

ИЗДАТЕЛЬСКОЕ ДЕЛО. ПОЛИГРАФИЯ

УДК 655.344.022.72

**А. В. ГОЛУНОВ
Л. Г. ВАРЕПО**

Омский государственный
технический университет
Московский государственный
университет печати
им. Ивана Фёдорова

ВЛИЯНИЕ НА РАСШИРЕНИЕ ЦВЕТОВОГО ОХВАТА ПЕЧАТНОЙ СИСТЕМЫ МИКРОГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТИ ЗАПЕЧАТЫВАЕМОГО МАТЕРИАЛА

В статье рассматриваются подходы к оценке цветового охвата печатной системы с учетом реального профиля поверхности пористого запечатываемого материала, разработаны рекомендации по подбору запечатываемого материала для оптимальной цветопередачи при заданных условиях в печатной системе «печатная краска—бумага—печатная машина».

Ключевые слова: цветовой охват, однородность поверхности, профиль поверхности, печатная система.

Актуальность данной работы обусловлена увеличением числа факторов, влияющих на цветовоспроизведение печатной системы, таких как установки управляющих программ печатных машин, красящие компоненты различных марок и производителей, а также большой ассортимент запечатываемых мате-

риалов с различными свойствами и составом. Для обеспечения высокого качества печати многокрасочных оттисков, в соответствии с предъявляемыми требованиями, необходимо обеспечить оптимальный подбор системы печати «машина—краска—бумага». Практика показывает, что точность вос-

Таблица 1

Характеристики образцов исследуемых запечатываемых материалов

№	Марка материала	Масса м ² , г	Характеристика материала
1	Zeta (молоток)	260	Белая чистоцеллюлозная бумага
2	Zeta (лен)	260	Белая чистоцеллюлозная бумага
3	Luxpack	120	Бумажный переплетный материал с тиснением «лен»
4	Katlin	120	Бумажный переплетный материал
5	Alaska	230	Целлюлозный картон из первичных волокон с двуслойным мелованием лицевой стороны. Оборот кремовый.
6	Maule	225	Целлюлозный картон с двуслойным мелованным покрытием лицевой стороны и крафт-оборотом.
7	Chromocard	220	Чистоцеллюлозный картон с трехслойным мелованным слоем и мелованным матовым оборотом.
8	Ладога	220	Картон из беленой целлюлозы, древесной массы и макулатуры, с мелованным покрытием
9	Avantage	250	Дизайнерский картон

произведения бумагой печатной формы в процессе печатания в значительной степени зависит от однородности ее структуры [1–4]. В понятие «структура бумаги» включают не только совокупность ее ингредиентов и связей между ними, но также и геометрию поверхности листа. Практический интерес применительно к производству многокрасочной полиграфической продукции имеет изучение микрогеометрии поверхности запечатываемого материала, так как макронеровности в процессе движения листа в проводящей системе печатающего устройства, а также в зоне контакта печатной пары, подавляются.

Шероховатость поверхности любых материалов характеризует степень развитости ее микрорельефа. Количество неровностей и их линейные размеры обусловлены степенью отделки и поверхностной обработки материала. Если материал проходит последующую отделку в виде нанесения мелованных слоев, то наличие микро- и макронеровностей на поверхности будет зависеть от толщины мелованного слоя и количества мелованных слоев, этап каландрирования также оказывает влияние на состояние поверхности материала. При нанесении многокрасочного изображения на материал с развитым рельефом поверхности возможно выпадение некоторых мельчайших элементов изображения, а от этого и уменьшение насыщенности и, как следствие, — сужение общего цветового охвата печати.

Особенности оптических свойств обусловлены большим разнообразием ингредиентов бумаги по происхождению и оптическим характеристикам, в частности белизне.

Цель работы: достижение максимального качества многокрасочной печати при заданных характеристиках печатной системы.

В данной работе ставится задача — осуществить оценку цветовоспроизведения печатной системы и установить зависимость цветовоспроизведения печатной системы от свойств поверхности запечатываемого материала, разработать рекомендации по подбору запечатываемого материала для оптимальной цветопередачи при заданных условиях в печатной системе «печатная краска — бумага — печатная машина».

Материалы и методы исследования. Цветовой охват оценивали с помощью шкал путем нанесения

краской тест-объекта, содержащего контрольные элементы, на запечатываемый материал (рис. 1).

Печать тестовых шкал на исследуемых образцах бумаги и картона, характеристика которых представлена в табл. 1, проводили на машине фирмы Heidelberg марки Speedmaster 102-2 краской K + E (Novovit) и Orion.

Граничные точки тела цветового охвата печатной системы, построенные по результатам оценки координат цвета, полей шкалы, в цветовом пространстве $L^*a^*b^*$ соединяются линиями в следующем порядке:

- линия чистых тонов, соединяющая точки чистых цветов и их бинарных смесей;
- линии постоянных цветовых полей при изменении насыщенности от чистого до белого;
- линии постоянных цветовых полей при изменении насыщенности от чистого до черного.

Таким образом, получаем замкнутое тело в трехмерном равноконтрастном цветовом пространстве $L^*a^*b^*$, поверхность которого разбита на четырехугольники. Затем для дальнейшего описания тела треугольниками необходимо провести диагональ в каждом четырехугольнике, которая разделяет поверхность тела охвата цветов печатной системы на элементарные треугольники, необходимые для расчета объема цветового охвата системы.

Стандартная белизна (Brightness) бумаги — это коэффициент диффузного отражения поверхности при освещении бумаги определенным источником света, измеренный при длине волны 457 нм. Согласно международному стандарту, белизна измерялась с помощью спектрофотометра GretagMachbeth Spectro Eye.

Параметр шероховатости поверхности (R_a — среднее арифметическое отклонение профиля), объем пустот поверхностного слоя рассчитаны по мощью прикладного программного обеспечения Still профилографа Micromasure 3D station Mac.

Объем материала и объем пустот были получены аппроксимированием поверхности слоя материалов до параллелепипеда, высотой которого являлось расстояние от дна самой глубокой впадины на материале до самого высокого пика на исследуемом участке.

Вид профилограммы, полученной в ходе проведения экспериментальной оценки микрогеометрии поверхности запечатываемых материалов, представлен на рис. 2.

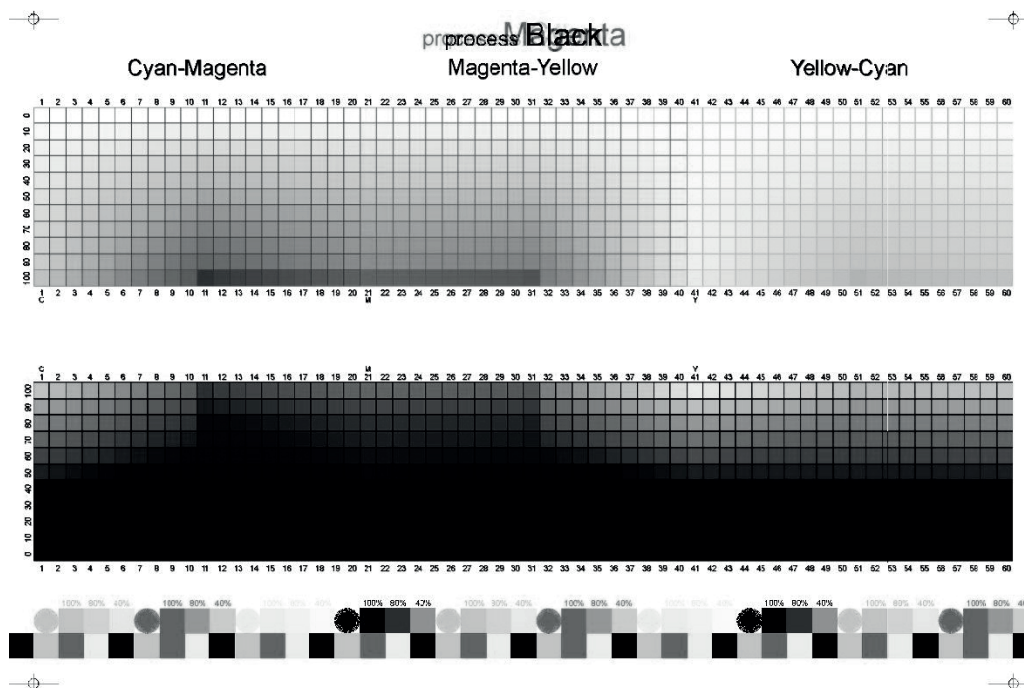


Рис. 1. Шкала цветового охвата печатной системы с полями контроля параметров печатного процесса

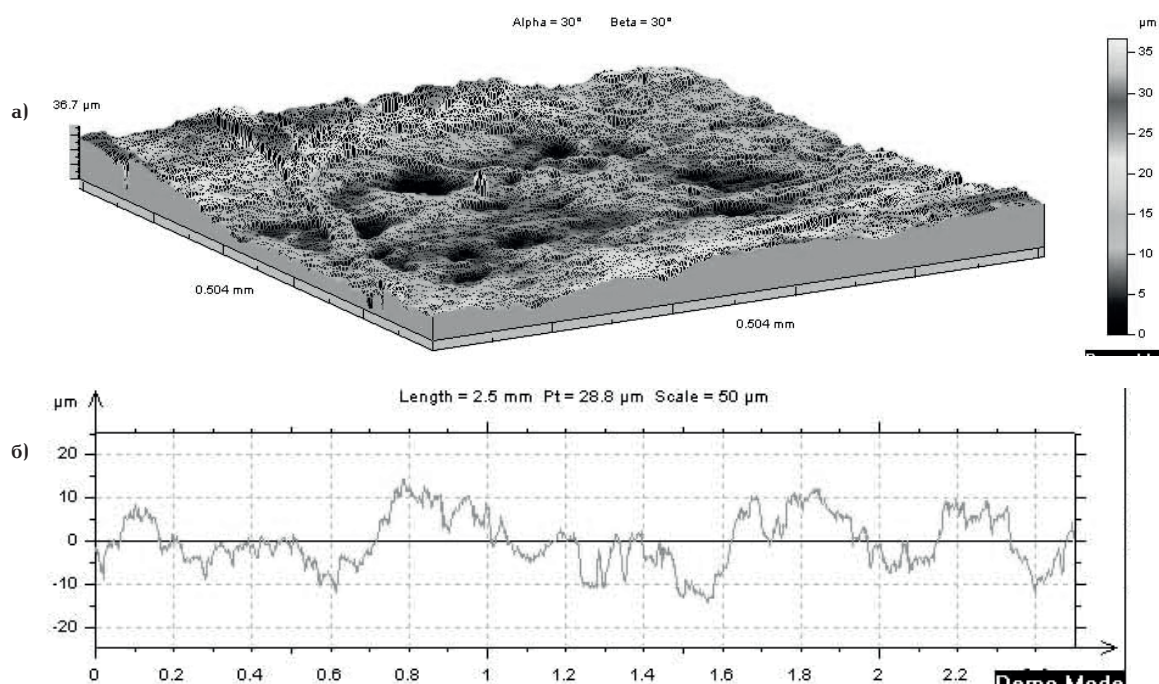


Рис. 2. Результат исследования шероховатости и однородности поверхности методом бесконтактной профилометрии, представленный в виде трехмерной модели поверхности (а) и профиля среза поверхности материала (б)

Для комплексного анализа и получения комплексного показателя качества поверхности материалов для цветной офсетной печати использовался измерительный метод.

Комплексный показатель качества поверхности запечатываемого материала рассчитывали по формуле:

$$K_o = 100/B \times m_1 + R_a/R_{\text{эт}} \times m_2 + 1/K_{\text{однород.}} \times m_3,$$

где K_o — комплексный показатель качества поверхности материала;

R_a — шероховатость поверхности запечатываемого материала;

B — белизна запечатываемого материала;

$K_{\text{однород.}}$ — коэффициент однородности поверхности;

m_1, m_2, m_3 — коэффициенты весомости соответствующего единичного показателя качества поверхности материала.

Данная формула учитывает коэффициенты весомости, эталонные и абсолютные значения показателей свойств и составлена по правилу: если уменьшение значения показателя свойства ведет к росту

Таблица 2

Результаты оценки цветового охвата печатной системы и показателей однородности поверхности запечатываемых материалов

№ п/п	Марка материала	Белизна, %	Ra, мкм	Коэффициент однородности поверхности материала, $K_{однород.}$				$V_{mto'}$ ед ΔЕ (K + E Novovit)	$V_{mto'}$ ед ΔЕ (Orion)
				$V_{матер.}$	$V_{пустот.}$	$V_{общий}$	$K_{однород.}$		
1	Zeta (молоток)	95,50	1,910	13,45	23,3	36,75	0,37	92046	96581
2	Zeta (лен)	95,49	2,160	35,2	21,86	57,06	0,62	95540	96668
3	Luxpack	93,33	3,750	17,73	34,31	52,04	0,34	75678	73853
4	Katlin	89,13	3,790	15,69	14	29,69	0,53	88524	92636
Картон									
5	Alaska	95,49	0,529	29,1	8,94	38,04	0,76	92481	98854
6	Maule	95,49	0,444	12,49	7,78	20,27	0,62	119199	125838
7	Chromocard	91,20	0,801	5,07	2,5	7,57	0,67	96877	101248
8	Ладога	89,13	5,110	13,78	9,38	23,16	0,59	81579	87422
9	Avantage	93,33	2,780	20,94	13,88	34,82	0,60	84100	83648

Таблица 3

Результаты расчета коэффициентов весомости единичных свойств

№ п/п	Наименование показателя свойства	Коэффициент весомости
1	Коэффициент однородности поверхности	0,194
2	Белизна	0,324
3	Шероховатость	0,482

комплексного показателя, то эталонное значение идет в знаменатель дроби, а абсолютное — в числитель, и наоборот.

Отличительной особенностью является тот факт, что в данном показателе качества поверхности полиграфического материала учитываются оптические свойства (белизна материала), структурные (шероховатость поверхности R_a — микронеровности поверхности), а также коэффициент однородности $K_{однород.}$ описывающий макронеоднородность поверхности материалов для печати. Характеристикой однородности поверхности запечатываемого материала является $K_{однород.}$ получаемый соотношением объема материала к общему объему поверхностного слоя:

$$K_{однород.} = V_{материала} / V_{общ.}$$

Данная величина в совокупности с показателем R_a позволит объективно оценить микро- и макро-структуру поверхности слоя, так как бумага представляет собой плоский лист, покрытый с обеих сторон неравномерностями, образующими микро- и макрорельеф. Согласно исследованиям, от объема впадин и пиков на поверхности материала зависит количество света, отраженного, поглощенного, и прошедшего сквозь материал, а следовательно, светлота, оптическая плотность материала, белизна и общий цветовой охват печати на материале.

Для получения комплексной объективной количественной оценки качества поверхности материала применяли аналитические методы оценки коэффициентов весомости единичных свойств, в частности,

метод предельных и номинальных значений (метод статистической обработки проектов или вероятностный метод). Коэффициенты весомости единичных свойств поверхности определяли по формуле:

$$M_i \approx \bar{M}_i = \frac{\sum_{i=1}^L K_{il}}{\sum_{i=1}^n K_{il}},$$

где M_i — коэффициент весомости единичного свойства, L — общее количество разнообразных участвующих в исследовании материалов, имеющих различные свойства поверхности; K_{il} — относительный показатель качества i -го свойства в l -ом материале.

Результаты и их обсуждение. Результаты оценки цветового охвата печатной системы, показателя микрогеометрии R_a и однородности поверхности запечатываемых материалов, входящих в печатную систему, представлены в табл. 2.

Абсолютный минимум качества цветовоспроизведения наблюдается при значениях шероховатости $R_a = 3,75$ мкм и белизны 93,33% и составляет 75678 ΔЕ³. При уменьшении шероховатости от значения $R_a = 3,75$ до $R_a = 0,444$ мкм и увеличении белизны до 95%, согласно опытам, происходит увеличение цветового охвата до максимального значения, достигнутого в рамках используемой печатной системы и равного 119199 ΔЕ³ с использованием краски K + E Novovit и до 125838 ΔЕ³ с использованием краски Orion.

При расчете комплексного показателя качества поверхности материала в качестве предельных значений единичных свойств были выбраны: для показателя белизны — 100%; для показателей, характеризующих структуру материала (шероховатость и однородность) — значения показателей свойств, соответствующие значениям из выборки, обеспечивающие наилучшее цветовоспроизведение на материале.

Данные расчета коэффициентов весомости единичных свойств запечатываемого материала показаны в табл. 3.

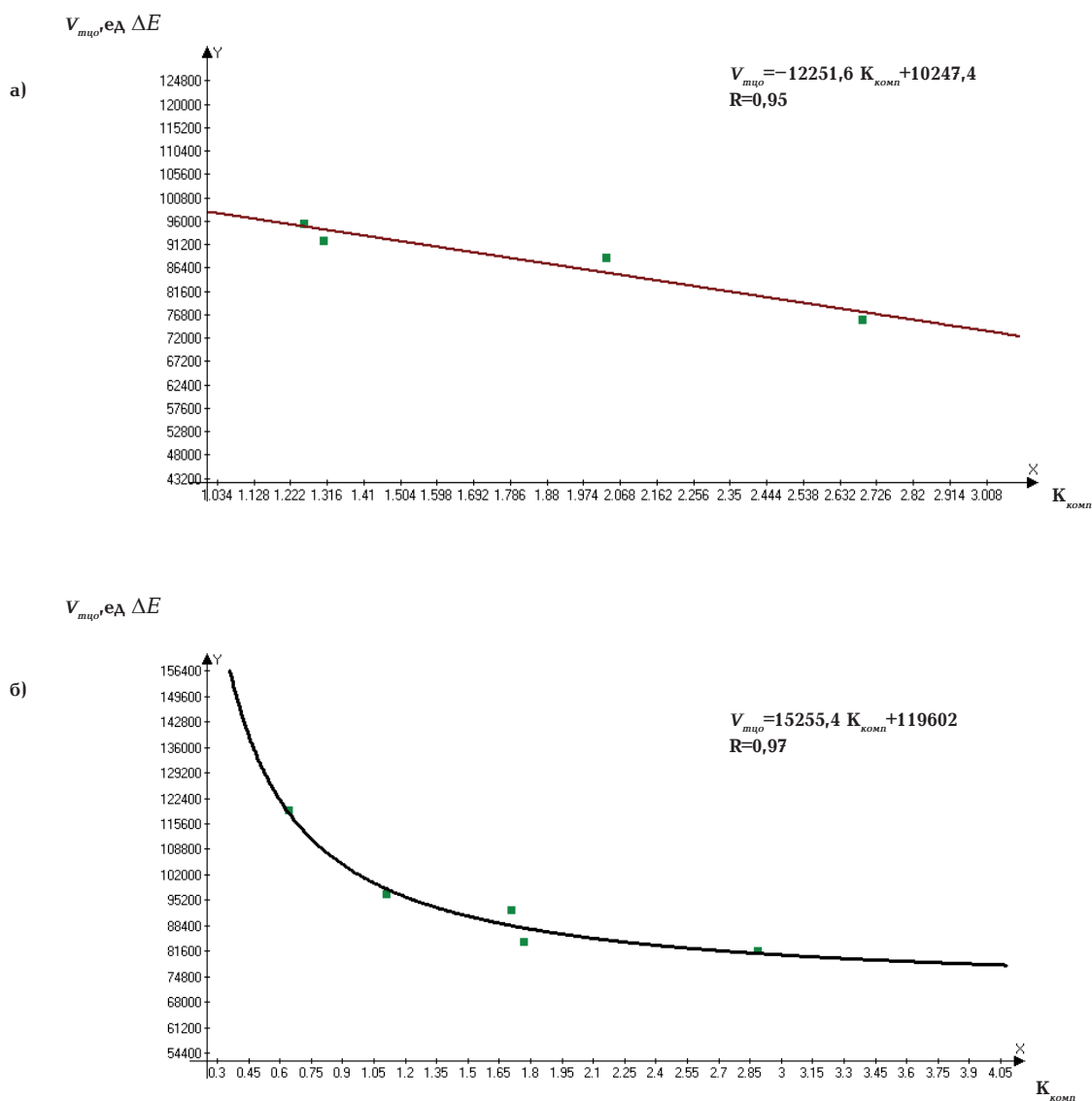


Рис. 3. Зависимость объема тела цветового охвата печатной системы от комплексного показателя качества поверхности запечатываемого материала:
а) для бумаг — линейная; б) для картонов — гиперболическая

Таблица 4
Результаты оценки цветового охвата печатной системы и комплексного показателя качества поверхности запечатываемого материала

Марка материала	Комплексный показатель качества, K	$V_{mco}, e\Delta\Delta E$ (K + E Novovit)	$V_{mco}, e\Delta\Delta E$ (Orion)
Бумага			
Zeta лён	1,25	95540	96581
Zeta молоток	1,30	92046	96668
Luxpack лён	2,68	75678	73853
Katlin	2,03	88524	92636
Картон			
Alaska	1,70	92481	98854
Maule	0,64	119199	125838
Chromocard	1,11	96877	101248
Avantage	1,76	84100	87422
Ладога	2,88	81579	83648

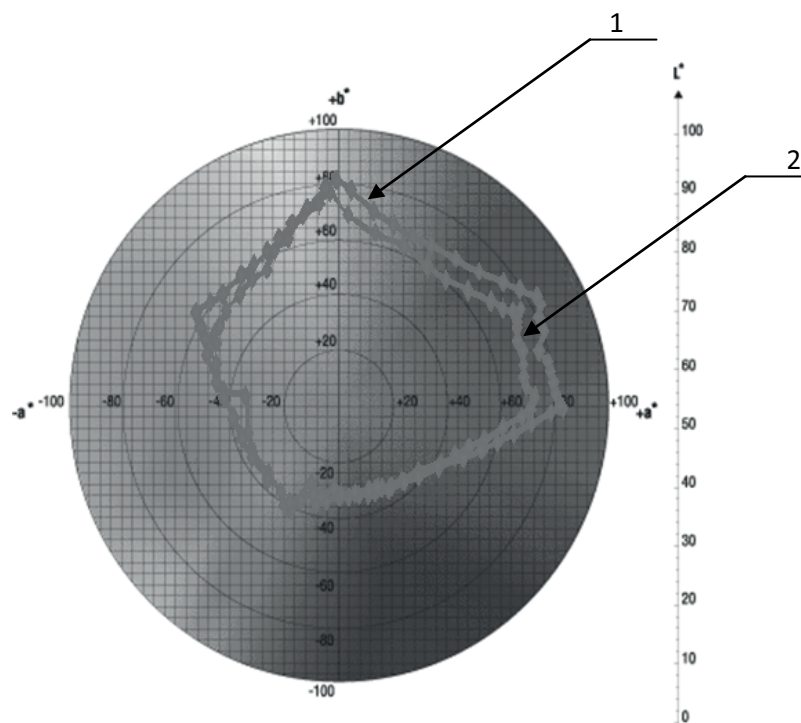


Рис. 4. Цветовой охват на диаграмме a^*b^* для печатных систем, содержащих запечатываемые материалы различных марок: 1 –Maule GC-2; 2 –Luxpack

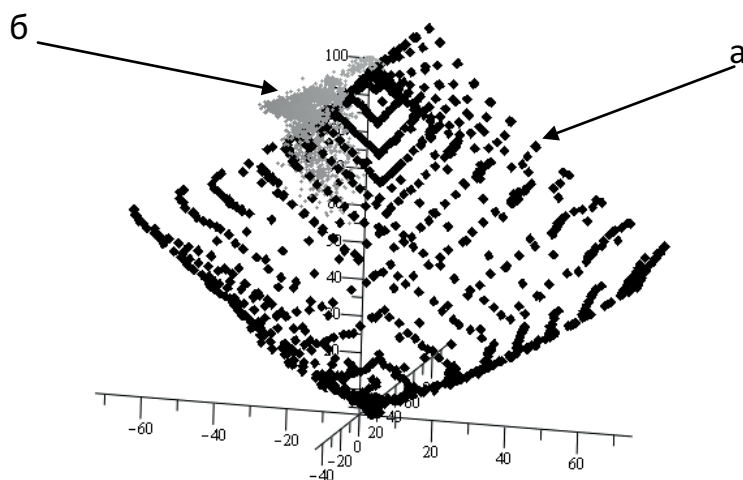


Рис. 5. Воспроизведение цветовых характеристик печатной системы (a) и электронной копии оригинала (б) в равноконтрастном цветовом пространстве CIE $L^*a^*b^*$

Согласно этим коэффициентам, были рассчитаны значения комплексного показателя качества поверхности тестируемых запечатываемых материалов (табл. 4). Показатели оценки цветового охвата тест-образцов исследуемых материалов представлены в табл. 4, графические зависимости объема тела цветового охвата печатной системы от комплексного показателя качества запечатываемого материала приведены на рис. 3, получены аналитические выражения, описывающие эти зависимости.

Это позволяет говорить о комплексном показателе качества поверхности запечатываемого материала как о показателе, наилучшим образом описывающем свойства запечатываемого материала и его возможность передавать цветовые параметры

изображения без искажений применительно к процессу листовой офсетной печати.

Согласно экспериментальным данным, микрогеометрия поверхности материала оказывает влияние на колориметрическую точность офсетной листовой печати, а также на общий диапазон цветов, воспроизводимых в рамках выбранной печатной системы, что подтверждается значениями объема тела цветового охвата, а также проекцией сечения тела, плоскостью a^*b^* , отражающей охват максимально насыщенных цветов, воспроизводимых на конкретном материале в рамках замкнутой печатной системы (рис. 4).

В ходе проведенных исследований, разработаны рекомендации по подбору запечатываемого матери-

ала для оптимальной цветопередачи при заданных условиях в печатной системе «печатная краска — бумага — печатная машина».

Подбор материала реализуется в четыре этапа. На первом этапе для оценки цветового охвата печатной системы (ПС) производится тестирование ее с помощью шкал оценки цветового охвата.

Второй этап — это оценка цветовых характеристик оригинала (ЦХО). Определяются координаты цвета всех мельчайших элементов изображения (пикселей) в колориметрическом пространстве sRGB и осуществляется пересчет их в координаты цветового пространства CIE $L^*a^*b^*$. Для реализации второго этапа было разработано специальное программное обеспечение.

На третьем этапе необходимо отобразить тело цветового охвата печатной системы (ТЦОПС) и элементы воспроизводимого изображения в одном цветовом пространстве CIE $L^*a^*b^*$. При вхождении всех элементов изображения в ТЦОПС изображение будет воспроизведено печатной системой без искажений и сжатия общего цветового контраста. Осуществить подбор составляющих печатной системы, которые в состоянии обеспечить максимальную колориметрическую точность при печати, позволяет четвертый этап.

Из всего множества протестированных сочетаний составляющих печатной системы выбирают оптимальное (руководствуясь экономическими и технологическими параметрами материалов (бумага и краска)), при этом подавляющее большинство элементов будет поглощено ТЦОПС (рис. 5).

Согласно опытам, подбор запечатываемого материала позволяет регулировать качество цветовоспроизведения изображения в рамках замкнутой печатной системы. Характеристики материала могут способствовать увеличению цветового охвата более чем в 2,3 раза. Это соответствует 1865 цве-

там, различным стандартным колориметрическим наблюдателем МКО, которые будут потеряны для воспроизведения в случае подбора материала с различными структурными и оптическими свойствами поверхности.

Библиографический список

1. Козаровицкий, Л. А. Бумага и краска в процессе печатания / Л. А. Козаровицкий. — М. : Книга, 1965. — 368 с.
2. Лихачёв, А. Б. Топологическая структура поверхности носителей информации на полимерной основе. Регулирование параметров изображения : дис. ... канд. техн. наук / А. Б. Лихачёв. — СПб., 2005. — 140 с.
3. Кузнецов, Ю. В. Технология обработки изобразительной информации / Ю. В. Кузнецов. — СПб. : Петербургский институт печати, 2002. — 312 с.
4. ВНИИБ — Технология целлюлозно-бумажного производства. — 2006. — Т. 1, Ч. 1. — 632 с.

ГОЛУНОВ Александр Владимирович, аспирант кафедры «Дизайн и технологии медиаиндустрии» очной формы обучения специальности 05.02.13 «Машины, агрегаты и процессы полиграфического производства», старший преподаватель кафедры «Дизайн и технологии медиаиндустрии» Омского государственного технического университета.

Адрес для переписки: e-mail: Sasha_golunov@mail.ru
ВАРЕПО Лариса Григорьевна, кандидат технических наук, доцент (Россия), руководитель аспирантов, целевой докторант от Омского государственного технического университета в Московском государственном университете печати на кафедре «Технологии печатных и послепечатных процессов».

Адрес для переписки: e-mail: larisavarepo@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 09.06.2012 г.

© А. В. Голунов, Л. Г. Варепо

Книжная полка

681.62/Л64

Паршукова, Г. Б. Методика поиска профессиональной информации : учеб.-метод. пособие для вузов / Г. Б. Паршукова. — М. : Профессия, 2009. — 224 с. — ISBN 5-93913-111-5.

Материал пособия охватывает разделы курса по технологиям информационного поиска и подготовке научной рукописи с помощью традиционных средств и компьютерных инструментов. Основная цель пособия — формирование информационной компетентности специалистов в различных областях деятельности. Пособие знакомит с основными задачами, методами, терминологией информационного и библиографического поиска, позволяет получить сведения о важнейших центрах научно-технической, гуманитарной и экономической информации, крупнейших библиотеках России, освоить правила библиографического описания и оформления библиографических ссылок в текстах, правила оформления научных и учебных рукописей. Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, осваивающих курсы библиографии, информационного поиска, библиографической эвристики.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ СТРУКТУРЫ ЗАПЕЧАТЫВАЕМОГО МАТЕРИАЛА

В работе представлена разработка математической модели зависимости адгезионной прочности красочного слоя на запечатываемом способом офсетной печати материале от параметра шероховатости Ra и эффективной пористости с учетом парного взаимодействия факторов.

Ключевые слова: адгезия, красочный слой, офсетная печать.

Постановка задачи. Слой краски на оттиске формируется под давлением в зоне печатного контакта листовой печатной машины в течение крайне малого промежутка времени. Известно, что основой для адгезионного взаимодействия является установление контакта между поверхностями двух конденсированных фаз — жидкости и твердой поверхности [1]. Следует отметить, что полный адгезионный контакт может достигаться не всегда ввиду влияния различных факторов. Как было показано [2], шероховатость поверхности бумаги (картона) характеризуется отклонением микрорельефа, который обычно представляет сложное хаотичное чередование разнообразных выступов и впадин, от идеальной поверхности. Наличие капиллярно-пористой впитывающей подложки при нанесении красочного покрытия на бумагу (картон) также оказывает влияние на его формирование, которое проходит в три стадии: смачивание поверхности запечатываемого материала и растекание печатной краски; образование площади контакта между двумя фазами; возникновение адгезионной связи.

Разработка математической модели зависимости адгезионной прочности красочного слоя оттиска от параметра шероховатости Ra и эффективной пористости с учетом парного взаимодействия факторов является актуальной задачей и представляет практический интерес.

Методы исследования. Оценка адгезионной прочности красочного слоя оттиска проводилась по методике скретч-тестирования на установке Micro Scratch Tester фирмы CSEM.

Характеристикой адгезионной прочности выступает сила нагружения в момент начала разрушения системы, которая называется критическая сила нагружки. Анализ результатов скретч-теста для определения критической силы нагружения (адгезионной прочности) проводился тремя способами: по показаниям с датчика акустической эмиссии; по характеру зависимости силы трения; визуальное наблюдение факта разрушения системы в оптический микроскоп. Испытания проводились при следующих условиях: начальная сила нагружения 0,01 Н, конечная

сила нагружения 10 Н, скорость 9,63 мм/мин, длина царапины 10 мм.

Результаты эксперимента представлены в виде графика; пример графика разрушения красочного слоя оттиска на одном из образцов исследуемых материалов представлен на рис. 1, по которым определен коэффициент сопротивления разрушению красочного слоя.

Определения показателя микрогеометрии поверхности запечатываемого материала (Ra) осуществляли бесконтактным методом на профилографе Micro Measure 3D Station.

Для нахождения эффективной пористости ϵ применили весовой метод [3].

Для построения математической модели зависимости адгезионной прочности красочного слоя оттиска от структурных параметров запечатываемого материала использовали методы математического анализа и планирования эксперимента [4].

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований оценки шероховатости поверхности, эффективной пористости запечатываемых материалов, а также коэффициента сопротивления разрушению красочного слоя, характеризующего его адгезионную прочность, представлены в табл. 1.

Построим математическую модель зависимости адгезионной прочности (в качестве критерия оценки примем коэффициент сопротивления материала раздиранью) от параметра шероховатости поверхности Ra и эффективной пористости материала. Обозначим параметр оптимизации (адгезионную прочность) через y , первый фактор (параметр шероховатости поверхности Ra) через x_1 , второй фактор (эффективная пористость) через x_2 . Количество повторных измерений коэффициента сопротивления для каждого вида бумаги равно пяти, данные представлены в табл. 1.

Параметр оптимизации y (коэффициент сопротивления) зависит от двух факторов, данный процесс можно описать линейным уравнением с учетом парного взаимодействия следующего вида:

$$\hat{y} = b_0x_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2; x_0 = +1.$$

Таблица 1

Опытные значения факторов и параметра оптимизации

№	Марка бумаги	Масса 1м ² , г/м ²	Коэффициент сопротивления раздиранию $\bar{y}$	Ra , мкм x_1	Эффективная пористость x_2
1	FABREGAS TAMANO	275	0,68	6,89	0,1603
2	AVANTAGE SW	250	0,58	3,32	0,1709
3	FEDRIGONT ETTUNO	100	0,6	5,32	0,1581
4	ZETA without atermark	260	0,57	2,31	0,3477
5	LUMSILK	300	0,57	0,392	0,2184
6	MAULE GC2	245	0,66	0,295	0,3264
7	PARADE PRIMA	75	0,58	1,56	0,1959
8	MAULE GC2	225	0,70	0,411	0,3287
9	LUXPACK	120	0,54	7,13	0,2206
10	ЭНСОГЛОСС	220	0,55	0,445	0,2994
11	CHROMOCARD	240	0,60	0,427	0,2182
12	GALGO	100	0,60	26,5	0,1945
13	ZETA без тиснения	150	0,58	3,48	0,3487
14	MAXISILK	200	0,60	0,587	0,2461
15	ZETA лен	150	0,58	11,2	0,1615
16	ZETA молоток	150	0,55	2,28	0,3290
17	EFALIN лен	120	0,68	4,36	0,1759
18	Mangostar gloss	135	0,616	0,233	0,2343
19	Офсетная №1 ВХИ	180	0,707	2,5	0,3074
20	Galery art gloss	250	0,530	0,253	0,1895
21	Galery art silk	200	0,612	0,425	0,2204
22	Офсетная №1 ВХИ	100	0,530	1,95	0,3036
23	Galery art silk	115	0,470	0,492	0,1897
24	Lumi art	250	0,582	0,324	0,2269
25	Giprint	80	0,95	1,28	0,2618
26	Galery Art Silk	170	0,44	0,438	0,2217
27	Lumi Art	170	0,5	0,421	0,2138
28	Galery Art Gloss	170	0,55	0,299	0,1956
29	СКБ	185	0,611	0,706	0,2863
30	Burano	240	0,577	0,392	0,2246
31	Avantage	250	0,435	0,889	0,2870
32	Eurocolor	270	0,576	0,599	0,3167
33	Alaska	230	0,553	0,411	0,3619
34	Maxigloss	300	0,524	0,63	0,2305
35	Maestro Print	160	0,406	1,44	0,3460
36	Katlin	205	0,522	1,2	0,3323

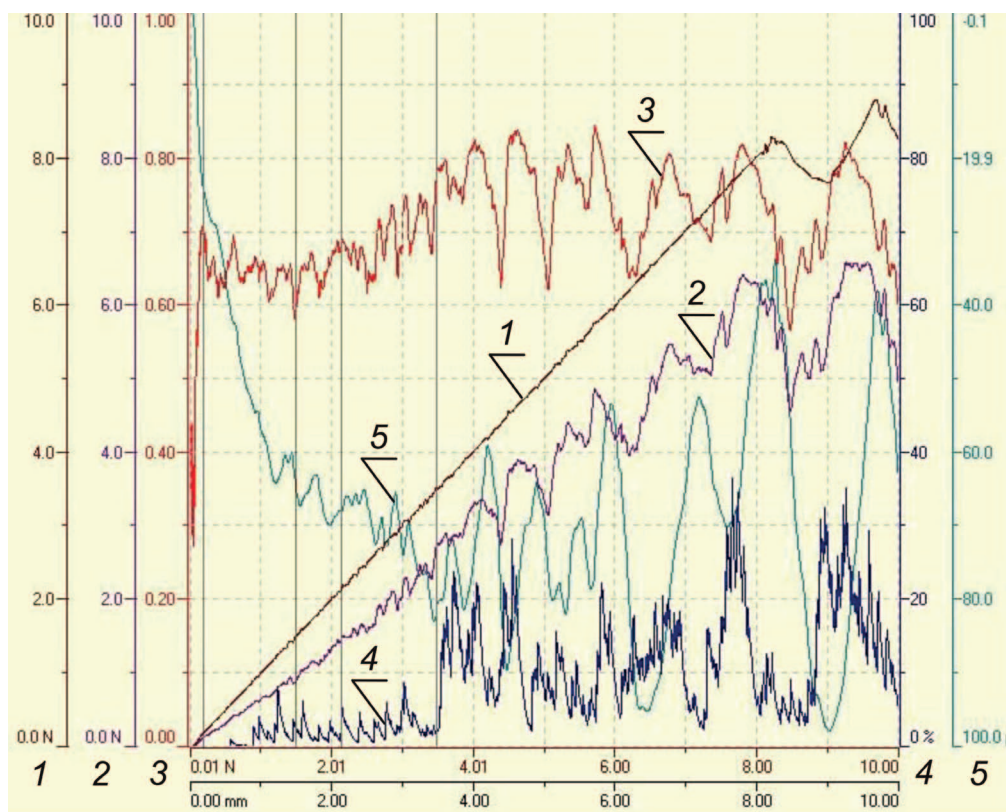


Рис. 1. Общий вид графика процесса разрушения красочного слоя на образце запечатываемого материала:
 1 — сила нагружения; 2 — сила сопротивления (трения); 3 — коэффициент сопротивления (трения);
 4 — акустическая эмиссия; 5 — глубина вдавливания индентора

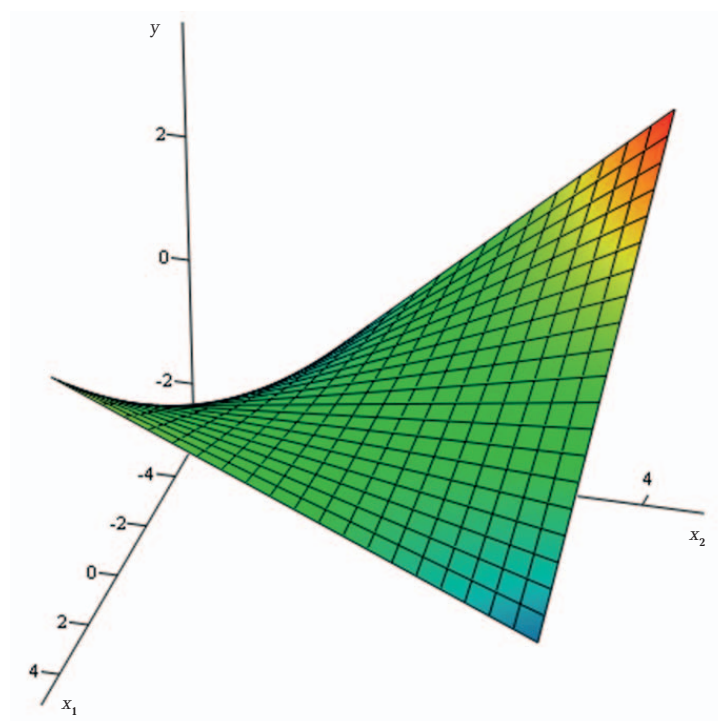


Рис. 2. Графическое представление разработанной модели:
 y — параметр оптимизации, x_1 — параметр шероховатости Ra ,
 x_2 — эффективная пористость

Таблица 2

Теоретические значения параметра оптимизации

№	Марка бумаги	Масса 1м ² , г/м ²	Средние опыт- ные значения коэффициента сопротивления раздиранию	Расчетные значе- ния коэффициен- та сопротивления раздиранию	Величина ошибки
1	FABREGAS TAMANO	275	0,68	0,604	0,076
2	AVANTAGE SW 2S610	250	0,58	0,583	– 0,003
3	FEDRIGONT NETTUNO ARTICO	100	0,6	0,596	0,004
4	ZETA without watermark	260	0,57	0,567	0,003
5	LUMSILK	300	0,57	0,576	– 0,006
6	MAULE GC2	245	0,66	0,59	0,07
7	PARADE PRIMA	75	0,58	0,575	0,005
8	MAULE GC2	225	0,70	0,589	0,111
9	LUXPACK	120	0,54	0,573	– 0,19
10	ЭНСОГЛОСС	220	0,55	0,585	– 0,035
11	CHROMOCARD	240	0,60	0,576	0,024
12	GALGO	100	0,60	0,629	– 0,029
13	ZETA без тиснения	150	0,58	0,552	0,028
14	MAXISILK	200	0,60	0,579	0,021
15	ZETA лен	150	0,58	0,627	– 0,047
16	ZETA молоток	150	0,55	0,569	– 0,019
17	EFALIN лен	120	0,68	0,586	0,094
18	Mango-star gloss (sappi)	135	0,616	0,578	0,038
19	Офсетная №1 ВХИ (Красно- камск)	180	0,707	0,568	0,139
20	Galery art gloss	250	0,530	0,572	– 0,042
21	Galery art silk	200	0,612	0,576	0,036
22	Офсетная №1 ВХИ (Красно- камск)	100	0,530	0,573	– 0,043
23	Galery art silk	115	0,470	0,573	– 0,103
24	Lumi art (Stora Enso)	250	0,582	0,577	0,005
25	Giprint	80	0,95	0,577	0,373
26	Galery Art Silk	170	0,44	0,576	– 0,136
27	Lumi Art	170	0,5	0,575	– 0,075
28	Galery Art Gloss	170	0,55	0,573	– 0,023
29	СКБ	185	0,611	0,582	0,029
30	Burano	240	0,577	0,577	0
31	Avantage	250	0,435	0,581	– 0,146
32	Eurocolor	270	0,576	0,586	– 0,01
33	Alaska	230	0,553	0,593	– 0,04
34	Maxigloss	300	0,524	0,587	– 0,063
35	Maestro Print	160	0,406	0,578	– 0,172
36	Katlin	205	0,522	0,581	– 0,059

Применив МНК (метод наименьших квадратов), получим:

$$S = \sum_{i=1}^N (b_0 x_{0i} + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + b_{12} x_{1i} x_{2i} - \bar{y}_i)^2 \rightarrow \min;$$

$$\frac{dS}{db_0} = 2 \sum_{i=1}^N (b_0 x_{0i} + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + b_{12} x_{1i} x_{2i} - \bar{y}_i) x_{0i} = 0;$$

$$\frac{dS}{db_1} = 2 \sum_{i=1}^N (b_0 x_{0i} + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + b_{12} x_{1i} x_{2i} - \bar{y}_i) x_{1i} = 0;$$

$$\frac{dS}{db_2} = 2 \sum_{i=1}^N (b_0 x_{0i} + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + b_{12} x_{1i} x_{2i} - \bar{y}_i) x_{2i} = 0;$$

$$\frac{dS}{db_{12}} = 2 \sum_{i=1}^N (b_0 x_{0i} + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + b_{12} x_{1i} x_{2i} - \bar{y}_i) \times x_{1i} x_{2i} = 0.$$

Приравняв нулю выше представленные выражения, находящиеся под знаком суммы, и раскрыв скобки, получим систему уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned} b_0 N + b_1 \sum_{i=1}^N x_{1i} + b_2 \sum_{i=1}^N x_{2i} + b_{12} \sum_{i=1}^N x_{1i} x_{2i} &= \sum_{i=1}^N \bar{y}_i \\ b_0 \sum_{i=1}^N x_{1i} + b_1 \sum_{i=1}^N x_{1i}^2 + b_2 \sum_{i=1}^N x_{1i} x_{2i} + &+ b_{12} \sum_{i=1}^N x_{1i}^2 x_{2i} = \sum_{i=1}^N x_{1i} \bar{y}_i \\ b_0 \sum_{i=1}^N x_{2i} + b_1 \sum_{i=1}^N x_{1i} x_{2i} + b_2 \sum_{i=1}^N x_{2i}^2 + &+ b_{12} \sum_{i=1}^N x_{1i} x_{2i}^2 = \sum_{i=1}^N x_{2i} \bar{y}_i \\ b_0 \sum_{i=1}^N x_{1i} x_{2i} + b_1 \sum_{i=1}^N x_{1i}^2 x_{2i} + b_2 \sum_{i=1}^N x_{1i} x_{2i}^2 + &+ b_{12} \sum_{i=1}^N x_{1i}^2 x_{2i}^2 = \sum_{i=1}^N x_{1i} x_{2i} \bar{y}_i \end{aligned} \right.$$

Вычислив указанные выше суммы по табл. 1, получим систему уравнений вида:

$$\left\{ \begin{aligned} 36b_0 + 91,789b_1 + 9,05b_2 + 19,807b_{12} &= 20,911 \\ 91,789b_0 + 1029b_1 + 19,807b_2 + 199,542b_{12} &= 54,767 \\ 9,05b_0 + 19,807b_1 + 2,417b_2 + 4,618b_{12} &= 5,247 \\ 19,807b_0 + 199,542b_1 + 4,618b_2 + 39,708b_{12} &= 11,733 \end{aligned} \right.$$

Решив данную систему линейных алгебраических уравнений, найдем значения коэффициентов: $b_0 = 0,541$, $b_1 = 0,021$, $b_2 = 0,16$, $b_{12} = -0,097$.

Тогда уравнение зависимости коэффициента сопротивления разрушению красочного слоя на запечатываемом материале от параметра шероховатости поверхности Ra и эффективной пористости материала имеет вид:

$$\hat{y} = 0,541 + 0,021x_1 + 0,16x_2 - 0,097x_1x_2.$$

Проверим адекватность полученной модели адгезионной прочности бумаги. Для этого вычислим теоретические значения параметра оптимизации $\hat{y}$ и величину ошибки $\Delta y_i = \bar{y}_i - \hat{y}_i$ для каждого вида бумаги. Результаты вычислений представлены в табл. 2.

Найдем дисперсию адекватности по формуле

$$S_{ag}^2 = \frac{1}{36} \sum_{i=1}^5 (y_i - \bar{y})^2, \text{ где } S_i^2 = \frac{1}{n-1}, \text{ } n=5 \text{ — количество}$$

повторных измерений коэффициента сопротивления раздиранию для каждого вида бумаги. Адекватность полученной модели определим по критерию Фишера при доверительной вероятности $P=0,95$:

$$F_{расч} = \frac{s_{ag}^2}{s_{y}^2} = \frac{0,0091}{0,0042} = 2,167.$$

По таблице критерия Фишера при доверительной вероятности 95% находим $F_{табл}(33;4) = 2,66$.

Так как $F_{расч} < F_{табл}$, то математическая модель является адекватной.

С геометрической точки зрения уравнение зависимости адгезионной прочности красочного слоя на запечатываемом материале от параметра шероховатости Ra (x_1) и эффективной пористости (x_2) является уравнением поверхности, графическая интерпретация которой представлена на рис. 2.

Покажем, что функция отклика (рис. 2) не имеет экстремумов. Для этого исследуем функцию двух переменных $\hat{y} = 0,541 + 0,021x_1 + 0,16x_2 - 0,097x_1x_2$ на экстремум традиционными методами математического анализа. Найдем стационарную точку данной функции, решив систему уравнений

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial \hat{y}}{\partial x_1} &= 0, \\ \frac{\partial \hat{y}}{\partial x_2} &= 0 \end{aligned} \right.$$

В результате получены следующие координаты стационарной точки $M_0(1,649; 0,216)$. Проверка выполнения достаточных условий, согласно теореме о достаточных условиях существования экстремума функции двух переменных, показывает, что в данной точке M_0 экстремум отсутствует.

Таким образом, разработана адекватная модель зависимости адгезионной прочности бумаги от параметра шероховатости Ra и эффективной пористости с учетом парного взаимодействия факторов. Исследование графической интерпретации модели свидетельствует об отсутствии локальных максимумов и локальных минимумов.

Библиографический список

1. Зимон, А. Д. Что такое адгезия / А. Д. Зимон. — М.: Наука, 1983. — 176 с.
2. Варепко, Л. Г. Аналитическое представление оценки профиля поверхности материалов для печати / Л. Г. Варепко, А. С. Борисова, О. А. Колозова // Проблемы полиграфии и издательского дела. Известия высш. учеб. заведений: науч.-техн. журнал. — М.: МГУП, 2010. — № 5. — С. 16–23.
3. Чиликина, Г. С. Текстуальные характеристики полиграфических видов бумаги и картона: дис. ... канд. техн. наук / Г. С. Чиликина. — М.: МГУП, 2008. — 200 с.
4. Тихомиров, В. Б. Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в легкой и текстильной промышленности) / В. Б. Тихомиров. — М.: Легкая индустрия, 1974. — 264 с.

КОЛОЗОВА Ольга Алексеевна, старший преподаватель кафедры высшей математики Омского государственного технического университета.
Адрес для переписки: e-mail: kolozovaoa@rambler.ru

ВАРЕПО Лариса Григорьевна, кандидат технических наук, доцент (Россия), руководитель аспирантов, целевой докторант от Омского государственного технического университета в Московском государственном университете печати на кафедре «Технологии печатных и послепечатных процессов».
Адрес для переписки: e-mail: larisavarepo@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 13.06.2012 г.
© О. А. Колозова, Л. Г. Варепо

Информация

Гранты-2013 для участия в исследовательских проектах университета Рицумейкан в Японии (стипендии Монбукагакушо)

Японский университет Рицумейкан (Ritsumeikan University) предлагает дипломированным специалистам стипендии Монбукагакушо (Monbukagakusho Scholarships) для обучения в магистратуре и аспирантуре по любому курсу, преподаваемому в университете.

К участию в программе приглашаются молодые специалисты, планирующие принять участие в исследовательских проектах университета под руководством японских специалистов. Заявитель должен быть гражданином страны, с которой у Японии установлены дипломатические отношения. Возраст участников программы не должен превышать 35 лет на 2 апреля 2013 года.

Претендовать на получение стипендии могут специалисты:

— завершившие 16-летнюю программу обучения вне Японии или планирующие получение диплома о зарубежном высшем образовании к началу последипломной программы в Рицумейкан университете.

— окончившие 15-летний курс обучения вне Японии, в стране, где бакалавриат длится три года, или планирующие получение диплома бакалавра после обучения по трехгодичной программе к началу последипломной программы в Рицумейкан университете и продемонстрировавшие выдающиеся результаты при обучении в вузе. В этом случае необходимо заручиться согласием администрации университета Рицумейкан на участие претендента в программе.

Могут участвовать в программе и те иностранные специалисты, диплом которых в результате предварительного индивидуального тестирования был признан администрацией университета Рицумейкан равным академическому уровню, который присваивается выпускникам университета Рицумейкан (или более высоким). Возраст участников программы должен быть не менее 22 лет на момент зачисления.

Есть ряд специальностей, для которых программа реализуется только на японском языке.

Заявки принимаются с 5 ноября до 3 декабря 2012 года; заявителям рекомендуется предварительно связаться с администрацией программы, чтобы проверить возможность участия в конкурсном отборе.

Подробная информация о программе стипендий опубликована на сайте университета: <http://www.ritsumeikan.ac.jp/eng/common/data/MEXTgr13.pdf>

Перевод сообщения выполнен сотрудниками ИК «НТ-ИНФОРМ» (www.rsci.ru).

При использовании перевода обязательна гиперссылка на данную публикацию в RSCI.ru.

Адрес публикации в Интернет: http://www.rsci.ru/grants/grant_news/269/233056.php

Университет Рицумейкан — один из крупнейших частных вузов Японии. Основан в 1869 году.

В структуру университета входят несколько школ среднего и высшего уровня, профессионально-технических училищ, колледжей, магистратура, аспирантура. При каждом факультете созданы научно-исследовательские институты по отраслям наук.