	0.0397	0.0382	90.30	653370
12.	29.40	0.6346	2.53	0.0434	0.0395	92.39	755600
13.	30.00	0.7041	2.35	0.0381	0.0401	91.12	771530
14.	32.10	0.6020	2.27	0.0394	0.0394	91.35	798070

* DV (dot value) значение размера растровой точки в процентах, задаваемое при печати. Значение коэффициента корреляции уравнения для всех 14 исследованных образцов $r > 0.99$.

** Показатель оценивался как разница значений светлоты для чёрного и белого полей.

Табл. 4. Цветовая насыщенность C^*ab по МКО шести цветовых образцов R, G, B, C, M, Y для исследованных материалов (материалы ранжированы по степени увеличения численного значения объема тела цветового охвата)

Обр. №	R	G	B	C	M	Y	Объем тела цветового охвата, ΔE^3
1.	65.25	47.92	25.83	38.84	64.27	85.48	249590
2.	81.96	51.34	35.75	43.33	76.20	103.19	454910
3.	86.49	50.58	38.82	45.38	78.86	108.65	528750
4.	87.20	56.29	40.51	48.66	79.74	106.43	544050
5.	84.66	58.84	39.69	49.53	79.70	106.95	553300
6.	89.24	52.66	38.41	45.47	79.99	110.76	553980
7.	87.92	56.55	38.37	47.48	78.83	110.97	577430
8.	84.71	69.96	51.25	51.01	78.93	107.42	605220
9.	88.04	68.96	49.09	52.79	82.47	106.68	628440
10.	93.52	71.44	53.78	49.95	79.95	107.30	646120
11.	94.37	62.02	48.35	49.79	82.57	114.28	653370
12.	104.63	80.35	64.69	51.42	85.25	111.65	755600
13.	99.30	81.52	60.76	52.68	84.91	114.18	771530
14.	103.41	86.00	65.95	53.19	85.31	112.47	798070

В четвертой главе анализируются результаты полученных в третьей главе экспериментальных данных.

Результаты статистического анализа материалов исследований выявили высокие степени корреляции физических, оптических и топологических характеристик материалов с показателями качества цветопроизведения. Были также установлены высокие парные корреляции исследованных характеристик, что позволило предположить факт их взаимного влияния друг на друга. Высокие корреляции всех групп исследованных показателей с объемом тела цветового

охвата (табл. 5) позволили рассматривать эту характеристику как интегральный критерий оценки качества материала.

Табл. 5. Коэффициенты корреляции квалиметрических показателей материалов к величине объема тела цветового охвата*

Характеристика		№	<i>r</i>	
Плотность бумаги		1	0,6630	
Маркировка типа бумаги		2	0,8601	
Впитывающая способность по Клемму, <i>h</i>		3	-0,9804	
ФРАКТАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОПОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ МАТЕРИАЛА	D(0)	4	0,8965	
	D(1)	5	0,9739	
	D(2)	6	0,5625	
	D(50)	7	-0,8189	
	<i>f</i> (50)	8	0,5095	
	α (50)	8	0,7441	
КОНТРАСТНО-РЕЗКОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	Резкость	10	-0,8896	
	Контраст	11	0,9006	
КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	Цветовая насыщенность по МКО C*ab, ΔE	R	12	0,9654
		G	13	0,8797
		B	14	0,9402
		C	15	0,9178
		M	16	0,9519
		Y	17	0,8642
		K	18	-0,8192
	Светлота по МКО L*, ΔE	W	19	0,6748
		K	20	-0,9689
		W	21	0,0195
	ΔL^*	22	0,9622	
ДЕНСИТОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	Плотность черного поля		23	0,8699
	коэффициенты регрессии гради- ционной кривой $D = a \cdot \exp(b \cdot DV)$	a	24	-0,8518
		b	25	0,9011
ОБЪЕМ ТЕЛА ЦВЕТОВОГО ОХВАТА		V, ΔE^3	26	—

* Вычисление коэффициента корреляции осуществлялось по линеаризованным данным

Показатель объема тела цветового охвата как характеристика качества цветной печати показал высокую корреляцию с субъективной оценкой качества печати, полученной методом экспертных оценок (табл. 6).

Табл. 6. Корреляция инструментальной и экспертной оценки качества цветной печати по вариационному ряду

V, ΔE ³	Показатель качества печати (точка вариационного ряда)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
инструментальная оценка	249 590	454 910	528 750	544 050	553 300	553 980	577 430	605 220	628 440	646 120	653 370	755 600	771 530	798 070
экспертная оценка*	249 590	515 857	504 664	517 310	555 280	576 797	569 349	618 973	618 322	661 333	675 543	732 392	768 991	755 960
$r = 0,9829^{**}$														

* Показатель определен как среднее по группе из 12 экспертов, которым предлагалось расположить исследованные образцы в вариационный ряд по степени увеличения субъективного качества печати. В зависимости от номера образца в вариационном ряду, построенном по инструментально определенному значению объема тела цветового охвата, образцу в вариационном ряду построенном экспертом присваивалось соответствующее численное значение объема тела цветового охвата, которое заносилось в таблицу результатов как функциональное значение для данной точки вариационного ряда. Данная методика отражает неспособность аппарата цветового зрения человека выполнять абсолютные цветовые оценки и наблюдаемую одновременно с этим способность выполнять сравнительные оценки, например сравнивать два оттиска по качеству цветовой репродукции.

** Значение коэффициента линейной корреляции между инструментальной и экспертной оценками качества печати по значению объема тела цветового охвата.

Была также выявлена высокая вариативность исследованных показателей. Наибольшую вариативность показал объем тела цветового охвата. Этот и другие показатели оказались в сильной зависимости от типа материала, что позволило произвести кластеризацию материалов выделив на основании распределения их качественных показателей пять групп. Этот результат оказался в полном согласовании с системой классификации материалов, принятой среди фирм-производителей бумаг для струйной печати, что, в свою очередь, послужило основой для построения дискриминантных моделей, описывающих свойства каждого класса материалов и позволяющих прогнозировать их свойства, что является основой для построения реляционной базы данных носителей для струйной печати.

Оценивая вариативность показателей между кластерами удалось установить, что показатели качества цветопередачи и объем тела цветового охвата показали высокую величину дисперсии как между группами, так и внутри них, а дисперсия морфологических характеристик материалов имела значимый показатель только между группами, а внутри них оказалась незначительной. В качестве объяснения этого явления была выдвинута гипотеза, что в отличие от всех остальных показателей колориметрические характеристики материала оказываются в сильной зависимости не только от морфологии и физических свойств материала, но и от его химического состава, который, таким образом, оказывается значимым фактором влияющим на качество цветной репродукции.

Для проверки этого утверждения было исследовано изменение показателя объема тела цветового охвата в зависимости от химического состава воспринимающего слоя материала-носителя. В качестве образцов материалов, отобранных для эксперимента, были взяты два образца матовой бумаги для струйной фотографической печати производства: образец №1 фирмы ProfLine (Китай) и

образец №2 фирмы Canon (Япония), относящиеся к одному классу материалов по своему физическому строению и топологии поверхности, но показавшие различие качественных показателей печати, что следует объяснить, помимо прочих равно возможных факторов, различием их химического состава. Путем привития к поверхности приёмного слоя бумаг химических групп тетрахлористого титана удалось нормализовать химическую структуру двух образцов. Изменение поверхностной структуры материалов на атомно-молекулярном уровне было установлено методами атомно-силовой микроскопии (рис. 4).

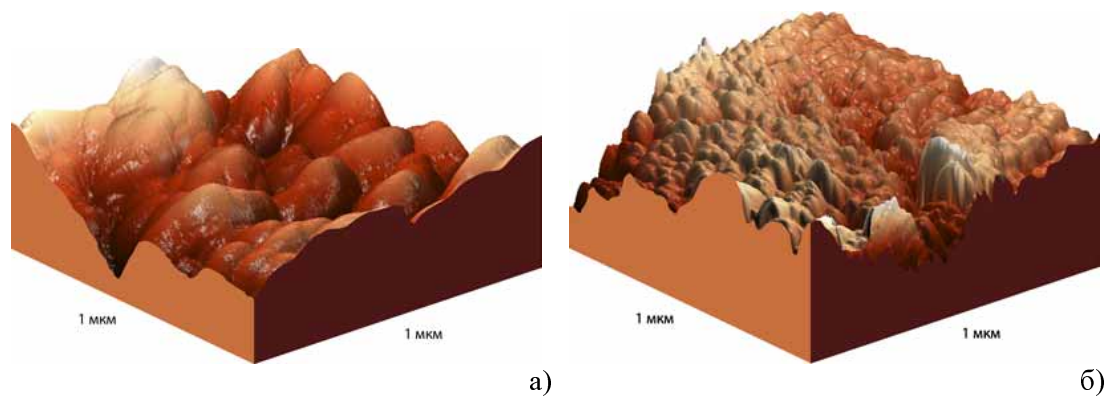


Рис. 4. Изменение поверхностной структуры материала до (а) и после (б) химического модифицирования его поверхности

Процесс повлиял на изменение зоны цветового охвата и прочие характеристики качества цветопередачи. Для образца №1 наблюдалось увеличение цветового охвата с одновременным увеличением показателей цветовой насыщенности, которые приблизились к аналогичным характеристикам образца №2. При этом характеристики образца №2 остались практически без изменений, видимо поскольку химический состав этого образца уже был оптимально подобран производителем и дальнейшей оптимизации не потребовал (табл. 7).

Табл. 7. Колориметрические характеристики образцов после проведения химической модификации их поверхности: а) — до модификации, б) — после модификации

Образец		C* _{ab}						Объем тела цветового охвата, ΔE ³
		R	G	B	C	M	Y	
ProfLine	а)	81.96	51.34	35.75	43.33	76.20	103.19	454910
	б)	86.98	50.48	39.66	45.98	78.06	107.66	526921
Canon	а)	86.49	50.58	38.82	45.38	78.86	108.65	528750
	б)	87.02	52.87	39.92	46.23	78.87	108.92	531428

Таким образом было установлено, что нормализация химической структуры различных бумаг приводит к нормализации их печатных свойств и более полной реализации качественных возможностей, заложенных их морфологией. При этом критерий цветового охвата показал свою высокую чувствительность к изменению любых качественных свойств материала, включая изменение его атомно-молекулярной структуры.

На основании анализа квалитетических характеристик (табл. 5) были построены дискриминантные функции для пяти групп исследованных материалов, соответствующих бумагам без покрытия, матовым, глянцевым, микропористым полуглянцевым и микропористым глянцевым бумагам. Анализ приведенных графиков дискриминантных функций наглядно показывает возможность оценивать имеющиеся материалы по 26 критериям, а также прогнозировать свойства новых материалов. Полученные результаты легли в основу создания информационно-исследовательской базы данных материалов для струйной печати, имеющей научное и практическое применение.

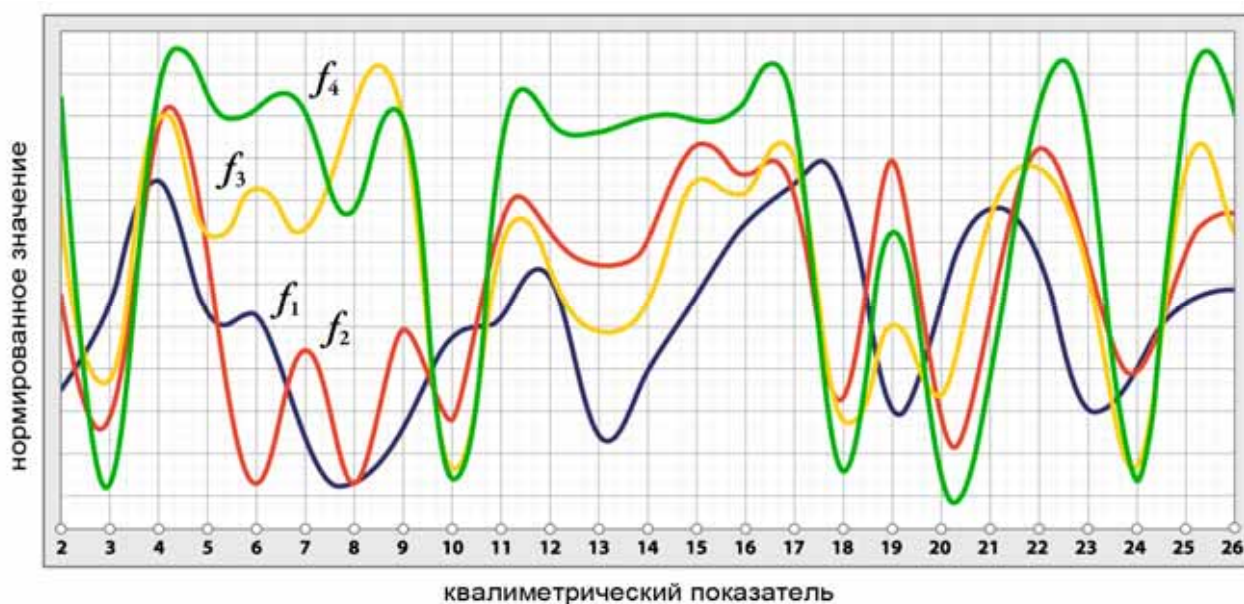


Рис. 5. Графики дискриминантных функций: f_1 — для класса матовых бумаг, f_2 — для глянцевых бумаг, f_3 — для микропористых полуглянцевых бумаг, f_4 — для микропористых глянцевых бумаг

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В диссертации изложены научно обоснованные технические разработки в области оценки качества цветопередачи в машинах струйной печати. Внедрение этих разработок будет способствовать научно-техническому прогрессу в полиграфической промышленности и повышению качества печатной продукции.

По работе можно сформулировать следующие выводы:

1. Разработана методика квалитетрии результатов струйной печати в рамках которой предложен комплексный численный метод оценки качества цветопередачи по критерию цветового охвата, определяемый с помощью специально написанного программного обеспечения.
2. Показана высокая чувствительность данного критерия к изменению свойств материала, включая изменение его атомарно-молекулярной структуры.
3. Обоснована возможность использования данного критерия как интегрального критерия качества печати.
4. Показана возможность улучшения качества печати за счёт нормализации химического состава печатной подложки.

5. Предложен подход к математико-статистическому описанию свойств материалов на основании корреляционного, регрессионного, кластерного и дискриминантного анализов.

6. Разработана методика построения информационно-исследовательской базы данных материалов для струйной печати на основе данных дискриминантного анализа, которые могут в дальнейшем использоваться в работах по совершенствованию технологии бумаг для струйной печати.

7. Показана связь показателя качества цветопередачи как интегрального критерия качества печатного изображения, коррелирующего с потребительской оценкой качества печатной продукции, с совокупностью её квалитетических оценок.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

Статьи в журналах, входящих в перечень ВАК:

1. С.П.Гнатюк, М.В.Домасёв, В.В.Ильина. Принципы классификации материалов для цифровой струйной печати. // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела, №6. М., МГУИ, 2008.

Публикации в научных журналах и сборниках:

2. Абрамова С.Г., Поддымова М.В., Домасёв М.В., Лихачев А.Б. Гнатюк С.П. Вычисление и визуализация тела цветового охвата материалов для струйной фотографической печати по данным спектрофотометрических измерений. // Проблемы развития кинематографа и телевидения. Сборник научных трудов. Выпуск 18. СПб., СПбГУКиТ, 2005.

3. Григорьева К.В., Медведева Е.А., Домасёв М.В., Лихачев А.Б., Гнатюк С.П. Корреляции оптических характеристик материалов для струйной печати с особенностями структуры, адсорбционными и адгезионными свойствами. // Проблемы развития кинематографа и телевидения. Сборник научных трудов. Выпуск 18. СПб., СПбГУКиТ, 2005.

4. Гнатюк С.П., Домасёв М.В., Лихачев А.Б., Санжаровская Т.Ю. Анализ свойств и классификации материалов для струйной печати. // Актуальные вопросы современной науки. Сборник научных трудов. Выпуск 2. ЦРНС, Новосибирск, 2008.

5. Гнатюк С.П., Домасев М.В., Костенко Д.М., Трифонов С.А., Шавкун С.Л. Наномодифицированные материалы для цифровой струйной печати. // Актуальные вопросы современной науки. Сборник научных трудов. Выпуск 2. ЦРНС, Новосибирск, 2008.

6. Гнатюк С.П., Домасёв М.В., Зиненко Т.Н. Принципы классификации материалов для струйной цифровой печати. // Проблемы развития кинематографа и телевидения. Сборник научных трудов. Выпуск 22. СПб., СПбГУКиТ, 2009.

Материалы и тезисы конференций:

7. Гнатюк С.П., Домасёв М.В., Лихачёв А.Б., Шавкун С.Л. Использование принципов химической модификации для управления свойствами носителей

для струйной печати. Тезисы доклада на Международном симпозиуме «фотография в XXI веке: традиционные и цифровые процессы», СПб, 2006.

8. М. В. Домасёв, С.Л. Шавкун, А.Б. Лихачев, С.П. Гнатюк. Использование принципов химической модификации для управления свойствами носителей для струйной печати. Тезисы докладов на Третьей Всероссийской конференции «Химия поверхности и нанотехнология», СПб. — Хилово, 2006.

9. М.М. Nikonenko, S.L. Shavkun, M.V. Domasev, S.P. Gnatyk. Принципы химического модифицирования бумаг для струйной печати с целью обеспечения контроля их характеристик. Тезисы доклада на Международной конференции Print SPB, СПб., 2006.

10. S. Gnatyuk, M. Domasev, S. Shavkun. Использование нанотехнологий при разработке носителей для струйной цифровой печати. 6-я международная конференция по обработке изображений и печати. Джанянг, Китай, 2008.

11. Домасёв М., Акимова К., Воробьев Г., Миронова И., Нечаев К., Савинский И., Шавкун Л., Шапкин С., Гнатюк С. Влияние физико-химической структуры поверхности рецептивного слоя на свойства наномодифицированных носителей для струйной печати. Тезисы доклада на Международной конференции молодых ученых Print-2009. СПб., СЗИП, 2009.

12. Акимова К.А., Воробьев Г.И., Домасев М.В., Миронова И.Ю., Нечаев К.В., Савинский И.С., Шавкун С.Л., Шапкин С.А. Научный руководитель Гнатюк С.П. Влияние физико-химической структуры поверхности рецептивного слоя на свойства наномодифицированных носителей для струйной печати. Всероссийская научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Проблемы экономики и прогрессивные технологии в текстильной, легкой и полиграфической отраслях промышленности». Дни науки 2009. Тезисы докладов. СПб, СПбГУТИД, 2009.

13. С.П.Гнатюк, М.В.Домасёв. Анализ свойств и классификация материалов для струйной печати. Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Визуальная культура: дизайн, реклама, информационные технологии». Омск, ОГТУ, 2009.

Монографии:

14. Домасёв М.В., Гнатюк С.П. Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения. СПб, издательский дом «Питер», 2009.

Подписано в печать 15.11.2011

Уч. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ №12

Отпечатано в ИПЦ СЗИП СПбГУТИД

191180, Санкт-Петербург, ул. Дзамбула, 13

тел. (812) 315-91-32