

УДК 655.05, 681.6

DOI: 10.20535/2077-7264.3(81).2023.293096

© Т. Ю. Киричок, д-р техн. наук, проф., Т. Є. Клименко, канд. техн. наук, доц., Н. Л. Талімонова, канд. техн. наук, доц., С. О. Гулевич, асист., Б. О. Бардовський, асп., Ю. В. Романюк, магістрантка, КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДТВОРЕННЯ КОЛЬОРУ ТА ШТРИХОВИХ ГРАФІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СУВЕНІРНОЇ БАНКНОТНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Досліджено вплив друкарсько-технічних характеристик паперу на якість відтворення штрихових графічних елементів, отриманих глибоким способом друку та на кольоровідтворення після задруковування офсетним способом друку для виготовлення сувенірної банкотної продукції.

Ключові слова: сувенірна банкотна продукція; кольоровідтворення; товщина фарбового шару; штрихові графічні елементи; інтаглідрук; глибокий друк; офсетний друк.

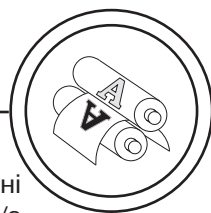
Постановка проблеми

Сувенірні банкноти є об'єктами колекціонування та можуть бути предметом вивчення боністики залежно від їхніх візуальних та якісних характеристик, деякі з них можуть використовуватися як платіжні засоби. Після проведеного аналізу захисних елементів сувенірних банкнот наявних у продажу на території України виявлено, що вони містять більшість захисних ознак банкотної продукції та мають подібну технологію виготовлення. Вони задруковуються кількома способами друку, серед яких найуживанішими є офсетний з і без зволоження, інтаглідрук [1–3]. Рельєфне зображення інтаглідруку дозволяє

легко розпізнаватися населенням і бути ознакою автентичності банкотної продукції [4].

Одним із показників якості як сувенірних, так і обігових банкнот є дотримання колірності відповідно до розробленого дизайну та відтворення тонких графічних елементів. Оскільки для виготовлення сувенірної банкотної продукції часто використовують тоновані папери, однією із важливих умов якісного друку є врахування колірних характеристик як паперу-основи, так і фарб.

Рельєфний ефект використовується як один із захисних елементів при друці сувенірної банкотної продукції, створюючи зображення за допомогою точного відтворення штрихових графічних елементів [5]. У попередніх



дослідженнях підтверджено [6–11] прямий вплив параметрів друкарської форми інтаглідруку на якість отриманих відбитків, зокрема на їх графічну та градаційну точність. У даному дослідженні увагу зосереджено на відтворенні штрихових графічних елементів та кольоровідтворенні.

Мета роботи

Дослідження впливу друкарсько-технічних характеристик паперу, зокрема, структури та кольорних характеристик на якість відтворення штрихових графічних елементів, отриманих глибоким способом друку, та на кольоровідтворення після задруковування офсетним способом друку.

Результати проведених досліджень

Для проведення експериментальних досліджень використано чотири види паперу, що мають різні друкарсько-технічні характеристики (табл. 1) та фарбу для аркушевого офсетного друку CYAN AS-100 TOYO [12].

Тестові відбитки отримано при друкуванні в лабораторних умовах на прободрукарському пристрої ЛП-1 офсетного друку

[13], на якому задано наступні налаштування: швидкість — 3,0 м/с (10800 об/год), тиск — 1,5 МПа. Визначення кількості нанесеної фарби здійснювалося за допомогою аналітичних прецизійних електронних ваг AD-200 («Axis», Польща) [14]. Товщину паперу виміряно за допомогою мікрометра моделі 211211. Для дослідження кольоровідтворення відбитків та паперової основи в роботі визначено за допомогою спектрофотометру X-Rite SpectroEye [15].

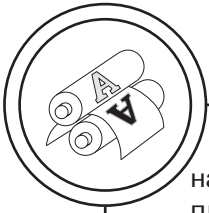
Досліджено штрихові графічні елементи, створені різновидом глибокого друку — офортм. Такий спосіб дозволив дослідити особливості та можливості офорту (гравюри на метали) як способу, що є прототипом інтаглідруку. Прободрукарські верстати інтаглідруку є обладнанням обмеженого доступу користування, що обумовлено специфікою його використання у банкнотному виробництві, тому для проведення досліджень використано типографський офортний верстат «Подільський» [16].

Для проведення дослідження виготовлено тестову мідну форму, яка в сучасному друкарському апараті інтаглідруку замінена

Таблиця 1

Характеристики досліджуваних зразків паперу

№	Марка паперу	Маса, г/м ²	Фактура	Товщина, мкм	Наявність захисних елементів	Наявність оптичних відбілювачів
1	Folia 00	130	Матова гладка	150	—	+
2	Folia 01	130	Матова гладка	170	—	+
3	Folia 43	130	Матова гладка	160	—	+
4	Zanders Zeta	100	Матова льон	125	негативний водяний знак	—



на формний циліндр. На мідну пластину за допомогою голки нанесено шість графічних елементів, глибина та ширина яких досягається за допомогою кислоти, що витравлює їх. Такий процес травлення певною мірою відповідає виготовленню захищених друкарських форм. Після процесу травлення, зображення з мідної форми перенесено на папір глибоким способом друку за допомогою офортного верстата фарбами DONG YANG Ink raptone Black (Корея) [17]. До конструкції офортного друкарського верстата входять два притискні вали, тайлер (площина, на якій розміщується форма) та механізм, що приводить вал у рух.

Після друкування з тестової друкарської форми на різних досліджуваних зразках паперу проаналізовано якість відтворення ширини штрихових елементів за допомогою мікроскопу Sigeta Biogenic Lite 40x [18] з можливістю фотофіксації результатів. Методика дослідження полягала у вимірюванні та порівнянні ширини тонких штрихів спершу на тестовій друкарській формі та на задрукованих відбитках, виконаних з даної друкарської форми на зразках паперу. Також проаналізовано якість отриманих

штрихів за чіткістю відтворення та рівномірністю ширини штриха. Штрихи пронумеровано на друкарській формі і на відбитках відповідно до запроєктованої ширини кожного графічного елемента. Вимірювання ширини штрихових графічних елементів виконувалися декілька разів вздовж всього штриха на друкарській формі та на відбитках, і розраховувалося їх середнє значення.

За результатами спектрофотометричних вимірювань у колірному просторі CIE Lab визначено колірні відмінності незадрукованих зразків паперу відносно зразка № 1.0 (табл. 2) для порівняння та визначення впливу на колір відбитку [19, 20]. За еталон прийнято папір марки Folia 00.

Для дослідження кольоровідтворення на різних видах паперу, визначено колірні відмінності відбитків відносно зразка № 1.3 (папір Folia 00 із найбільшою товщиною фарбового шару). Колірні характеристики та графік колірних відмінностей наведено в табл. 3 та на рис. 1 відповідно.

Проаналізувавши отримані колірні характеристики відбитків, можна зробити висновок, що при збільшенні товщини фарбового шару колірні відмінності зменшуються, але все ж залишаються

Таблиця 2
Колірні характеристики досліджуваних зразків паперу

№ зразка	Марка паперу	Колірні координати CIE 1976 (L^* , a^* , b^*)			ΔE між еталонним папером та іншими зразками
		L^*	a^*	b^*	
1	Folia 00	93.66	2.48	-5.93	0
2	Folia 01	93.32	-0.25	6.77	12.99
3	Folia 43	88.45	4.03	9.62	16.47
4	Zanders Zeta	93.49	-2.11	17.24	23.62

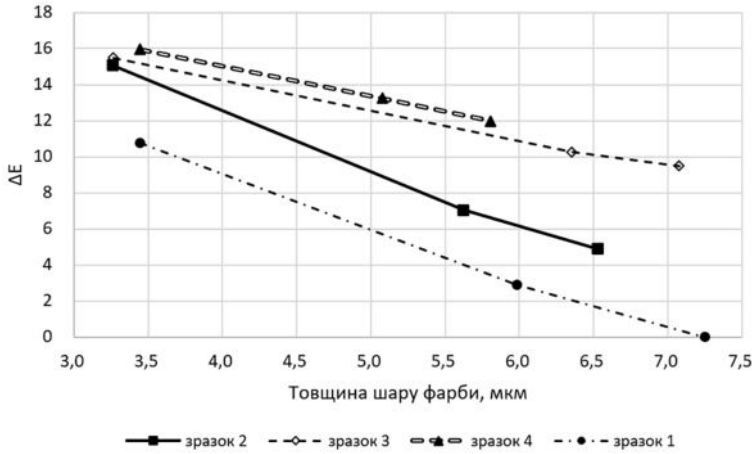
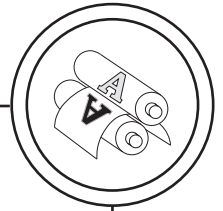
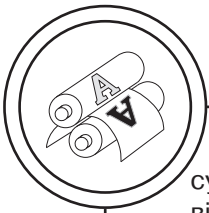


Рис. 1. Колірні відмінності (ΔE) відбитків на досліджуваних зразках при різній товщині фарбового шару

Таблиця 3

Колірні характеристики відбитків

Досліджуваний зразок	Колірні дані відбитків (L^* , a^* , b^*)			ΔE між еталонним відбитком та іншими відбитками	Товщина шару фарби, мкм
	L^*	a^*	b^*		
1 зразок (1.1)	55.87	-11.84	-44.78	10.75	3.448
1 зразок (1.2)	48.81	-7.79	-45.69	2.89	5.984
1 зразок (1.3)	47.12	-5.6	-44.84	0.00	7.254
2 зразок (2.1)	54.21	-17.07	-38.16	15.05	3.266
2 зразок (2.2)	48.41	-11.49	-41.21	7.04	5.625
2 зразок (2.3)	44.83	-8.01	-41.25	4.89	6.532
3 зразок (3.1)	50.98	-16.01	-34.06	15.48	3.266
3 зразок (3.2)	44.78	-10.98	-36.43	10.25	6.351
3 зразок (3.3)	42.33	-8.59	-37.21	9.49	7.077
4 зразок (4.1)	46.86	-20.04	-38.08	15.95	3.448
4 зразок (4.2)	43.09	-17.54	-40.76	13.25	5.081
4 зразок (4.3)	39.11	-13.94	-41.75	11.97	5.807



суттєво більшими за допустимі відхилення. З отриманих даних ΔE прослідковується, що зі збільшенням колірного відхилення незадрукованих зразків паперу відносно еталонного, збільшується і колірне відхилення відбитків.

Результати проведених вимірювань ширини штрихових графічних елементів на друкарській формі та на відбитках наведено в табл. 4, а мікрофотографії даних елементів на тестовій друкарській формі представлено на рис. 2, та на задрукованих зразках досліджуваного паперу на рис. 3.

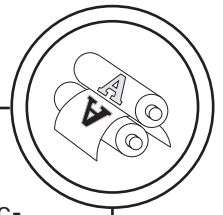
Після проведених досліджень встановлено, що розміри штрихових графічних елементів на відбитку мають суттєве відхилення від заданої ширини штриха на друкарській формі. Ширина штрихів на відбитках має тенденцію до збільшення порівняно із ши-

риною штриха на друкарській формі у межах від 7 до 14 %, що можна пояснити високим тиском при друкарському контакті. Видно, що проявився ефект шприцювання («вусатість»), який є традиційною захисною ознакою інтагліодруку (рис. 3).

Також помітна тенденція до найменшого відхилення від заданої ширини тонких штрихових графічних елементів на всіх зразках паперу, але на деяких зразках виявлено непродрукування окремих ділянок штрихів. У випадку з товстими штрихами, є тенденція до розмитості країв. Це може спотворити дизайн, зробивши зображення менш чітким. Коли тиск друкування високий, особливо на товсті лінії, може статися розбрикування фарби. Це призводить до небажаних плям або крапель на друкарському виробі. Існує ри-

Таблиця 4
Результати вимірювання ширини штрихових графічних елементів на друкарській формі та на відбитках

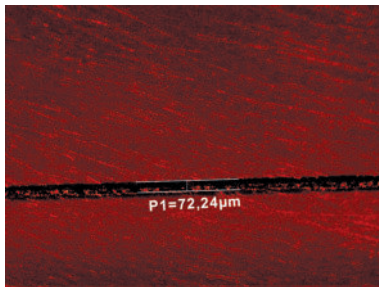
Номер штриха	Ширина штриха на друкарській формі, мкм	Ширина штриха на папері (1–4 зразок) та різниця ширини штрихів на друкарській формі та відбитку, мкм							
		1 зразок	Δ різниця ширини штрихів	2 зразок	Δ різниця ширини штрихів	3 зразок	Δ різниця ширини штрихів	4 зразок	Δ різниця ширини штрихів
1	72,24	72,37	0,13	72,65	0,41	72,59	0,35	73,11	0,87
2	80,66	83,99	3,33	84,33	3,67	83,89	3,23	82,96	2,3
3	81,43	86,33	4,9	86,78	5,35	85,6	4,17	83,98	2,55
4	113,7	119,4	5,7	117,72	4,02	118,18	4,48	117	3,3
5	124,21	131,04	6,83	129,53	5,32	129,02	4,81	130,19	5,98
6	131,02	138,46	7,44	137,77	6,75	136,66	5,64	137,8	6,78



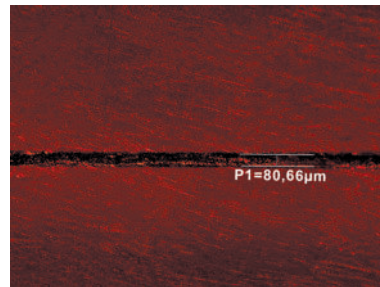
зик, що дуже тонкі лінії можуть взагалі не надрукуватися або виглядати перервано, особливо якщо налаштування друку та в'язкість фарби невідповідні. Це потрібно враховувати під час задання параметрів штрихів на друкарській формі та при налагоджуванні друкарського обладнання.

Висновки

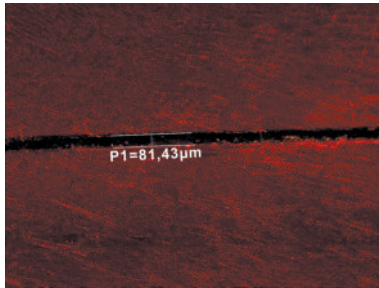
У результаті проведених досліджень виявлено, що при збільшенні товщини фарбового шару колірні відмінності зменшуються, але все ж залишаються суттєво більшими за допустимі відхилення. Виявлена закономірність у варіативності ширини штрихів та



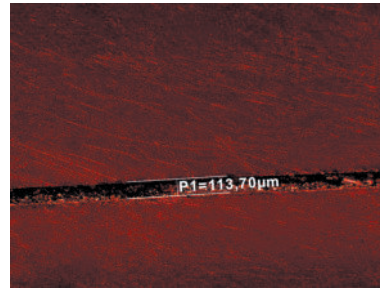
а



б



в



г



д



е

Рис. 2. Мікрофотографії штрихових графічних елементів на тестовій друкарській формі: а — штрих № 1, ширина штриха 72,24 мкм, б — штрих № 2, ширина штриха 80,66 мкм, в — штрих № 3, ширина штриха 81,43 мкм, г — штрих № 4, ширина штриха 113,7 мкм, д — штрих № 5, ширина штриха 124,21 мкм, е — штрих № 6, ширина штриха 131,02 мкм



частоти спотворень графічних елементів, таких як непродрукування елементів штриха, нерівномірність задрукування, наявність нечітких країв, ефект шприцювання. Виявлено, що під час відтворення графічних елементів, їх ширина на відбитку має відхилення від заданої ширини

на друкарській формі у межах 7 до 14 %. Наявність вираженої фактури поверхні не має суттєвого впливу на якість відтворення штрихів, тому можна зробити висновок про придатність подібного виду паперу для задрукування тонкими графічними елементами.

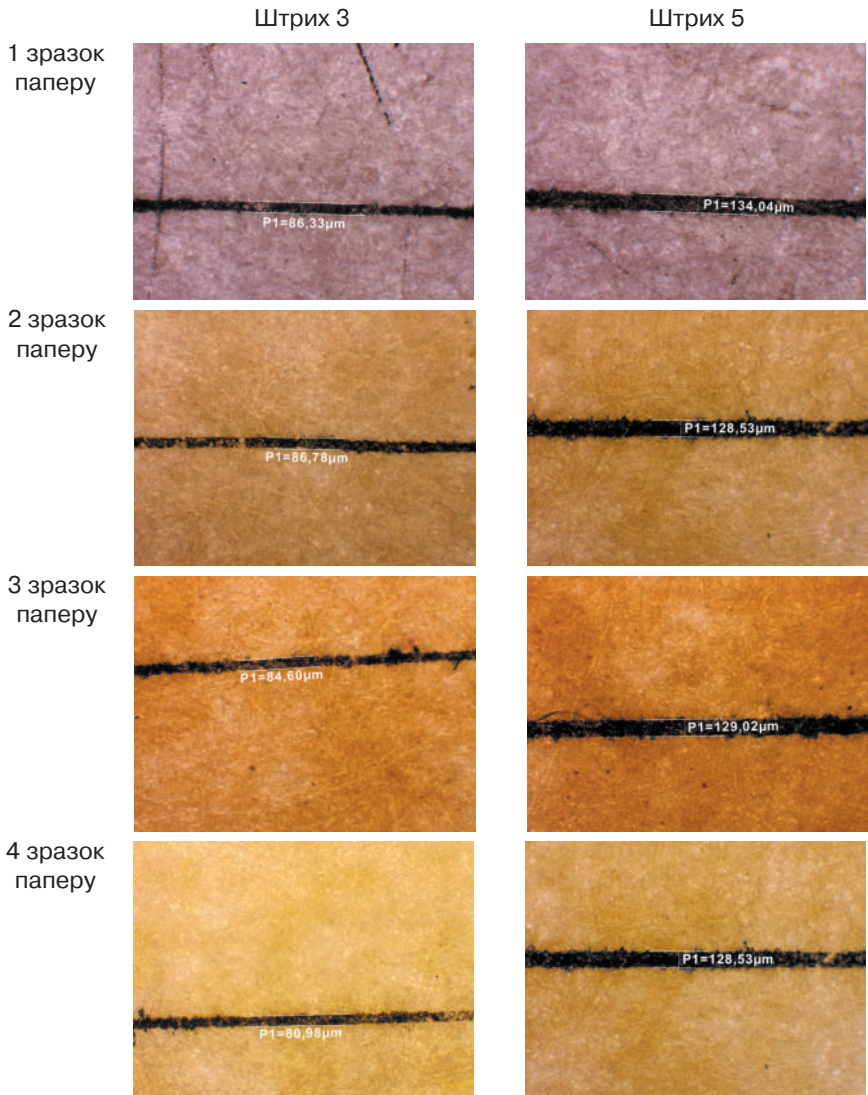
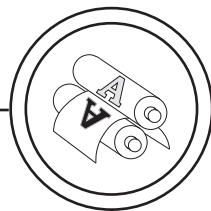
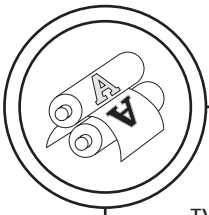


Рис. 3. Мікрофотографії штрихових графічних елементів (штрих № 3 та № 5) на досліджуваних зразках паперу



Список використаної літератури

1. Киричок Т. Ю. Система формування якості друкованої сувенірної продукції Банкотно-монетних дворів світу / Т. Ю. Киричок, Я. В. Герук, В. А. Баглай // Технологія і техніка друкарства. Зб. наук. праць. К., 2018. № 1(59). С. 4–10. DOI:10.20535/2077-7264.1(59).2018.137811.
2. Киричок Т. Ю. Сучасні тенденції друкованої сувенірної продукції банкотно-монетних дворів світу / Т. Ю. Киричок, Я. В. Герук // Технологія і техніка друкарства. Зб. наук. праць. К., 2017. № 2. С. 14–15. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.2\(56\).2017.116233](https://doi.org/10.20535/2077-7264.2(56).2017.116233).
3. Romanyuk Y. Analysis of Ukrainian printed banknote souvenir products / Y. Romanyuk, T. Klymenko // VIII Міжнародна наук.-техн. конф. «Поліграфічні, мультимедійні та web-технології (PMW-2023)». Харків: 16–20 травня 2023 р. С. 39–40. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://pmw.nure.ua/download/ukr/Tezisy-konferenciya%20%20PMW-2023.pdf>.
4. Del Mar Bernal Pérez M. Historical methods of intaglio printing: Terminology and classification of inking processes / M. Del Mar Bernal Pérez // Anales del Instituto de Investigaciones Esteticas Open Access. 2019. Volume 41. Issue 115. pp. 95–128. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/345762479_Historical_Methods_of_Intaglio_Printing_Terminology_and_Classification_of_Inking_Processes.
5. Gray O. The art and science of intaglio — the cornerstone of security printing / O. Gray // Currency News. 2005;3(2):8–9.
6. Hofmann J. New strategies in image processing for standardized intaglio quality analysis in the printing process / J. Hofmann, E. Gillichb, H. Dorksens, D. Chassota, T. Turke, V. Lohweg // Proceedings of the Conference on Optical Security and Counterfeit Detection «Optical Document Security–IV». 2014 Jan. 29–31. pp. 29–31.
7. Ciaramella V. Intaglio printing / V. Ciaramella // Billetteria. International Review on Cash Management. 2007. # 2. pp. 19–20.
8. De Heij H. Banknote design for retailers and public / H. De Heij // DNB Occasional Studies. 2010. # 8(4). pp. 161–164.
9. Баглай В. А. Технологічне забезпечення якості форм інтаглідруку. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 186 Видавництво та поліграфія (18 Виробництво та технології). Київ, 2023. 182 с.
10. Deinhammer H. The implication of direct laser engraved intaglio plates on banknote security / H. Deinhammer, D. Schwarzbach, R. Kefeder, P. Fajmann // Paper presented at the Proceedings of SPIE «The International Society for Optical Engineering». 2006. # 6075. DOI:10.1117/12.643902.
11. Коротенко О. В. Методологія визначення узагальненого показника якості відбитків металографічного друку / О. В. Коротенко // Технологія і техніка друкарства. Зб. наук. праць. К., 2018. № 1(59). С. 60–67. [http://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(59\).2018.135470](http://doi.org/10.20535/2077-7264.1(59).2018.135470).
12. TOYOink: офіційний сайт фірми [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://toyoink.eu/en/products/product-type/inks>.



13. MacHouse: офіційний сайт фірми [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://machouse.ua/dlya-ofsetnyh-drukaren/kontrolno-vymiryuvalne-obladnannya-1/probopечatnom-prystroyi-igt/>.

14. Ваги електронні лабораторні Axis AD200: офіційний сайт [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://opticalmarket.com.ua/ua/vesy-axis-ad200>.

15. X-Rite: офіційний сайт фірми [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.xrite.com/spectroeye-spectrophotometer>.

16. Graphics press. Intaglio presses, engraving, fine arts items [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://calcografia.it/negozio/pl/>.

17. Dongyangink: офіційний сайт фірми [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dongyanginken.imweb.me/product>.

18. Мікроскоп SIGETA BIOGENIC 40x-2000x LED Trino Infinity. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://sigeta.com.ua/products/mikroskop-sigeta-biogenic-40x-2000x-led-trino-infinity.html>.

19. J. Lundström. Assessing, exploring, and monitoring quality of offset colour prints / J. Lundström, A. Verikas, E. Tullander, B. Larsson // *Measurement*. 2013. Volume 46. Issue 4. pp. 1427–1441. <http://doi.org/10.1016/j.measurement.2012.11.037>.

20. Н. В. Занько. Колориметричні методи контролю якості кольоровідтворення в поліграфії / Н. В. Занько, Н. С. Писанчин, Т. С. Голубник, Л. Я. Маїк, Б. М. Ковальський // *Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Інновації*. Харків, 2022. С. 37–60.

References

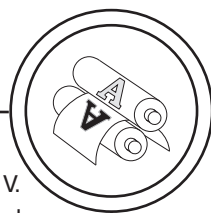
1. Kyrychok, T. Yu., Heruk, Ya. V., & Bahlai, V. A. (2018). Systema formuvania yakosti drukovanoi suvenirnoi produktsii Banknotno-monetnykh dvoriv svitu [System of Formation of Quality of Printed Souvenir Production of Banknote and Mints of the World]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, (1(59)), 4–10. [http://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(59\).2018.137811](http://doi.org/10.20535/2077-7264.1(59).2018.137811) [in Ukrainian].

2. Kyrychok, T. Yu., & Heruk, Ya. V. (2017). Suchasni tendentsii drukovanoi suvenirnoi produktsii banknotno-monetnykh dvoriv svitu [Modern Trends of the Printed Souvenir Production of the World's Banknote and Mints]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, (2(56)), 4–15. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.2\(56\).2017.116233](https://doi.org/10.20535/2077-7264.2(56).2017.116233) [in Ukrainian].

3. Romanyuk, Y., & Klymenko, T. (May 16-20, 2023). Analysis of Ukrainian printed banknote souvenir products. *Proc. Polihrafichni, multymediini ta web-tekhnolohii (PMW-2023)*, 39–40. Retrieved from <http://pmw.nure.ua/download/ukr/Tezisy-konferenciya%20%20PMW-2023.pdf> [in English].

4. Del Mar Bernal Pérez, M. (2019). Historical methods of intaglio printing: Terminology and classification of inking processes. *Anales del Instituto de Investigaciones Esteticas Open Access*, Vol. 41, Issue 115, 95–128. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/345762479_Historical_Methods_of_Intaglio_Printing_Terminology_and_Classification_of_Inking_Processes [in English].

5. Gray, O. (2005). The art and science of intaglio — the cornerstone of security printing. *Currency News*, 3(2), 8–9 [in English].



6. Hofmann, J., Gillichb, E., Dorksen, H., Chassota, D., Turke, T., & Lohweg, V. (January 29–31, 2014). New strategies in image processing for standardized intaglio quality analysis in the printing process. *Proceedings of the Conference on Optical Security and Counterfeit Detection 'Optical Document Security-IV'*, 29–31 [in English].

7. Ciaramella, V. (2007). Intaglio printing. *Billetaria. International Review on Cash Management*, Issue 2, 19–20 [in English].

8. De Heij, H. (2010). Banknote design for retailers and public. DNB Occasional Studies. *De Nederlandsche Bank NV*, Vol. 8(4), 161–164 [in English].

9. Bahlai, V. A. (2023). *Tekhnolohichne zabezpechennia yakosti form intaliodruku [Technological ensuring of intaglio printing plates quality]*. Kyiv, 182 p. [in Ukrainian].

10. Deinhammer, H., Schwarzbach, D., Kefeder, R., & Fajmann, P. (February 9, 2006). The implication of direct laser engraved intaglio plates on banknote security. Proc. SPIE 6075, *Optical Security and Counterfeit Deterrence Techniques VI*. <http://doi.org/10.1117/12.643902> [in English].

11. Korotenko, O. V. (2018). Metodolohiia vyznachennia uzahalnenoho pokaznyka yakosti vidbytkiv metalohrafichnogo druku [The Method of Determination of the Generalized Quality Index of Prints of Intaglio Printing]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, (1(59)), 60–67. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(59\).2018.135470](https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(59).2018.135470) [in Ukrainian].

12. *Inks. Toyo Ink Europe*. Retrieved from <http://toyoink.eu/en/products/product-type/inks> [in English].

13. Probodrukarskyi prystrii. *MacHOUSE*. Retrieved from <https://mac-house.ua/dlya-ofsetnyh-drukaren/kontrolno-vymiryuvalne-obladnannya-1/probopechatnom-prystrovi-igt/>.

14. Vahy elektronni laboratorni Axis AD200. *OpticalMarket*. Retrieved from <http://opticalmarket.com.ua/ua/vesy-axis-ad200>.

15. SpectroEye product. *X-Rite*. Retrieved from <http://www.xrite.com/spectroeye-spectrophotometer>.

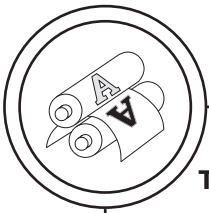
16. *Graphics press. Intaglio presses, engraving, fine arts items*. Retrieved from <http://calcografia.it/negozio/pl/>.

17. Offset printing ink. *DONG YANG ink*. Retrieved from <https://dongyanginken.imweb.me/product>.

18. *Microscope SIGETA BIOGENIC. 40x-2000x LED Trino Infinity*. Retrieved from <http://sigeta.com.ua/products/mikroskop-sigeta-biogenic-40x-2000x-led-trino-infinity.html>.

19. Lundström, J., Verikas, A., Tullander, E., & Larsson, B. (2013). Assessing, exploring, and monitoring quality of offset colour prints. *Measurement*, 46(4), 1427–1441. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2012.11.037> [in English].

20. Zanko, N. V., Pysanchyn, N. S., Holubnyk, T. S., Maik, L. Ya., & Kovalskyi, B. M. (2023). Kolorymetrychni metody kontroliu yakosti kolorovidtvorennia v polihrafii [Colorimetric methods of quality control of color reproduction in polygraphy]. Proc. *Polihrafichni, multymediini ta web-tekhnolohii. Innovatsii*, 37–60. Kharkiv: NURE [in Ukrainian].



The article describes the research on the reproduction of colour and stroke graphic elements in the creation of souvenir banknote products. The investigation focused on the properties of paper used for souvenir banknotes. It explored how these properties impact the accuracy of reproducing line graphic elements. The study specifically examined the results obtained through gravure printing and the reproduction of colours after offset printing.

Keywords: souvenir banknote products; color reproduction; thickness of the ink layer; brain graphic elements; Intaglio printing; Gravure printing; Offset printing.

Надійшла до редакції 13.08.23