

УДК 655.531

## ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ЗМІНУ КОЛІРНИХ ТА ОПТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВІДБИТКІВ

© Т. Ю. Киричок, к.т.н., доцент, Т. Є. Клименко,  
Н. Л. Малкуш, НТУУ «КПІ», П. Р. Гаврилюк, Банкотно-  
монетний двір НБУ, Київ, Україна

Определены и сопоставлены между собой физико-технологические параметры исследуемых образцов бумаги и краски. Проведены исследования цветовых характеристик исследуемых оттисков, построены графики зависимости цветового смещения от толщины красочного слоя. Определены зависимости толщины красочного слоя от оптической плотности исследуемых оттисков.

The physical and technological parameters of paper and ink test specimens were defined and compared. The researches of color characteristics of the prints, plotted as a function of color shift on the thickness of the ink layer. The dependences of the ink layer thickness from prints optical density are determined.

### Постановка проблеми

В технологіях виготовлення цінних паперів використовуються фарби з певними заданими колірними характеристиками, так звані сумішеві фарби. Цими фарбами друкують фонові сітки (тангірні, гільйошні), використовують векторну графіку. Тон передається тонкими, товщиною до 50 мк, замкнутими лініями складної конфігурації [1]. При цьому існує проблема, оскільки потрібне точне відтворення, а матеріали і різні технологічні параметри змінюються. Навіть при повторному тиражуванні на папері спеціалісти стикаються з проблемою: папір з різних партій, навіть однієї і тієї ж фірми, має різний відтінок, який іноді навіть непомітно незброєним оком. Але в результаті друку

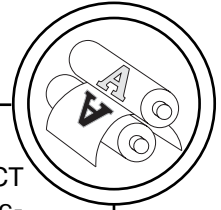
колір, що отримується, суттєво відрізняється від попереднього тиражу, хоч дотримуються всі попередні технологічні параметри [2].

Проблема відмінності фізико-технічних показників матеріалу, що задруковується, і впливу цієї відмінності на відтворення кольору майбутнього тиражу все ще не вирішена, і залишається дуже важливою та актуальною.

### Мета роботи

Метою даної роботи є проведення дослідження впливу параметрів паперу на точність відтворення кольорів та встановлення закономірності і величини цього впливу, а також визначення впливу технологічних параметрів друкарського процесу на зміну оптичних властивостей

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



фарбових відбитків, надрукованих на офсетному та банкотному папері.

### Результати дослідження

Для проведення експериментальних досліджень було використано офсетний папір та папір для друку банкнот різних номіналів. В табл. 1 наведено фізико-технічні характеристики обраних видів паперу, які було визначено експериментально.

Визначення показників непрозорості паперу проводилися на вимірювальному приладі Digital Unigalvo DS29 відповідно до ГОСТ 8874-80 [3]. Шорсткість та пористість паперу визначалась за методом Бендстена на тестері 33513 фірми Frank згідно з ДСТУ 2037-92 та ДСТУ 2047-92 [4, 5]. Визначення поверхневої вбирності води папером проводилися за методом Кобба на

приладі ОС відповідно до ГОСТ 12605-97 [6]. Всотуваність масла папером була виміряна згідно ГОСТ 12603-67 [7].

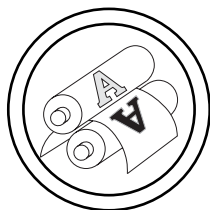
Відбитки були отримані на зразках паперу спеціальною напівпрозорою фарбою, рецептура якої була розроблена і виготовлена за допомогою програми Data Color [8]. Реологічні властивості фарби наведено в табл. 2.

За результатами проведених досліджень встановлено відмінності фізико-технічних характеристик паперу. Суттєвою відмінністю за цими даними є шорсткість, пористість та маслопоглинання офсетного паперу. Серед паперу для друку банкнот найбільшу вбирну здатність та непрозорість має папір для друку банкнот номіналом 5 грн., а найбільшу пористість та шорсткість має папір для друку банкнот номіналом 100 грн.

Таблиця 1

Характеристики видів паперу

№ зразка	Назва зразка	Непрозорість, %	Шорсткість (за Бендстеном), мл/хв		Пористість паперу (за Бендстеном), мл/хв		Поверхнева вбирність води при однобічному змочуванні (Кобб 60), г/м <sup>2</sup>		Всотуваність масла папером
			Лиц. стор.	Сіт. стор.	Лиц. стор.	Сіт. стор.	Лиц. стор.	Сіт. стор.	
1	Офсетний папір	90,9	142	201	240	205	27	25	4,30 с
2	Папір для друку банкнот номіналом 5 грн.	93,3	376	390	20	22	49,28	49,7	2 хв 56,39 с
3	Папір для друку банкнот номіналом 100 грн.	90,0	399	311	27	27	45,2	42,98	1 хв 53,33 с
4	Папір для друку банкнот номіналом 200 грн.	90,5	376	314	25	25	46,98	45,72	2 хв 4,10 с



## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

Таблиця 2

### Реологічні властивості друкарських фарб

Фарба	Липкість, кДж	Вязкість, $\eta$ , Па·с
Жовта	238,0	5,822
Червона	250,0	5,889
Синя	254,0	6,656
Чорна	241,0	8,816

В даній роботі було використано зразки паперу з різними колірними значеннями. Для визначення впливу різниці колірних характеристик паперу на колірні характеристики відбитків були виміряні колірні координати кожного з відбитків. Для коректного визначення величини колірного зсуву був обраний базовий (еталонний) папір, визначені його колірні координати, і в порівнянні з ним визначався колірний зсув кожного зі зразків паперу. В якості базового було вирішено використати офсет-

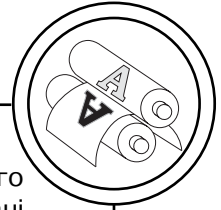
ний папір. У даній роботі використовувався спектрофотометр SpectroEye фірми Gretag Macbeth. Дані вимірювання проводилися із поляризаційним світлофільтром за умови денного освітлення (D65) при куті споглядання  $2^\circ$ . Колірні характеристики зразків паперу, використаних в даному дослідженні і колірний зсув цих паперів по відношенню до базового наведено в табл. 3. З табл. видно, що колірний зсув паперу для номіналу 100 грн. найбільший відносно обраного за еталон офсетного паперу.

Таблиця 3

### Колірні характеристики та колірний зсув паперів відносно еталонного

№ зразка	Назва зразка	Координати кольору			Різниця координат кольору			$\Delta E^*$
		$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	
1	Офсетний папір	97,15	0,21	-0,32	0	0	0	0
2	Папір для друку банкнот номіналом 5 грн.	90,58	-3,5	-2,09	6,57	3,71	1,77	7,75
3	Папір для друку банкнот номіналом 100 грн.	94,12	-3,05	8,50	3,03	3,26	-8,82	9,88
4	Папір для друку банкнот номіналом 200 грн.	93,5	2,85	1,61	3,65	-2,64	-1,93	4,90

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



Тестові відбитки були отримані в лабораторних умовах на прободрукарському приладі IGT Reprotest B.V. нанесенням сумішевих фарб (синьої, червоної, жовтої, чорної) на офсетний та банкнотний папір.

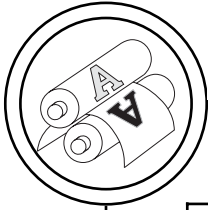
Залежність колірного зсуву  $\Delta E$  для відбитків, отриманих на різних видах паперу визначала-

ся відносно умовно обраного еталону (табл. 4). Колірні дані порівнювалися з незадрукованим офсетним папером.

Графіки залежності колірного зсуву  $\Delta E$  від різної товщини фарбового шару, вираженої через кількість фарби в  $г/м^2$ , для різних видів паперу представлені на рис. 1.

Таблиця 4  
Оптична густина та колірний зсув фарбових відбитків

Офсетний папір												
№ п/п	Синя фарба (С)			Червона фарба (М)			Жовта фарба (У)			Чорна фарба (В)		
	Кількість нанесеної фарби, $h_{від}, г/м^2$	Оптична густина, D	$\Delta E^*$	Кількість нанесеної фарби, $h_{від}, г/м^2$	Оптична густина, D	$\Delta E^*$	Кількість нанесеної фарби, $h_{від}, г/м^2$	Оптична густина, D	$\Delta E^*$	Кількість нанесеної фарби, $h_{від}, г/м^2$	Оптична густина, D	$\Delta E^*$
1	4,8	2,232	71,1	5,6	1,720	72,5	5,2	1,749	91,1	4,8	2,033	73,3
2	4,1	2,066	70,8	4,0	1,472	70,0	4,1	1,631	89,6	3,5	1,744	68,7
3	3,2	1,765	70,0	2,8	1,233	65,9	2,9	1,386	83,6	3,0	1,508	66,6
4	2,4	1,661	69,5	1,7	0,884	64,0	2,2	1,294	82,3	1,9	1,268	63,1
5	1,9	1,091	60,6	1,4	0,809	57,6	1,8	1,135	80,7	1,6	1,047	55,5
6	1,4	1,171	58,0	1,1	0,788	50,7	1,5	1,067	74,7	1,3	0,898	50,2
7	1,0	0,832	48,2	0,8	0,679	41,8	1,0	0,914	69,2	0,9	0,697	48,9
8	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0
Папір для друку банкнот номіналом 5 грн.												
№ п/п	Синя фарба (С)			Червона фарба (М)			Жовта фарба (У)			Чорна фарба (В)		
	$h_{від}, г/м^2$	D	$\Delta E^*$	$h_{від}, г/м^2$	D	$\Delta E^*$	$h_{від}, г/м^2$	D	$\Delta E^*$	$h_{від}, г/м^2$	D	$\Delta E^*$
1	4,3	2,034	71,4	4,9	1,678	72,6	3,8	1,657	91,5	4,5	1,884	71,9
2	3,4	1,892	69,2	3,7	1,427	66,8	3,2	1,515	87,4	3,3	1,640	67,8
3	3,0	1,688	67,9	2,3	1,143	63,2	2,4	1,249	86,4	2,4	1,371	65,4
4	2,2	1,431	63,8	1,7	1,051	57,3	1,7	1,147	83,1	1,7	1,137	60,9
5	1,4	1,184	56,8	1,5	0,875	52,2	1,5	0,932	78,6	1,2	0,906	50,2



## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

Закінчення табл. 4

Папір для друку банкнот номіналом 5 грн.												
№ п/п	Синя фарба (С)			Червона фарба (М)			Жовта фарба (У)			Чорна фарба (В)		
	$h_{\text{від}},$ г/м <sup>2</sup>	D	$\Delta E^*$	$h_{\text{від}},$ г/м <sup>2</sup>	D	$\Delta E^*$	$h_{\text{від}},$ г/м <sup>2</sup>	D	$\Delta E^*$	$h_{\text{від}},$ г/м <sup>2</sup>	D	$\Delta E^*$
6	1,3	1,021	55,8	1,0	0,732	49,7	1,1	0,825	74,7	1,0	0,832	48,4
7	1,0	0,786	44,6	0,8	0,593	40,5	0,7	0,828	67,1	0	—	7,7
8	0	—	7,7	0	—	7,7	0	—	7,7	—	—	—
Папір для друку банкнот номіналом 100 грн.												
№	Синя фарба (С)			Червона фарба (М)			Жовта фарба (У)			Чорна фарба (В)		
	$h_{\text{від}},$ г/м <sup>2</sup>	D	$\Delta E^*$	$h_{\text{від}},$ г/м <sup>2</sup>	D	$\Delta E^*$	$h_{\text{від}},$ г/м <sup>2</sup>	D	$\Delta E^*$	$h_{\text{від}},$ г/м <sup>2</sup>	D	$\Delta E^*$
1	4,8	2,145	71,7	4,4	1,538	70,5	4,0	1,530	98,0	3,9	1,727	72,0
2	4,6	2,140	70,1	2,7	1,236	65,8	3,0	1,486	93,5	2,6	1,330	66,2
3	3,6	1,939	68,0	2,0	1,039	62,5	1,9	1,200	88,7	2,0	1,116	63,7
4	2,6	1,469	64,3	1,7	0,916	60,8	1,7	1,011	83,9	1,6	0,943	51,2
5	2,5	1,420	61,2	1,4	0,768	58,0	1,3	0,778	79,2	1,2	0,682	49,7
6	1,6	1,232	56,1	0,8	0,699	48,8	0,9	0,780	75,0	0,9	0,683	49,2
7	0,8	0,743	47,0	0,7	0,639	39,4	0,6	0,616	70,5	0	—	9,9
8	0	—	9,9	0	—	9,9	0	—	9,9	—	—	—
Папір для друку банкнот номіналом 200 грн.												
№ п/п	Синя фарба (С)			Червона фарба (М)			Жовта фарба (У)			Чорна фарба (В)		
	$h_{\text{від}},$ г/м <sup>2</sup>	D	$\Delta E^*$	$h_{\text{від}},$ г/м <sup>2</sup>	D	$\Delta E^*$	$h_{\text{від}},$ г/м <sup>2</sup>	D	$\Delta E^*$	$h_{\text{від}},$ г/м <sup>2</sup>	D	$\Delta E^*$
1	4,4	2,156	71,7	4,6	1,579	72,3	4,0	1,662	90,9	4,1	1,794	69,0
2	3,7	1,934	68,8	3,2	1,310	66,8	3,2	1,472	85,6	2,6	1,554	68,7
3	3,1	1,594	66,7	2,3	1,026	61,3	2,2	1,288	83,3	2,1	1,168	66,5
4	2,5	1,492	64,9	1,7	0,841	55,5	1,7	1,035	77,4	1,6	1,071	62,3
5	1,5	1,095	54,2	0,9	0,662	47,9	1,6	1,010	75,5	1,4	0,887	57,1
6	1,4	0,842	48,7	0,8	0,621	38,3	1,2	0,861	69,9	0,8	0,684	48,1
7	1,1	0,763	39,2	0	—	4,9	0,8	0,646	62,7	0	—	4,9
8	0	—	4,9	—	—	—	0	—	4,9	—	—	—

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

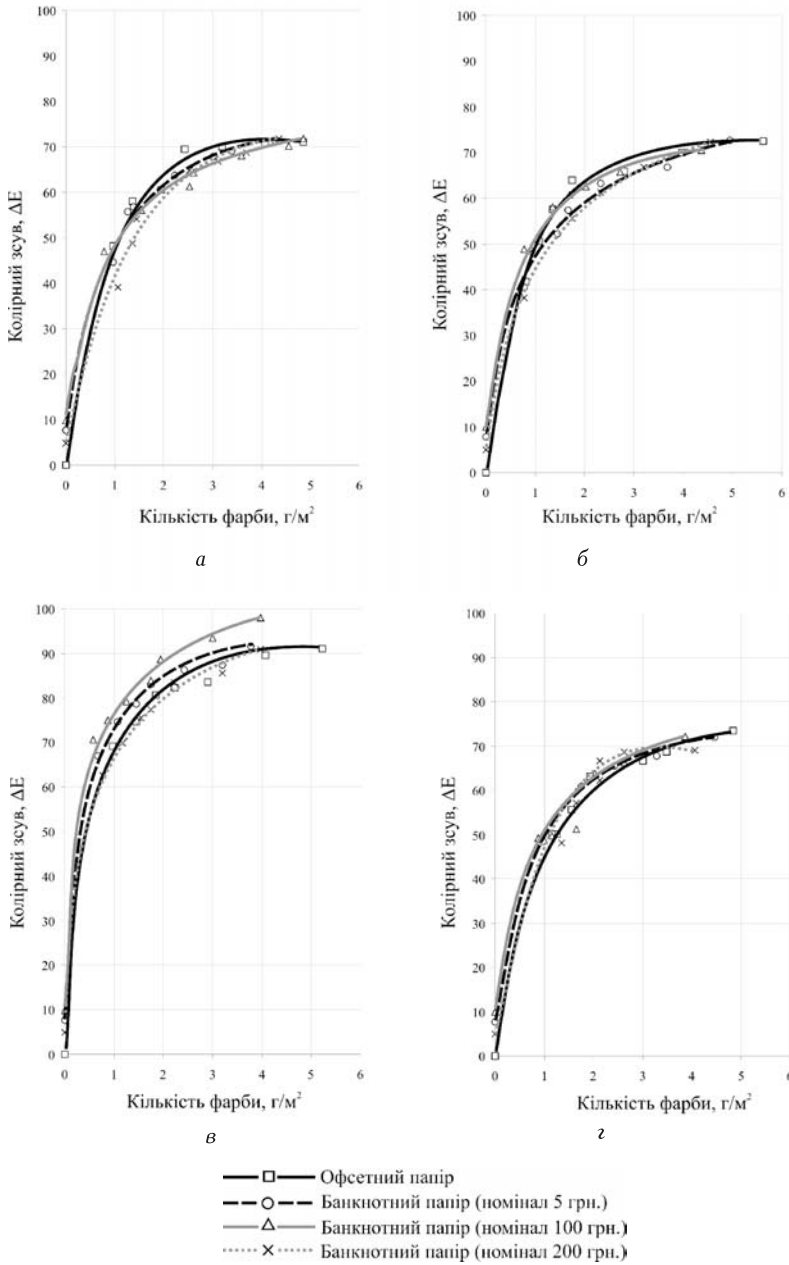
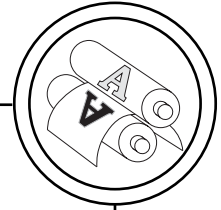
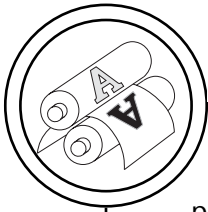


Рис. 1. Колірний зсув відбитків на різних видах паперу: а — синя фарба; б — червона фарба; в — жовта фарба; г — чорна фарба



## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

Для синьої фарби (рис. 1, а) різниця кольорних зсувів відбитків, отриманих на офсетному (базовому) папері та банкотному папері спостерігається орієнтовно в діапазоні товщини фарбового шару від 0,8 до 4 г/м<sup>2</sup>. Практично в усьому вказаному діапазоні для відбитків на папері номіналом 5 грн. ця різниця менша, ніж на папері номіналом 100 та 200 грн. Слід відмітити, що при товщині фарбового шару менше 2 г/м<sup>2</sup>, різниця кольорних зсувів більша для відбитків на папері номіналом 200 грн., а при товщині більше 2 г/м<sup>2</sup> — на папері номіналом 100 грн.

Подібний, але більш рівномірний характер носить різниця кольорних зсувів для відбитків червоної фарби приблизно в такому ж (від 0,8 до 4 г/м<sup>2</sup>) діапазоні товщини фарбового шару (рис. 1, б). Для даної фарби в діапазоні товщини фарбового шару 1,3-3,5 г/м<sup>2</sup> найменша різниця зафіксована для відбитків на папері номіналом 100 грн., а при товщині фарбового шару менше 1,3 г/м<sup>2</sup> — для відбитків на папері номіналом 5 і 200 грн. При цьому, максимальні відхилення кольорних зсувів відбитків, отриманих на банкотному папері в порівнянні з відбитками

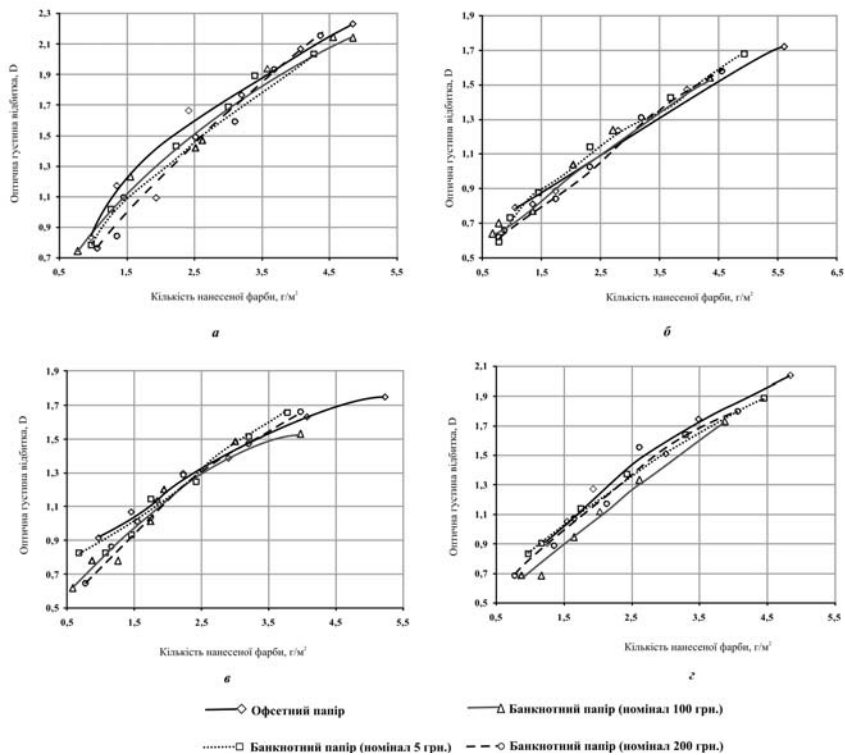
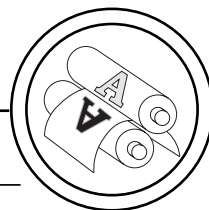


Рис. 2. Залежності оптичної густини від кількості нанесеної фарби на різних видах паперу: а — синя фарба; б — червона фарба; в — жовта фарба; г — чорна фарба

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



на офсетному папері спостерігаються при товщині фарбового шару до  $2 \text{ г/м}^2$ .

Зовсім інший характер зміни колірних зсувів виявлено для відбитків жовтої фарби (рис. 1, в). В дослідженому діапазоні, різниця колірних зсувів зростає зі збільшенням товщини фарбового шару і досягає максимальних значень при максимальній товщині фарбового шару. Такий характер зміни колірних зсувів проявляється для відбитків на папері номіналом 100 грн., де різниця колірних зсувів найбільша і для відбитків на папері номіналом 200 грн., де різниця колірних зсувів найменша. Для відбитків на папері номіналом 5 гривень ця різниця практично однакова (дещо збільшується при низьких значеннях товщини фарбового шару).

Щодо чорної фарби (рис. 1, г), то різниця колірного зсуву для відбитків на папері номіналом 200 грн. більша, ніж для відбитків на папері 5 і 100 грн., для яких колірний зсув близький до колірного зсуву відбитків на офсетному папері.

Вимірювання оптичної густини фарбових відбитків проводилося за допомогою денситометра GretagMacbeth D19C. Отримані дані представлені у табл. 4. На основі цих даних були побудовані графіки залежності оптичної густини фарбових відбитків від кількості нанесеної фарби (рис. 2).

З рис. 2 видно, що при друкуванні на офсетному та усіх видах банкнотного паперу при товщині фарбового шару більше  $1,5 \text{ г/м}^2$  спостерігається найбільша оптична густина для фарби

синього кольору, а найменша — для фарби червоного кольору. Жовта та чорна фарби займають проміжну позицію. При цьому, при товщині фарбового шару нижче  $2 \text{ г/м}^2$  більшу оптичну густину має жовта фарба, а вище  $2 \text{ г/м}^2$  — чорна. При товщині фарбового шару менше  $1 \text{ г/м}^2$  чіткої залежності встановити не вдалось.

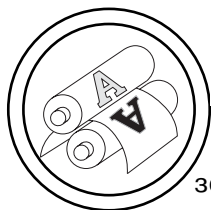
Якщо порівнювати різні види банкнотного паперу, то практично для усіх фарб при однакових товщинах фарбового шару більшу оптичну густину мають відбитки на папері номіналом 5 грн., а меншу — на папері номіналом 100 грн.

### Висновки

1. В результаті проведених досліджень виявлена залежність оптичної густини фарбових відбитків від товщини фарбового шару для різних за кольором фарб та різних видів банкнотного паперу. Встановлено, що рівень оптичної густини ( $D = 0,8-1,5$ ) досягається при найменшій товщині фарбового шару для синьої фарби при друкуванні на папері номіналом 5 грн. Такий рівень оптичної густини для червоної фарби досягається при значно більшій товщині фарбового шару, особливо, при друкуванні на папері номіналом 100 грн.

2. Для синьої, червоної та жовтої фарб, при незначній товщині фарбового шару (до  $1-1,2 \text{ г/м}^2$ ) колірний зсув постійно вищий для відбитків на папері номіналом 5 і 100 грн., ніж на папері номіналом 200 грн. Очевидно, це пов'язано з тим, що при незначній товщині шару напівпрозорих фарб на колірний





## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

зсув відбитків в більшій мірі впливає колірний зсув банкнотного паперу, який як видно з табл. 3, найвищий для паперу номіналом 100 грн. і найнижчий — для номіналу 200 грн.

3. У залежності від кольору, насиченості (оптичної густини) зображення на відбитку та колірних характеристик банкнот-

ного паперу, для досягнення очікуваного результату при друкуванні банкнот необхідно коригувати як подачу фарб в процесі друку, так і колірні характеристики фарб на різну величину, з урахуванням насиченості зображення, кольору фарби та номіналу банкноти, для якого використовується фарба.

1. Киричок П. О. Методи захисту цінних паперів та документів суворого обліку / П. О. Киричок, Ю. М. Коростіль, А. В. Шевчук. — Київ : ВПІ ВПК «Політехніка», 2008. — 368 с. 2. Козаровицький Л. А. Бумага и краска в процессе печатания / Л. А. Козаровицький. — М. : Книга, 1965. 3. Бумага. Методы определения прозрачности и непрозрачности: ГОСТ 8874-80. — ГОСТ 8874-80. — [Чинний від 1981-01-01]. — (Міждержавний стандарт). 4. Папір та картон. Метод визначення повітропроникності (середній діапазон вимірювання). Метод Бендтсена: ДСТУ ISO 5636-3:1984. — ДСТУ ISO 5636-3:1984. — [Чинний від 1993-07-01]. — К. : Держспоживстандарт України, 2006. — 181 с. — (Національні стандарти України). 5. Папір та картон. Метод визначення шорсткості (метод із застосуванням пропускання повітря). Метод Бендтсена: ДСТУ ISO 8791-2:1990. — ISO 8791-2:1990. — [Чинний від 1994-01-01]. — К. : Держспоживстандарт України, 2006. — 181 с. — (Національні стандарти України). 6. Бумага и картон. Метод определения поверхностной впитываемости воды при одностороннем смачивании (метод Кобба): ГОСТ 12605-97. — ГОСТ 12605-97. — [Чинний від 1997-11-21]. — (Міждержавний стандарт). 7. Бумага и картон. Метод определения поверхностной впитываемости капельным способом: ГОСТ 12603-67. — ГОСТ 12603-67. — [Чинний від 1967-01-07]. — (Міждержавний стандарт). 8. Филин В. Н. Печатные краски и работа с ними. / В. Н. Филин, Е. Д. Іваненко. — М. : Книга, 1980.

Рецензент — В. П. Шерстюк, д.х.н., професор, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 15.03.10