

УДК 655.3.026.364

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ БАНКНОТ ЗА РАХУНОК ЛАКУВАННЯ

© А. В. Шевчук, д.т.н., професор, Т. Ю. Киричок, к.т.н.,
доцент, В. М. Нестеренко, здобувач, З. О. Маслюк,
магістрантка, НТУУ «КПІ», Київ, Україна

В работе исследована устойчивость банкнот к загрязнению и износу при применении лака в качестве защитного покрытия, нанесенного с помощью анилоксовых валов различной линиатуры и краскостойкости, и определено при каком варианте лакировки повысится износоустойчивость банкноты.

In the article it was studied the increasing of banknotes durability by means of varnishing. Protective coating was applied by use of anilox rolls with different lineature and cell volume. It was determined the optimal variant of varnishing for increasing of banknotes durability.

Постановка проблеми

Проблема підвищення зносостійкості банкнот відзначається багатьма науковцями та представниками центральних банків багатьох країн, однак через проблему обмеження доступу до інформації результати таких досліджень публікуються недостатньо широко і стосуються, головним чином, євро [1–4]. Відсутні конкретні рекомендації щодо впровадження змін в технологічний процес виготовлення банкнот для забезпечення їх зносостійкості. Разом з тим, проблема зносостійкості стоїть гостро й для банкнот української гривні.

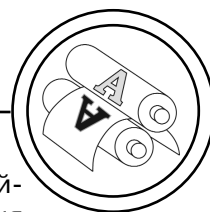
Як показали дослідження банкнот української гривні, що перебували в умовах реального обігу [5], основною причиною виведення з обігу банкнот української гривні є загальне забруднення (89,19 %). Порушення структури та форми (5,75 %)

та локальні забруднення (5,06 %) є значно менш вагомими. Таким чином, порівняно з іншими грошовими одиницями наша національна валюта частіше виводиться з обігу через загальне забруднення — майже 90 % банкнот, тоді як для інших валют такий показник складає 64–81 % [6]. Це дозволило визначити напрямок пріоритетних досліджень та розробок для підвищення зносостійкості української гривні — підвищення стійкості до загального забруднення.

Аналіз попередніх досліджень

Під зносостійкістю банкнот розуміють здатність чинити опір зношуванню в процесі обігу чи в певних умовах випробувань.

Зношування банкноти як процес — поступова зміна під дією низки чинників властивостей банкноти, внаслідок чого відбу-



вається втрата (повна чи часткова) цих властивостей через перебування в обігу чи в певних умовах випробувань [7].

Зношування банкноти як результат — стан зміни властивостей банкноти, внаслідок чого відбувається втрата (повна чи часткова) властивостей через перебування в обігу чи в певних умовах випробувань.

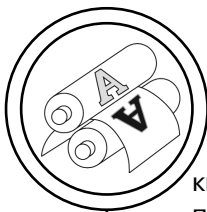
Забруднення — розподіл бруду, насамперед через вплив секрету сальних залоз людини, на всій площі банкноти (загальне забруднення) або локалізована концентрація бруду будь-якого походження у вигляді плям, малюнків, відбитків штампів, колір яких контрастує з навколишніми незабрудненими частинами банкноти (локальне забруднення). Необхідно зазначити, що якщо загальне забруднення утворюється поступово як результат дотиків пальців людини і, зазвичай, супроводжується та підсилюється загальним зношенням, то локальне забруднення може мати місце на банкноті без інших пошкоджень, але призводити до вилучення з обігу [7].

Можливими напрямками підвищення зносостійкості банкнот на етапі їх розробки та виготовлення є, зокрема, підвищення зносостійкості основи, дизайнерські рішення, а також технологічні методи.

Найбільшою увагою розробників в усьому світі користуються методи підвищення зносостійкості основи банкнот, до яких, зокрема, належать поверхнева та об'ємна обробка основи, використання багатшарового паперу, використання

полімерної основи. З дизайнерських методів підвищення зносостійкості банкнот треба виділити розташування захисної стрічки та її вид. До технологічних методів підвищення зносостійкості банкнот належить, зокрема, й захисне лакування, котре, відповідно до опублікованих даних, є дієвим методом підвищення зносостійкості банкнот (особливо стійкості до загального забруднення), застосування котрого доцільно дослідити для української гривні.

Фахівці провідних виробників банкнотної продукції наголошують на дієвості застосування захисного лакування для підвищення зносостійкості банкнот [8]. Голландський Центральний Банк (DNB) протягом тривалого часу проводив дослідження щодо впливу лакування на зносостійкість банкнот. Так, ще у 1955 році було з'ясовано, що лакування збільшує тривалість перебування банкнот в обігу на 15 % [9, 10]. З 1957 року захисне лакування почали використовувати для банкнот Нідерландів, з 1971 року — для швейцарських франків. На той час використовувався нітролак. З 1993 року запроваджено захисне лакування лаками на водній основі, а з початку 2000-х років розпочалося використання УФ-лаків [6]. Варіантами застосування захисного лакування можуть бути лакування основи як останній етап її виготовлення на паперових фабриках, лакування як післядрукарська обробка на банкнотних фабриках (post-press), комбінування лакування основи як додрукарської оброб-



ки (pre-press) та лакування як післядрукарської обробки на банкнотних фабриках, а також комбінування лакування основи на паперових фабриках та лакування як післядрукарської обробки на банкнотних фабриках [11]. Нанесення спеціальних лаків на банкнотний папір дозволяє збільшити стійкість до забруднення більше ніж на 50 %, збільшуючи термін служби банкнот майже в 2 рази [12].

Застосовують лаки на водній основі, лаки УФ-твердіння, а також двошарові структури (водорозчинний лак + лак УФ-твердіння). Незважаючи на те, що порівняно з лаками на водній основі лаки УФ-твердіння мають тенденцію до пожовтіння з часом та є більш глянцевиими [11], вони мають значно вищу стійкість до стирання та значно нижчий час висихання і тому застосовуються для захисного лакування банкнот більш широко.

Фахівці оцінюють вагомість такого фактору, як лакування, серед інших напрямків підвищення зносостійкості банкнот, у 35 % [13]. Дослідники DNB останнім часом провели низку досліджень Європейського Центрального Банку з банкнотами, покритими різними видами лаків (близько 20 видів) [14]. Результатом проведених досліджень є введення в обіг 2 травня 2013 року нової банкноти номіналом 5 євро, лакованої спеціальним лаком. Заплановане також оновлення інших номіналів євро на найближчі роки [15].

На російському підприємстві «Гознак» було проведено дослідження банкнот, покритих

лаком на водній основі та лаком, що затвердіває під дією УФ-випромінювання. Проведений експеримент показав, що УФ-лакування банкнот є ефективним для підвищення стійкості банкнот до забруднення [16]. Також Банк Росії з метою встановлення доцільності лакування в 2010 році в окремих регіонах випустив в обіг 100-рублеві купюри, основа яких була покрита спеціальним захисним лаком на водній основі (pre-press) [17]. Собівартість експериментальних банкнот на 10 % дорожча, проте зносостійкість збільшується майже в 2 рази [17, 18].

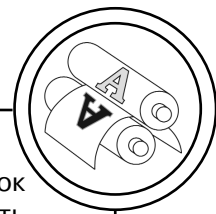
Таким чином, хоча лакування й збільшує собівартість банкноти на 10–15 %, проте забезпечує збільшення терміну обігу в 1,5–1,8 рази, що дозволяє значно скоротити витрати на виробництво банкнот. Тому дослідження застосування захисних лаків для збільшення зносостійкості банкнот є актуальним.

Мета роботи

Метою даного дослідження було встановлення зносостійкості банкнот при застосуванні захисного покриття — УФ-лаків різних типів отвердіння, нанесених за допомогою анілоксових валів різної лініатури та фарбоекності, та визначення при якому варіанті лакування зносостійкість банкноти підвищиться більш суттєво.

Результати проведених досліджень

Існує два методи вивчення протизабруднювальних властивостей матеріалу: дослідне



зношування та лабораторний приладний метод.

Штучне зношування, як процес, ставить за мету детермінувати стохастичний простір подій, що відбуваються з банкнотами у реальному обігу та впливають на показники зношування банкнот, а також визначити тенденції щодо їх зміни у процесі зношування.

Експериментальні зразки піддавалися штучному зношуванню за допомогою імітатора зношування, приладу з автоматизованою системою управління ротаційним механізмом обертання барабану (контейнера розміром 280×220×220 мм з кришкою, затискачами та ущільненням), здатного здійснювати обертові рухи з певними параметрами (частота, рух проти та за годинниковою стрілкою), швидкість обертання якого в прямому та реверсному режимах — (70±3) об/хв.

Під час імітації зношування використовувався зношувальний агент однакового фракційного складу, а саме — скляні кульки, діаметром 3–5 мм, загальною вагою 2000 г, що забезпечило множинні механічні пошкодження банкнот.

Для надання жорсткості банкнотам в процесі імітації зношування використовувалися смужки жорсткості загальною кількістю 40 штук, вирізані з пластику товщиною 0,5 мм у формі, подібної до кістки для собак, шириною 10 мм, з отворами з кожного боку для фіксації у попередньо підготованих в дослідних зразках отворах на лівому та правому краях

банкноти. Для фіксації смужок жорсткості використовують фторопластові затискачі, фторопластові кутові затискачі: гвинт і гайка (діаметр головки 16 мм, довжина 20 мм, різьба M5), вагою (9,3±0,2) г, по 4 штуки на кожному банкноту, загальною кількістю 80 штук.

Для проведення дослідження використовується забруднювальна суміш такого складу:

1) глина (дрібні частки якої здатні проникати глибоко в структуру волокон паперу);

2) штучний піт (секрет сальних залоз людини є одним із основних джерел забруднення банкноти, а також вода, що є його компонентом, відіграє значну роль у відкладенні та закріпленні бруду на волокні);

3) етиловий спирт;

4) оливкова олія (масляне забруднення, обволікаючи пігментні частинки бруду в оболонку, сприяє прилипанню і утриманню частинок повітряного пилу на волокні).

Дослідження проводилося в 3 етапи відповідно до таких умов:

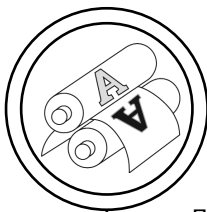
— перемішування забруднювальної суміші із скляними кульками в імітаторі обігу банкнот протягом 5–10 хв.;

— тривалість I циклу зношування в імітаторі обігу банкнот — 5 хв.;

— тривалість II циклу зношування в імітаторі обігу банкнот — 5 хв.;

— тривалість III циклу зношування в імітаторі обігу банкнот — 10 хв.;

— тривалість IV циклу зношування в імітаторі обігу банкнот — 10 хв.;



— проведення випробувань протягом однієї зміни.

При випробуванні та вимірюванні у приміщенні де проходить дослідження, необхідно підтримувати наступні кліматичні умови:

— температура в приміщенні, °C — 21 ± 1 ;

— відносна вологість повітря, % — 60 ± 2 .

Для визначення варіанту лакування, що покращить стійкість банкнот до забруднення та зношення, проводилось дослідження із зразками банкнотного паперу та банкнот, наданими фірмою КВА NotaSys (табл. 1).

Дослідження проводилось в три етапи:

1 етап — визначення складу забруднювальної суміші для подальшого проведення 2 та 3 етапів;

2 етап — проведення імітації обігу із зразками банкнотного паперу, наданими фірмою КВА NotaSys;

3 етап — проведення імітації обігу із презентаційними банкнотами КВА Specimen 2010 cash cycle.

Для проведення 1 етапу дослідження було обрано 6 різних сумішей, склад яких наведено в таблиці 2.

Оскільки, основним фактором при виборі суміші є загальне забруднення, то після 4-го циклу імітації обігу вимірювався

Таблиця 1

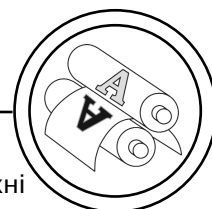
Досліджувані зразки

Зразок	Технологічні параметри лакування		
	Лак	Лініатура анілоксового валика, ліній/см	Фарбоємність анілоксового вала, cm^3/m^2
№ 0	—	—	—
№ 1	Лак № 1 (радикальний тип твердіння)	160	7,5
№ 2		120	9
№ 3	Лак № 2 (катіонний тип твердіння)	120	9
№ 4		160	7,5

Таблиця 2

Склад забруднювальних сумішей

Склад суміші	Суміш					
	В-0	В-1	В-2	В-3	В-4	В-5
Олія, мл	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8
Піт/вода, мл	1,0/-	1,0/-	1,0/-	0,5/-	1,0 (50/50)	1,0 (50/50)
Спирт, мл	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Гліцерин, мл	0,5	0,5	—	0,5	0,5	—
Глина, г	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5



один з найточніших показників забруднення — яскравість за шкалою Таррі Т452, % [19].

Результати 1 етапу (вибору забруднювальної суміші) наведено на рис. 1 у вигляді гістограми.

За наведеними даними рис. 1, а також в результаті візуальної оцінки банкнотного паперу найбільш наближеними до показників яскравості банкнот, зношених в реальних умовах обігу, виявились зразки банкнотного паперу при застосуванні суміші В-5, тому саме ця суміш застосовувалась у подальших етапах дослідження.

На 2 етапі дослідження після кожного циклу проведення імітації обігу для досліджуваних зразків банкнотного паперу вимірювались такі показники як вага банкнотного паперу, повітропроникність та яскравість.

На рис. 2 показано зміну ваги банкнотного паперу після кожного циклу зношування.

Найбільша зміна ваги, тобто найбільше накопичення забруд-

нювальної суміші на поверхні паперу та її всотування в структуру паперу, спостерігалась для зразків варіанту № 0 (без лакування). Найменша зміна ваги — для зразків варіантів № 3 та 4, що свідчить про їх підвищену стійкість до забруднення.

На рис. 3 показано графіки зміни яскравості з лицевої та зворотної сторони банкнотного паперу після кожного циклу зношування.

З графіків зміни яскравості (враховуючи одночасно зміну для лицевої та зворотної сторони) встановлено, що найменш забруднені після 4 циклу імітації обігу зразки дослідного паперу варіанту № 4.

На рис. 4 показано графік зміни повітропроникності банкнотного паперу після кожного циклу зношування.

Найменша повітропроникність після завершення 4 циклу імітації обігу спостерігалась для зразків № 4, що вказує на їх підвищену стійкість до руйнування структури паперу.

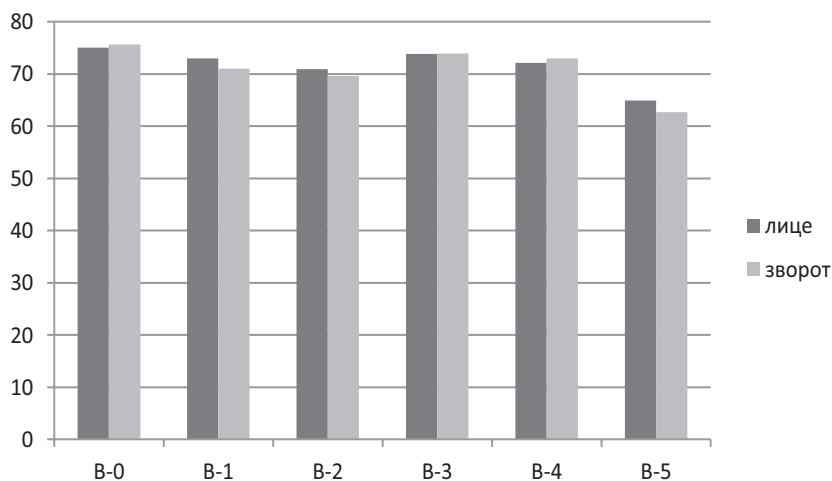


Рис. 1. Яскравість за шкалою Таррі Т452, %

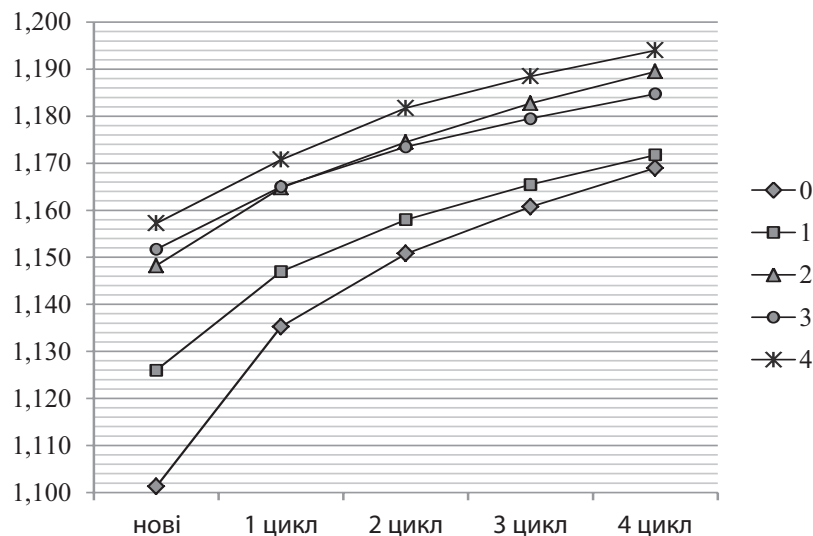
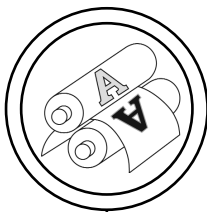


Рис. 2. Зміна ваги банкнотного паперу, г

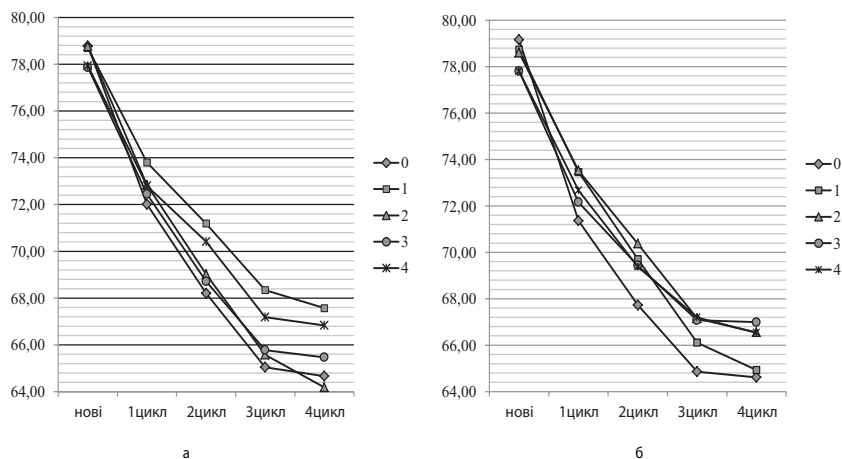


Рис. 3. Зміна яскравості банкнотного паперу, %:
а — лицьова сторона банкноти; б — зворотна сторона банкноти

За результатами 2 етапу досліджень встановлено, що найкращі показники зносостійкості має банкнотний папір із захисним лакуванням УФ-лаком катіонного типу твердіння, нанесеним за допомогою анілоксового вала з лініатурою 160 ліній/см та фарбоємністю 7,5 см³/м².

На 3 етапі дослідження після кожного циклу проведення імітації обігу для досліджуваних зразків презентаційних банкнот КВА Specimen 2010 cash cycle вимірювались такі показники як вага банкноти, повітропроникність та яскравість.

На рис. 5 показано графік зміни ваги презентаційних

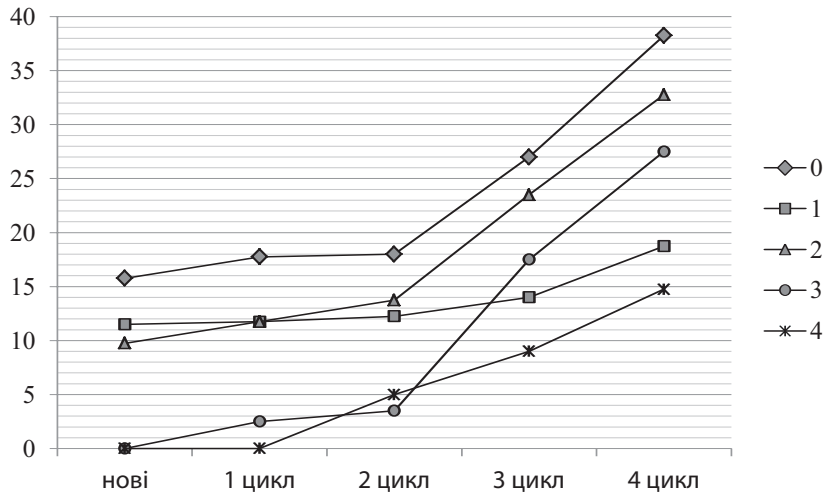
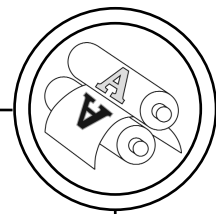


Рис. 4. Зміна повітропроникності банкнотного паперу, мл/хв.

банкнот після кожного циклу зношування.

Як і для банкнотного паперу, найбільша зміна ваги, тобто найбільше всотування забруднюючої суміші, спостерігалась для зразків варіанту № 0 (без лакування банкнот). Найменша зміна ваги — для зразків варіантів № 3 та 4, що свідчить про їх підвищену стійкість до забруднення.

На рис. 6 показано графіки зміни яскравості з лицевої та зворотної сторони презентаційної банкноти після кожного циклу зношування.

З графіків зміни яскравості (враховуючи одночасно зміну для лицевої та зворотної сторони) визначено, що найменш забрудненими є зразки презентаційних банкнот варіанту № 3.

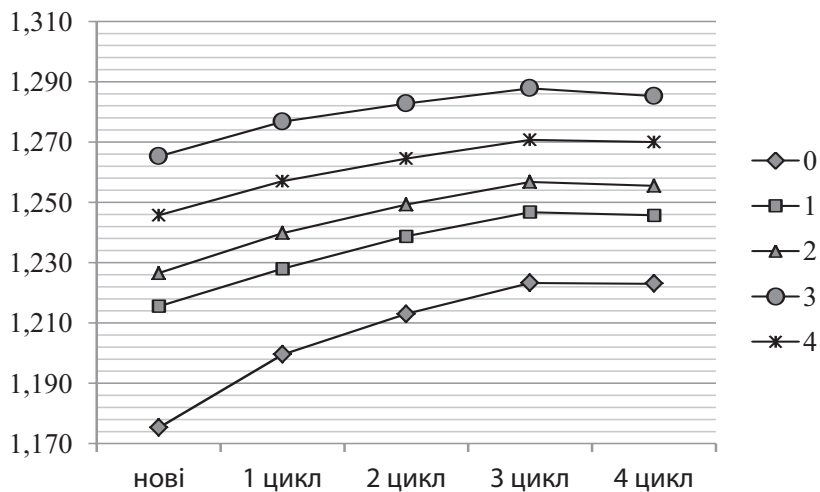


Рис. 5. Зміна ваги презентаційної банкноти, г

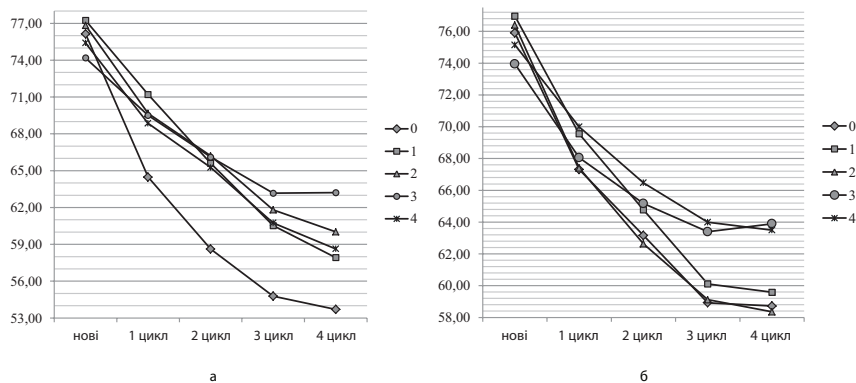
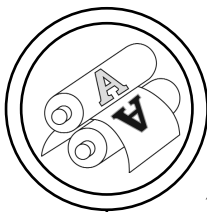


Рис. 6. Зміна яскравості презентаційних банкнот, %:
а — лицьова сторона банкноти; б — зворотна сторона банкноти

На рис. 7 показано графік зміни повітропроникності презентаційних банкнот після кожного циклу зношування.

Найменша повітропроникність після завершення 4 циклу імітації обігу спостерігалась для зразків варіанту № 3, що свідчить про більшу стійкість до руйнування структури паперу.

За результатами 3 етапу дослідження встановлено, що

найкращі показники зносостійкості мають презентаційні зразки із захисним лакуванням УФ-лаком катіонного типу твердіння, нанесеним за допомогою анілоксового вала з лініатурою 120 ліній/см та фарбоємністю 9 см³/м².

За результатами аналізу даних 3 етапу дослідження зносостійкості презентаційних банкнот було розраховано

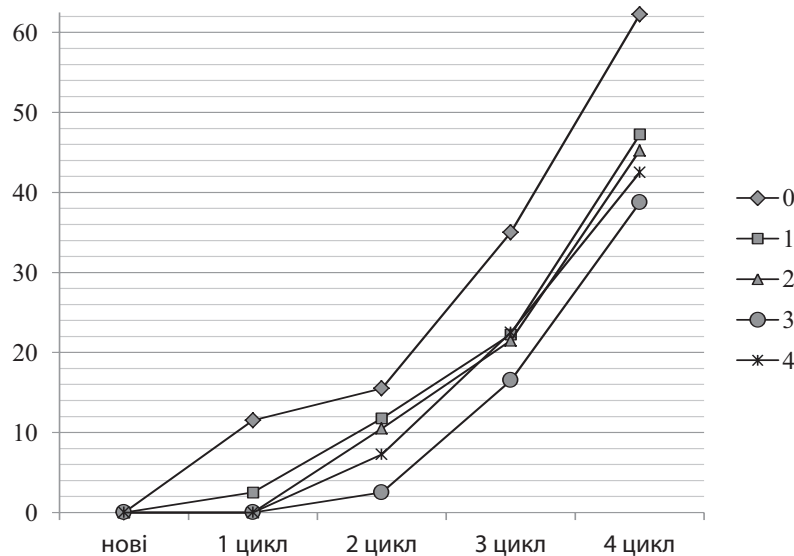
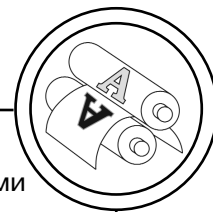


Рис. 7. Зміна повітропроникності презентаційних банкнот, мл/хв.



очікуване підвищення зносостійкості банкнот, виготовлених за j-м варіантом Δ_j , що дозволило зробити висновок, що зносостійкість банкнот, підданих захисному лакуванню за варіантом № 3, збільшилась в 1,94 рази. Для розрахунку використано співвідношення [19]:

$$\Delta_j = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{x_{ij}}{x_{i0}} + \sum_{i=k+1}^n \frac{x_{i0}}{x_{ij}}}{n},$$

де n — загальна кількість показників зношення, які розглядаються, k — кількість показників зношення — стимуляторів (тобто, показників, для яких найкращим є найбільше значення), в той час як всі інші $n-k$ показників є дестимуляторами (тобто, показниками, для яких найкращим є найменше значення), x_{ij} — значення показника зношення для j-го варіанту, x_{i0} — значення показника зношення для базового варіанту. Варто зазначити, що всі показники зношення, котрі застосовано в наших до-

слідженнях, є дестимуляторами (табл. 3).

Отже, застосування УФ-лаку катіонного типу твердіння забезпечує вищі показники зносостійкості як банкнотного паперу, так і презентаційних банкнот, порівняно з УФ-лаком радикального типу твердіння. Оптимальні технологічні режими (лініатура, фарбоємність валу) відрізняються для банкнотного паперу і банкнот, оскільки на властивості та зносостійкість банкноти впливає процес друку (офсетний, інтагліо, високий друк). Це свідчить про те, що в разі використання УФ-лаку катіонного типу твердіння для захисту від зношування банкнот української гривні, технологічні режими лакування потребують додаткового уточнення.

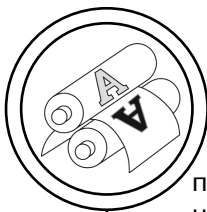
Висновки

В результаті виконаних досліджень було визначено, що застосування УФ-лаку катіонного типу твердіння забезпечує вищі показники зносостійкості як банкнотного паперу, так і

Таблиця 3

Очікуване підвищення зносостійкості

Показник	Показник після 4 циклу зношування		$\frac{x_{i0}}{x_{i3}}$
	x_{i0} (варіант № 0)	x_{i3} (варіант № 3)	
Збільшення ваги, г	0,05	0,02	2,39
Зменшення яскравості (лице), %	22,45	10,97	2,05
Зменшення яскравості (зворот), %	17,18	10,05	1,71
Збільшення повітропроникності, мл/хв.	62,25	38,75	1,61
Δ_j			1,94



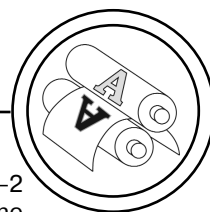
презентаційних банкнот порівняно з УФ-лаком радикального типу твердіння. Встановлено оптимальні характеристики анілоксового валика: лініатура 120 ліній/см, фарбоємність — $9 \text{ см}^3/\text{м}^2$.

Оптимальні технологічні режими (лініатура, фарбоємність валу) відрізняються для банкнотного паперу та банкнот, оскільки на властивості та зносостійкість банкноти впливає процес друку (офсетний, інтаглю, високий друк). Це свідчить про те, що в разі використання УФ-лаку катіонного типу твердіння для захисту від зношуван-

ня банкнот української гривні, технологічні режими лакування потребують додаткового уточнення під час штучного зношування задрукованих банкнот.

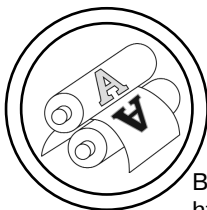
Проведені дослідження можуть бути використані для впровадження у виробництво Банкнотною фабрикою Національного Банку України та подальшого випуску в обіг банкнот із захисним лакуванням, які є більш зносостійкими. Очікується збільшення терміну перебування в обігу банкнот із захисним лакуванням в 1,94 рази та, відповідно, зменшення витрат на їх виготовлення.

1. Jan-Mark Geusebroek, Peter Markus, Peter Balke. Learning banknote Fitness for Sorting. — DNB Betalingsverkeer. Cash Policy Department, De Nederlandsche Bank NV — Шлях доступу : <http://www.dnb.nl/binaries>.
2. From Fit to Unfit: How Banknotes Become Soiled. — Peter Balke, Cash Policy Department, De Nederlandsche Bank NV — Шлях доступу : <http://www.dnb.nl/binaries>.
3. Tom Buitelaar. The Colour of Soil. — DNB Cash Seminar 2008/ Amsterdam, 28–29 February, 2008. — De Nederlandsche Bank NV — Шлях доступу : <http://www.dnb.nl/binaries>.
4. New Soiling Test Method : Anti-Dirty Fingers. — Peter Balke, Cash Policy Department, De Nederlandsche Bank NV — Шлях доступу : <http://www.dnb.nl/binaries>.
5. Киричок Т. Ю. Дослідження зносостійкості банкнот української гривні в умовах реального обігу / Т. Ю. Киричок, А. А. Мельниченко, В. М. Нестеренко // Наукові вісті Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». — 2013. — № 2. — С. 94–104.
6. H.A.M. de Heij. Durable banknotes : an overview. Presentation of the BPC/Paper Committee to the BPC/General Meeting. — Prague, 27 May–30 May, 2002. — De Nederlandsche Bank N. V., Amsterdam, Netherlands. — March, 1995. — P. 1–12. — De Nederlandsche Bank NV. — Шлях доступу : <http://www.dnb.nl/binaries>.
7. 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.
8. Timothy Crane. Some observations on technological developments in durable substrates. — Billetaria. International Review on Cash Management. Issue 9, April 2011. — P. 8–9.
9. Tom Buitelaar. Consumption of banknotes in the Netherlands. — Lecture presented at De Nederlandsche Bank NV, Amsterdam 10 april 2002. — De Nederlandsche Bank NV — Шлях доступу : <http://www.dnb.nl/binaries>.
10. P. Koeze and A.H.B.Th. van Gelder. The effect of coating on durability of banknotes. — De Nederlandsche Bank N. V., Amsterdam, Netherlands. — May, 1985. — P. 1–16. — De Nederlandsche Bank NV. — Шлях доступу : <http://www.dnb.nl/binaries>.
11. Fernando Leon, Andreas Walter. Varnishing solutions for a long-lasting banknote. — Billetaria. International Review on Cash Management. — Issue 9, April 2011. — P. 25–27.



12. Не просто бумага // Водяной знак. — январь-февраль 2008. — № 1–2 (57–58). 13. H. A. M. de Heij. Durable banknote paper. — De Nederlandsche Bank N. V., Amsterdam, Netherlands. — March, 1995. — P. 1–11. — De Nederlandsche Bank NV. — Шлях доступу : <http://www.dnb.nl/binaries>. 14. Coen Springelkamp Banknotes to be lacquered [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.worldofcoins.eu>. 15. Президент Европейского Центрального Банка представил новую банкноту 5 евро [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.itar-tass.com>. 16. Как продлить банкнотам жизнь // Водяной знак. — январь-февраль 2008. — № 1–2 (57–58). 17. Georgy Kornilov. Manufacturing low-denomination banknotes. — Billetaria. International Review on Cash Management. Issue 9, April 2010. — P. 18–20. 18. И. Калинин. Операция «Чистые деньги» [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://news.ngs.ru/more/58672/>. 19. Киричок Т. Ю. Алгоритм розв'язання багатокритеріальної задачі вибору показника зношування банкнот за допомогою функції корисності / Т. Ю. Киричок // Наукові вісті Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». — 2013. — № 1. — С. 68–75.

1. Jan-Mark Geusebroek, Peter Markus, Peter Balke. Learning banknote Fitness for Sorting. — DNB Betalingsverkeer. Cash Policy Department, De Nederlandsche Bank NV — Shliakh dostupu : <http://www.dnb.nl/binaries>. 2. From Fit to Unfit: How Banknotes Become Soiled. — Peter Balke, Cash Policy Department, De Nederlandsche Bank NV — Shliakh dostupu : <http://www.dnb.nl/binaries>. 3. Tom Buitelaar. The Colour of Soil. — DNB Cash Seminar 2008/ Amsterdam, 28–29 February, 2008. — De Nederlandsche Bank NV — Shliakh dostupu : <http://www.dnb.nl/binaries>. 4. New Soiling Test Method : Anti-Dirty Fingers. — Peter Balke, Cash Policy Department, De Nederlandsche Bank NV — Shliakh dostupu : <http://www.dnb.nl/binaries>. 5. Kyrychok T. Іu. Doslidzhennia znosostiikosti banknot ukrainskoi hryvni v umovakh realnoho obihu / T. Іu. Kyrychok, A. A. Melnychenko, V. M. Nesterenko // Naukovi visti Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskiy politekhnichnyi instytut». — 2013. — № 2. — S. 94–104. 6. H.A.M. de Heij. Durable banknotes : an overview. Presentation of the BPC/Paper Committee to the BPC/General Meeting. — Prague, 27 May–30 May, 2002. — De Nederlandsche Bank N. V., Amsterdam, Netherlands. — March, 1995. — P. 1–12. — De Nederlandsche Bank NV. — Shliakh dostupu : <http://www.dnb.nl/binaries>. 7. Kyrychok T. Іu. Faktory znoshuvannia banknot / T. Іu. Kyrychok // Visnyk NTUU «KPI». Seriya «Khimichna inzheneriia, ekolohiia ta resursozberezhennia». — K., 2011. — № 2(8). — S. 75–78. 8. Timothy Crane. Some observations on technological developments in durable substrates. — Billetaria. International Review on Cash Management. Issue 9, April 2011. — P. 8–9. 9. Tom Buitelaar. Consumption of banknotes in the Netherlands. — Lecture presented at De Nederlandsche Bank NV, Amsterdam 10 april 2002. — De Nederlandsche Bank NV — Shliakh dostupu : <http://www.dnb.nl/binaries>. 10. P. Koeze and A.H.B.Th. van Gelder. The effect of coating on durability of banknotes. — De Nederlandsche Bank N. V., Amsterdam, Netherlands. — May, 1985. — P. 1–16. — De Nederlandsche Bank NV. — Shliakh dostupu : <http://www.dnb.nl/binaries>. 11. Fernando Leon, Andreas Walter. Varnishing solutions for a long-lasting banknote. — Billetaria. International Review on Cash Management. — Issue 9, April 2011. — P. 25–27. 12. Не просто бумага // Vodjanoj znak. — janvar'-fevral' 2008. — № 1–2 (57–58). 13. H. A. M. de Heij. Durable banknote paper. — De Nederlandsche Bank N. V., Amsterdam, Netherlands. — March, 1995. — P. 1–11. — De Nederlandsche Bank NV. — Shliakh dostupu : <http://www.dnb.nl/binaries>. 14. Coen Springelkamp



Banknotes to be lacquered [Elektronnyi resurs]. — Rezhym dostupu : <http://www.worldofcoins.eu>. 15. Prezident Evropejskogo Central'nogo Banka predstavil novuju banknotu 5 evro [Elektronnij resurs]. — Rezhym dostupu : <http://www.itar-tass.com>. 16. Kak prodlit' banknotam zhizn' // Vodjanoj znak. — janvar'-fevral' 2008. — № 1–2 (57–58). 17. Georgy Kornilov. Manufacturing low-denomination banknotes. — Billetaria. International Review on Cash Management. Issue 9, April 2010. — P. 18–20. 18. I. Kalinin. Operacija «Chistye den'gi» [Elektronnij resurs]. — Rezhym dostupu : <http://news.ngs.ru/more/58672/>. 19. Kyrychok T. Iu. Alhorytm rozv'iazannia bahatokryterialnoi zadachi vyboru pokaznyka znoshuvannia banknot za dopomohoiu funktsii korysnosti / T. Iu. Kyrychok // Naukovi visti Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskiy politekhnichnyi instytut». — 2013. — № 1. — S. 68–75.

Рецензент — Р. П. Гаврилюк, к.т.н.,
директор Центру досліджень
та розвитку технологій БМД НБУ

Надійшла до редакції 13.06.13