

УДК 655.3.066.364

© Т. Ю. Киричок, д.т.н., професор, П. О. Киричок, д.т.н., професор, Ж. Т. Кажмуратов, здобувач, НТУУ «КПІ», Київ, Україна

### МЕТОДОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ АДГЕЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ФАРБОВОГО ШАРУ ІНТАГЛІОДРУКУ НА КОМБІНОВАНИХ ОСНОВАХ

Розроблено методику візуального оцінювання міцності адгезійної взаємодії у системі фарба інтагліодруку—основа. Методика ґрунтується на методах бального оцінювання та попарних порівнянь, включає експертне оцінювання різних вибірок за одним та двома змінними факторами та дозволяє оцінювати на кожному зразку одночасно лише ділянки захисної стрічки або лише ділянки паперу.

**Ключові слова:** міцність; адгезійна взаємодія; фарба інтагліодруку; штучне зношування; пластикова основа.

#### Постановка проблеми

Встановлено, що механічний вплив на банкноти в процесі обігу (згинання, зминання, скручування, тертя, розривання, продавлювання, злам тощо) різних чинників, серед яких варто виокремити сортувальне обладнання та, особливо, монети, спричиняє відшаровування фарбового шару інтагліодруку. Ще одним важливим фактором пошкодження фарбового шару є хімічний вплив внаслідок дії хімічних речовин, органічних та неорганічних, наслідком якого за умови недостатньої адгезії фарбового шару також може бути відокремлення шару фарби інтагліодруку з поверхні банкноти [1].

Адгезія фарби до поверхні залежить від в'язкості фарби, характеристик основи, зокрема її пористості та шорсткості, а також від тиску та температури в

друкарському контакті [1]. Особливо гостро проблема забезпечення високої адгезійної міцності фарбового покриття інтагліодруку стоїть у разі використання як основи банкнот паперу зі значними ділянками полімерних включень — захисних стрічок, прозорих віконць тощо — тобто комбінованих основ. Такі основи використовують для виготовлення банкнот казахстанського тенге [2]. При цьому для цих банкнот використовують також двобічний інтагліодрук, у тому числі й на ділянках полімерних включень (рис. 1).

#### Мета роботи

Метою цього дослідження було розроблення методології визначення адгезійної стійкості фарбових шарів інтагліодруку на основах банкнот, що є комбі-

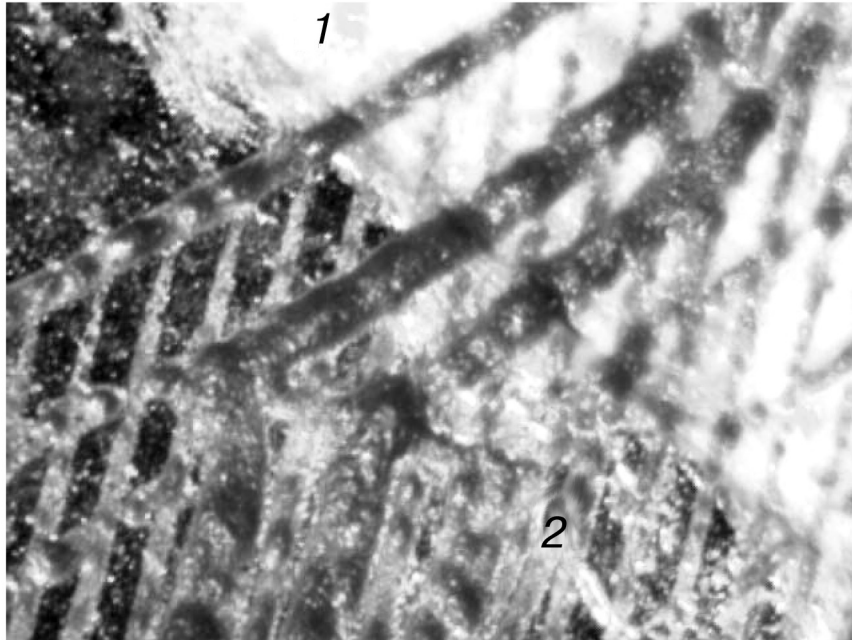
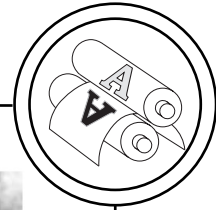


Рис. 1. Закріплення фарбового шару на комбінованій основі  
(1 — зона паперу, 2 — зона полімерної захисної стрічки)

нацією матеріалів з різною адгезійною здатністю.

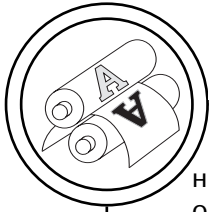
#### Результати проведених досліджень

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» [3].

Для дослідження адгезійної стійкості фарбових шарів інтагліодруку на комбінованих основах банкнот розроблено комплексну методологію випробовувань та оцінювання, котра включала:

1) випробовування фарбового шару дряпанням з викорис-

танням модифікованого встановлення додаткового індентора пристрою для визначення механічної стійкості поверхневих елементів [4]. Така модифікація дозволила здійснювати контроль адгезійної стійкості фарбового шару інтагліодруку одночасно на ділянці паперу та ділянці захисної пластикової стрічки за однакового тиску на індентор. Випробовування здійснювалося з різним зусиллям на нових банкнотах казахстанського теньге за температури 20° С, а також 50° С. Експертне візуальне оцінювання зразків, підданих дряпанню, проводилося під мікроскопом з фіксацією оцінок безпосередньо (залучено двох експертів). Проведено також фотофіксацію оцінюваних ділянок з подальшим незалеж-



ним експертним візуальним оцінюванням фотоматеріалів (залучено двох експертів, не задіяних у оцінюванні під мікроскопом). Згадані два експерти не були поінформовані про оцінки зразків у іншому дослідженні. На першому етапі проведено дослідження за температури 20° С, на другому — за температури 50° С. Загальна кількість експертів — 4 особи ;

2) дослідження стійкості фарбового шару інтагліодруку із застосуванням імітації зношування в імітаторі зношування з використанням методу сухого зношування протягом 120 хв. відповідно до методики [5]. Загальна кількість експертів — 2 особи;

3) адгезійний тест [1, 6, 7] за стандартної (20° С) та підвищеної (50° С) температури. Загальна кількість експертів — 2 особи;

4) пральний тест [1, 6, 7]. Загальна кількість експертів — 2 особи;

5) тест на хімічну стійкість [1, 6, 7]. Загальна кількість експертів — 2 особи;

6) тест на змінання [1, 6, 7]. Загальна кількість експертів — 2 особи.

Для оцінювання у всіх випадках застосовано методику візуального оцінювання зразків, котра ґрунтується на методах бального оцінювання та попарних порівнянь і включає експертне оцінювання різних вибірок за одним та двома змінними факторами [8], котру було доповнено використанням для оцінювання шаблонів, що дозволяли оцінювати на кожному зразку одночасно лише ділянки захисної

стрічки або лише ділянки паперу.

Технологічні особливості досліджуваних експериментальних зразків:

1. Тип основи: 3 види експериментального банкнотного паперу (бавовна 100 %) із захисною стрічкою пірнаючого типу, зануреною в масу паперу, двохшаровий, безформальдегідне проклеювання, із протизабруднювальною обробкою, водяний знак тривимірний багатотоновий, електротип із зображенням номіналу (табл. 1). Умови тестування — відносна вологість 50 %  $\pm$  2 %, температура 23° С  $\pm$  1° С;

2. Технологічні особливості друку: офсетний і двосторонній інтагліодрук. Офсетний друк здійснено на машині Super-Simultan 312, інтагліодрук — на машині Super-Orlof-Intaglio;

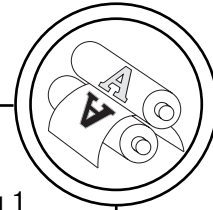
3. Технологічні особливості фарби інтагліодруку — 3 види фарби різного композиційного складу — для друку на паперовій основі (№ 1), для друку на пластиковій основі (№ 2), комбіноване нанесення (№ 3 — фарба № 1 у зоні паперу, фарба № 2 у зоні стрічки — орловський друк).

Оцінювання здійснювали два незалежних експерта.

Зразки було розподілено на вибірки, кожна з яких оцінювалася окремо кожним з експертів (табл. 2).

Оцінювання здійснювалося за таким алгоритмом:

1. Відбір зі зношених банкнот 5 банкнот — еталонів відповідно до якості (5 клас — найвища якість, 1 клас — найнижча). Еталони формуються тільки із банкнот досліджуваної вибірки.



Таблиця 1

Характеристики паперу, що використовувався в дослідженнях зносостійкості фарбового шару інтагліодруку

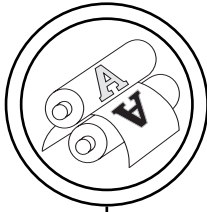
Показники якості		Види паперу		
		П1 (2000)	П2 (5000)	П3 (10000)
Товщина мкм		112±5,0 %	116±5,0 %	126±7,5 %
Маса, г/м <sup>2</sup>		90±5 %	90±5,0 %	100±5,0 %
Захисна стрічка	Тип	Віконний	Віконний	Занурений
	Ширина, мм	4	6	0,75
Тиснення фольгою шириною, мм		14	14	18
Поверхнева вбирність води, г/м <sup>2</sup> (Кобб <sub>60</sub> )		32,0±2,0	32,0±2,0	32,0±2,0
рН водяної витяжки		5,0–7,0	5,0–7,0	5,0–7,0
Шорсткість тах, мл/хв.		900	900	900
Пористість за Бендстеном тах, мл/хв.		25	25	25
Непрозорість, %		≥88	≥85	≥84
Розривна довжина, м		6000		
Абсолютний опір роздиранню, мН		Маш. ≥ 680 Попер. ≥ 790	Маш. = 690; Попер. = 810	Маш. = 840; Попер. = 980
Подвійні згини, тін, шт.		3500	3600	3500
Вологоміцність, %		≥ 35	≥ 35	50,4
Зольність, %		≤ 5	≤ 5	≤ 5
Водяний знак		Тривимірний багатотонний	Тривимірний багатотонний	Тривимірний багатотонний

Оцінка 5 — 5 клас якості, оцінка 1 — 1 клас якості.

2. Розподіл зношених банок вибірки на класи якості шляхом порівняння з еталонами.

3. Фіксація оцінок  $a_{ij}^{lms}$  зразків в матрицях оцінювання  $A^{lmst} \equiv [a_{ij}^{lmst}]$ ,  $i = \overline{1, k}$ ,  $j = \overline{1, p}$ ,  $l = \overline{1, r}$ ,  $m = \overline{1, q}$ ,  $s = \overline{1, u}$ ,  $t = \overline{1, v}$ , де  $i$  — порядковий номер основи,

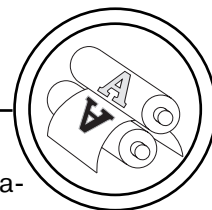
$i = \overline{1, 3}$  (1 - П1, 2 - П2, 3 - П3),  
 $j$  — порядковий номер фарби,  
 $j = \overline{1, 3}$ ,  $l$  — номер зразка певної групи (за папером і фарбою) в групі,  $l = \overline{1, 20 \dots 30}$ ,  $m$  — порядковий номер експерта (експертної групи),  $s$  — порядковий номер теста,  $s = \overline{1, 24}$ ,  $t$  — порядковий номер зони дослідження (папір чи пластик),  $t = \overline{1, 2}$ .



Таблиця 2

Вибірки для комплексної візуальної оцінки

Порядковий номер теста $s, s=1,24$	Вид тестів	№ інтагліо фарби $j, j=1,3$	Вид основи $i, i=1,3$		
			П 1 (t – порядковий номер зони дослідження (папір чи полімер), $t=1,2$ )	П 2 (t – порядковий номер зони дослідження (папір чи полімер), $t=1,2$ )	П 3 (t – порядковий номер зони дослідження (папір чи полімер), $t=1,2$ )
1	Дряпання, 20°	№ 1	20	30	30
2	Дряпання, 50°		20	30	30
3	Дряпання, 20°	№ 2	20	30	30
4	Дряпання, 50°		20	30	30
5	Дряпання, 20°	№ 3	20	30	30
6	Дряпання, 50°		20	30	30
7	Штучне зношування	№ 1	30	30	30
8	Штучне зношування	№ 2	30	30	30
9	Штучне зношування	№ 3	30	30	30
10	Адгезійний тест, 20°	№ 1	20	20	20
11	Адгезійний тест, 50°		20	20	20
12	Адгезійний тест, 20°	№ 2	20	20	20
13	Адгезійний тест, 50°		20	20	20
14	Адгезійний тест, 20°	№ 3	20	20	20
15	Адгезійний тест, 50°		20	20	20
16	Пральний тест	№ 1	30	30	30
17	Пральний тест	№ 2	30	30	30
18	Пральний тест	№ 3	30	30	30
19	Тест на хімічну стійкість	№ 1	30	30	30
20	Тест на хімічну стійкість	№ 2	30	30	30
21	Тест на хімічну стійкість	№ 2	30	30	30
22	Тест на зминання	№ 1	20	20	20
23	Тест на зминання	№ 2	20	20	20
24	Тест на зминання	№ 2	20	20	20



4. Отримання комплексної оцінки груп зразків за всіма вибірками, експертами та зонами дослідження:

$$\bar{A} \equiv \left[ \bar{a}_{ij}^{lmst} \right], i = \bar{1}, \bar{k}, j = \bar{1}, \bar{p},$$

$$l = \bar{1}, \bar{r}, m = \bar{1}, \bar{q}, s = \bar{1}, \bar{u}, t = \bar{1}, \bar{v},$$

$$\text{де } \bar{a}_{ij} = \frac{1}{lmst} \sum_l \sum_m \sum_s \sum_t a_{ij}^{lmst}.$$

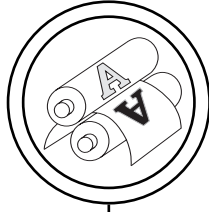
Результати візуального оцінювання зразків у всіх тестах наведено у табл. 3–8. Комплексна оцінка зразків, сформована як комплексний показник зносостійкості з використанням адитивної згортки показників, наведена в табл. 9.

З наведених даних видно, що фарба № 1 на усіх трьох видах основи забезпечує високу стійкість до усіх чинників зношування на ділянці паперу, однак на ділянці захисної стрічки адгезія, і, відповідно, зносостійкість цієї фарби значно гірша (оцінка становить 1,75–2,00 у тестах штучного зношування, 2,14–2,60 в адгезійних тестах і 2,35–2,58 у середньому за усіма тестами). Однак, і суцільне застосування фарби № 2, призначеної для друку на пластикових основах, не забезпечує високої зносостійкості банкотної продукції, оскільки адгезія цієї фар-

би, закономірно висока на захисній стрічці, є зниженою на ділянці паперу (оцінка становить 3,48–3,80 у тестах штучного зношування, 3,37–3,80 в адгезійних тестах і 3,83–4,03 у середньому за усіма тестами). Враховуючи, що відносна площа задруковування паперової частини є значно більшою, ніж площа задруковування захисної стрічки, суцільне застосування фарби, призначеної для друку на пластикових основах, є недоцільним не лише через її набагато вищу вартість, але й недостатню зносостійкість на папері.

Натомість, високу адгезійну міцність з'єднання фарба інтаглідруку—комбінована основа забезпечує комбіноване нанесення — фарба № 1 для друку на паперовій основі у зоні паперу, фарба № 2, призначена для друку на пластикових основах, у зоні стрічки (оцінка становить 4,48–4,88 у тестах штучного зношування, 4,45–4,88 в адгезійних тестах і 4,51–4,88 у середньому за усіма тестами).

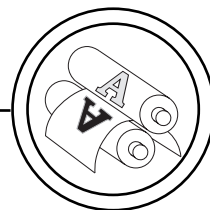
Такі оцінки є наближеними до оцінок зносостійкості фарби № 1 на паперовій частині зразків (4,60–4,79 у середньому за усіма тестами) та фарби № 2 на ділянках захисної стрічки (4,65–4,87 у середньому за усіма тестами).



Таблиця 3

Тест дряпанням

Зона контролю	Вибірки	Вибірка № 1 (всі види паперу)			Вибірка № 2 (всі види фарб)			Вибірка № 3 (всі зразки)			Всі вибірки разом			Вибірка № 1 + + № 2 (всі види паперу + + всі види фарб)		
		Папір	П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2
1 (папір)	1	4,70	4,73	4,75	4,74	4,69	4,74	4,70	4,63	4,65	4,73	4,66	4,59	4,80	4,69	4,66
	2	3,00	3,86	4,18	4,25	3,95	4,20	4,09	3,96	4,20	4,25	3,98	4,13	4,25	4,00	4,14
	3	4,70	4,68	4,83	4,58	4,68	4,68	4,73	4,71	4,83	4,45	4,63	4,68	4,58	4,73	4,73
2 (стрічка)	1	2,05	2,23	2,30	2,48	2,23	2,40	2,25	2,31	2,38	2,38	2,28	2,13	2,45	2,21	2,38
	2	4,80	4,63	4,85	4,80	4,65	4,80	4,80	4,64	4,83	4,83	4,69	4,81	4,86	4,75	4,84
	3	4,75	4,68	4,65	4,79	4,70	4,88	4,78	4,72	4,85	4,73	4,56	4,83	4,74	4,75	4,83

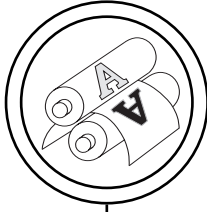


Таблиця 4

Штучне зношування

Зона контролю	Вибірки	Вибірка № 1 (всі види паперу)			Вибірка № 2 (всі види фарб)			Вибірка № 3 (всі зразки)			Всі вибірки разом			Вибірка № 1 + № 2 (всі види паперу + всі види фарб)		
		П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2	П3
1 (папір)	Папір															
	1	4,72	4,69	4,79	4,70	4,63	4,65	4,68	4,66	4,60	4,73	4,63	4,55	4,75	4,70	4,62
	2	3,48	3,30	3,55	3,58	3,58	3,38	3,40	3,53	3,60	3,68	3,58	3,60	3,53	3,53	3,45
2 (стрічка)	3	4,70	4,70	4,83	4,55	4,68	4,68	4,73	4,70	4,83	4,48	4,63	4,70	4,48	4,68	4,70
	1	1,88	1,93	1,98	1,88	2,00	1,75	1,78	1,95	1,78	1,75	1,93	1,78	1,93	1,85	1,80
	2	4,80	4,63	4,83	4,80	4,65	4,80	4,80	4,55	4,83	4,83	4,69	4,81	4,84	4,70	4,83
	3	4,75	4,68	4,85	4,68	4,70	4,88	4,75	4,71	4,85	4,68	4,68	4,83	4,74	4,65	4,83

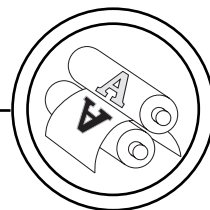




Таблиця 5

Адгезійний тест

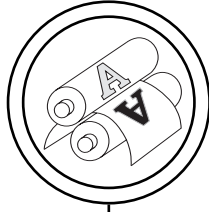
Зона контролю	Вибірки	Вибірка № 1 (всі види паперу)			Вибірка № 2 (всі види фарб)			Вибірка № 3 (всі зразки)			Всі вибірки разом			Вибірка № 1 + № 2 (всі види паперу + всі види фарб)			
		Папір	П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2	П3
1 (папір)	1		4,73	4,73	4,79	4,75	4,64	4,71	4,70	4,66	4,63	4,73	4,66	4,55	4,78	4,70	4,67
	2		3,58	3,37	3,59	3,69	3,58	3,73	3,60	3,66	3,70	3,80	3,48	3,70	3,70	3,50	3,65
	3		4,70	4,68	4,83	4,58	4,68	4,68	4,73	4,71	4,83	4,45	4,63	4,70	4,58	4,73	4,73
2 (стрічка)	1		2,14	2,20	2,44	2,55	2,26	2,41	2,29	2,45	2,36	2,60	2,28	2,43	2,45	2,44	2,18
	2		4,80	4,63	4,85	4,80	4,65	4,80	4,80	4,64	4,83	4,83	4,69	4,81	4,86	4,75	4,84
	3		4,75	4,68	4,70	4,79	4,70	4,88	4,78	4,72	4,85	4,74	4,56	4,83	4,74	4,75	4,83



Таблиця 6

Пральний тест

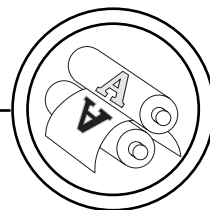
Зона контролю	Вибірki	Вибірka № 1 (всі види паперу)			Вибірka № 2 (всі види фарб)			Вибірka № 3 (всі зразки)			Всі вибірки разом			Вибірka № 1 + + № 2 (всі види паперу + + всі види фарб)		
		Папір	П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2
1 (папір)	1	4,72	4,69	4,79	4,70	4,63	4,65	4,68	4,66	4,60	4,73	4,63	4,55	4,75	4,70	4,62
	2	4,20	4,20	4,30	4,25	3,95	4,33	4,10	4,17	4,23	4,25	4,13	4,28	4,25	4,05	4,23
	3	4,70	4,70	4,83	4,55	4,68	4,68	4,73	4,70	4,83	4,48	4,63	4,70	4,48	4,68	4,70
2 (стрічка)	1	3,23	2,85	3,00	2,73	2,78	3,05	3,22	2,85	2,88	2,45	2,28	2,60	2,45	2,28	3,58
	2	4,80	4,63	4,83	4,80	4,65	4,80	4,80	4,55	4,83	4,83	4,69	4,83	4,84	4,73	4,88
	3	4,75	4,70	4,83	4,68	4,70	4,88	4,75	4,71	4,85	4,75	4,68	4,83	4,73	4,65	4,83



Таблиця 7

Тест на хімічну стійкість

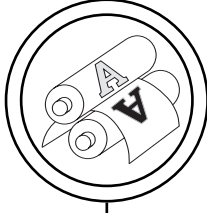
Зона контролю	Вибірки	Вибірка № 1 (всі види паперу)			Вибірка № 2 (всі види фарб)			Вибірка № 3 (всі зразки)			Всі вибірки разом			Вибірка № 1 + № 2 (всі види паперу + всі види фарб)		
		Папір	П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2
1 (папір)	1	4,88	4,83	4,80	4,85	4,80	4,78	4,70	4,80	5,00	4,88	4,83	4,83	4,93	4,88	5,00
	2	4,33	4,20	4,30	4,40	4,03	4,33	4,10	4,13	4,23	4,25	4,15	4,28	4,35	4,20	4,23
	3	4,70	4,70	4,83	4,55	4,68	4,68	4,73	4,70	4,83	4,48	4,63	4,70	4,48	4,68	4,70
2 (стрічка)	1	3,20	3,20	3,30	3,25	2,98	3,33	3,10	3,17	3,23	3,25	3,13	3,28	3,25	3,05	3,23
	2	4,95	4,83	4,80	4,85	4,80	4,78	4,88	4,95	5,00	4,88	4,83	5,00	4,93	4,88	5,00
	3	4,75	4,88	4,83	4,93	4,88	4,88	4,75	4,71	4,85	4,90	4,85	4,88	4,90	4,85	4,83



Таблиця 8

Тест на змінання

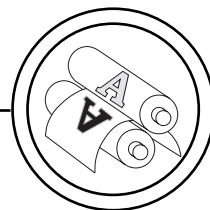
Зона контролю	Вибірки	Вибірка № 1 (всі види паперу)			Вибірка № 2 (всі види фарб)			Вибірка № 3 (всі зразки)			Всі вибірки разом			Вибірка № 1 + № 2 (всі види паперу + всі види фарб)		
		Папір	П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2
1 (папір)	1	4,72	4,69	4,79	4,70	4,63	4,65	4,68	4,66	4,60	4,73	4,63	4,55	4,75	4,70	4,62
	2	3,80	3,90	4,10	3,90	4,10	3,88	4,00	4,13	3,95	3,95	4,10	4,05	3,65	4,03	4,03
	3	4,70	4,70	4,83	4,55	4,68	4,68	4,73	4,70	4,83	4,48	4,63	4,70	4,48	4,68	4,70
2 (стрічка)	1	2,25	2,35	2,48	2,48	1,98	2,55	2,23	2,38	2,42	2,20	2,28	2,10	2,45	2,28	2,30
	2	4,80	4,63	4,83	4,80	4,65	4,80	4,80	4,55	4,83	4,83	4,69	4,81	4,84	4,70	4,83
	3	4,80	4,68	4,85	4,68	4,70	4,88	4,75	4,71	4,80	4,68	4,68	4,83	4,75	4,65	4,83



Таблиця 9

Зведені результати усіх тестів

Зона контролю	Вибірки	Вибірка № 1 (всі види паперу)			Вибірка № 2 (всі види фарб)			Вибірка № 3 (всі зразки)			Всі вибірки разом			Вибірка № 1 + № 2 (всі види паперу + всі види фарб)		
		П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2	П3	П1	П2	П3
1 (папір)	Папір															
	1	4,74	4,72	4,78	4,74	4,67	4,70	4,69	4,68	4,68	4,75	4,67	4,60	4,79	4,73	4,69
	2	3,73	3,80	4,00	4,01	3,86	3,97	3,88	3,93	3,98	4,03	3,90	4,00	3,95	3,88	3,95
2 (стрічка)	3	4,70	4,69	4,83	4,56	4,68	4,68	4,73	4,70	4,83	4,47	4,63	4,70	4,51	4,69	4,71
	1	2,46	2,46	2,58	2,56	2,37	2,58	2,48	2,52	2,50	2,44	2,36	2,38	2,50	2,35	2,58
	2	4,83	4,66	4,83	4,81	4,68	4,80	4,81	4,65	4,85	4,83	4,71	4,84	4,86	4,75	4,87
	3	4,76	4,71	4,78	4,75	4,73	4,88	4,76	4,71	4,84	4,74	4,67	4,83	4,76	4,72	4,83



### Висновки

1. Було розвинуто методику оцінювання міцності адгезійної взаємодії у системі фарба інтагліодруку—основа з використанням низки стандартних та розроблених тестів. Такий підхід дозволив сформувавши оцінку стійкості фарбового шару інтагліодруку на комбінованих основах до чинників штучного зношування.

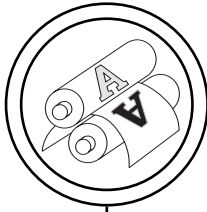
2. Суцільне застосування фарби, призначеної для друку на пластикових основах, не забезпечує високої зносостійкості

банкотної продукції, оскільки адгезія цієї фарби, висока на захисній стрічці, є зниженою на ділянці паперу.

3. Високу адгезійну міцність з'єднання фарба інтагліодруку—комбінована основа забезпечує комбіноване нанесення — фарба для друку на паперовій основі у зоні паперу, фарби, призначеної для друку на пластикових основах, у зоні стрічки. Способом такого вибіркового нанесення є використання орловського друку.

### Список використаної літератури

1. Киричок Т. Ю. Зносостійкість банкотної продукції : монографія / Т. Ю. Киричок. — К. : НТУУ «КПІ», 2014. — 308 с.
2. Кажмуратов Ж. Т. Система защиты банкнот казахстанского тенге / Ж. Т. Кажмуратов // Матеріали XIX Міжнар. наук.-практ. конф. з проблем видавничо-поліграфіч. галузі (Київ, 22 листопада 2014 р.). — К. : «УкрНДІІСВД», 2014.
3. Басин В. Е. Адгезионная прочность / В. Е. Басин. — М. : Химия, 1981. — 208 с.
4. Пат. UA 70071 Україна, МПК G07D 7/12, G07D 7/20. Пристрій для контролю механічної стійкості поверхневих елементів / Киричок Т. Ю., Шевчук А. В., Талімонова Н. Л. — № u201113516; Заявл. 16.11.2011; Опубл. 25.05.2012; Бюл. № 10. — 5 с.
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.
6. 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.
7. Pat. 006833395 Canada, МПК C09D 11/10; C08L 67/08; C08K 5/16; C08K 5/17. Intaglio printing inks having improved dispersibility and chemical resistance / Rygas, Ted P.; Canadian Bank Note Company, Limited. — заявл. 5.10.2001; опубл. 21.12.2004.
8. 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.



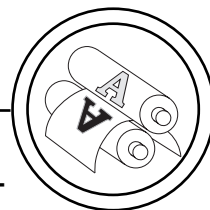
### References

1. Kyrychok T. Iu. Znosostiikist banknotnoi produktsii : monohrafiia / T. Iu. Kyrychok. — K. : NTUU «KPI», 2014. — 308 s.
2. Kazhmuratov Zh. T. Sistema zashhity banknot kazhstanskogo ten'ge / Zh. T. Kazhmuratov // Materialy XIX Mizhnar. nauk.-prakt. konf. z problem vydavnycho-polihrafich. haluzi (Kyiv, 22 lystopada 2014 r.). — K. : «UkrNDIISVD», 2014.
3. Basin V. E. Adgezionnaja prochnost' / V. E. Basin. — M. : Himija, 1981. — 208 s.
4. Pat. UA 70071 Ukraina, МПК G07D 7/12, G07D 7/20. Prystrii dlia kontroliu mekhanichnoi stiikosti poverkhnevyykh elementiv / Kyrychok T. Iu., Shevchuk A. V., Talimonova N. L. — № u201113516; Zaiavl. 16.11.2011; Opubl. 25.05.2012; Biul. № 10. — 5 s.
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.
6. 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.
7. Pat. 006833395 Canada, МПК C09D 11/10; C08L 67/08; C08K 5/16; C08K 5/17. Intaglio printing inks having improved dispersibility and chemical resistance / Rygas, Ted P.; Canadian Bank Note Company, Limited. — zaiavl. 5.10.2001; opubl. 21.12.2004.
8. Kyrychok T. Iu. Metodolohiia vizualnoho 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.

**Разработана методика визуальной оценки прочности адгезионного взаимодействия в системе краска металлографской печати—основа. Методика основывается на методах бального оценивания и парных сравнений, включая экспертное оценивание различных выборок с одним и двумя сменными факторами и позволяет оценивать на каждом образце одновременно только участки защитной ленты или только участки бумаги.**

**Ключевые слова: прочность; адгезионное взаимодействие; краска интаглиопечати; искусственный износ; пластиковая основа.**

**The method for visual estimation of adhesive interaction strength between intaglio printing ink and substrate was worked out. This method is based on rating and paired comparison,**



**includes expert evaluation of sets with one or two variable factors and allows to estimate each sample simultaneously on either security strip only or paper area only.**

**Keywords: strength; adhesive interaction; intaglio printing ink; artificial wear; plastic base.**

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

Надійшла до редакції 25.01.16