

УДК 655.3.066 (075.8)

© Т. Ю. Киричок, д.т.н., доцент, НТУУ «КПІ», Київ, Україна

**ВПЛИВ ЯВИЩА ПЕРЕБИВАННЯ ФАРБИ НА ЗВОРОТ  
НА ДОСТОВІРНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ ЗНОШЕНОСТІ  
ПІД ЧАС АВТОМАТИЗОВАНОГО СОРТУВАННЯ БАНКНОТ**

Встановлено, що для банкнотного виробництва як в Україні, так і в зоні євро є характерним те, що оптичні властивості зони контролю забрудненості є різними для нових банкнот, видрукованих в різний час. Колірні відмінності нової продукції можуть вносити велику похибку у визначення забрудненості і призводити до необґрунтованого вилучення з обігу придатних за своїм станом банкнот. Визначено, що причинами кольорних відмінностей нової продукції є відмінності в межах специфікації кольорності різних партій паперу та неоднакове проникнення складових офсетних фарб у папір в зоні водяного знаку. Урахування кольорних відмінностей нової продукції необхідне під час розробки алгоритмів сортування банкнот.

**Ключові слова:** банкнотне виробництво; зношування банкнот; проникнення фарби; водяний знак; сортування банкнот.

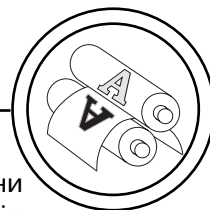
**Постановка проблеми**

Проблемою автоматизованого сортування банкнот є як помилкове неврахування одночасної наявності різних видів пошкоджень на одній банкноті й повернення в обіг зношених банкнот, так і необґрунтоване вилучення з обігу придатних банкнот через помилкову оцінку їх стану як зношених. Це є наслідком дії низки чинників: відмінностей у калібруванні сенсорів сортувального обладнання, відхилень у межах допуску кольорності банкнотного паперу із різних партій [1, 2], а також окремим урахуванням показників зношеності [3].

Підвищення достовірності сортування можливе трьома шляхами: 1) періодичним моніторингом даних сортувального

обладнання для уточнення критичних меж показників загального забруднення банкнот; 2) удосконаленням формування оцінки зношеності на основі показників, що традиційно використовуються в сортувальних комплексах (формування комплексного показника зношеності); 3) розробленням та впровадженням в процес сортування нових показників зношеності (наприклад, показників зношеності фарбового рельєфу інтаглідруку, електрофізичних параметрів) [4].

Загальна забрудненість встановлюється за результатами вимірювання оптичних характеристик у чітко визначених для кожного номіналу незадрукованих (на лиці банкноти) або задрукованих світлими кольорами



(на звороті). Для української гривні це область водяного знаку, але за його межами, що задруковується лише тонкими гільйошними лініями офсетного друку зі звороту. Тому дослідження потребує особливої уваги потребує механізм формування змін колірності задрукованої зі звороту зони контролю зношеності в області водяного знаку.

### Мета роботи

Метою даного дослідження було здійснити аналіз проблеми зміни колірності задрукованої зі звороту зони контролю зношеності в області водяного знаку внаслідок відхилень колірності банкотного паперу, різного проникнення фарби в папір на ділянках водяного знаку та впливу цих факторів на визначення зношеності банкнот.

### Результати проведених досліджень

Однією з причин необґрунтованого вилучення банкнот з обігу через загальне забруднення є відмінності, які мають місце для будь-якого виробництва, колірності та інших параметрів (товщини, поверхневої вбирності, шорсткості і т. і.) банкотного паперу. Оскільки допускаються коливання між партіями в певних невеликих межах параметрів банкотного паперу української гривні (товщини 4–6 мкм, поверхневої вбирності 4–10 г/м<sup>2</sup>, колірності  $\Delta L^* = \Delta a^* = \Delta b^* = 0,1$  [5]), то в результаті друкування можливе отримання дещо відмінних показників колірності області контролю забрудненості. Це може відбува-

тися внаслідок різної глибини проникнення фарби в папір [5–7] і різного тому її перебивання на зворот [8], що можна спостерігати на рис. 1, а, б, де показано, що навіть тонкі лінії гільйошу, якими задрукована зворотна сторона банкноти в області контролю забрудненості, під час засвічування видимі з лиця. Після кожного етапу друкування відбуваються поступові зміни колірності незадрукованої частини банкноти.

Причиною цього є те, що у місці розташування водяного знаку змінюється структура паперу, відповідно змінюється і характер переходу фарби в процесі друкування, і відповідність кольорових характеристик відбитку щодо оригіналу [9].

Під час формування водяного знаку на папероробних машинах змінюється товщина та щільність паперу, каландрування неоднаково впливає на різні ділянки аркуша: каландри спричиняють найбільший тиск на позитивні водяні знаки, і мінімальний — на негативні. Каландрування різко зменшує розміри пор і збільшує їх загальну кількість. Тому, ділянки з позитивними водяними знаками матимуть властивості, подібні до висококаландрованих паперів, а основний папір та негативні водяні знаки — до друкарських паперів машинної гладкості. Було висловлено припущення, що через такі причини має місце різний характер проникнення окремих компонентів фарби для паперу з водяними знаками. На основі викладеного нами розроблено модель закріплення фарби на папері з водяними знаками [6].

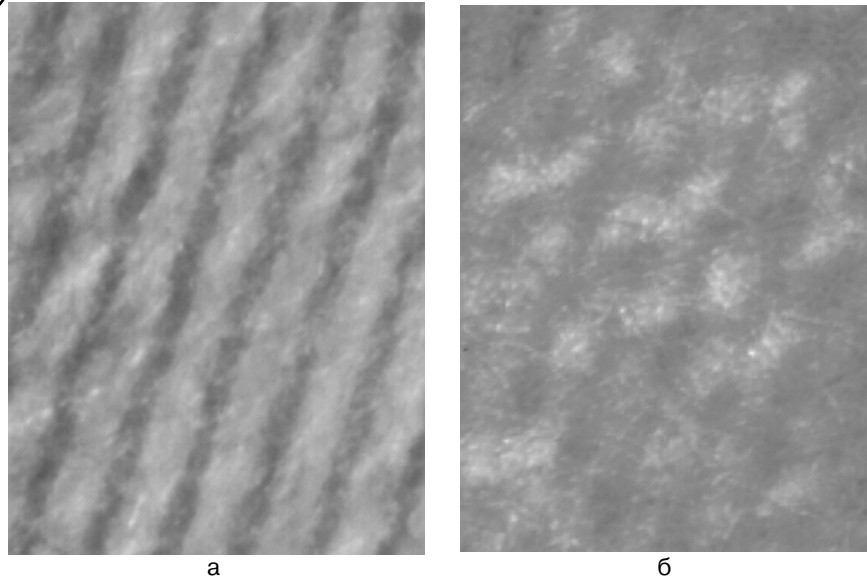
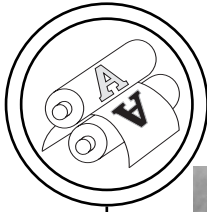


Рис. 1. Зона контролю загального забруднення зі звороту (а) та з лица (б). Збільшення  $\times 45$

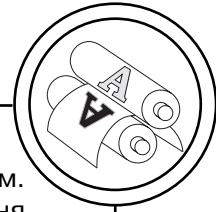
Для підтвердження коректності розробленої моделі було проведено дослідження величини колірної зсуву на ділянках з водяним знаком і без [6], для чого досліджено папір з позитивними водяними знаками для друку цінних паперів, на який за допомогою лабораторного друкарського приладу IGT Reprotest V.V.C1 нанесено плашки сумішевих фарб, виготовлених за допомогою програми Ink Formulation на основі базових фарб серії Irocart фірми Hartman. Колірний зсув  $\Delta E_{ab}^*$  в колірному просторі CIE 1976 ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) було визначено

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_{wm}^* - L_{clear}^*)^2 + (a_{wm}^* - a_{clear}^*)^2 + (b_{wm}^* - b_{clear}^*)^2}$$

де  $L_{wm}^*$ ,  $a_{wm}^*$ ,  $b_{wm}^*$  — колірні координати на ділянці водяного зна-

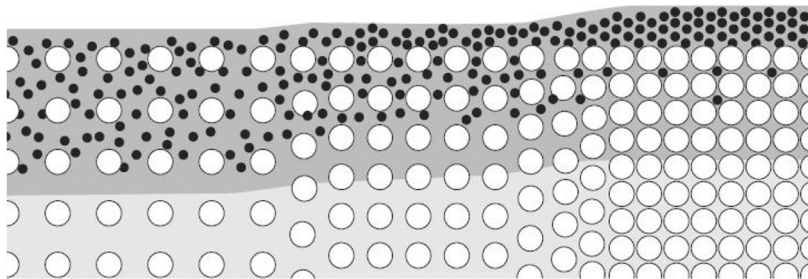
ку, а  $L_{clear}^*$ ,  $a_{clear}^*$ ,  $b_{clear}^*$  — колірні координати за його межами [10]. Вимірювання колірних координат проведено за допомогою спектрофотометра SpectroEye (Gretag Macbeth). Встановлено, що мають місце суттєві колірні відмінності між ділянкою водяного знаку і без нього —  $\Delta E_{ab}^*$  між ділянками з ВЗ і без становить 6,5–20,0 залежно від товщини фарбового шару (при збільшенні шару фарби колірні відмінності між ділянкою водяного знаку і без нього зменшуються). Тобто, такі колірні відмінності є добре видимі людським оком, оскільки, як відомо, людина розрізняє колірні відмінності, якщо  $\Delta E_{ab}^* \geq 5$  [10].

Ще одним підтвердженням розробленої моделі є дослідження зрізів задрукованого офсетним способом паперу з водяними знаками за допомогою світлової мікроскопії, котре вия-

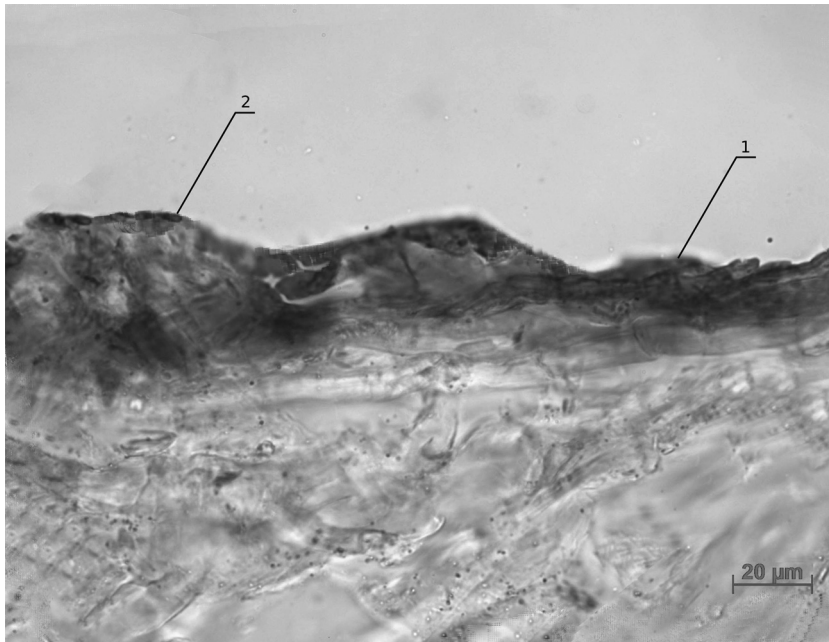


вило явище більшої концентрації пігменту біля поверхні паперу, а також помітно різний ступінь проникнення як рідкої складової фарби, так і пігменту на ділянках паперу з водяним знаком та без нього (рис. 2, а, б): глибина проникнення колоїдної системи пігмент—зв'язувальна речовина на ділянці з позитивним водяним знаком становить 9–16 мкм, на ділянці

поза його межами — 22–40 мкм. Тому за рахунок утримання значної кількості пігменту на поверхні паперу через ущільнення структури паперу в даній ділянці та зменшенням пористості досягається більша насиченість кольору на ділянках із позитивними водяними знаками [7]. Таке неоднакове проникнення складників в папір може призводити до зміни колірності зворо-

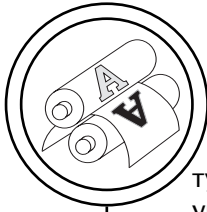


а



б

Рис. 2. Фарбовий шар на ділянці паперу з позитивним водяним знаком (1) та поза його межами (2): а — модель [7], б — зріз паперу, збільшення  $\times 200$



ту відбитків, яким для банкнот української гривні є зона контролю зношеності в області водяного знаку.

*Зміна колірності зони контролю загального забруднення зразків банкнот*

Зміни колірності зони контролю загального забруднення (біля водяного знаку, лице) встановлено на основі вимірювань колірного зсуву  $\Delta E_{ab}^*$  в колірному просторі CIE 1976 ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ):

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_{offset}^* - L_{clear}^*)^2 + (a_{offset}^* - a_{clear}^*)^2 + (b_{offset}^* - b_{clear}^*)^2}$$

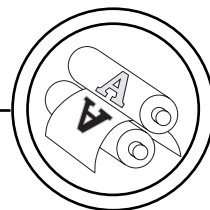
де  $L_{offset}^*$ ,  $a_{offset}^*$ ,  $b_{offset}^*$  — колірні координати лиця банкноти на ділянці водяного знаку після задрукування офсетним друком, а  $L_{clear}^*$ ,  $a_{clear}^*$ ,  $b_{clear}^*$  — колірні координати незадрукованого паперу у тій же зоні [10]. Вимірювання колірних координат та яскравості за TAPPI зони контролю загального забруднення (біля

водяного знаку, лице) для дослідних зразків банкнот, виготовлених на різних видах банкнотного паперу (в тому числі, експериментальних) одного номіналу (10 грн) проведено за допомогою спектрофотометра SpectroEye (Gretag Macbeth) колірності і наведено в табл. Видно, що зміни колірності зони контролю загального забруднення мають місце для всіх видів паперу і становлять:  $\Delta L^* = 1,45 - 1,98$ ,  $\Delta a^* = (-0,94) - (-1,31)$ ,  $\Delta b^* = (-0,05) - (-0,37)$ . Причому, для паперу одного виду (№ 3) з різних партій, задрукованого в різний час, колірність готової продукції в зоні контролю також відрізняється:  $\Delta L^* = 0,74$ ,  $\Delta a^* = 0,29$ ,  $\Delta b^* = 0,14$ ,  $\Delta E = 0,80$ .

Такі зміни мають місце і під час виготовлення банкнот інших валют. Наприклад, для євро папір виготовляють декілька виробників, тому і відмінності в колірності за рахунок друку в колірному просторі CIE  $L^*a^*b^*$  можуть становити:  $\Delta L^* = 0,19 - 1,44$ ,  $\Delta a^* = 0,09 - 0,33$ ,  $\Delta b^* =$

*Зміна колірності зони контролю забруднення після задрукування (порівняно з незадрукованим папером)*

Папір	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E$	Яскравість, %	Зменшення яскравості, %
№ 1	1,87	-1,05	-0,07	2,15	74,31	3,31
№ 2	1,85	-1,31	-0,05	2,27	73,82	3,46
№ 3	1,45	-0,94	-0,14	1,74	74,34	3,34
	1,98	-1,14	-0,37	2,31	72,63	4,73
№ 4	1,86	-1,19	-0,24	2,22	73,51	4,36



= -0,45-(+0,06) (для банкноти 5 євро) [2]. Тобто, колірні відмінності незадрукованої області банкноти складають до  $\Delta E = 1,5$ .

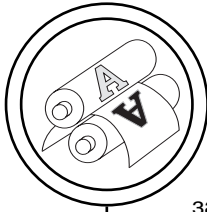
Яскравість (TAPPI) зони контролю забруднення, як видно з табл., може відрізнятись більш як на 2 %. Враховуючи, що, наприклад, за рекомендаціями Центрального банку РФ [11], підставою до віднесення до зношених банкнот є зниження яскравості на 8 % і більше, то колірні відмінності нової продукції можуть, таким чином, вносити велику похибку у визначення забрудненості і призводити до необґрунтованого вилучення з обігу придатних за своїм станом банкнот.

### Висновки

Для банкнотного виробництва як в Україні, так і в зоні євро є характерним те, що оптичні властивості зони контролю забрудненості є різними для банкнот, видрукованих в різний час. Тому колірні відмінності нової продукції можуть вносити велику похибку у визначення забрудненості і призводити до необґрунтованого вилучення з обігу придатних за своїм станом банкнот. Це явище, причиною якого як відмінності в межах специфікації колірності різних партій паперу, так і неоднакове проникнення складових офсетних фарб у папір в зоні водяного знаку, потребує урахування під час розробки алгоритмів сортування банкнот.

### Список використаної літератури

1. Киричок Т. Ю. Зносостійкість банкнотної продукції : монографія / Т. Ю. Киричок. — К. : НТУУ «КПІ», 2014. — 308 с.
2. Buitelaar T. Sources of variations in papertint [Electron. resource] / T. Buitelaar. — Access link : <http://www.currencyaffairs.org/templates/files/library/>.
3. Правила визначення платіжності та обміну банкнот і монет Національного банку України (Затверджено Постановою Правління Національного банку України від 17 листопада 2004 р. № 547).
4. Киричок Т. Ю. Проблеми та напрямки підвищення достовірності визначення зношеності під час автоматизованого сортування банкнот / Т. Ю. Киричок, П. О. Киричок, Ж. Т. Кажмуратов // Зб. наук. праць «Технологія і техніка друкарства». — К., 2014. — № 4(46). — С. 4–13.
5. Киричок Т. Ю. Вплив технологічних параметрів на зміну колірних та оптичних характеристик відбитків / Т. Ю. Киричок, Т. Є. Клименко, Н. Л. Малкуш, П. Р. Гаврилюк // Зб. наук. праць «Технологія і техніка друкарства». — К., 2010. — № 1. — С. 20–28.
6. Киричок Т. Ю. Дослідження процесу закріплення фарби на папері з водяними знаками / Т. Ю. Киричок, Н. Л. Талімонова // Зб. наук. праць ВІТІ НТУУ «КПІ». — Вип. 1. — К. : ВІТІ НТУУ «КПІ», 2011. — С. 71–75.
7. Киричок Т. Ю. Моделювання проникнення фарби в папір з водяними знаками під час офсетного друку / Т. Ю. Киричок, Н. Л. Талімонова, В. І. Заріцька, А. І. Денисюк // Наукові вісті НТУУ «КПІ». — 2012. — № 5(87).
8. Киричок Т. Ю. Дослідження кольоровідтворення на одно- та двохшаровому папері спеціального призначення / Т. Ю. Киричок, В. М. Нес-теренко, Н. Л. Талімонова // Зб. наук. праць «Технологія і техніка друкарства». — К., 2011. — № 3(33). — С. 17–27.

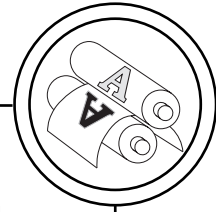


9. Козаровицкий Л. А. Бумага и краска в процессе печатания / Л. А. Козаровицкий. — М. : «Книга», 1965. — 368 с.
10. Schanda J. Colorimetry : Understanding the CIE System / J. Schanda. — Willey-Interscience, 2007. — 459 p.
11. Comments to «The Bank of Russia Notes Fitness Criteria» [Electron. resource]. — Access link : [http://www.cbr.ru/eng/bank-notes\\_coins/?Prtid=unfit](http://www.cbr.ru/eng/bank-notes_coins/?Prtid=unfit).

### References

1. Kyrychok T. Iu. Znosostiikist banknotnoi produktsii : monohrafiia / T. Iu. Kyrychok. — K. : NTUU «KPI», 2014. — 308 s.
2. Buitelaar T. Sources of variations in papertint [Electron. resource] / T. Buitelaar. — Access link : <http://www.currencyaffairs.org/templates/files/library/>.
3. Pravyla vyznachennia platizhnosti ta obminu banknot i monet Natsionalnoho banku Ukrainy (Zatverdzheno Postanovoiu Pravlinnia Natsionalnoho banku Ukrainy vid 17 lystopada 2004 r. № 547.
4. Kyrychok T. Iu. Problemy ta napriamky pidvyshchennia dostovirnosti vyznachennia znoshenosti pid chas avtomatyzovanoho sortuvannia banknot / T. Iu. Kyrychok, P. O. Kyrychok, Zh. T. Kazhmuratov // Zb. nauk. prats «Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva». — K., 2014. — № 4(46). — S. 4–13.
5. Kyrychok T. Iu. Vplyv tekhnolohichnykh parametriv na zminu kolirnykh ta optychnykh kharakterystyk vidbytkiv / T. Iu. Kyrychok, T. Ie. Klymenko, N. L. Malkush, P. R. Havryliuk // Zb. nauk. prats «Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva». — K., 2010. — № 1. — S. 20–28.
6. Kyrychok T. Iu. Doslidzhennia protsesu zakriplennia farby na paperi z vodi-anymy znakamy / T. Iu. Kyrychok, N. L. Talimonova // Zb. nauk. prats VITI NTUU «KPI». — Vyp. 1. — K. : VITI NTUU «KPI», 2011. — S. 71–75.
7. Kyrychok T. Iu. Modeliuvannia pronyknennia farby v papir z vodianyimi znakamy pid chas ofsetnoho druku / T. Iu. Kyrychok, N. L. Talimonova, V. I. Zaritska, A. I. Denysiuk // Naukovi visti NTUU «KPI». — 2012. — № 5(87).
8. Kyrychok T. Iu. Doslidzhennia kolorovidtvorennia na jedno- ta dvosharovomu paperi spetsialnoho pryznachennia / T. Iu. Kyrychok, V. M. Nesterenko, N. L. Talimonova // Zb. nauk. prats «Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva». — K., 2011. — № 3(33). — S. 17–27.
9. Kozarovickij L. A. Bumaga i kraska v processe pechatanija / L. A. Kozarovickij. — M. : «Kniga», 1965. — 368 s.
10. Schanda J. Colorimetry : Understanding the CIE System / J. Schanda. — Willey-Interscience, 2007. — 459 p.
11. Comments to «The Bank of Russia Notes Fitness Criteria» [Electron. resource]. — Access link : [http://www.cbr.ru/eng/bank-notes\\_coins/?Prtid=unfit](http://www.cbr.ru/eng/bank-notes_coins/?Prtid=unfit).

**Установлено, что для банкнотного производства как в Украине, так и в зоне евро характерно то, что оптические свойства зоны контроля загрязненности различны для новых банкнот, напечатанных в разное время. Цветовые различия новой продукции могут вносить большую погрешность в определение загрязненности и приводить к необоснованному изъятию из обращения пригодных по своему состоянию банкнот.**



**Определено, что причинами цветовых отличий новой продукции являются различия в пределах спецификации цветности различных партий бумаги и неодинаковое проникновение составляющих офсетных красок в бумагу в зоне водяного знака. Учет цветовых отличий новой продукции необходим при разработке алгоритмов сортирования банкнот.**

**Ключевые слова:** банкнотное производство; износ банкнот; проникновение краски; водяной знак; сортирование банкнот.

**It was found that for banknote production in Ukraine as well as in eurozone the optical properties of the soiling control zone are different for the new banknotes printed at different times. Color differences of the new products can make a big error in the definition of soiling and lead to unjustified withdrawal from circulation suitable banknotes.**

**It was determined that color differences between the new product are the result of the both differences within the specification of paper color and different offset inks penetration into the paper in the area of the watermark. Accounting for color differences between the new products is required for the development of algorithms for sorting banknotes.**

**Keywords:** banknote production; banknote deterioration; ink penetration; watermark; banknote sorting.

Рецензент — О. І. Лотоцька, к.т.н.,  
доцент, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 20.03.15