

УДК 655.3.066.364

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

**КОМПЛЕКСНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ СТІЙКОСТІ
ФАРБОВОГО ШАРУ ІНТАГЛІОДРУКУ
ДО ЧИННИКІВ ШТУЧНОГО ЗНОШУВАННЯ**

Проведено комплексне дослідження проблеми стійкості фарбового шару інтагліодруку до факторів штучного зношення банкнот за допомогою використання комплексного показника зносостійкості. Результати дослідження показали, що з метою підвищення адгезії фарбового шару до основи банкноти необхідно коригувати реологічні властивості фарби, а саме збільшувати її в'язкість, забезпечуючи тим самим меншу фільтрацію під час проникнення в папір.

Ключові слова: банкноти; інтагліодрук; фарби; фарбовий шар; адгезія; композиційний склад фарб; зносостійкість банкнот; комплексний показник.

Постановка проблеми

В процесі обігу на банкноти діють різноманітні фактори, котрі так чи інакше спричиняють зношення. На банкноти в процесі обігу чиниться механічний вплив різного характеру: згинання, зминання, скручування, тертя, розривання, продавлювання, злам тощо. Важливим наслідком механічного впливу на банкноти під час обігу є відшаровування фарбового шару внаслідок дії різних чинників, переважно — механічних. Серед основних можна виокремити сортувальне обладнання та, особливо, монети, з якими відбувається природний контакт типу тертя під час обігу. Це може спричинити відокремлення шару фарби інтагліодруку з поверхні банкноти, особливо на ділянках широких штрихів (рис. 1), а також в місцях згинів.

Іншим важливим фактором пошкодження фарбового шару є хімічний вплив внаслідок дії хімічних речовин, органічних та неорганічних. За умови недостатньої адгезії фарбового шару наслідком хімічного впливу також може бути відокремлення шару фарби інтагліодруку з поверхні банкноти.

Адгезійна міцність фарбового покриття — це величина, вимірювана при порушенні зв'язку між фарбою (адгезивом) і основою. Методи оцінки адгезійної міцності фарбового покриття ґрунтуються на механічному руйнуванні з'єднання на межі «адгезив—основа». Неруйнівні й оперативні методи контролю стійкості фарбового шару практично відсутні.

Адгезійна міцність оцінюється питомою роботою адгезійного контакту [1]: $W_A = f(S, V_i, n_i)$,

© 2015 р.

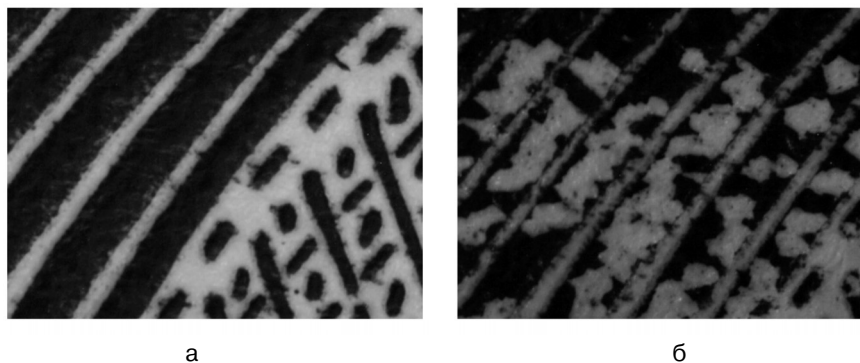
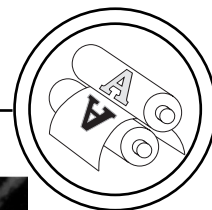


Рис. 1. Стан фарбового шару інтагліодруку на двошаровому папері Д до штучного зношування (а) та після (б). Збільшення 45х

де S — площа, яка залежить від істинної поверхні контакту (a , значить, і від шорсткості), пористості основи, наявності дефектів, тиску та тривалості друкарського контакту, а також від реологічних властивостей фарби та сорбційних властивостей основи; V_i — енергія одного адгезійного зв'язку i -го типу; n_i — число зв'язків i -го типу на одиницю поверхні до моменту початку їх руйнування.

Можна припустити, що адгезія фарби до поверхні паперу, подальше проникнення її в основу залежить від в'язкості фарби [2], пористості паперу, його вбирної здатності, виду та ступеню його проклеювання, а також від тиску та температури в друкарському контакті.

Мета роботи

Метою дослідження є аналіз чинників та визначення адгезійної стійкості фарбового шару інтагліодруку формуванням комплексного показника зносостійкості.

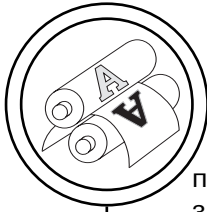
Результати проведених досліджень

Аналіз проблеми стійкості фарбового шару інтагліодруку до чинників штучного зношування

Можливі такі шляхи пошкодження фарбового рельєфу інтагліодруку під час зношування:

— відшарування фарбового шару із локальним його видаленням аж до паперової основи. Цей вид пошкодженя легко можна оцінити візуально і встановити багатьма методами (експертним оцінюванням, адгезійними тестами, вимірюваннями сканованих зображень тощо). Спричинюються такі пошкодження недостатньою адгезією фарбового шару до паперу;

— зниження висоти фарбового рельєфу внаслідок втрати фарби без її відшарування з поверхні паперу. Цей вид пошкодженя оцінити візуально практично неможливо, особливо за незначних втрат фарби. Методом оцінювання може бути вимірювання змін магнітних властивостей відбитків, однак тут важко виокремити саме цей вид



пошкоджені і диференціювати зміни магнітного потоку через зниження фарбового рельєфу та через відшаровування фарбового шару.

Можливістю такої диференціації є відчутна зміна магнітного потоку за умови високих візуальних оцінок зразків. Іншим методом визначення змін рельєфу інтаглідруку є сканування поверхні за допомогою інтерференційного мікроскопа [3], однак, такі дослідження є достатньо трудомісткими та потребують застосування обладнання високої вартості. Оскільки наслідком зниження висоти фарбового шару є погіршення тактильності банкноти, то методом оцінки тут може бути тактильна дискримінація [4], а також профілометрія. Зниження висоти фарбового рельєфу супроводжує загальне зношування та забруднення банкнот і проявляється на пізніх стадіях зношування. В той же час, відшаровування фарби може мати місце навіть у банкнот малої зношеності. Тому саме відшаровування фарби через зношування є об'єктом підвищеної уваги та контролю під час розробки нових видів фарб інтаглідруку та будь-яких змін їх рецептури [5, 6].

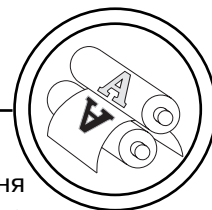
Адгезія фарби до паперу — поверхнєве явище, яке полягає у виникненні механічної міцності при контакті фарби (адгезиву) і паперу (основи), які є основними компонентами адгезійного з'єднання. В момент початку друкарського контакту та переходу фарби, яка є адгезивом, на основу розпочинаються процеси, що тривають одночасно:

збільшення розміру істинної поверхні контакту фарби з основою, проникнення фарби в основу і виникнення адгезійного з'єднання.

З відомих теорій адгезії — механічної, адсорбційної, хімічної, електричної, дифузійної, релаксаційної, теорії слабких граничних шарів [7] — до контакту адгезиву — фарби та основи — паперу найбільш застосовуваними є механічна (мікро-реологічна) та дифузійна теорії адгезії [8].

Відповідно до механічної теорії, адгезія здійснюється за рахунок затікання адгезива в пори або тріщини на поверхні субстрату з наступним затвердінням. При цьому вважається, що між адгезивом і субстратом утворюються «заклепки», що зв'язують компоненти адгезійного з'єднання шляхом механічного заклинювання. Таким чином, міцність адгезійного з'єднання визначається пористістю субстрату (включаючи форму пор) і міцністю плівки адгезиву.

З позицій дифузійної теорії адгезія забезпечується за допомогою дифузії макромолекул або їх сегментів через межу розділу «адгезив—основа» і утворенням міцного зв'язку між ними. Адгезія розглядається як явище, що зачіпає не тільки поверхню розділу, а й досить широкі (до десяти і більше мікрометрів) шари контактуючих фаз, що відповідає межах проникнення фарби та її компонентів в папір. Відповідно до дифузійної теорії, адгезія підвищується зі зростанням температури, часу адгезійного контакту, тиску.



Важливим показником адгезії є співвідношення між істинною площею і номінальною площею контакту «адгезив—основа». Через шорсткість поверхні паперу фарбовий шар не повністю копіює його нерівності: найбільші заглибини мікропрофілю паперу можуть бути незаповненими фарбою [9]. Внаслідок розвинутої шорсткої поверхні істинна площа контакту є набагато більшою за номінальну. Адгезійна взаємодія визначається істинною площею контакту «адгезив—основа».

Після застигання фарбового шару через вплив шорсткості поверхні основи можливим є утворення дефектів, які згодом можуть призвести до послаблення або порушення адгезійної взаємодії. До таких дефектів належать неповне заповнення заглиблень фарбою, утворення тріщин і пор. У процесі твердіння адгезиву виникають внутрішні напруження, внаслідок чого в покритті накопичується енергія, яка протидіє адгезійній взаємодії і спричиняє погіршення адгезійних властивостей покриття [10].

Чинники, що викликають зниження міцності адгезійних зв'язків, можна розділити на дві групи: слабкі шари на межі «адгезив—основа» і внутрішні напруження в адгезійних з'єднаннях [11].

Слабкі шари на поверхні основи утворюються при неповному змочуванні її фарбою — адгезивом, що особливо важливо для паперу із зниженими сорбційними властивостями (низькою поверхневою вбирністю).

Ще одна причина порушення адгезійної міцності — те, що фарбовий шар утворює адгезійні зв'язки з основою вже в момент друкарського контакту, а після затвердіння вже пов'язана з основою плівка розтягується або стискається. У результаті в ній виникають внутрішні напруження, які зростають зі збільшенням товщини фарбового шару [12]. Особливо важливим є цей фактор для товстих шарів фарби, таких, як інтаглію, нанесення котрих, до того ж, відбувається за впливу надзвичайно високого тиску та підвищеної температури в друкарському контакті.

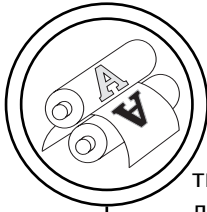
Комплексне дослідження стійкості фарбового шару інтагліодруку до чинників штучного зношування

У зв'язку із потребою забезпечення достатньої зносостійкості фарбового шару інтагліодруку на експериментальних видах паперу, заплановано та здійснено комплекс досліджень різних видів паперу, задрукованих інтагліодруком фарбами різного композиційного складу.

Основною метою дослідження було з'ясувати, використання якої фарби інтагліодруку дозволить отримувати зразки банкнот на паперовій основі підвищеної зносостійкості (папір Д) з найвищою стійкістю до відшарування фарби під час штучного зношування.

Методика досліджень

Для визначення впливу фарб інтагліодруку, їх композиційного складу на експлуатаційні влас-



тивості банкнотних відбитків було виготовлено зразки на трьох різних видах паперу: одношаровий папір з меламін-формальдегідним проклеюванням (папір Т (табл.)), одношаровий папір з безформальдегідним проклеюванням (папір С (табл.)), двошаровий папір з безформальдегідним проклеюванням (папір Д (табл.)); шістьма різними фарбами (в табл. позначено номерами 1...6) з відмінними реологічними властивостями: липкість, кДж/в'язкість, Па·с: 120/6,5; 125/6,9; 120/6,8; 126/7; 135/7,5; 142/7,8 [13]. Досліджено стійкість фарбового шару інтагліодруку із застосуванням імітації зношування вказаних експериментальних зразків в імітаторі зношування з використанням методу сухого зношування відповідно до методики [14].

До та після деградації зразків банкнот в імітаторі зношення (сухе та вологе зношування) було виміряно їх масу, яскравість [15], колірні характеристики L^* , a^* , b^* [16] (проводились для лицьового боку банкнот), а також, враховуючи, що переважна більшість рецептур фарб включає пігмент з магнітними властивостями, за допомогою флюксметра ISS 200 виміряно магнітний потік (відповідно до внутрішніх регламентів виробника банкнотної продукції). Також проведено візуальну оцінку зразків відповідно до розробленої методики [17].

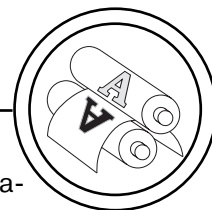
Комплексна оцінка зносостійкості фарбового шару

Необхідно зазначити, що, незважаючи на те, що оцінка зно-

шеності за зміною оптичних властивостей зони контролю зношення біля водяного знаку є одним з основних методів, в умовах сухого зношування та значного відшаровування фарби інтагліодруку з її наступним практично неконтрольованим розповсюдженням як по поверхні зразків, так і по поверхні зношувального агента та внутрішньої частини контейнера імітатора, використання оптичних показників має обмежену достовірність і обов'язково повинно розглядатися в комплексі з результатами інших тестів.

Зміни магнітного потоку після проведеного зношування дозволяють непрямим методом оцінити кількість фарби, що відшарувалася через зношування.

Аналіз узагальнених даних щодо показників зношеності за результатами різних тестів досліджень стійкості фарбового шару інтагліодруку [13] показує, що за різними показниками найкращу зносостійкість мають різні групи зразків. Так, наприклад, зразки, виконані інтагліодруком, групи Т1, котрі мають одні з найвищих візуальних оцінок та оптичних показників, значно втратили магнітні властивості фарби (30,15 %) та є нестійкими до прального тесту (оцінка 2.4). Такі ж зміни під час тестів мали й інші групи зразків (С4, С5). Також суттєво відрізняються зміни під час тестів зразків, задрукованих офсетним і інтагліодруком та виготовлених тільки інтагліодруком. Тому обрати найкращий варіант виготовлення за папером і фарбою можливо лише шляхом комплексного урахування всіх



показників за всіма проведеними тестами.

Таку комплексну оцінку зносостійкості фарбового шару інтаглідруку зразків банкнот було проведено з використанням комплексного показника зносостійкості [18, 19].

В нашому дослідженні зносостійкості фарбового шару використаємо адитивну згортку показників та нормування зведенням до еталону [18]:

$$F(x_i) = \sum_{j=1}^k \omega_j \frac{x_{ij}}{x_{\max j}} + \sum_{j=k+1}^m \omega_j \frac{x_{\min j}}{x_{ij}} + \sum_{j=m+1}^n \omega_j \left(1 - \frac{x_{ij}}{x_{\max j}} \right). \quad (1)$$

Тут для нормування зведенням до еталону використано еталонне значення часткових критеріїв — максимальні значення для стимуляторів $x_{\max j}$ ($x_{\max j} = \max_i x_{ij}$) та мінімальні значення для дестимуляторів $x_{\min j}$ ($x_{\min j} = \min_i x_{ij}$). Окрім того, для такого способу нормування враховано ситуацію, коли $x_{\min j} = 0$, тобто множина дестимуляторів $D = D' \cup D^0$:

$$x_{0j} = \begin{cases} x_{\max j}, j = \overline{1, k}, x \in S; \\ x_{\min j} \neq 0, j = \overline{k+1, m}, x \in D'; \\ x_{\min j} = 0, j = \overline{m+1, n}, x \in D^0. \end{cases} \quad (2)$$

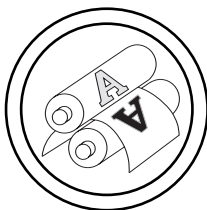
В табл. наведено часткові (за технологічними процесами —

інтаглію та офсет+інтаглію) та загальні функції корисності альтернатив — груп зразків (шість видів фарб на трьох видах паперу). Функції корисності на основі адитивної згортки з нормуванням шляхом зведення до еталону сформовано з урахуванням поділу показників на стимулятори (візуальна оцінка, оцінки в адгезійному та пральному тестах та тестах на хімічну стійкість та змінання) та дестимулятори (зміна яскравості, колірний зсув, зміни магнітного потоку, середнього та домінантного кольору).

Враховуючи, що не всі види тестів проводилися для окремих груп зразків (як, наприклад, вологе зношування), а також відсутність магнітних властивостей у фарб № 2 та № 3, функції корисності визначалися як за показниками, визначеними для всіх без винятку, зразків (I в табл.), так і за всіма можливими показниками, встановленими для певної альтернативи. Необхідно зазначити, що таке формування можливе лише у випадку рівноважності всіх показників. З табл. видно, що такий підхід до формування функції корисності з урахуванням різної кількості показників не призводить до зміни рангів альтернатив, але дозволяє уточнити оцінку.

Найвищі функції корисності мають групи зразків Т6 та С5. Крім того, видно, що всі групи зразків, віддруковані фарбами № 5 і № 6, мають вищу оцінку, ніж виготовлені іншими фарбами.

Отримані функції корисності зразків Д5 та Д6 показують, що стійкість до відшаровування



ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

Комплексні показники зносостійкості альтернатив —
груп зразків банкнот, видрукованих
на різних видах паперу різними фарбами

Альтернативи (групи зразків)		Функція корисності					
		Часткова (інтагліо)		Часткова (офсет+інтагліо)		Загальна (всі технологічні процеси)	
Папір	Фарба	I	II	I	II	I	II
Т	1	0,70	0,62	0,61	0,50	0,66	0,57
	3	0,69	0,69	0,42	0,42	0,58	0,41
	4	0,87	0,79	0,52	0,61	0,73	0,71
	5	0,88	0,89	—	—		0,89
	6	0,87	0,77	0,91	0,73	0,89	0,75
С	3	0,82	0,82	0,48	0,48	0,68	0,49
	4	0,91	0,80	0,73	0,60	0,83	0,72
	5	0,94	0,91	0,81	0,67	0,89	0,81
	6	0,87	0,77	0,66	0,59	0,79	0,67
Д	1	0,37	0,32	—	—		0,32
	2	0,37	0,33	—	—		0,33
	4	0,43	0,34	—	—		0,34
	5	0,80	0,81	0,68	0,73	0,75	0,77
	6	0,73	0,64	0,41	0,60	0,60	0,62

Примітка: I — функція корисності, визначена за показниками, спільними для всіх альтернатив; II — функція корисності, визначена за всіма показниками, встановленими для певної альтернативи.

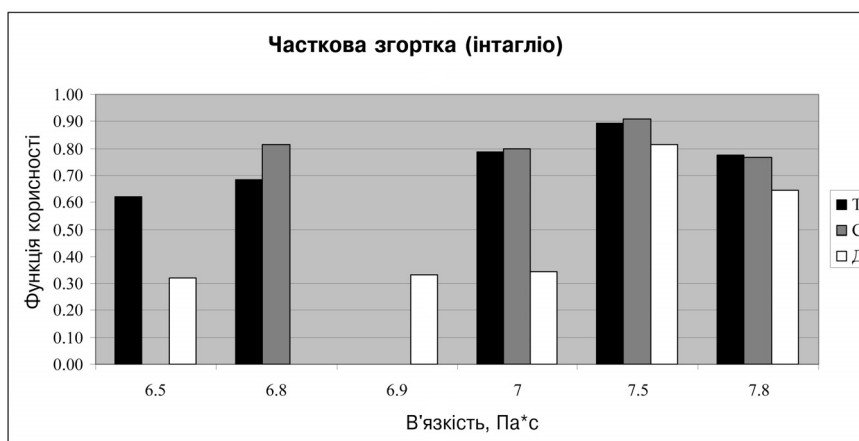


Рис. 2. Оцінка зразків, виготовлених інтаглідруком, за допомогою функції корисності для різних видів банкнотного паперу та реологічних властивостей фарби

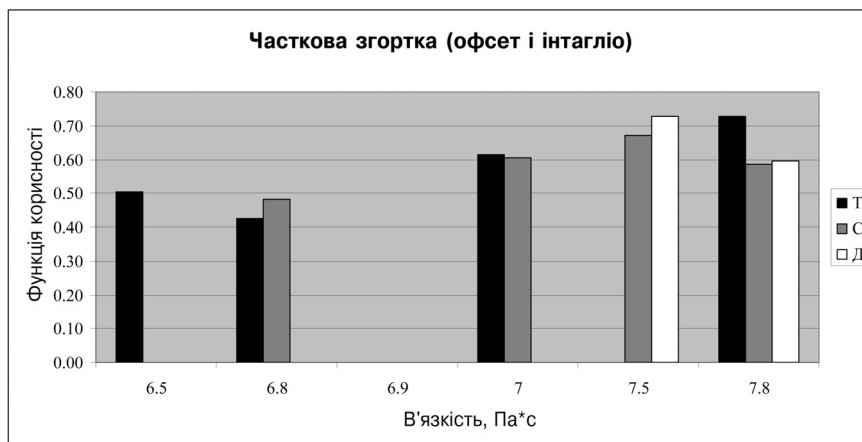
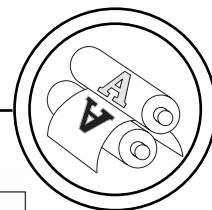


Рис. 3. Оцінка зразків, виготовлених офсетним та інтагліюдруком, за допомогою функції корисності для різних видів банкнотного паперу та реологічних властивостей фарби

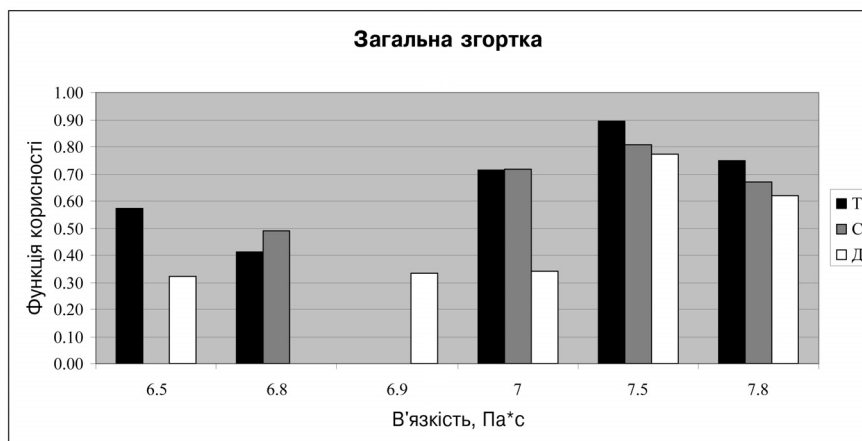
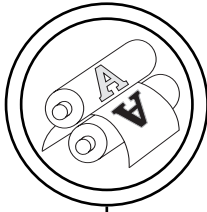


Рис. 4. Оцінка зразків за допомогою функції корисності за всіма показниками для різних видів банкнотного паперу та реологічних властивостей фарби

друкованих зображень, виконаних цими фарбами на папері низької вбирної здатності, є на рівні тиражних відбитків. Тобто, використання цих фарб на експериментальному папері високої зносостійкості Д дозволить отримати зносостійке друковане зображення.

Для всіх згорток — і часткових (за технологічними проце-

сами — рис. 2, 3), і загальної (за всіма можливими показниками — рис. 4) — для всіх видів паперової основи оптимальною є в'язкість фарби інтагліюдруку 7,5 Па·с (фарба № 5). Тобто, вибір цієї фарби для друку є оптимальним з точки зору її стійкості до відшаровування внаслідок дії чинників штучного зношування.



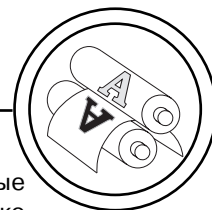
Висновки

Результати, отримані під час усього комплексу проведених досліджень, підтвердили припущення, зроблене за результатами попередніх досліджень зносостійкості основи банкнот [20], що через недостатню адгезію фарби до експериментальних видів паперу, які мають високу зносостійкість, в тому числі за рахунок нижчої, ніж тиражний папір, поверхневої вбирності, рельєфне зображення інтагліо-друку, піддається більшому зношуванню, ніж зображення на тиражному папері.

Крім того, фарба металографічного друку, в результаті її стирання через механічний вплив в ході штучного зношування виступає додатковим забруднювальним агентом, викликаючи зміну кольору недрукованих ділянок паперу. Отже, необхідно з метою підвищення адгезії до основи банкноти корегувати реологічні властивості фарби, забезпечуючи її меншу фільтрацію під час проникнення в папір. Засобом цього є використання більш в'язких фарб.

Список використаної літератури

1. Басин В. Е. Адгезионная прочность / В. Е. Басин. — М. : Химия, 1981. — 208 с.
2. Kimura M. Effect of wax on non-offset property of intaglio ink / M. Kimura, S. Kadono, A. Faruta // J. of Printing Science and Technology. — 1988. — Vol. 25(3). — P. 152–159.
3. Paesano G. New technologies in the intaglio workflow : towards digital systems and eco-friendly processes / G. Paesano, N. Mainieri // Billetaria. International Review on Cash Management. — April 2012. — Issue 11. — P. 20–21.
4. Киричок Т. Ю. Тактильна дискримінація паперових банкнот після лакування вододисперсним лаком / Т. Ю. Киричок, А. М. Мережинська, О. В. Гуца // Зб. наук. праць «Технологія і техніка друкарства». — К., 2014. — № 1(43). — С. 13–20.
5. Pat. CA 2559557A1 Canada, МПК C09D 11/00. Rheologically unique intaglio printing inks / Malanga, J. et al.; Sun Chemical Corporation (USA). — заявл. 12.03.2004; опубл. 12.09.2006.
6. Pat. US20120199029 A1, МПК C09D 11/10. Intaglio printing ink / Fukuura A.; National Printing Bureau Incorporated, Japan. — 13/501904; заявл. 08.10.2010; опубл. 09.08 2012.
7. Зимон А.Д. Адгезия пленок и покрытий / А. Д. Зимон — М. : Химия, 1977. — 352 с.
8. Яковлев А. Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий / А. Д. Яковлев. — Л. : Химия, 1989. — 384 с.
9. Kyrychok T. Badanie szorstkosci powierzchni papierow ze znakami wodnymi = The Investigation of Roughness for Paper with Watermarks / Т. Kyrychok, Т. Klymenko, N. Malkush // Przegland papierniczy. — 2012. — N 7. — P. 414–417.
10. Лифшиц В. Г. Процессы на поверхности твердых тел / В. Г. Лифшиц, С. М. Репинский. — Владивосток : Дальнаука, 2003. — 704 с.
11. Адамсон А. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон. — М. : Мир, 1979. — 568 с.



12. Золотов М. С. Влияние различных факторов на прочностные характеристики лакокрасочных покрытий / М. С. Золотов, М. А. Любченко // Науковий вісник будівництва. — Харків : ХДТУБА, 2007. — Вип. 43. — С. 123–127.

13. Киричок Т. Ю. Вплив фарб металографічного друку, їх композиційного складу на експлуатаційні властивості банкнотних відбитків / Т. Ю. Киричок, Є. Г. Сухіна, О. В. Гуца // Зб. наук. праць «Технологія і техніка друкарства». — К., 2014. — № 2(44). — С. 4–22.

14. Kyrychok Tetiana. Banknote Paper Deterioration Factors : Circulation Simulator Method / Tetiana Kyrychok, Anatolii Shevchuk, Victor Nesterenko, Petro Kyrychok // BioResources. — 2014. — Vol. 9(1). — P. 710–724.

15. TAPPI Standards–1998. T 452 om–98. Brightness of pulp, paper, and paperboard (directional reflectance at 457 nm).

16. ДСТУ ISO 13655:2006. Поліграфія. Спектральні вимірювання та розрахунок колориметричних характеристик поліграфічно відтворених зображень (ISO 13655:1996, IDT).

17. Киричок Т. Ю. Методологія візуального оцінювання стійкості фарбового шару інтагліодруку до імітації зношування / Т. Ю. Киричок // Зб. наук. праць «Технологія і техніка друкарства». — К., 2013. — № 4(42). — С. 4–12.

18. Kyrychok T. Yu. An Analysis of the Precision of Indicators of the General Deterioration of Banknotes / T. Yu. Kyrychok // Measurement Techniques. — 2014. — Vol. 57(2). — P. 166–171.

19. Киричок Т. Ю. Методологія комплексного оцінювання рівня якості продукції / Т. Ю. Киричок // Зб. наук. праць «Технологія і техніка друкарства». — К., 2013. — № 1(39). — С. 4–16.

20. Киричок Т. Ю. Дослідження зміни характеристик зразків банкнот під час імітації зношування / Т. Ю. Киричок, В. М. Нестеренко, Є. Г. Сухіна, О. В. Гуца // Зб. наук. праць «Технологія і техніка друкарства». — К., 2012. — № 4(38). — С. 4–25.

References

1. Basin V. E. Adgezionnaja prochnost' / V. E. Basin. — М. : Himija, 1981. — 208 s.

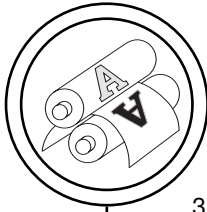
2. Kimura M. Effect of wax on non-offset property of intaglio ink / M. Kimura, S. Kadono, A. Faruta // J. of Printing Science and Technology. — 1988. — Vol. 25(3). — P. 152–159.

3. Paesano G. New technologies in the intaglio workflow : towards digital systems and eco-friendly processes / G. Paesano, N. Mainieri // Billetaria. International Review on Cash Management. — April 2012. — Issue 11. — P. 20–21.

4. Kyrychok T. Iu. Taktylna dyskryminatsiia paperovykh banknot pislia lakovannia vododispersnym lakom / T. Iu. Kyrychok, A. M. Merezhyńska, O. V. Hushcha // Zb. nauk. prats «Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva». — К., 2014. — № 1(43). — С. 13–20.

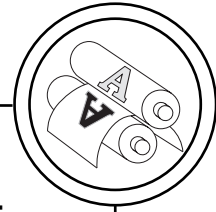
5. Pat. CA 2559557A1 Canada, МПК C09D 11/00. Rheologically unique intaglio printing inks / Malanga, J. et al.; Sun Chemical Corporation (USA). — zaiavl. 12.03.2004; opubl. 12.09.2006.

6. Pat. US20120199029 A1, МПК C09D 11/10. Intaglio printing ink / Fukura A.; National Printing Bureau Incorporated, Japan. — 13/501904; zaiavl. 08.10.2010; opubl. 09.08 2012.



7. Zimon A.D. Adgezija plenok i pokrytij / A. D. Zimon — M. : Himija, 1977. — 352 s.
8. Jakovlev A. D. Himija i tehnologija lakokrasochnyh pokrytij / A. D. Jakovlev. — L. : Himija, 1989. — 384 s.
9. Kyrychok T. Badanie szorstkoscii powierzchni papierow ze znakami wodnymi = The Investigation of Roughness for Paper with Watermarks / T. Kyrychok, T. Klymenko, N. Malkush // Przegland papierniczy. — 2012. — N 7. — P. 414–417.
10. Lifshic V. G. Processy na poverhnosti tverdyh tel / V. G. Lifshic, S. M. Repinskij. — Vladivostok : Dal'nauka, 2003. — 704 s.
11. Adamson A. Fizicheskaja himija poverhnostej / A. Adamson. — M. : Mir, 1979. — 568 s.
12. Zolotov M. S. Vlijanie razlichnyh faktorov na prochnostnye charakteristiki lakokrasochnyh pokrytij / M. S. Zolotov, M. A. Ljubchenko // Naukovyi visnyk budivnytstva. — Kharkiv : KhDTUBA, 2007. — Vyp. 43. — S. 123–127.
13. Kyrychok T. Iu. Vplyv farb metalohrafichnogo druku, yikh kompozytsiino-ho skladu na ekspluatatsiini vlastyvoli banknotnykh vidbytkiv / T. Iu. Kyrychok, Ie. H. Sukhina, O. V. Hushcha // Zb. nauk. prats «Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva». — K., 2014. — № 2(44). — S. 4–22.
14. Kyrychok Tetiana. Banknote Paper Deterioration Factors : Circulation Simulator Method / Tetiana Kyrychok, Anatolii Shevchuk, Victor Nesterenko, Petro Kyrychok // BioResources. — 2014. — Vol. 9(1). — P. 710–724.
15. TAPPI Standards–1998. T 452 om–98. Brightness of pulp, paper, and paperboard (directional reflectance at 457 nm).
16. DSTU ISO 13655:2006. Polihrafiia. Spektralni vymiriuvannia ta rozrakhunok kolorymetrychnykh kharakterystyk polihrafichno vidtvorenykh zobrazhen (ISO 13655:1996, IDT).
17. Kyrychok T. Iu. Metodolohiia vizualnogo otsiniuvannia stiikosti farbovoho sharu intahliodruku do imitatsii znoshuvannia / T. Iu. Kyrychok // Zb. nauk. prats «Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva». — K., 2013. — № 4(42). — S. 4–12.
18. Kyrychok T. Yu. An Analysis of the Precision of Indicators of the General Deterioration of Banknotes / T. Yu. Kyrychok // Measurement Techniques. — 2014. — Vol. 57(2). — P. 166–171.
19. Kyrychok T. Iu. Metodolohiia kompleksnogo otsiniuvannia rivnia yakosti produktsii / T. Iu. Kyrychok // Zb. nauk. prats «Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva». — K., 2013. — № 1(39). — S. 4–16.
20. Kyrychok T. Iu. Doslidzhennia zminy kharakterystyk zrazkiv banknot pid chas imitatsii znoshuvannia / T. Iu. Kyrychok, V. M. Nesterenko, Ie. H. Sukhina, O. V. Hushcha // Zb. nauk. prats «Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva». — K., 2012. — № 4(38). — S. 4–25.

Проведено комплексное исследование проблемы стойкости красочного слоя интаглиопечати к факторам искусственного износа банкнот с помощью использования комплексного показателя износостойкости. Результаты исследования показали, что с целью повышения адгезии красочного слоя к основанию банкноты необходимо корректировать реологические свойства краски, а именно увеличивать ее вязкость, обеспечивая тем самым меньшую фильтрацию во время проникновения в бумагу.



Ключевые слова: банкноты; интаглиопечать; краски; красочный слой; адгезия; композиционный состав красок; износостойкость банкнот; комплексный показатель.

It was carried out the integrated investigation of the intaglio printing layer stability for artificial deterioration factors by using the durability complex index. The results showed that in order to improve the adhesion of the ink layer to the substrate of the banknote during intaglio printing, it is necessary to adjust the rheological properties of the ink, namely, to increase its viscosity, thereby providing a smaller filtration during penetration into the paper.

Keywords: banknotes; intaglioprinting; inks; ink layer; adhesion; ink composition; banknotes deterioration; complex index.

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

Надійшла до редакції 16.09.15