

УДК 655. 3.022.51

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ СВОЙСТВ БУМАГИ И КАЧЕСТВА ОТТИСКОВ ОФСЕТНОЙ ЛИСТОВОЙ ПЕЧАТИ

© С. Якуцевич, Dr.-Inz., Институт полиграфии
Варшавской политехники, Варшава, Польша; И. М. Назар,
Э. Т. Лазаренко, д.т.н., профессор, УАП, Львов, Украина

Здійснено кореляційний аналіз взаємозв'язку властивостей паперів та якості відбитків офсетного аркушевого друку.

The correlation analysis of intercommunication of properties of papers and quality of prints of offset sheet printing is conducted.

Постановка проблемы

Бумага и картон в полиграфической, а также упаковочной промышленности однозначно являются главными затратными материалами. Их запечатывание влияет на достижимое качество печати. Запечатывание бумаги наиболее целесообразно определять печатными пробами в производственных условиях, лучше всего — печатанием многокрасочных тестовых форм с последующей оценкой качества печати.

Такие исследования запечатывания на производственном печатном оборудовании осуществляются не только для оптимизации свойств бумаги, предопределяемыми условиями их изготовления на бумагоделательной машине, но и для оптимизации их выбора пользователями в типографиях [1—10].

Целью же данной работы является установление на основе корреляционного анализа зависимости качества печати и запечатывания избранной группы офсетных бумаг с покрытием и без покрытия на основе промышленных и лабораторных измерений физических, физико-химических и оптических функциональных свойств оттисков [11].

Методика исследований

В работе было использовано пять видов бумаг с покрытием (1—5) и пять видов офсетных бумаг без покрытия (6—10). Некоторые из них — это коммерчески доступные бумаги, а другие — новые типы бумаг, в том числе, образцы 1—55 представляют бумаги с покрытием, а образцы 56—101 — бумаги без покрытия, их лицевой и сеточной стороны (1 — лицевая, 11 — сеточная стороны). В табл. 1 приведены их характеристики, полученные по методикам, описанным в [5, 12—16], в том числе таких характеристик как:

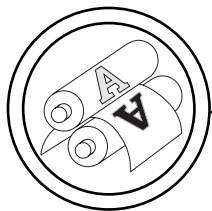
— ППО — полный удельный объем ($\text{мм}^3/\text{г}$) — отношение объема образца к его весу;

— ПП — удельная поверхность ($\text{м}^2/\text{г}$) — отношение площади образца к его весу;

— ОМ — объемная масса ($\text{г}/\text{см}^3$) — отношение массы образца к его объему;

— КОМ — скорректированная объемная масса ($\text{г}/\text{см}^3$) — отношение массы образца к объему с учетом объема пор;

— Ппор — полная пористость (%) — отношение объема образца к объему его пор;



— СРП — средний радиус пор (μm);

$\frac{\text{Ш}_л}{\text{Ш}_c}$ — отношение шероховатости

лицевой и сеточной сторон образца;

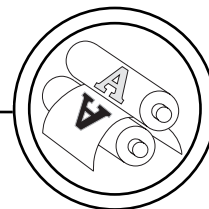
— PV — показатель (коэффициент) визуального качества оттисков тестовой формы II, полученный статистической обработкой субъективной оценки группой экспертов методом сравнения пар.

Характеристики переноса краски и кривых красковосприятия осуществляли по оттискам, для получения которых был использован прибор для исследования запечатывания Grafotechna, который включает печатное устройство TJ3 и красконаносящее устройство VJ2. Чтобы приблизиться к условиям офсетной печати, на печатных цилиндрах с помощью двусторонней клейкой ленты была прикреплена офсетная резина Rollin Corowe New 136C5.

Таблица 1

Свойства образцов бумаг

Образец	ППО, мм ³ /г	ППор, %	ПП, м ² /г	СРП, μm	ОМ, г/см ³	КОМ, г/см ³	Масса 1 м ² , (г/м ²)	Блеск, (%)	Поверхностная энергия, (мДж/м ²)	$\frac{\text{Ш}_л}{\text{Ш}_c}$	Коеф. PV
1	149,7	19,16	3,28	0,63	1,28	1,58	130	35,84	45,233	1,00	200
11								33,24	—		196
2	168,13	22,86	3,08	0,98	1,36	1,75	150	30,12	60,739	1,14	216
22								29,62	—		203
3	279,66	30,76	3,58	2,02	1,1	1,59	150	3,89	55,988	1,12	228
33								4,07	—		207
4	166,32	23,11	2,52	0,78	1,39	1,81	128	44,85	46,129	1,07	237
44								46,99	—		226
5	393,24	38,93	7,45	2,34	0,99	1,62	135	8,73	46,895	1,07	207
55								8,62	—		203
6	535,34	51,39	7,56	3,15	0,96	1,98	130	0,82	39,846	1,05	113
66								0,82	—		91
7	446,95	47,37	5,11	2,34	1,06	2,01	120	0,76	39,267	1,20	91
77								0,82	—		96
8	499,2	46,42	4,72	1,88	0,93	1,74	120	0,86	42,263	1,22	73
88								0,92	—		91
9	473,92	47,86	7,86	1,88	1,01	1,94	110	0,87	45,739	1,01	83
99								0,88	—		91
10	529,67	50,84	9,75	1,62	0,96	1,95	100	0,82	42,805	P	91
101								0,88	—		87



Для экспериментальной печати использовали офсетные краски Rapida F 7000 и Schmidt Magenta RO — 2ET 35E 2901.

Процесс изготовления оттисков для определения кривой переноса краски отвечал ON 50 0359. Оттиски на лицевой и сеточной сторонах бумаг изготавливали при давлении 0,25 кГ/см² и постоянной скорости 1 м/с. Путем взвешивания были получены данные, необходимые для построения кривых переноса краски и расчета коэффициентов уравнения Уолкера-Фетско (далее уравнение У-Ф):

$$y = (1 - e^{-kx}) \{ b(1 - e^{-\frac{x}{b}}) + f[x - b(1 - e^{-\frac{x}{b}})] \}, \quad (1)$$

где v — количество краски, перенесенной на бумагу (г/м²); X — начальное количество краски на печатной форме; K, f, b — коэффициенты [17].

Кривую переноса краски строили по рассчитанным значениям x и y в программе Origin 6.1. По ходу полной кривой были установлены точки, которые относятся к линейной части. Практически на прямолинейном отрезке лежали 3—4 точки из 17-ти. По ним построены отдельные графические зависимости и на них положены линейные отрезки уравнения У-Ф. Путем интерации в программе Origin 6.1 были установлены величины параметров b и f для линейного уравнения У-Ф. Исходными величинами для b и f были величины $b_{\text{лин}}$ и $f_{\text{лин}}$. В результате были установлены параметры b, f, k , которые характеризуют свойства системы краска—бумага.

Через 24 часа после получения оттисков на денситометре Gretag-Macbeth Series 1200 были измерены их абсолютные оптические плотности. Измерения осуществляли в

режиме E, с поляризационным фильтром в пяти разных точках, после чего рассчитывали средние значения, которые корректировались на величину оптической плотности бумаги. Для определения относительных величин D построили зависимости $D = f(y)$ в программе Origin 6.1, которые наложили на уравнение Толленара-Оитинена (Т-О) и путем интерации определили его параметры:

$$D = D_{\infty} (1 - e^{-my^n}), \quad (2)$$

где D_{∞} — оптическая плотность для $y \rightarrow \infty$; M, n — константы [17].

Воспроизводимость определения параметров уравнения У-Ф и Т-О, как установлено, достигает — 0,95.

Для получения оттисков на промышленной листовой офсетной машине была использована тестовая форма, которая содержала контрольные элементы сплошных плашек (вместе по 14 на каждый цвет СМΥК); поперек листа по заднему краю — для контроля нанесения краски 2 (Д 100); поля для контроля треппинга; 4 растровые шкалы (СМΥК) с элементами от 2 до 98 %; значительное количество полнокрасочных и однокрасочных иллюстраций (70 лин./см) и прочие контрольные элементы.

Печатные формы были изготовлены по технологии СТР на оборудовании Prosseter 74 фирмы Heidelberg с фиолетовым лазером. Были выбраны пластины Agfa Lithostar Ultra, что используют принцип Ag/DTR.

Печать проводилась на машине Printmaster фирмы Heidelberg 52/4 со скоростью 6000 отт./час красками Huber Rapida 42F 7000, в следующем порядке — К, С, М, Υ с использованием водного увлажняющего раствора.

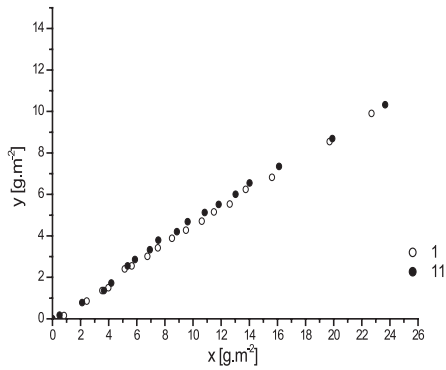
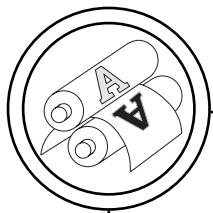


Рис. 1. Кривая переноса краски для образцов 1 и 11

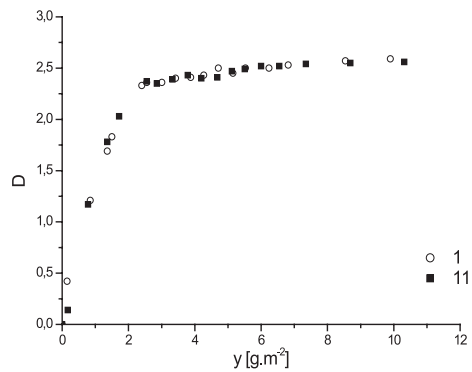


Рис. 2. Кривая красковосприятости для образцов 1 и 11

Печать выполнялась постепенно от бумаги № 1 (лицевая и сеточная стороны) к бумаге № 10 (лицевая и сеточная стороны). Величина D_{100} , измеренная денситометром X-Rite 408 (отраженный свет, без поляризационного фильтра, абсолютные значения) достигала следующих значений: С — 1,35; М — 1,45; Y — 1,30; К — 1,65, а на бумагах без покрытия такие значения: С — 1,00; М — 1,05; Y — 1,00; К — 1,15 (при определении величин D_{100} исходили из стандарта ISO 12647-2). Подачу краски в дальнейшем регулировали в зависимости от отражения и

за балансом серого перед печатью первой бумаги с покрытием и первой без покрытия. Для следующих образцов бумаг с покрытием и без него работу продолжили при том же регулировании, которое было для первых бумаг с покрытием и без него. Перед каждым следующим образцом регулировали давление, т.е. между отдельными образцами печать не перерывали.

На каждой бумаге печатали около 500 оттисков с лица и около 500 оттисков на сеточной стороне. Как образец для оценки всегда брали один лист, случайно выбранный из

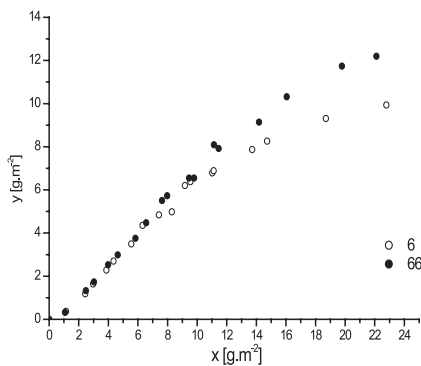


Рис. 3. Кривая переноса краски для образцов 6 и 66

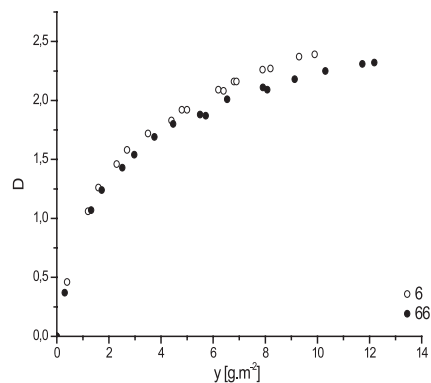
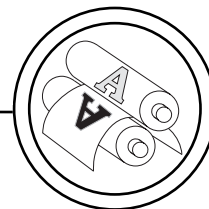


Рис. 4. Кривая красковосприятости для образцов 6 и 66



последних 50 оттисков, который не содержал ни одного видимого технического недостатка.

Денситометрическая оценка оттисков выполнялась с помощью денситометра Gretag-Macbeth RD 1242 PO (геометрия 45°/0°, режим E, поляризационный фильтр, точность $\pm 0,02$ и ± 1 % тоновой плотности) [18—23].

Измерялась абсолютная оптическая плотность использованных бумаг Д0 (СМУК) и сплошных запечатанных плашек Д100 (СМУК), как средние из 5—14 измерений. Отклонение от среднего значения Д100 составляло $\pm(0,02—0,04)$.

Далее по уравнению Муррея-Девиса рассчитывали растровые плотности оттисков A_v , а из них величины прироста растровых плотностей ΔA_r , (СМУК) в диапазоне 10—98 % Акр. Отклонение от определенных значений составляли $\pm(0,5—1,2)$ %.

Для расчета восприятия краски по краске — треппинге T_p использовали уравнение Прекюля. Денситометрическую оценку оттисков проводили в таблицах и графиках в программах Microsoft Excel и Origin 6.1.

Для колориметрической оценки оттисков был использован спектрофотоколориметр Spectrolino

Таблица 2
Величины параметров линейного и полного уравнения У-Ф

Образец	blin. [g·m ⁻²]	flin.	b [g·m ⁻²]	k [m ² g ⁻¹]	F
1	0,0386±0,3550	0,4341±0,0103	0,7403±0,3444	0,3978±0,0856	0,4146±0,0117
11	1,7718±0,3507	0,3875±0,0126	2,3416±0,4132	0,2607±0,0281	0,3707±0,0144
2	4,2886±0,0544	0,2773±0,0025	4,1867±0,0653	0,1803±0,0142	0,2968±0,0245
22	3,9271±0,8371	0,3117±0,0389	12,0757±4,5724	0,1249±0,0111	0,0082±0,1995
3	0,3735±1,7535	0,4566±0,0492	0,5830±0,8411	0,3279±0,1263	0,4515±0,0230
33	0,3294±1,3253	0,4626±0,0344	1,0898±1,4985	0,2505±0,1160	0,4464±0,0354
4	0,0265±0,1743	0,4464±0,005	1,7492±1,5258	0,1719±0,0555	0,4105±0,0308
44	2,4047±0,3518	0,3796±0,0120	1,6970±5,1117	0,1623±0,1707	0,4149±0,0934
5	0,5442±0,8437	0,4129±0,0255	2,7832±0,5893	0,1796±0,0186	0,3528±0,0176
55	0,2809±1,0116	0,4321±0,0310	6·10 ⁻¹⁴ ±0,0194	0,4546±0,0481	0,4383±0,0033
6	0,5874±0,5914	0,2096±0,0371	11,8572±1,7979	0,3033±0,0197	0,00754±0,0389
66	7,6240±0,7624	0,3225±0,0432	13,6052±3,5903	0,2856±0,0195	0,1267±0,1434
7	6,6562±0,1323	0,2703±0,0085	16,8568±1,7749	0,3575±0,0108	-0,1738±0,0868
77	7,0480±0,5333	0,3908±0,0312	19,2998±4,3682	0,4013±0,0241	-0,0335±0,1701
8	4,5880±0,4188	0,2015±0,0241	7,3608±0,7438	0,2838±0,0172	0,06317±0,0430
88	5,0331±0,5503	0,2289±0,0324	8,1965±1,0115	0,3210±0,0254	0,0842±0,0545
9	4,9292±0,1545	0,2248±0,0077	7,2958±0,4869	0,1809±0,0062	0,1349±0,0221
99	5,3042±0,5648	0,2758±0,0242	9,5149±1,2537	0,1641±0,0078	0,1264±0,0515
10	4,1628±0,2161	0,1870±0,0100	8,0599±1,0465	0,1487±0,0109	0,0276±0,0489
101	5,6929±0,2840	0,1441±0,0142	8,4345±0,9402	0,1511±0,0097	0,0406±0,0418

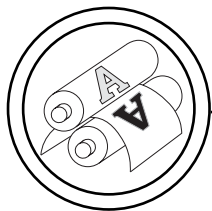


Таблица 3

Величины параметров уравнения (Т-О)

Образец	Dn	m	n	Dy = 1,2
1	2,4916±0,0162	0,8423±0,0319	1,2619±0,0677	1,47
11	2,538±0,027	0,8484±0,0382	1,0231±0,0676	1,6
2	2,5179±0,015	0,8573±0,0308	1,1672±0,0565	1,5
22	2,5212±0,0125	0,7901±0,0230	1,1141±0,0424	1,44
3	2,5325±0,0081	0,6959±0,0115	1,2449±0,0280	1,48
33	2,5448±0,0114	0,7284±0,0163	1,1360±0,0340	1,48
4	2,5584±0,0103	0,8495±0,0166	1,1688±0,0310	1,52
44	2,5653±0,0142	0,7654±0,0200	1,1215±0,0400	1,55
5	2,5851±0,0191	0,8839±0,0271	1,0461±0,0442	1,69
55	2,5640±0,0176	0,7239±0,0261	1,2452±0,0596	1,53
6	2,7305±0,1251	0,4203±0,0214	0,6852±0,0384	1,08
66	2,4742±0,0949	0,4512±0,0229	0,7100±0,0497	0,97
7	2,4804±0,0511	0,4889±0,0140	0,7388±0,0302	1,10
77	2,3418±0,0327	0,4851±0,0112	0,7424±0,0241	0,96
8	2,8217±0,1545	0,4180±0,0266	0,6874±0,0369	1,11
88	2,5374±0,1217	0,4386±0,0260	0,7603±0,0531	0,98
9	2,5618±0,0719	0,4573±0,0156	0,7739±0,0419	1,02
99	2,4055±0,0450	0,4770±0,0158	0,8025±0,0391	0,9
10	2,7670±0,2058	0,4449±0,0366	0,6749±0,0595	1,01
101	2,5492±0,1198	0,4565±0,0242	0,7214±0,0515	0,98

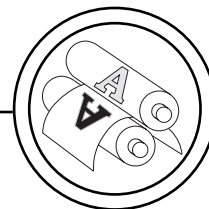
[24—33], который измеряет усредненную кривую цветного образца в диапазоне длин волн 380—730 нм с интервалом 10 нм, из которой рассчитывали колориметрические и другие показатели с использованием персонального компьютера. Геометрия измерений была 45°/0°, а диаметр зоны измерений 4 мм. Все измерения выполнено при постоянном освещении D50. Избранные измерительные параметры отвечали цветной шкале CIE lab. Результаты измерений автоматически записывались и обрабатывались в Microsoft Excel.

Влияние вида бумаг на перенос краски и красковосприятие и их соответствие уравнениям Толленара-Оитинена (Т-О) и Уолкера-Фетско (У-Ф)

Результаты исследований, методика которых описана выше, представлены типичными кривыми переноса краски и кривыми красковосприятия для бумаг с покрытием и без него на рис. 1—4.

В табл. 2 приведены результаты определения параметров модельных уравнений У-Ф.

Типичные кривые переноса краски и кривые красковосприятия



для бумаг с покрытием и без него показывают, что для бумаг без покрытия ощутимо различие обеих зависимостей для лицевой и сеточной сторон.

Видно, что параметры уравнения У-Ф коррелируют с гладкостью под давлением для бумаг с покрытием и без него, за исключением некоторых образцов (2/22 и 5/55).

Взаимосвязь между параметрами оттисков и свойствами бумаги: корреляционный анализ

В этой части работы стремились установить связь между рассчитанными и измеряемыми параметрами образцов и свойствами бумаг и оттисков.

Что касается параметров уравнения Т-О, что иллюстрирует таблица 3, то показатели крутизны m кривизны округления n кривой красковосприятия имеют для бумаг с покрытием заметно высшие значения.

Из рис. 5. видно, что между параметрами b и f уравнения У-Ф есть взаимосоответствие (коэффициент корреляции $R = 0,91$), что подтверждают и данные табл. 1.

В общем можно сказать, что поиск взаимосвязи между парамет-

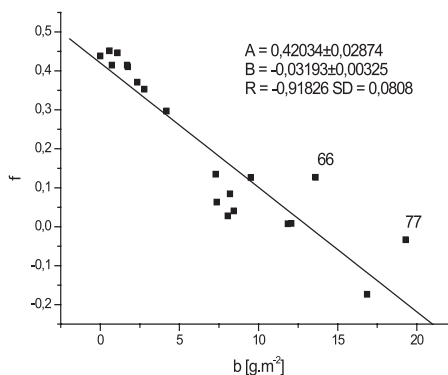


Рис. 5. Зависимость между параметрами b и f уравнения У-Ф

рами (табл. 1—3) показал, что для обеих групп бумаг существуют различия [17].

Так на рис. 6, где показана зависимость между измерениями D_{100} (М) на оттисках тестовой формы и величинами, взятыми из кривых красковосприятия $D_{1,2}$ для бумаг без покрытия, обнаруживается высокая коррелируемость ($R = 0,91$).

На рис. 7—9 показаны примеры зависимостей между блеском бумаг и величиной $D_{1,2}$. Индекс PV визуальной оценки качества оттисков показывает определенную корреляцию показателей для бумаг с

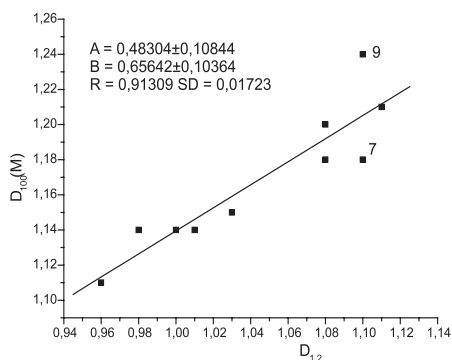


Рис. 6. Зависимость между $D_{1,2}$ и D_{100} (М) для бумаг без покрытия

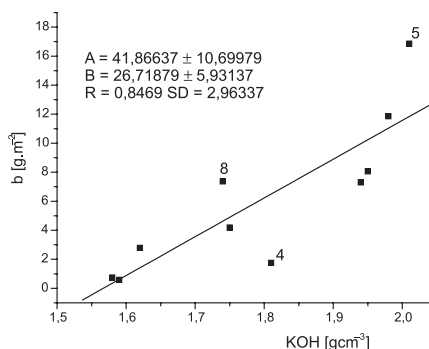


Рис. 7. Зависимость между параметром лицевой стороны бумаг и их скорректированной объемной массой (КОМ)

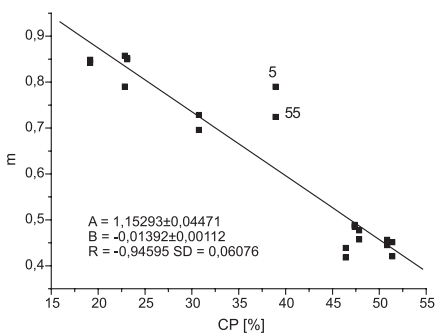
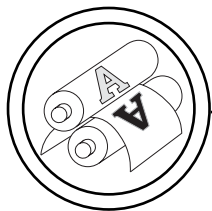


Рис. 8. Зависимость между m и полной пористостью бумаг с покрытием и без него

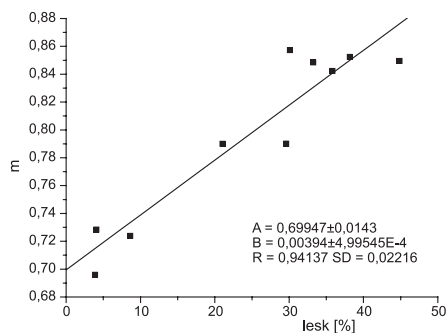


Рис. 9. Зависимость между m и полной пористостью бумаг с покрытием

покрытием и без него с параметрами К и В ($R = 0,84—0,94$).

Результаты сенситометрической оценки оттисков тестовой формы I приведены в таблицах 4—7.

Величины D100 для бумаг с покрытием и без него изменялась

для сеточной и лицевой стороны. Для бумаг 1—6 D100 не было в ожидаемом соответствии со стандартом ISO.

Как характеристику прироста растровой плотности оттисков, выбрана величина ΔA_T , характерная

Таблица 4
Величины D100 для СМУК на бумагах с покрытием в сравнении с величинами, рекомендованными ISO 12647-2:1996 и Heidelberg

D100 бумаг с покрытием				
Образец	С	М	У	К
1	1,59±0,03	1,56±0,04	1,43±0,03	1,41±0,03
11	2,01±0,06	1,57±0,03	1,53±0,04	2,04±0,06
2	1,52±0,03	1,60±0,03	1,42±0,03	2,01±0,06
22	1,52±0,04	1,57±0,04	1,42±0,04	2,01±0,07
3	1,43±0,04	1,43±0,04	1,36±0,03	1,78±0,07
33	1,46±0,04	1,43±0,05	1,37±0,06	1,77±0,10
4	1,51±0,03	1,57±0,03	1,40±0,03	2,09±0,06
44	1,53±0,05	1,54±0,03	1,41±0,03	2,06±0,06
5	1,53±0,03	1,51±0,03	1,39±0,04	2,00±0,07
55	1,52±0,03	1,53±0,04	1,40±0,03	1,94±0,07
ISO 12647-2 DIN E*	1,66±0,06	1,61± 0,06	1,55± 0,06	1,95± 0,07
Heidelberg	1,55±0,06	1,55±0,06	1,40±0,06	1,80±0,07

*— отклонение были взяты со стандарта Heidelberg.

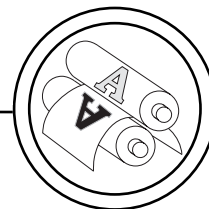


Таблица 5

Величины D100 для СМУК на бумагах без покрытия в сравнении с величинами ISO 12647-2:1996 и Heidelberg

D100 бумаг с покрытием				
Образец	С	М	У	К
6	1,20±0,02	1,20±0,03	1,06±0,02	1,40±0,03
66	1,17±0,02	1,14±0,03	1,04±0,02	1,36±0,04
7	1,20±0,02	1,18±0,03	1,07±0,02	1,37±0,03
77	1,15±0,02	1,11±0,03	1,03±0,02	1,31±0,03
8	1,18±0,02	1,18±0,02	1,04±0,02	1,35±0,03
88	1,16±0,02	1,14±0,03	1,03±0,02	1,34±0,04
9	1,23±0,03	1,24±0,04	1,11±0,02	1,51±0,04
99	1,19±0,02	1,15±0,03	1,06±0,02	1,43±0,03
10	1,23±0,03	1,21±0,02	1,10±0,04	1,45±0,02
1010	1,17±0,01	1,14±0,04	1,03±0,02	1,39±0,03
ISO 12647-2*	1,10±0,04	1,05±0,04	1,06±0,04	1,35±0,05
Heidelberg	1,05±0,04	1,05±0,04	0,95±0,04	1,10±0,05

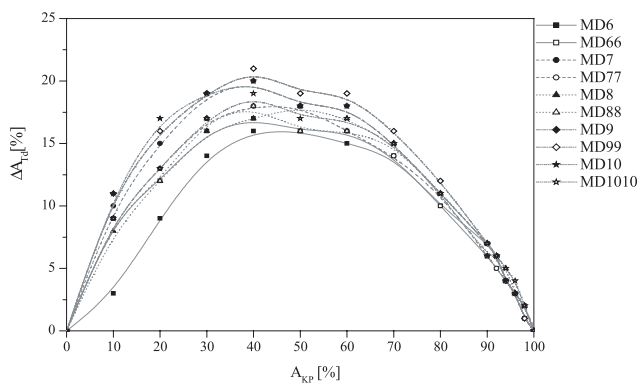
* — отклонения были взяты со стандарта Heidelberg.

для 50 %, растрового поля (рис. 10), которая имеет приблизительно одинаковый вид для всех образцов и цветов. Как видно, максимум прироста проявляется между 40 и 50 % Акр.

Предполагалось, что между величиной ΔA_T и блеском, полной пористостью (ППор), удельной поверхностью (ПП) и D100 будет су-

ществовать определенная зависимость. Действительно, для бумаг с покрытием ΔA_T снижалось с увеличением пористости (ПП) и имело тенденцию к падению с увеличением блеска и среднего радиусу пор (СРП) (рис. 11, 12), но для бумаг без покрытия вообще никакой корреляции не проявили.

Рис. 10. Прирост величины растровой плотности для бумаг без покрытия (краска синяя (С))



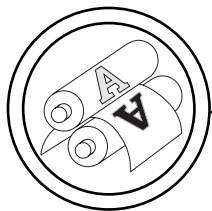


Таблица 6

Прирост растровых плотностей в средних тонах (Акр. = 50 %) для бумаг с покрытием и без него

ТДА _Г [%] в средних тонах (А _{кр} = 50 %)									
Бумаги с покрытием					Бумаги без покрытия				
Образец	С	М	У	К	Образец	С	М	У	К
1	17	17	17	20	6	16	20	21	19
11	14	17	18	20	66	16	22	19	19
2	12	16	16	17	7	18	24	23	21
22	17	18	18	22	77	18	19	21	21
3	13	13	14	15	8	18	20	22	19
33	13	14	15	15	88	16	20	21	21
4	14	16	17	19	9	19	22	23	24
44	13	15	19	21	99	18	20	22	23
5	10	13	19	13	10	18	20	23	21
55	6	11	15	14	1010	17	19	22	22
ISO 12647-2	16	16	16	16 (+3)	ISO 12647-2	22	22	22	22 (+3)

Таблица 7

Величины Т_р для бумаг с покрытием и без него и величины, рекомендованные спецификацией SHOPS для бумаг с покрытием

Т _р [100 %] бумаг с покрытием				Т _р [100 %] бумаг без покрытия			
образец	С+М	С+У	М+У	образец	С+М	С+У	М+У
1	66	80	67	6	62	80	53
11	70	82	67	66	65	79	54
2	69	81	68	7	64	81	54
22	69	81	67	77	62	82	55
3	71	85	74	8	64	82	54
33	71	84	74	88	66	85	57
4	68	81	66	9	63	80	54
44	71	81	67	99	65	82	57
5	70	83	70	10	64	83	56
55	71	85	71	1010	65	84	57
ShOPS	68	85	75	—	—	—	—

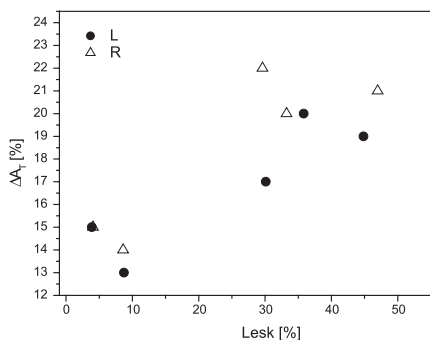
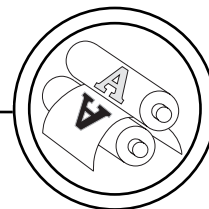


Рис. 11. Зависимость между приростом растровой плотности ΔA_T черной краски и блеском бумаг с покрытием

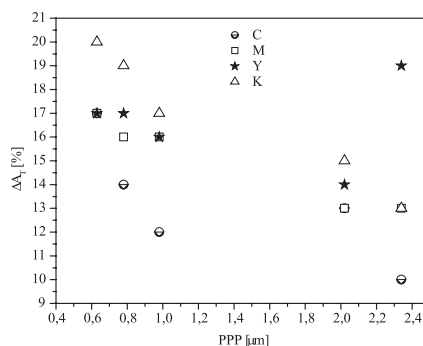


Рис. 12. Зависимость между приростом растровой плотности ΔA_T и параметром СРП, лицевая сторона бумаг с покрытием

Как известно, величины трепинга отражают сорбционные свойства бумаги. Чем быстрее высыхает первая краска путем впитывания, тем большим должен был бы быть трепинг. Для бумаг без покрытия наблюдалась тенденция роста T_p с увеличением $P_{пор}$ и его снижение с увеличением СРП (рис. 13). Для бумаг с покрытием были обнаружены противоположные явления.

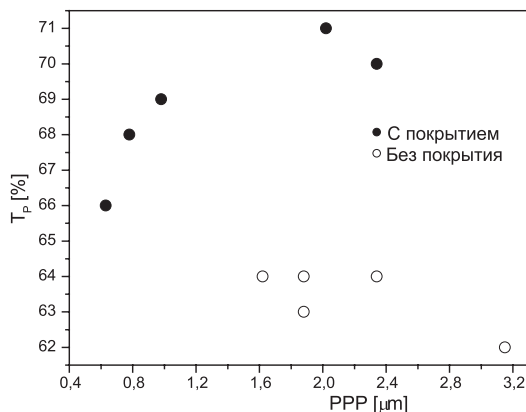
Интересным было установление связи между трепингом и ве-

личинами D_{100} первичных красок на бумагах с покрытием (рис. 14, 15).

Зависимость между сенситометрическими характеристиками оттисков и коэффициентом P_V , что показано на рис. 16, 17 подтверждает исключительность графического анализа для оценки качества печати [34].

На рис. 18 и 19 приведены значения E^*_{av} для первичных и вторичных красок, которые показывают связь между параметрами бумаг и оттисков [35, 36].

Рис. 13. Зависимость восприятия пурпурной краски по синей (С+М) от параметру СРП, лицевая сторона бумаг с покрытием и без него: ● — с покрытием; ○ — без покрытия



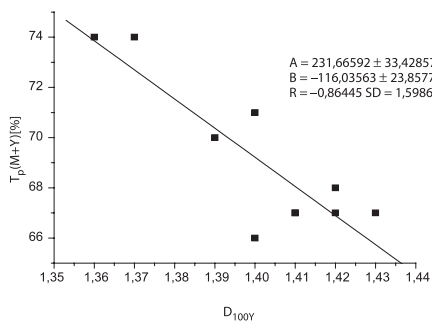
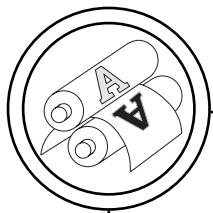


Рис. 14. Зависимость $Tr(M+Y) = F(D_{100}(Y))$ для лицевой и сеточной стороны бумаг с покрытием

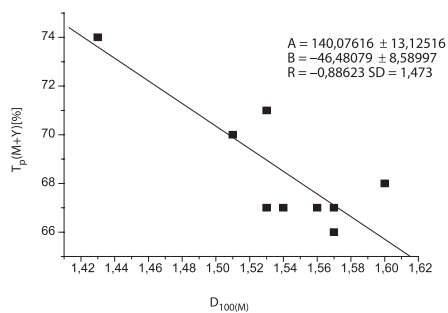


Рис. 15. Зависимость $Tr(M+Y) = F(D_{100}(M))$ для лицевой и сеточной стороны бумаг с покрытием

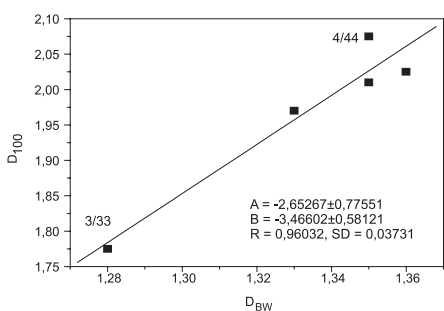


Рис. 16. Зависимость краскопокрытия $D_{100}(K)$ и фрактальной величине D_{BW} для бумаги с покрытием

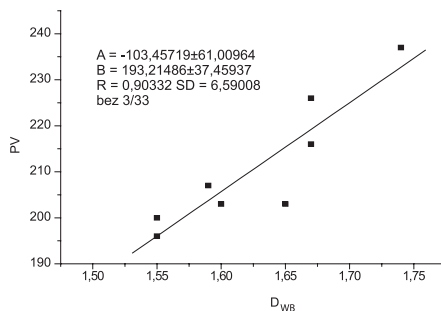


Рис. 17. Зависимость между коэффициентом PV и фрактальной величине D_{BW} для бумаги с покрытием

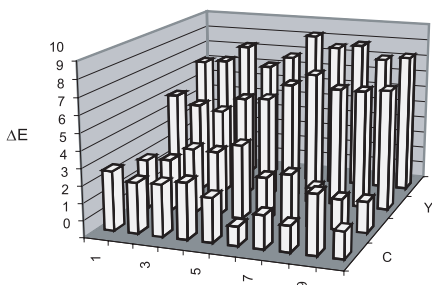


Рис. 18. Значение цветных характеристик отклонения в системе E^*ab первичных красок СМУК для образцов бумаг

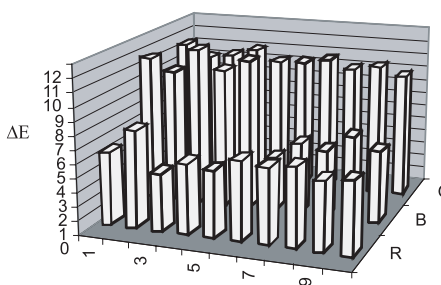
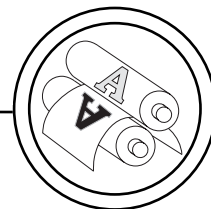


Рис. 19. Значение цветных характеристик отклонения в системе E^*ab вторичных красок для образцов бумаг



Анализ явлений в системе «краска—бумага» офсетной листовой печати и их моделирование

Как видно из выше изложенного, измерение характеристик переноса краски с построением кривых переноса краски и нахождения кривых красковосприятия оттисков с последующим наложением модельных уравнений У-Ф и Т-О на их ход показало, что числовые значения параметра D_{100} , m и n отличается от теоретических не более, чем на 5 %.

Параметр D_{100} лучше заменить параметром $D_{1,2}$, поскольку он лучше представляет бумаги в реальных технологических условиях их использования. Более того, он хорошо коррелирует с полным краскопокрытием плашки на промышленном оборудовании. Недостатком этого параметра является большая неточность его определения для бумаг без покрытия, что связано с крутизной кривой переноса краски.

Видно также, что параметры уравнений У-Ф и Т-О (как минимума параметры v , m и показатель $D_{1,2}$) коррелируют с рядом характеристик бумаг. В тоже время корреляция качества оттисков (коэффициент PV) с этими параметрами является невыразительной.

Из приведенных выше данных в таблицах и рисунках видно, что измеренные величины сенситометрических и колориметрических параметров отличаются как для отдельных образцов, так и в пределах групп образцов, в зависимости от лицевой или сеточной сторон, однако эти отличия были статистически незначительными.

Было установлено, что для бумаг с покрытием большее значения ΔA_T фиксировались у образцов с высшим значением D_{100} .

Из данных исследований можно констатировать, что параметром, который усиливает уровень D_{100} и частично — ΔA_T является гладкость бумаги, а также — ее впитывающая способность. Определяющим параметром по трепингу была также впитывающая способность поверхности бумаги, которая определяла липкость поверхности первой краски.

Ожидаемые корреляции денситометрических параметров со свойствами образцов офсетных бумаг, связанными с их гладкостью и впитыванием, как видно из вышеприведенных таблиц и рисунков, полностью подтвердились.

Из этих же таблиц и рисунков для бумаг с покрытием было установлено, что величина D_{100} имеет тенденцию к росту с приростом блеска и тенденцию уменьшаться с увеличением полной пористости.

Величина ΔA_T имеет тенденцию к росту с приростом блеска и к снижению — с приростом СРП, ППО и параметру V . Трепинг Tr имеет тенденцию к росту с повышением СРП. Для бумаг без покрытия наблюдалась тенденция к падению Tr с ростом СРП [37].

Следует также отметить, что приведенные результаты подтверждены фрактальным анализом. Корреляция фрактального размера с параметрами, которые зависят от шероховатости поверхности, — D_{100} и ΔA_T (50 %), и с блеском, показывает их взаимозависимость. Можно утверждать, что фрактальный размер D_{fw} есть более полезным для оценки офсетных оттисков, чем параметр $H_{0,5}$ что видно из приведенных выше рисунков.

Изложенные экспериментальные исследования и проведенный их теоретический и математический анализ показывают, что обна-

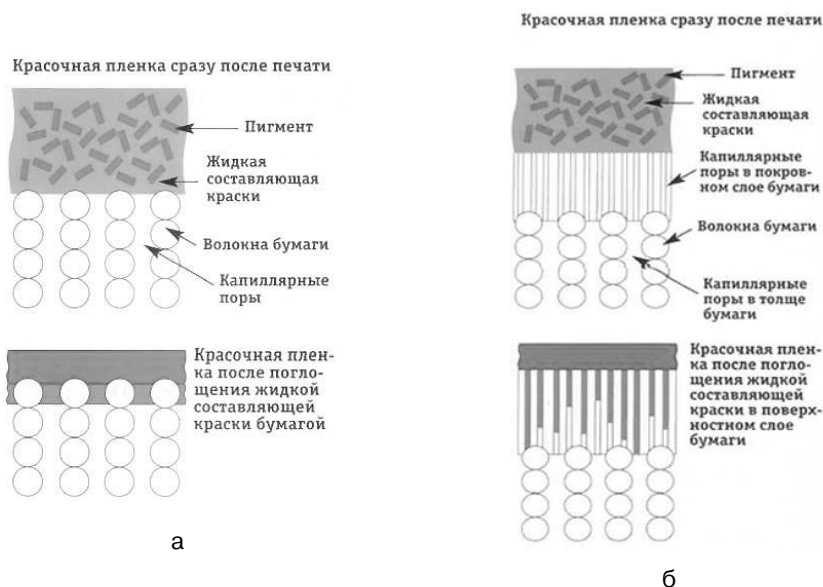
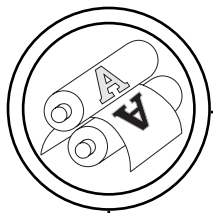


Рис. 20. Закрепление красочной пленки на бумаге без покрытия (немелованной — а), на бумаге с покрытием (мелованной — б)

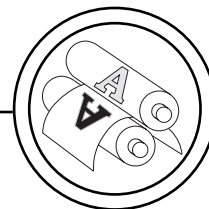
руживается высокая степень корреляции между свойствами бумаг и качеством оттисков. Особенности получения оттисков на бумагах с покрытиями и без него могут быть объяснены физико-химическими моделями, которые показаны на рисунке 20 [38, 39].

При печати на глянцевой бумаге с покрытием (мелованной) маловязкое связующее впитывается в поры мелованного покрытия, а высоковязкое, смешанное с пигментом, остается на поверхности бумаги и в течении нескольких часов полимеризуется, то есть высыхает, и превращается в достаточно твердую и эластичную пленку, которая удерживается на поверхности бумаги. При этом пигмент прочно связывается с заполимеризовавшимся связующим.

На матовой бумаге с покрытием (мелованной), поверхность которой является более шероховатой, чем у глянцевой бумаги, механизм

закрепления краски несколько иной — не только маловязкое связующее, но и часть высоковязкого проникает в поры мелованного покрытия, тогда как оставшаяся часть связующего вместе с пигментом остается на поверхности и закрепляется окислительной полимеризацией, связывая при этом пигмент.

Таким образом, чем большая часть связующего впитывается в субстрат, тем хуже получается один из показателей качества оттиска — стойкость к истиранию — потому, что на поверхности остается меньшее количество связующего, которому требуется удерживать в своем составе весь пигмент, то есть противостояние внешним механическим воздействиям на оттиск. Кроме этого, матовая мелованная бумага обладает большей шероховатостью, чем глянцевая, что еще больше ухудшает стойкость к истиранию поверхностного слоя краски.



Кроме того, поскольку связующее состоит из нескольких разных компонентов, может получиться так, что оно может начать избирательно впитываться в бумагу. Одна часть связующего будет впитываться в бумагу быстрее, чем другая, следовательно, состав связующего нарушается. Это может нарушить и изменить процесс высыхания краски, что порой и случается.

Процесс высыхания краски на бумаге без покрытия (немелованной), как видно из рис. 20, выглядит следующим образом: значительная часть связующего, частично и с пигментом, проникает в структуру бумаги, потому что между краской и бумагой отсутствует прослойка мелованного слоя.

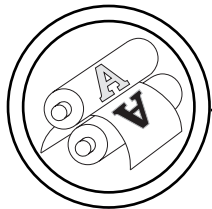
Таким образом, проведенные исследования взаимодействия красок с бумагами с покрытиями и без него показывают взаимосвязь свойств бумаг с качеством оттисков, а предложенная модель закрепления красок на таких бумагах приводит к объяснению эксплуатационных характеристик этих оттисков.

Выводы

1. Уравнения Уолкера-Фетско, Толленара-Оитинена описывают экспериментальные данные переноса краски и передачи краски для различных видов печатных бумаг с покрытием и без него, для лицевой и сеточной сторон этих бумаг с достаточной точностью.

2. Корреляционный анализ взаимосвязи показателей свойств бумаги с покрытием и без него, показывает наличие высокой степени корреляции между рядом важнейших свойств бумаг (впитывание, блеск, белизна) и достигаемым значениям оптических плотностей на тестовых плашках оттисков, что позволило предложить физическую модель системы «краска-бумага» для мелованных и немелованных бумаг, а также предложить практические рекомендации как для получения качественных оттисков на таких бумагах, так и условия их эксплуатации.

1. Takahashi Y., Fujita H., Sakata T. Ink transfer in offset printing process // TAGA Proceedings. — 1983. — 547—562 s. 2. Lind J. Ink transfer from the offset blanket // TAGA Proceedings. — 1985. — 328—336 s. 3. Pauler N. A modeling for the interaction between ink and paper // Advances in Printing Science and Technology. — 1987/ — 116—136 s. 4. Kajato I. M. The effect of formation on print quality with woodfree offset paper // Nordic Pulp and Paper Research Journal. — No. 1, (1989). 5. Lie Ch. Printability of coated papers for web-offset printing // Advances in Printing Science and Technology. — 1991. — 197—213 s. 6. Chou S. M., Harbin N. Relationship between ink mileage and ink transfer // TAGA Proceedings. — 1991. — 405—432 s. 7. Zang Y. H., Aspler J. S. The influence of coating structure on the ink receptivity and print gloss of model clay coatings // Tappi Journal. — Vol. 78, c. 1, (1995), 147—154 s. 8. Lapoutre P., De Grace J. H., Mangin P. J. Printability of coated papers. Influence of coating absorbency // Tappi Journal, Vol. 62, c. 5, (1979), 33—36 s. 9. Aspler J. S., Lepoutre P. The transfer and setting of ink on coated paper // Progress in organic Coatings. — Vol. 19, (1991), 333—357 s. 10. Lie Ch., Eriksen W, Matsegard V. Short run printing — influence of Paper on print quality // Advances in Printing Science and Technology. — Vol. 26, Leatherhead, 2000, 111—124 s. 11. Klamann M., Andersson I. The paper influence on ICC-profiles // TAGA Proceedings. — 1999. — 338—358 s. 12. Valasekova A. Studium vlastnosti podlozky pre tlac v zavislosti od kvality tlace a tlacovej technologie. — Diplomova praca. FCHPT STU v Bratislave, 2004. 13. Klamann M., Andersson I. Colour shifts in four colour printing // TAGA Proceedings, 1999, 418—432



- s. 14. Aspler J., Jordan B., O'Neill M. Offset print quality of uncoated mechanical printing papers: Results of a commercial heatset offset trial // TAGA Proceedings, 1999, 302—327 s. 15. Donderi D., Jordan B., Aspler J., O'Neill M. The subjective print quality of heatset offset prints on lightweight coated paper // Confidential to PAPRICAN companies PPR 1551, June 2001. 16. Donderi D. C., Aspler J. Proscale: a fast new way to measure subjective print and paper quality // Test methods. Pulp & Paper Canada, 2000, 43—45 s. 17. Sarkozi S. Vplyv novych typov papierov na vlastnosti tlacoveho zobrazenia. — Diplomova praca. FCHPT STU v Bratislave, 2004. 18. Blockhuis G. Effect on print quality of various density levels in four-color printing // Advances in Printing Science and Technology, 1977, 150—162 s. 19. MacPhee J., Lind J. T. More data on the density range of papers and on the measurement of printed ink film thickness // TAGA Proceedings 1992, 346—363 s. 20. MacPhee J., Lind J. T. The primary paper property that affects density range // TAGA Proceedings. — 1994, 414—432 s. 21. MacPhee J., Lind J. T. The relationship between paper properties and the optical and mechanical dot gain of prints // TAGA Proceedings. — 2000, 745—763 s. 22. Ingram S. T., Simon F. T. Reliable reflection density measurement // TAGA Proceedings, 1997, 676—684, Measurement of trappings // Techkon Application Note 4, January 2000, 1—2. 23. Arnaud S. Measurement of dot area // TAGA Proceedings, 2001, 685—702. 24. Schultz U. Density measurements and colour measurements — advantages and disadvantages in printing industry // Advances in Printing Science and Technology, 1987, 37—54. 25. Sommer F., Harbin C., Zawacki W. Color measurement of prints using multi-site spectrophotometric instrumentation // TAGA Proceedings, 1995, 531—546 s. 26. Ceppan M., Dvonka V., Fedak J., Pitonak M. Vlastnosti malych spektrokolorimetrov. Sesit typografie. Kolegium Typografie, Jihlava, 1998. 27. Ceppan M., Panak J. Denzitometria a kolorimetria v polygrafickej metrologii // Sbornik prednasek II. Polygraficky seminar, Pardubice 1995, Univerzita Pardubice. — 1995. 28. The color guide and glossary. Communication, measurement, and control for digital imaging and graphic arts. X-Rite, Incorporated, 1996. 29. Kaji M., Azuma Y., Nonaka M. Some colorimetric properties included in the color characterization data of process prints // TAGA Proceedings, 1998, 226—241. 30. Sivonen J., Heikkila I., Juhola H., Lehtonen T. On-line measurement of color — Densitometer or spectrophotometer? // TAGA Proceedings, 1999, 485—497. 31. Klamann M., Andersson I. Colour shifts in four colour printing // TAGA Proceedings, 1999, 418—432 s. 32. Yang L., Kruse B. Chromatic variation and color gamut reduction due to ink penetration // TAGA Proceedings, 2001, 399—407 s. 33. Stanton A., Radencic G. Ink trapping and colorimetric variation // TAGA Proceedings, 2001, 258—281. 34. Poloncanova P. Studium kvality tlacovych papierov porovnanim dvoch metod: fraktalovej analyzy a metody prenosovej modulacnej funkcie. — Diplomova praca. FCHPT STU v Bratislave, 2005. 35. Subrtova M. Studium metodil hodnotenia kvality tlace a potlacitelnosti. — Diplomova praca. FCHPT STU v Bratislave, 2005. 36. Verscakova I. Hodnotenie kvality tlace. — Bakalarsky projekt. FCHPT STU v Bratislave, 2005. 37. Jakucewicz S., Panak J. Studium potlacitelnosti novych typov nenatieranych papierov, Polygrafia-Academica'2004, Bratislava 09-10.09.2004 r., referat opublikowano w Materiałach Konferencji, S. 83—101. 38. Евграфов О. Взаимоотношения «краска—бумага»: универсальный или специальный подход // Курсив. — 2006. — № 3. — С. 56—59. 39. Bureau W. H. What the Printer Should Know about Paper, Sewickley, GATE, 1995, s. 346.

Надійшла до редакції 28.01.07