

УДК 655.3.066.364

## ВПЛИВ МЕТАЛОГРАФІЧНОГО ДРУКУ НА МІЦНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАНКНОТНОГО ПАПЕРУ

© Т. Ю. Киричок, к.т.н., доцент, О. В. Гуща, магістрантка,  
НТУУ «КПІ», Київ, Україна

**Проведено исследование влияния металлографической печати на прочностные характеристики банкнотной бумаги. Результаты исследования показали, что металлографическая печать улучшает прочностные характеристики бумаги для банкнот в обороте.**

**It was carried out the investigation of influence of intaglio printing on the strength characteristics of banknote paper. The results of investigation showed that the intaglio printing improved the strength characteristics of banknote paper substrate in circulation.**

### Постановка проблеми

Спосіб металографічного друку (інтаглідрук) на сьогодні є обов'язковим методом захисту банкнот у багатьох країнах світу (в тому числі й в Україні) з тієї причини, що саме цей спосіб забезпечує рельєфність елементів зображення, шорсткість яких відчувається на дотик (портрет, написи, цифрові позначення номіналу, мікротекст) [1]. Однією з технологічних особливостей металографічного друку є присутність високого тиску в зоні контакту формного і друкарського циліндрів. Цей фактор впливає не тільки на якість друку, але і на міцнісні характеристики основи банкноти, яка підлягає задруковуванню.

### Мета роботи

Метою роботи є дослідження впливу металографічного друку на міцність паперової основи банкнот української гривні та

визначення можливості використання його для підвищення зносостійкості банкнот в обігу.

### Результати проведених досліджень

Високий тиск (лінійне навантаження між формним та друкарським циліндром в процесі інтаглідруку становить до 1000 кН/м) [2]) в зоні друкарського контакту призводить до характерного тиснення основи, в результаті чого відбувається ущільнення її волокон, тобто в певному сенсі інтаглідрук має каландрувальний ефект (рис. 1).

З рис. 1 видно, що папір, проходячи зону контакту PN, змінює свою товщину від  $H$  до  $h$ , що є наслідком тиску  $P$ , який спричинює друкарський циліндр. Такий вплив є аналогом каландрування паперу в процесі його виготовлення. Високий тиск, спричинюваний металографічним

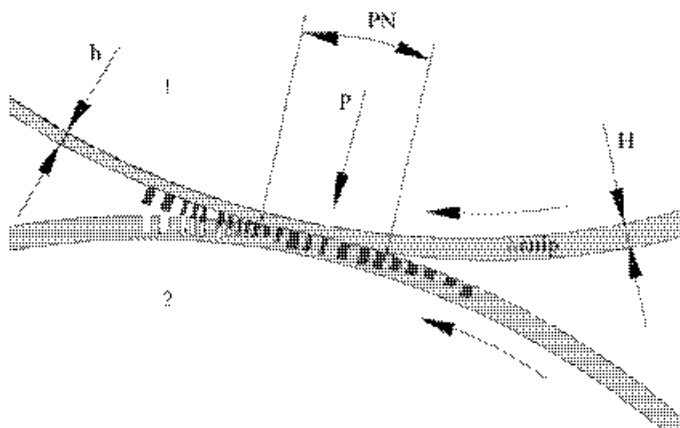
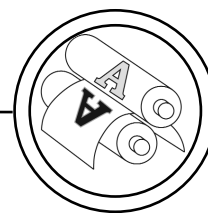


Рис. 1. Схематичне зображення зони контакту друкарського (1) та формного (2) циліндрів

друком, впливає як на структуру основи, так і на її поверхню, що спричинює зменшення пористості паперу. Це в свою чергу призводить до встановлення тісніших зв'язків між волокнами основи банкнот, що викликає зміцнення основи [3].

Міцність банкнотного паперу також залежить від його стійкості до забруднення, оскільки бруд, що потрапляє на основу банкноти, містить в собі набір хімічних сполук, які проникаючи через пори банкнотного паперу, можуть порушувати взаємозв'язки між волокнами. За рахунок великого тиску в друкарському контакті металографічний друк герметизує структуру основи, тим самим зменшує ступінь забруднення банкноти та збільшує її міцність [4].

Однією з властивостей металографічного друку є використання густих фарб на основі органічного розчинника — воску. Внаслідок підігріву формного циліндру друкарських машин інтаглідруку до 80–82 °С фарба

(вірніше — саме воскоподібна сполука) розтоплюється, що змінює її реологічні властивості (зменшується в'язкість та збільшується текучість), підвищуючи адгезію та проникнення в структуру основи. Після задрукування відбувається закріплення фарбового шару без використання додаткового сушіння: фарба знову застигає, утворюючи механічно міцний каркас, розподілений по усій поверхні банкноти (рис. 2). Фарба, яка опинилася всередині структури паперу, одночасно ущільнює основу, герметизує поверхню, забезпечує кращий взаємозв'язок між волокнами. Усі ці фактори призводять до зміцнення основи банкнот [4].

З метою визначення впливу металографічного друку на міцнісні характеристики банкнот було проведено експериментальні дослідження. Розроблена методика експериментальних досліджень базується на міждержавних стандартах ГОСТ 13525.1–79 та ГОСТ ІСО 1924.1–96 [5, 6].

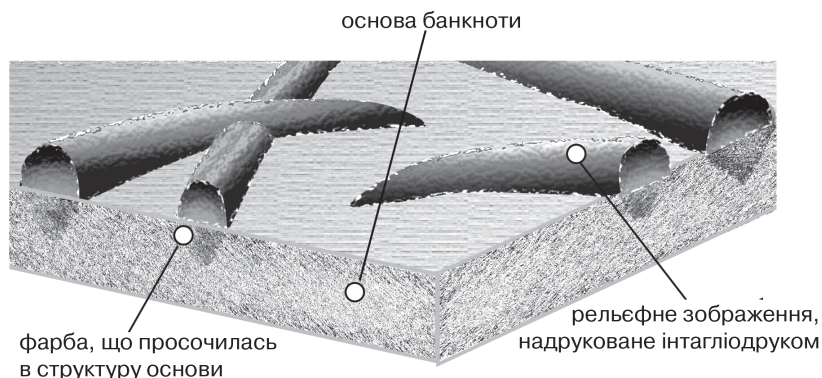
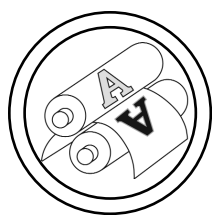


Рис. 2. Схематичне зображення розрізу основи з нанесеним рельєфним зображенням, виконаним інтаглідруком

Для проведення досліджень були використані зразки банкнот української гривні номіналами 1 гривня (без нанесеного металографічного друку) та 2 гривні (з нанесеним металографічним друком) зразку 2004 року різних рівнів зношення. Підставою вибору для досліджень банкнот номіналами 1 грн та 2 грн є те, що практично єдиною суттєвою відмінністю між цими номіналами є використання інтаглідруку для виготовлення банкнот номіналом 2 грн та відсутність цього виду друку на банкнотах 1 грн. За іншими характеристиками (швидкість циркулювання в обігу, захисні елементи тощо) банкноти цих номіналів є подібними.

Зношеність банкнот встановлювалася відповідно до таких показників (при цьому характеристики кожного наступного рівня додаються до характеристик попереднього): 0 — банкноти із ідеальним станом поверхні та структури, 1 — дещо пом'яті банкноти з невеликою кількістю механічних пошкоджень, 2 — пом'яті банкноти і забруднені у

місцях згинів, 3 — банкноти з вирваними волокнами, 4 — банкноти, на яких присутні місця розриву [7].

В дослідженнях також використовувалися зразки незадрукованого банкнотного паперу (НЗ) відповідних номіналів розміру 63×118 мм, що відповідає розмірам банкнот 1 грн та 2 грн.

Міцність на розрив характеризується наступними величинами: руйнівним зусиллям, питомим опором розриву, індексом міцності при розтягуванні, межею міцності при розтягуванні, розривною довжиною [5]. Під час досліджень визначалося зусилля, що викликає руйнування зразка і його подовження до моменту розриву.

Отримані результати експериментальних досліджень (рис. 3–7), показали суттєве погіршення всіх показників міцності на розрив зі зростанням зношення банкнот: питомий опір розриву зменшився від 66 Н у нових банкнот до 12 Н за найвищого ступеню зношення, індекс міцності при розтягу-

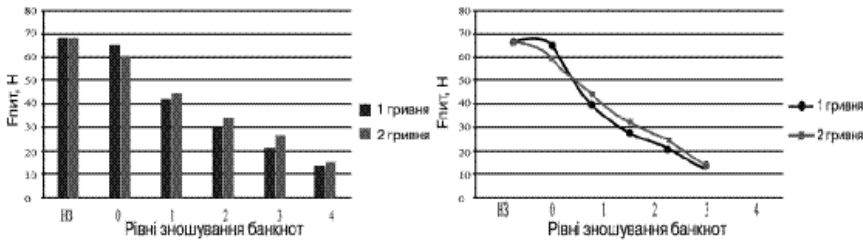
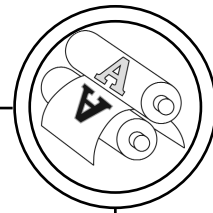


Рис. 3. Питомий опір розриву ( $F_{\text{пит}}$ , кН/м) зразків паперу банкнот номіналами 1 та 2 гривні за різних рівнів їх зношення

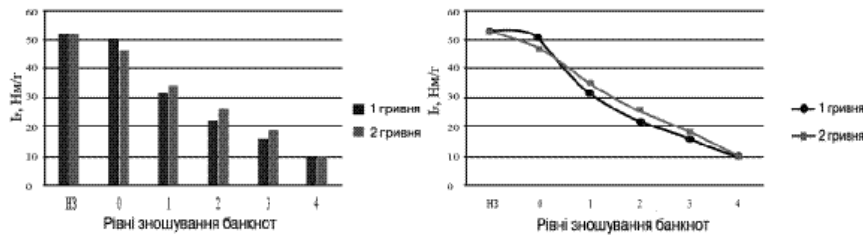


Рис. 4. Індекс міцності при розтягуванні ( $I_F$ , Н·м/г) зразків паперу банкнот номіналами 1 та 2 гривні за різних рівнів їх зношення

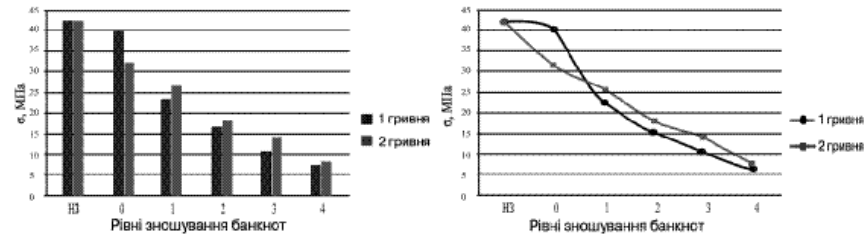


Рис. 5. Межа міцності при розтягуванні ( $\sigma$ , МПа) зразків паперу банкнот номіналами 1 та 2 гривні за різних рівнів їх зношення

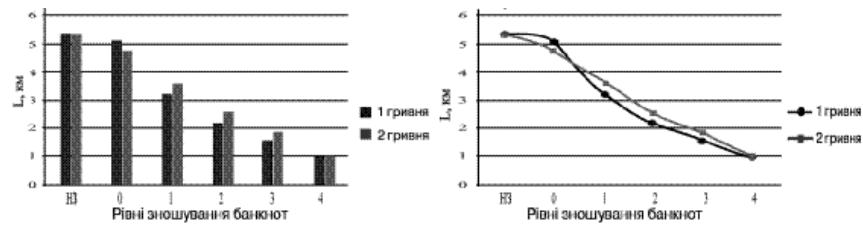


Рис. 6. Розривна довжина ( $L$ , км) зразків паперу банкнот номіналами 1 та 2 гривні за різних рівнів їх зношення

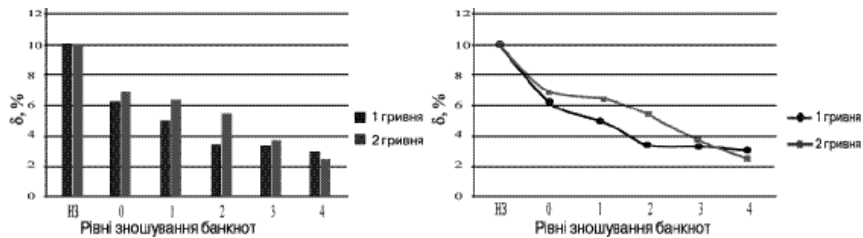
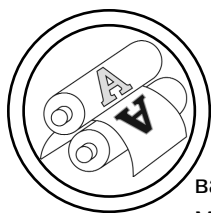


Рис. 7. Відносне видовження при розтягуванні ( $\delta$ , %) зразків паперу банкнот номіналами 1 та 2 гривні за різних рівнів їх зношення



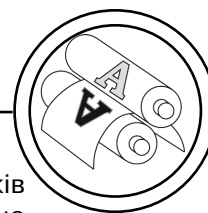
ванні — від 52,5 Нм/г до 10 Нм/г, межа міцності при розтягуванні — від 42 МПа до 6–7 МПа, розривна довжина — від 5,3 км до 1 км, відносне видовження при розтягуванні — від 10 % до 2,5–3 %. Було відзначено, що погіршення показників міцності при зношуванні дещо менше для банкнот номіналом 2 грн. Однак, для нових банкнот (рівень зносу 0) показники міцності вищі для банкнот 1 грн.

Значення міцнісних показників банкнотного паперу нездрукованих банкнот обох номіналів однакові, оскільки однакою є технологія виготовлення банкнотного паперу обох номіналів, композиційний склад (100 % бавовна), щільність паперу (86,5 г/м<sup>2</sup>) та геометричні розміри зразків.

Експериментальні дані дозволяють зробити висновок, що наявність в технологічному процесі виготовлення банкнот металографічного друку позитивно впливає на стійкість банкнот до зношування. Це пояснюється тим, що інтаглідрук внаслідок великого тиску в друкарському контакті спричиняє ущільнення структури паперу, особливо його приповерхневого шару, що призводить до збільшення значень міцнісних показників. Однак, за певних обставин металографічний друк може негативно впливати на структуру поверхневої проклейки паперу. Таке припущення викликано наступними міркуваннями. Маючи однакові показники міцності за всіма характеристиками банкнотний папір обох номіналів піддається за-

друкуванню офсетним (1 грн) та офсетним і металографічним друком (2 грн). В обігу відбувається зношування банкнот. У початковий момент зношування усі чисельні фактори зношування [8] сприймає поверхнева плівка полімеру (поверхнева проклейка, що являє собою розчин на основі полівінілового спирту). Зовнішні впливи поступово руйнують структуру поверхневої проклейки. Факторами, що можуть прискорити дане руйнування, можуть бути технологічні параметри металографічного друку — надмірний тиск, підвищена температура формного циліндра. Зазначені процеси і можуть бути причиною того, що на рівні зношування банкнот 0 міцнісні показники банкнот 1 гривні кращі, ніж у банкнот 2 гривні.

Після руйнування плівки починається процес руйнування внутрішньої структури банкноти, який супроводжується порушенням взаємозв'язків між волокнами та всередині структури самих волокон в основі, збільшенням «волохатості» банкноти [7]. На даному етапі починає проявлятися позитивний вплив інтаглідруку (що засвідчують результати досліджень). За рахунок високого тиску інтаглідруку структура ущільнилася, тобто зменшилась пористість паперу та відстань між волокнами, що призвело до збільшення міжволоконних зв'язків. Частилки полімеру меламіно-формальдегідної смоли, що використана була при виготовленні банкнотного паперу для проклеювання в масі, також ущільнилися та максимально заповнили



пори паперу, що також позитивно вплинуло на міцнісні характеристики банкнотного паперу.

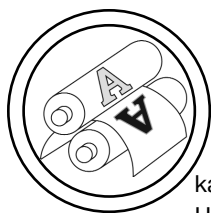
### Висновки

Експериментальні дослідження змін показників міцності банкнот з інтаглюдруком (номінал 2 грн.) та без інтаглюдруку (номінал 1 грн.) показали суттєве погіршення всіх показників міцності на розрив зі зростанням зношення банкнот. Од-

нак, погіршення показників міцності при зношуванні дещо менше для банкнот номіналом 2 грн. З іншого боку, для нових банкнот (рівень зносу 0) показники міцності вищі для банкнот 1 грн. Тобто, зміцнювальний ефект інтаглюдруку проявляється у процесі обігу банкнот, оскільки металографічний друк зміцнює основу банкнот шляхом ущільнення структури паперу.

1. Киричок П. О. Методи захисту цінних паперів та документів суворого обліку : Монографія / П. О. Киричок, Ю. М. Коростіль, А. В. Шевчук. — К. : НТУУ «КПІ», 2008. — 368 с. 2. Гельмут Кипхан. Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства / Гельмут Кипхан; [пер. с нем.] — М. : МГУП, 2003. — 1280 с. 3. Пат. 5449200 Канада, МПК В42Д 15/10. Security paper with color mark / Dragisa Andric, Borislav Stoganovic; заявник і патентовласник Domtar Inc, Canada; №136315; заявл. 19.10.1993 р.; опублік. 12.09.1995 р. 4. Timothy Crane. Some observation on technological developments in durable substrates. — *Billetaria. International Review on Cash Management*. Issue 9, April 2011. — P. 9. 5. Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Методы определения прочности на разрыв и удлинения при растяжении: ГОСТ 13525.1–79. — [действ. от 01.07.1980 г.]. — М. : Стандартиформ, 2007. — 5 с. — (Межгосударственный стандарт). 6. Бумага и картон. Определение прочности при растяжении. Часть 1. Метод нагружения с постоянной скоростью: ГОСТ ИСО 1924-1–96. — [действ. от 01.01.2000 г.]. — Минск : Межгосударственной сонет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999 г. — 11 с. — (Межгосударственный стандарт). 7. From Fit to Unfit : How Banknotes Become Soiled. [Електронний ресурс] / Peter Balke // Cash Policy Department, De Nederlandsche Bank NV. — Режим доступу : <http://www.dnb.nl/binaries>. 8. Киричок Т. Ю. Фактори зношування банкнот / Т. Ю. Киричок // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». — К., 2011. — № 2(8). — С. 75–78.

1. Kirichok P. O. Metodi zahistu tsinnikh paperiv ta dokumentiv suvoroho obliku : Monografija / P. O. Kirichok, Ju. M. Korostil', A. V. Shevchuk. — K. : NTUU «KPI», 2008. — 368 s. 2. H. Kiphan. Entsiklopedija po pechatnim sredstvam informatsii. Tehnologii i sposobi proizvodstva / Hel'mut Kiphan; [per. s nem.] — M. : MHUP, 2003. — 1280 s. 3. Pat. 5449200 Kanada, MPK B42D 15/10. Security paper with color mark / Dragisa Andric, Borislav Stoganovic; zajavnik i patentovlasnik Domtar Inc, Canada; #136315; zajavl. 19.10.1993 r.; opublik. 12.09.1995 r. 4. Timothy Crane. Some observation on technological developments in durable substrates. — *Billetaria. International Review on Cash Management*. Issue 9, April 2011. — P. 9. 5. Polufabrikati voloknistije, bumaha i



karton. Metodi opredelenija prochnosti na razriv i udlinenija pri rastjazhenii: HOST 13525.1-79. — [dejstv. ot 01.07.1980 h.]. — M. : Standartinform, 2007. — 5 s. — (Mezhhosudarstvennij standart). 6. Bumaha i karton. Opredelenije prochnosti pri rastjazhenii. Chast' 1. Metod nahruzenija s postojannoju skorost'ju: HOST ISO 1924-1-96. — [dejstv. ot 01.01.2000 h.]. — Minsk : Mezhhosudarstvennij sonet po standartizatsii, metrolohi i sertifikatsii, 1999 h. — 11 s. — (Mezhhosudarstvennij standart). 7. From Fit to Unfit : How Banknotes Become Soiled. [Elektronnij resurs] / Peter Balke // Cash Policy Department, De Nederlandsche Bank NV. — Rezhim dostupu : <http://www.dnb.nl/binaries>. 8. Kirichok T. Ju. Faktori znoshuvannja banknot / T. Ju. Kirichok // Visnik NTUU «KPI». Serija «Himichna inzhenerija, ekologhija ta resursozhberezhennja». — K., 2011. — # 2(8). — S. 75-78.

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

Надійшла до редакції 26.05.12