

УДК 655.3.066.364

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

**КОМПЛЕКСНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ
БАНКНОТНОЇ ПРОДУКЦІЇ ІЗ ЗАХИСНИМ ЛАКУВАННЯМ**

Стаття присвячена проблемі визначення зносостійкості банкнотної продукції формуванням комплексного показника зносостійкості з урахуванням великої кількості показників зношеності за допомогою функції корисності. Досліджено стійкість банкнот до забруднення та зношення при застосуванні захисного лакування. Визначено, які технологічні параметри (вид лаку, лініатура та фарбоекмність анілоксового вала) лакування забезпечують найбільше підвищення зносостійкості банкнот.

Ключові слова: банкноти; зношування; показник зношеності; показник зносостійкості; зносостійкість; обіг банкнот; функція корисності; захисне лакування.

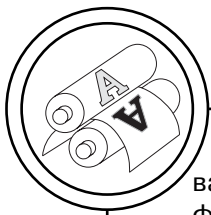
Постановка проблеми

У разі застосування диференціального методу оцінювання якості продукції, коли порівнюють одиничні показники якості оцінюваного (або оцінених) і базового (еталонного) зразків продукції [1], неможливо зробити достовірний висновок щодо рівня якості продукції як цілісного об'єкта, оскільки дуже часто оцінювані зразки продукції за одними властивостями мають високі показники якості, за іншими — низькі. Особливо такий недолік диференціального методу оцінювання продукції проявляється на етапі досліджень нової продукції, як, наприклад підвищення зносостійкості банкнотної продукції.

Зношеність банкнот визначають за великим переліком ознак і показників, котрі характеризують різні аспекти зношеності з різ-

ною точністю. На теперішній час немає єдиного показника, котрий би достовірно характеризував зношеність банкноти — її стан, що характеризується втратою (повною чи частковою) властивостей через перебування в обігу чи в певних умовах випробувань. Зносостійкість банкнот може встановлюватися лише порівняльними дослідженнями за низкою показників.

Так, для визначення варіанту лакування, що покращить стійкість банкнот до забруднення та зношення, проводилось дослідження із зразками банкнотного паперу та банкнот презентаційними банкнотами KBA Specimen 2010 cash cycle, наданими фірмою KBA NotaSys [2]. Досліджено зразки із захисним лакуванням двома видами лаку (радикального та катіонного типу твердіння) із різними лініатурами анілоксового



валика (120 та 160 ліній/см, фарбоємність анілоксового валика 9 та 7,5 см³/м² відповідно), а також нелаковані [2].

Дослідженнями [2] встановлено, що найкращі показники зносостійкості має банкнотний папір із захисним лакуванням УФ-лаком катіонного типу твердіння, нанесеним за допомогою анілоксового валика з лініатурою 160 ліній/см фарбоємністю 7,5 см³/м², однак для презентаційних банкнот КВА Specimen 2010 cash cycle найбільш зносостійкий варіант — із захисним лакуванням УФ-лаком катіонного типу твердіння, нанесеним за допомогою анілоксового валика з лініатурою 120 ліній/см фарбоємністю 9 см³/м².

Отже, коректно оцінити зносостійкість лакованих зразків, спираючись тільки на один показник, неможливо. Таким чином, постає завдання урахування великої кількості показників якості банкнотного паперу з метою визначення його комплексного показника якості [3].

Мета роботи

Метою дослідження є визначення комплексного показника зносостійкості банкнотної продукції із захисним лакуванням.

Результати проведених досліджень

Показниками, що можуть встановлюватися під час досліджень зносостійкості банкнотної продукції, є оптичні (яскравість, колірний зсув, ІЧ відбивання/пропускання, зміни колірних координат RGB), розмірні (маса, товщина), структурні (гладкість, повітропроникність, шорсткість), міцні-

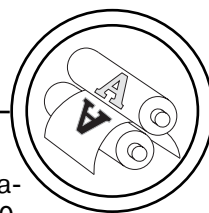
стні (кількість подвійних перегибів, нульова розривна довжина, жорсткість (за різними методами, відносне видовження, руйнівне зусилля, стійкість крайки до надриву тощо), локальні пошкодження (кількість загнутих/втрачених кутів, довжина розривів), магнітні (зменшення магнітного потоку), електрофізичні (зміни опору, діелектричної проникності, тангенса кута діелектричних втрат), пошкодження фарбового шару (зміни висоти фарбового рельєфу, візуальна оцінка, зміни колірних координат RGB). Тому оцінка зносостійкості певного варіанту виготовлення зразка банкноти має розглядатися як задача багатокритеріального вибору, тобто ситуація прийняття рішення на заданій множині допу-

стимих альтернатив $X = \{x_i | i = \overline{1, m}\}$

(видів банкнотного паперу, технологічних режимів інтагліодруку тощо) за потреби врахування сукупності властивостей (показників зношеності) альтернатив, котрі характеризуються вектором цільових функцій $\bar{f}_i = \{f_j(x_i) | j = \overline{1, n}; x_i \in X\}$,

де $f_j(x_i)$ відповідає j -й властивості (в подальшому для зручності позначимо часткову цільову функцію $f_j(x_i) = x_{ij}$), за якою оцінюється альтернатива $x_i \in X$.

Пропонується процес прийняття рішення на множині альтернатив, котрі характеризуються певною кількістю часткових критеріїв, здійснити в результаті зведення цих критеріїв до одного узагальненого критерію, який буде побудовано шляхом згортки багатьох критеріїв побудовою



функції корисності із формуванням комплексного показника зносостійкості, визначення котрого з урахуванням максимально можливої кількості показників, виміряних чи встановлених на різних етапах зношування, дозволить здійснювати об'єктивний прогноз щодо очікуваного часу перебування банкнот в обігу.

Для формування функції корисності як методу визначення ступеню переваг альтернатив розроблено комплекс математичних залежностей отримання згорток різного виду (адитивної, мультиплікативної, ентропійної, евклідової відстані, відстані Мінковського тощо) та алгоритм [4].

В наших дослідженнях зносостійкості різних варіантів виготовлення банкнот української гривні із захисним лакуванням [2] використовуємо адитивну згортку показників та нормування зведенням до еталону:

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

Тут для нормування зведенням до еталона використано еталонне значення часткових критеріїв — максимальні значення для стимуляторів $x_{\max j}$

$\left(x_{\max j} = \max_i x_{ij} \right)$ та мінімальні значення для дестимуляторів $x_{\min j}$ $\left(x_{\min j} = \min_i x_{ij} \right)$. Окрім того, для

такого способу нормування враховано ситуацію, коли $x_{\min j} = 0$, тобто множина дестимуляторів

$$D = D' \cup D^0 :$$

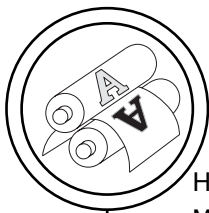
$$x_{0j} = \begin{cases} x_{\max j}, j = \overline{1, k}, x \in S; \\ x_{\min j} \neq 0, j = \overline{k+1, m}, x \in D'; \\ x_{\min j} = 0, j = \overline{m+1, n}, x \in D^0. \end{cases}$$

Оскільки сформовані функції корисності (1) комплексно характеризують зносостійкість основ банкнот, то вони можуть бути використані для оцінки очікуваного підвищення зносостійкості банкнот ΔT :

$$\Delta T = \frac{F(x_i)}{F(x_0)}, \quad (2)$$

де $F(x_i)$ — функція корисності i -ї альтернативи, $F(x_0)$ — функція корисності альтернативи, яка є базою для порівняння. В даному випадку такою альтернативою є зразки банкнот або банкнотного паперу без захисного лакування.

Комплексне оцінювання підвищення зносостійкості банкнот за рахунок лакування. Дослідні зразки було піддано штучному вологому зношуванню в імітаторі обігу відповідно до методики (4 цикли: I цикл — 5 хв., II цикл — 5 хв., III цикл — 10 хв., IV цикл — 10 хв.) [5]. До початку зношування та після кожного циклу проведення імітації обігу для досліджуваних зразків вимірювались маса, повітропроникність та яскравість лицьового та зворотного боку.



На основі цих показників і формувався комплексний показник зносостійкості (таблиця). Формування комплексної оцінки альтернатив — лакованих на нелакованих зразків — дозволяє з використанням виразу (2) оцінити очікуване підвищення зносостійкості банкнот (таблиця): зносостійкість банкнот, підданих захисному лакуванню за варіантом № 3, очікувано збільшиться в 1,74–2,19 рази та, відповідно, зменшаться витрати на їх планову заміну через зношеність.

Отже, застосування УФ-лаку катіонного типу твердіння забезпечує вищі показники зносостійкості презентаційних банкнот порівняно з УФ-лаком радикального типу твердіння. Оптимальні технологічні режими (лініатура, фарбоємність валика) відрізняються для банкнотного паперу та банкнот (рис. 1–3), оскільки на властивості та зносостійкість банкноти впливає процес друку (офсетний, інтагліо, високий друк). Якщо для презентаційних банкнот це лак катіонного типу

Комплексний показник зносостійкості альтернатив —
варіантів лакування

Вид зразків		Цикл зношування				Очікуване підвищення зносостійкості
Група лакування	Об'єкт оцінювання	1	2	3	4	
0	Банкнотний папір	0,47	0,51	0,52	0,54	1,00
1		0,69	0,79	0,82	0,84	1,55
2		0,64	0,67	0,67	0,67	1,25
3		0,69	0,71	0,73	0,74	1,37
4		0,99	0,87	0,84	0,84	1,55
0	Банкноти КВА Specimen 2010 cash cycle	0,37	0,40	0,43	0,45	1,00
1		0,59	0,59	0,62	0,62	1,37
2		0,74	0,66	0,67	0,67	1,47
3		0,98	0,99	0,99	0,99	2,19
4		0,90	0,83	0,82	0,81	1,79
0	Банкнотний папір і банкноти	0,42	0,45	0,48	0,50	1,00
1		0,64	0,69	0,72	0,73	1,47
2		0,69	0,66	0,67	0,67	1,35
3		0,83	0,85	0,86	0,87	1,74
4		0,95	0,85	0,83	0,82	1,66

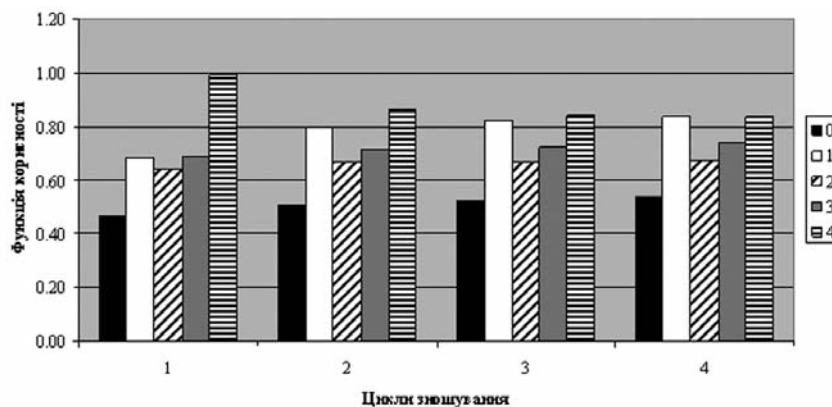
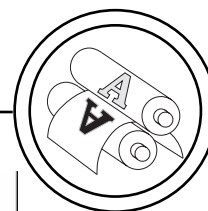


Рис. 1. Оцінка варіантів лакування банкнотного паперу на основі функції корисності на різних циклах зношування

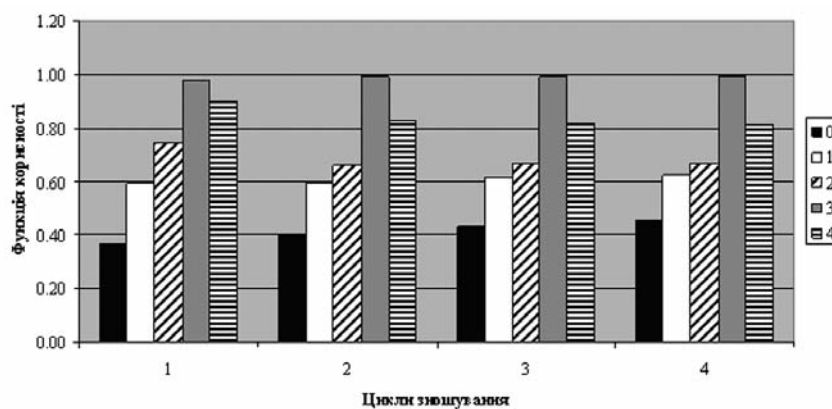


Рис. 2. Оцінка варіантів лакування презентаційних банкнот на основі функції корисності після різних циклів зношування

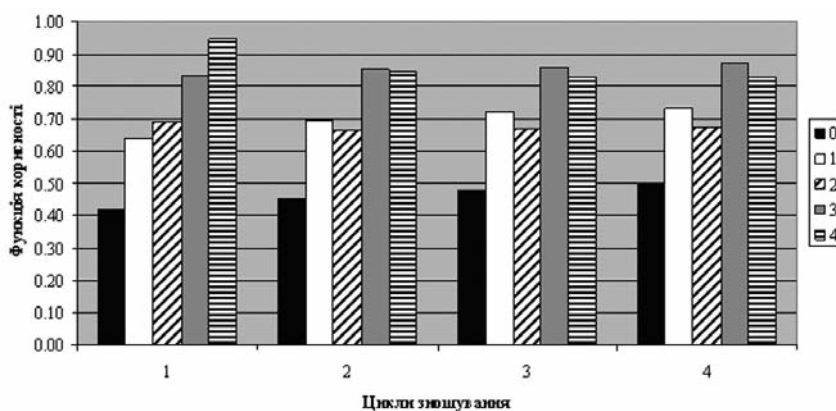
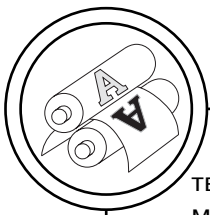


Рис. 3. Комплексна оцінка варіантів лакування банкнотного паперу та банкнот на основі функції корисності після різних циклів зношування



твердіння, нанесений за допомогою анілоксового валика з лініатурою 120 ліній/см, фарбоємністю $9 \text{ см}^3/\text{м}^2$, то для банкнотного паперу найкращими є лініатура 160 ліній/см, фарбоємність $7,5 \text{ см}^3/\text{м}^2$. 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

Формування комплексного показника зносостійкості з урахуванням максимально можливої кількості показників, встановлених на різних етапах зношуван-

ня, дозволяє здійснювати об'єктивний прогноз щодо очікуваного часу перебування банкнот в обігу.

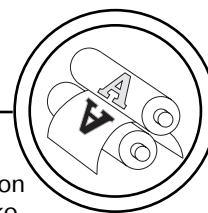
Визначення найбільш зносостійких варіантів виконання банкнот української гривні із захисним лакуванням провадилося із застосуванням системи визначення комплексного показника зносостійкості, а також очікуваного часу перебування банкнот в обігу на основі формування функції корисності. Це дозволило встановити, що зносостійкість банкнот, підданих захисному лакуванню, очікувано збільшиться в 1,74–2,19 рази. Відповідно зменшаться витрати на планову заміну банкнот через зношеність.

Список використаної літератури

1. Гавенко С. Ф. Оцінка якості поліграфічної продукції : навч. посіб. / С. Ф. Гавенко, О. В. Мельников. — Львів : Афіша, 2000. — 120 с.
2. Шевчук А. В. Підвищення зносостійкості банкнот за рахунок лакування / А. В. Шевчук, Т. Ю. Киричок, В. М. Нестеренко, З. О. Маслюк // Зб. наук. праць «Технологія і техніка друкарства». — К., 2013. — № 2(40). — С. 4–16.
3. 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.
4. Киричок Т. Ю. Алгоритм розв'язання багатокритеріальної задачі вибору показника зношування банкнот за допомогою функції корисності / Т. Ю. Киричок // Наукові вісті НТУУ «КПІ». — 2013. — № 1(87). — С. 68–75.
5. 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.

References

1. Havenko S. F. Otsinka yakosti polihrafichnoii produktsii : navch. posib. / S. F. Havenko, O. V. Melnikov. — L'viv : Afisha, 2000. — 120 s.
2. Shevchuk A. V. Pidvyshchennia znosostiikosti banknot za pakhunok lakuvannia / A. V. Sevchuk, T. lu. Kyrychok, V. M. Nesterenko, Z. O. Masliuk // Zb. nauk. prats «Technologiia i technika Drukarstva». — K., 2013. — № 2(40). — S. 4–16.
3. Kyrychok T. lu. Metodolohiia kompleksnoho otsinniuвання rivnia yakosti produktsii / T. lu. Kyrychok // Zb. nauk. prats «Technologiia i technika Drukarstva». — K., 2013. — № 1(39). — С. 4–16.
4. Kyrychok T. lu. Alhorytm rozviazannia bahatokryterialnoi zadachi vyboru pokaznyka znoshuvannia banknot za dopomohoiu funktsii korysnosti / T. lu. Kyrychok // Naukovi visti NTUU «KPI». — 2013. — № 1(87). — S. 68–75.



5. 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.

Статья посвящена проблеме определения износостойкости банкнотной продукции путем формирования комплексного показателя износоустойчивости с учетом большого количества показателей изношенности с помощью функции полезности. Исследована устойчивость банкнот к загрязнению и износу при использовании защитного лакирования. Определено, какие технологические параметры (вид лака, линиатура и краскостойкость анилоксового вала) обеспечивают наибольшее повышение износостойкости.

Ключевые слова: банкнота; износ; показатель изношенности; показатель износостойкости; износостойкость; обращение банкнот; функция полезности; защитное лакирование.

The problem of banknotes' durability determination by means of the complex durability index forming taking into account the large number of deterioration indices using a utility function. It was investigated the increasing of banknotes durability by means of vanishing. It was determined the technological characteristics (varnish type, literature and cell volume of anilox rolls) for increasing of banknotes durability.

Keywords: banknote; deterioration; deterioration index; durability index; durability; banknote circulation; artificial deterioration; utility function; protective varnishing.

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

Надійшла до редакції 14.05.15