

УДК 655.3.022.11

DOI: 10.20535/2077-7264.3(77).2022.275272

© Т. Ю. Киричок, д-р техн. наук, проф., О. В. Назаренко, асп., О. І. Бараускене, канд. техн. наук, доц., Т. А. Долошко, магістранка, Е. В. Матусяк, канд. техн. наук, доц., КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПЕРСОНІФІКОВАНОЇ ЗАХИЩЕНОЇ ВІД ПІДРОБЛЕННЯ ПЛАСТИКОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Проведено експериментальні дослідження впливу хімічних речовин на здатність картки опору деградації в результаті взаємодії з хімічними речовинами; стабільність розмірів і вигин картки під дією температури та вологи; злипання; вигин картки; жорсткість при згинанні; динамічна напруга при згинанні; динамічне скручування; непрозорість; стійкість до розшаровування.

**Ключові слова:** пластикова картка; інлей; плівка; вигин картки; жорсткість при згинанні; непрозорість; міцність на відрив.

### Постановка проблеми

Сьогодні, пластикові картки є популярними у повсякденному використанні, це пов'язане з виникненням сучасних технологій, матеріалів, які дозволяють виготовити як рекламний (дисконтні картки, накопичувальні картки для покупок в магазинах), так і персоналізований продукт (паспорт громадянина України, посвідчення для тимчасового і постійного проживання, банківські картки, посвідчення водія, студентські квитки тощо).

Таке широке застосування обігу пластикових карток вимагає досліджень нових матеріалів, технологій, обладнання, встановлення відповідних параметрів при виготовленні, що в подальшому за-

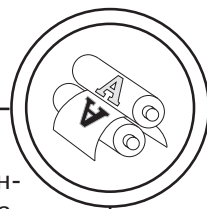
безпечить належну якість готової продукції та її високі експлуатаційні властивості [1–3].

Тому проведення досліджень нових матеріалів і технологій для виготовлення пластикових карток, а також удосконалення вже існуючих є актуальною темою.

### Аналіз попередніх досліджень

Розроблено класифікацію пластикових карток за класами та підкласами, які включають в себе технології виготовлення, способи зберігання, захисту інформації і персоналізацію, матеріали і сфери застосування [4].

Удосконалення технологічних процесів друку на ПВХ-пластику є надзвичайно важливим для за-



безпечення якості пластикових карток. В роботі [5] акцентується увага на дотриманні в процесі друкування допустимої товщини фарбового шару на задрукованій поверхні.

Досліджувався взаємозв'язок режимів гарячого тиснення фольгою на ПВХ-матеріалах, якості продукції та стійкості її до механічного впливу при подальшому використанні [6]. У статті [7] унаочнено експериментальні дослідження технології тиснення фольгою на пластику з використанням металевих кліше.

Розгляд проблеми експлуатації пластикових карток потребував встановлення факторів впливу на експлуатаційні показники, основним з яких є вибір матеріалів, технологічних режимів та обладнання, що впливають на весь технологічний процес та терміни подальшої експлуатації продукції [1].

У попередніх дослідженнях нами розглянуто фактори зношування пластикових карток для забезпечення зносостійкості, запропоновано удосконалювати процеси штучного зношування [8].

На основі проведеного аналізу виявлено, що проблемі дослідження якості виготовлення пластикових карток приділяють увагу багато науковців, але бракує комплексних методик дослідження зносостійкості, котрі б застосовувалися під час впровадження нових матеріалів і технологій виготовлення карток та враховували б умови використання продукції під час її життєвого циклу.

### Мета роботи

Розроблення методики комплексного дослідження експлуатаційних властивостей пластикових

карток формату ID-1 з урахуванням умов обігу (на прикладі розробки картки — паспорту вакцинації для України).

### Результати проведених досліджень

В Україні та більшості країн світу найбільш захищеним видом пластикових карток є паспорт громадянина. Але існують також й інші види персоніфікованої захищеної продукції у виді пластикової картки: банківська картка, рекламні картки, посвідчення особистості різного типу, водійські права, пенсійні посвідчення тощо. Всі ці вироби об'єднує використання різноманітних захисних елементів: нанесення штрих-коду або магнітної смуги, технологія карбування (ембосування), впровадження чипів з різними видами інформації, застосування елементів захисту у виді голограм або захисної сітки та гільйошу тощо.

Узагальнений життєвий цикл смарт-картки розглянуто у роботі [9]. Така пластикова картка як паспорт вакцинації має особливості як життєвого циклу, так і процесу виробництва, оскільки персоналізаційні дані надаються виробникові медичними закладами, в яких відбувається сам процес вакцинації. Тіло пластикової картки містить безконтактний чип, який має високий ступінь захисту записаної інформації, що потребує спеціального обладнання для кодування. Інформація про пацієнта та всі вакцинації має міститись в одній спільній базі даних, що спростить перевірку інформації, наданої власником картки. Уточнений життєвий цикл паспорта вакцинації наведено на рис. 1.

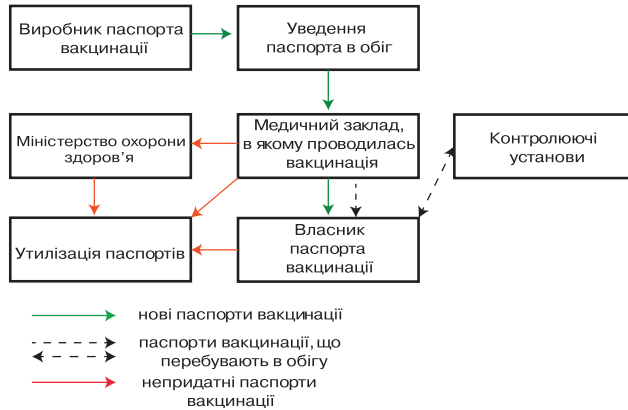


Рис. 1. Життєвий цикл паспорта вакцинації

Близько 50 країн світу ввели в дію паспорт вакцинації, тому нами поставлено задачу запропонувати для України такий паспорт (рис. 2) з захисними елементами.

Як захисні елементи було запропоновано:

— гільйошні елементи та захисна сітка;

— в якості друку запропоновано офсетний спосіб друку фарбами із захисними властивостями та друк фарбами, що відповідають кольорам за каталогом Pantone;

— захисний елемент у виді «Келих Гігеї» — наноситься трафаретним способом друку із застосуванням оптично змінних фарб (ОВІ-фарб) [10];

— QR-код, світлина і номер документу наноситься методом ретрансферного термодруку [11].

Для виробництва паспорта вакцинації використано такі матеріали:

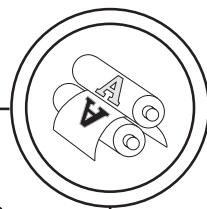
— інлей (аркуш пластика з вбудованим чипом та антеною [12]) з чипом Infineon, серія 78 формат 600×420 мм, товщина 350 мкм;



Рис. 2. Запропоновано макет паспорта вакцинації з захисними елементами, де 1 (лице), 5 (зворот) — захисний елемент у виді «Келих Гігеї»;

2 — світлина власника паспорта; 3 — на фоні паспорта знаходяться елементи захисної сітки та гільйош; 4 — місце для безконтактного чипу марки Infineon; 6 — QR-код, який містить інформацію про вакцинацію;

7 — номер документу в базі реєстру



— прозора плівка товщиною 100 мкм, ширина рулону 130 мм;  
— полікарбонат білий товщиною 100 мкм, формат аркуша 600×420 мм.

Виходячи з аналізу життєвого циклу і умов обігу карток-паспортів вакцинації, розроблено комплексну програму дослідження їх експлуатаційних властивостей, на відміну від застосування в існуючій практиці окремих досліджень, які унормовані ДСТУ і ISO [13–16]. Ця програма повною мірою імітує всі впливи, яких зазнає картка подібного типу під час експлуатації, і включає: дослідження на вигин, вимірювання лінійних розмірів, дослідження стійкості до відшаровування, стійкість до хімічних речовин, вплив температури та вологи на якісні показники карток.

*Експериментальні дослідження на вигин картки*

Обладнанням слугував проектор вимірювальний, на який було покладено зразок картки, три кути картки повинні спиратися на жорстку пластину. Потім відбувається зчитування ступеню вигину на лицьовій поверхні картки в точці максимального зміщення (рис. 3).

У табл. 1 представлено результати проведеного експерименту на вигин картки.

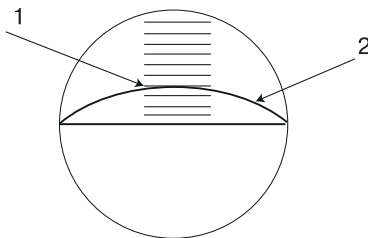


Рис. 3. Проекційне зображення картки у проекторі для вимірювання вигину картки, де 1 — вертикальна шкала контролю, 2 — профіль картки

*Експериментальні дослідження вимірювання розмірів карток*

Обладнанням для вимірювання товщини слугував мікрометр, за допомогою якого з силою стискання від 3,5 Н до 5,9 Н виміри товщини пластикової картки проводились в чотирьох квадрантах, де немає опуклих зон.

Для вимірювання ширини й довжини картки експериментальний зразок покладено на горизонтальну жорстку пластину і притиснуто навантаженням  $2,2 \text{ Н} \pm 0,2 \text{ Н}$ .

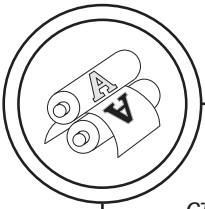
На рис. 4–6 представлено результати експериментальних досліджень вимірів карток, де нижня і верхня границя регламентується [14].

Як видно з рис. 4–6 отримані результати експериментальних досліджень товщини, ширини і довжини знаходяться в межах нормативних значень.

Таблиця 1

Результати експериментального дослідження на вигин картки

Параметр вимірювання	Документ, що регламентує експериментальні дослідження	Нормативне значення параметру відповідно до стандарту	Отримане значення параметру
Загальний вигин	ISO 7810:2019	Не більше 1,5 мм	0,8...1,2



*Експериментальні дослідження стійкості картки до відшаровування*

Для проведення досліджень здійснено розрізування картки та надрізано шари для створення розрізів шириною  $10,0 \text{ мм} \pm 0,2 \text{ мм}$  (рис. 7).

Далі за допомогою гострого ножа зрізано верхній шар покривного матеріалу зворотної поверхні картки і відвернено розрізану частину від основи за допомогою клейкої стрічки. Після чого в пристрої для розтягування отрима-

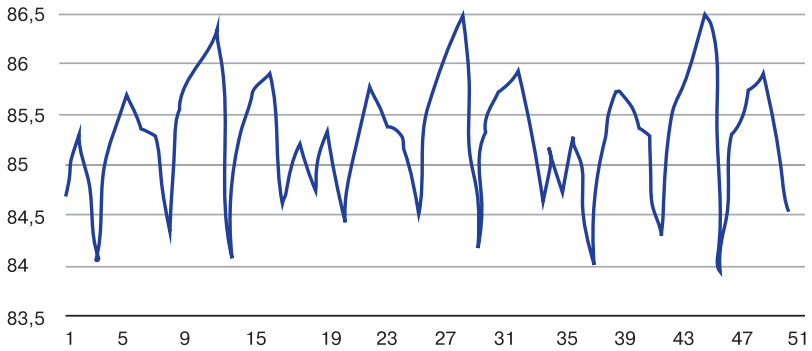


Рис. 4. Результати дослідження вимірювання ширини картки

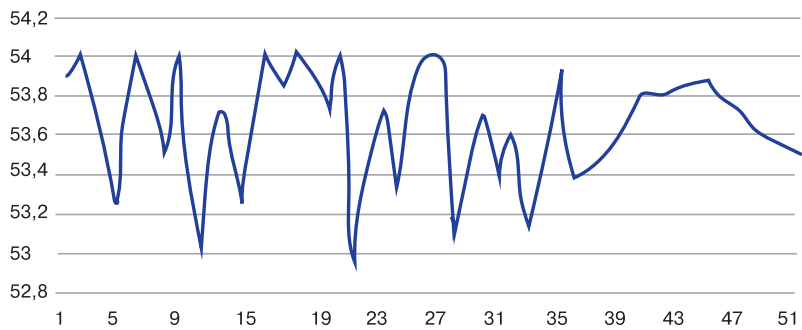


Рис. 5. Результати дослідження вимірювання висоти картки

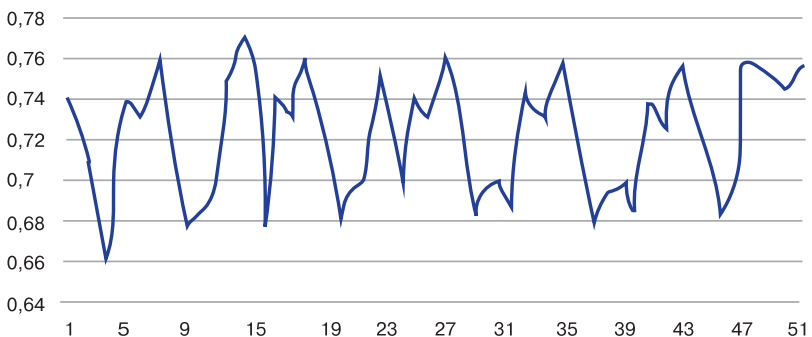


Рис. 6. Результати дослідження вимірювання товщини картки

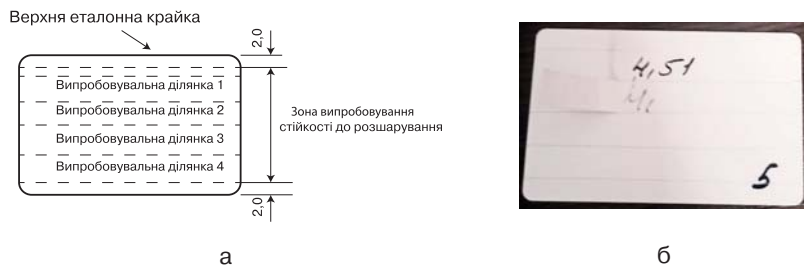
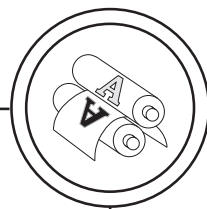


Рис. 7. Експериментальний зразок для дослідження сили відшаровування: а — до дослідження, б — після дослідження

но результати експериментальних вимірювань, які зображено на діаграмі (рис. 8).

Результати проведених досліджень регламентуються [14], на рис. 8 представлено діаграму, яку отримано при розтягуванні, а на рис. 9 — результати досліджень стійкості до відшаровування.

Отримані результати (рис. 8, 9) відповідають нормативним значенням, які є більшими 3,5 Н/см для лицьової і зворотної сторін.

*Експериментальні дослідження дії хімічних речовин на забруднення*

Проведено дослідження на короткотривале зберігання (табл. 2),

де картки опускали на 1 хв у розчини температурою від 20–25° С [14].

Проведено дослідження на довготривале забруднення (табл. 3) в змонтованій камері відповідно до [15]. Кожний зразок занурювали на 24 год.

Відповідно до [12, 13] при дослідженні на короткочасне та довготривале зберігання (ширина повинна знаходитися в межах 85,47÷85,72 мм, висота — 53,92÷54,03 мм, товщина — 0,68÷0,84 мм. Представлені в табл. 2 і 3 результати досліджень відповідають стандарту.

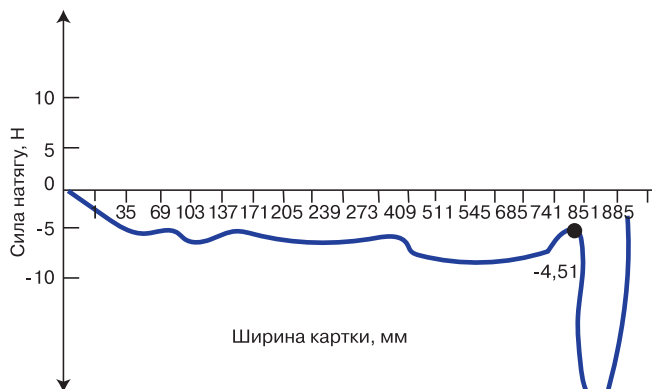


Рис. 8. Діаграма стійкості до відшаровування

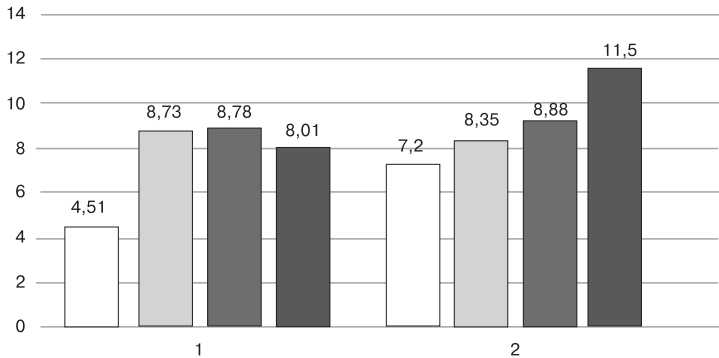


Рис. 9. Результати проведеного дослідження на стійкість до відшарування, де 1 — лицьова сторона, 2 — зворотна сторона картки

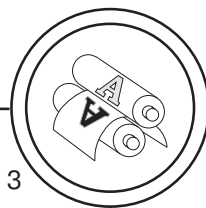
*Експериментальні дослідження на вигин і стабільність розмірів під дією температури та вологи*

Експериментальний зразок, покладений на горизонтальну плоску поверхню, піддавали на-

Таблиця 2

Результати експериментальних досліджень на короткотривалі зберігання на стійкість до дії хімічних речовин

Назва розчину	Результати проведеного дослідження		
	ширина, мм	висота, мм	товщина, мм
водяний розчин хлористого натрію — 5 % за масою (NaCl, мінімальна концентрація — 98 %)	85,52	53,92	0,717–0,721
водяний розчин оцтової кислоти — 5 % за масою (CH <sub>3</sub> COOH, мінімальна концентрація — 99 %)	85,50	53,93	0,712–0,722
водяний розчин вуглекислого натрію — 60 % за масою (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , мінімальна концентрація — 99 %)	85,55	53,92	0,705–0,719
водяний розчин етилового спирту — 60 % за масою (CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH етиловий спирт із зерна, мінімальна концентрація — 93 %)	85,49	53,92	0,714–0,724
водяний розчин цукру — 10 % за масою (C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O, мінімальна концентрація — 98 %)	85,50	53,92	0,710–0,718
водяний розчин етиленгліколю — 50 % за масою (HOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH, мінімальна концентрація — 98 %)	85,53	53,93	0,710–0,723
пальне В	85,52	53,92	0,700–0,718



Таблиця 3

Результати експериментальних досліджень  
на довготривале зберігання

Назва розчину	Результати проведеного дослідження		
	ширина, мм	висота, мм	товщина, мм
Штучне випаровування — лужний розчин приготовлений відповідно до ISO 105-E04:2008	85,54	53,92	0,709–0,719
Штучне випаровування — кислотний розчин приготовлений відповідно до ISO 105-E04:2008	85,56	53,94	0,697–0,715

ступним кліматичним умовам протягом 60 хв:

- 1) 50° С + 3° С при відносній вологості 95 % ± 5 %;
- 2) -35° С ± 3° С.

Після зміни середовища зразок пластикової картки повернено у випробувальні умови, і утримувався в цих умовах протягом 24 год перед вимірюванням стабільності її розмірів та вигину (табл. 4).

Відповідно до [14] при дослідженні на стабільність розмірів і вигин картки під дією температу-

ри ширина повинна знаходитися в межах 85,47–85,72 мм, висота — 53,92–54,03 мм, товщина — 0,68–0,84 мм. Представлені в табл. 4 результати досліджень відповідають стандарту як до випробування, так і після нього.

*Експериментальні дослідження на злипання*

Для проведення досліджень групу карток складено зворотною стороною вниз по 5 штук. Потім рівномірно розподіляли тиск 2,5 кПа ± 0,13 кПа на верхню частину

Таблиця 4

Результати експериментальних досліджень вимірювання вигину і стабільності розмірів

Умови проведення експерименту		Результати проведеного дослідження			
		вигин, мм	ширина, мм	висота, мм	товщина, мм
температура +50° С, вологість 95 %, тривалість випробування 1 год	До випробування	<1,5	85,54	53,97	0,708–0,726
	Після випробування	<1,5	85,53	53,99	0,706–0,720
температура — 35° С, тривалість випробування 1 год	До випробування	<1,5	85,53	53,99	0,706–0,720
	Після випробування	<1,5	85,55	53,97	0,710–0,728



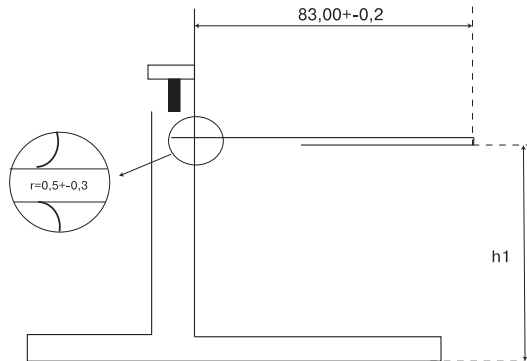


Рис. 10. Схематичне зображення затискання картки у випробовуваному пристрої

карток при температурі середовища  $40^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  і відносною вологістю — від 40 % до 60 %, протягом 48 год. Після цього у випробувальному середовищі відокремили вручну кожну картку і визначили, що пластикові картки легко відокремлюються одна від одної, відсутнє розшарування, знебарвлення, деформації не виявлено.

*Експериментальні дослідження жорсткості при згинанні*

При дослідженні пластикова картка затиснута по лівому боку лицьовою поверхнею догори у випробовуваному пристрої для розтягування (рис. 10) при навантаженні 0,7 Н на відстані 3 мм уздовж

правого краю за 1 хв. Після цього вимірювали  $h_1$ . Результати досліджень наведено в табл. 5.

*Експериментальні дослідження зусилля динамічного згинання*

Для проведення досліджень використовували зразки, які представлені на рис. 11 після експерименту. В табл. 6 наведено результати досліджень зусилля динамічного згинання.

*Експериментальні дослідження зусилля динамічного скручування*

Пластикову картку розміщено в пристрої для випробування крученням, щоб краї короткого боку можна обертати на кут до  $\pm$  відносно нейтрального положення.

Таблиця 5

Результати експериментального дослідження на вигин картки

Параметр вимірювання	Документ, що регламентує експериментальні дослідження	Нормативне значення параметру відповідно до стандарту	Отримане значення параметру
жорсткість при згинанні	ISO/IEC 7810:2019	Прогин картки 13–35 мм Деформація не більше 1,5 мм	1...25 мм

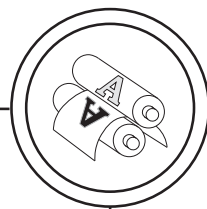


Рис. 11. Зразки картки після проведеного експериментальних досліджень на згинання

ня, встановлюється частота випробування 0,5 Гц, кут повороту  $\alpha = 15^\circ \pm 1^\circ$ , а потім циклічно відбувається 1000 циклів кручення.

В табл. 7 наведено результати досліджень зусилля динамічного скручування.

### *Експериментальні дослідження непрозорості*

Для виконання процесу визначення непрозорості карток з не-

прозорою серцевиною чи півпрозорою серцевиною було використано тестер непрозорості карток Q-Card.

В табл. 8 наведено результати досліджень на непрозорість.

### *Експериментальні дослідження стійкості до відшаровування*

Експериментальні дослідження на стійкість до відшаровування проводилися безпосередньо

Таблиця 6

Результати експериментального дослідження на зусилля динамічного згинання

Параметр вимірювання	Документ, що регламентує експериментальні дослідження	Нормативне значення параметру відповідно до стандарту	Отримане значення параметру
Вплив динамічного згинання (1000 циклів)	ISO/IEC 7810:2019	Відсутність тріщин, розшарувань, розломів	Тріщини, розшарування розломи відсутні

Таблиця 7

Результати експериментального дослідження зусилля динамічного скручування

Параметр вимірювання	Документ, що регламентує експериментальні дослідження	Нормативне значення параметру відповідно до стандарту	Отримане значення параметру
Вплив динамічного кручення (1000 циклів)	ISO/IEC 7810:2019	Відсутність розтріскування поверхні, розшарувань, розломів	Тріщини, розшарування розломи відсутні



Таблиця 8

Результати експериментального дослідження на непрозорість

Параметр вимірювання	Документ, що регламентує експериментальні дослідження	Нормативне значення параметру відповідно до стандарту	Отримане значення параметру
Непрозорість	ISO/IEC 7810:2019	При 860 нм При 950 нм	Пройдено Пройдено

на машині MELZER (IPS) при різних режимах роботи, які наведені на рис. 12–17.

Відповідно до [14] при дослідженні стійкість до відшарування (деламінація) лицьова і зворотня сторона повинна бути не менше

3,5 Н/см. Представлені результати досліджень на рис. 11–16 відповідають стандарту.

**Висновки**

1. Запропоновано технологію виготовлення персоналізованої

ISSN 2077-7264. Технологія і техніка друкарства. 2022. № 3(77)

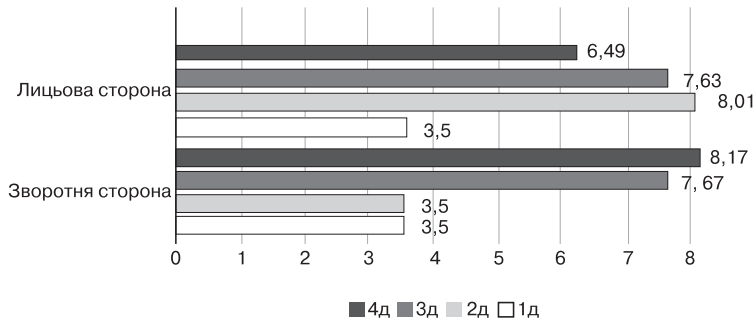


Рис. 12. Гістограма дослідження стійкості до відшарування при температурі 168° С, регулярності 10+10+10 с, тиску 120/130

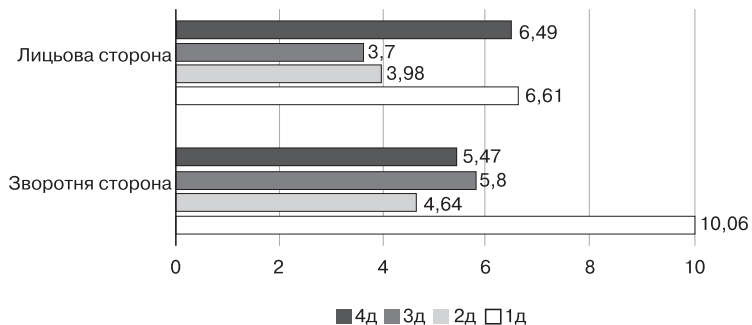


Рис. 13. Гістограма дослідження стійкості до відшарування при температурі 168° С, регулярності 14+14 с, тиску 120/130

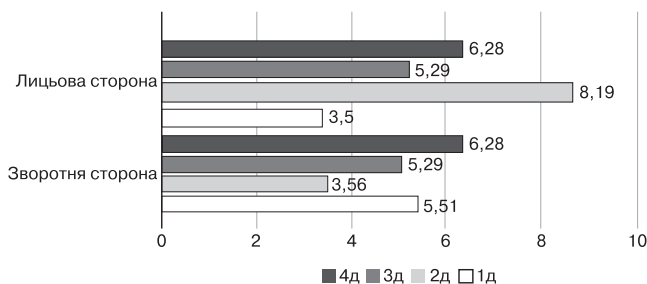
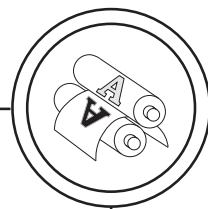


Рис. 14. Гістограма дослідження стійкості до відшарування при температурі 170° С, регулярності 14+14 с, тиску 120/130

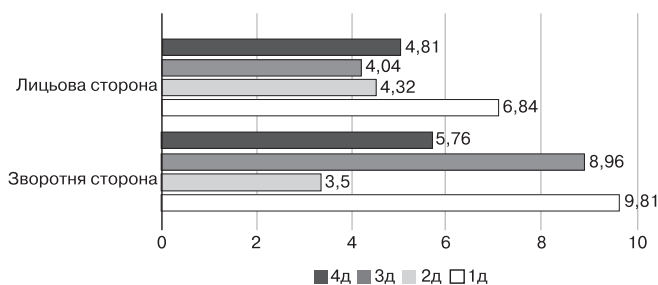


Рис. 15. Гістограма дослідження стійкості до відшарування при температурі 170° С, регулярності 10+10+10 с, тиску 120/130

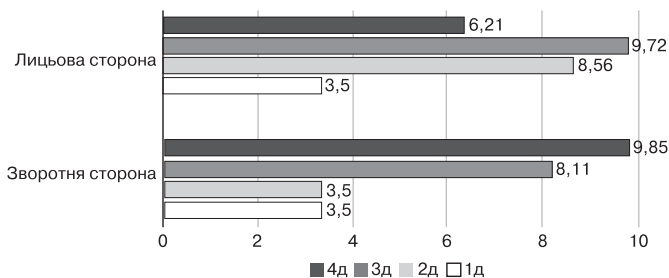


Рис. 16. Гістограма дослідження стійкості до відшарування при температурі 175° С, регулярності 10+10+10 с, тиску 120/130

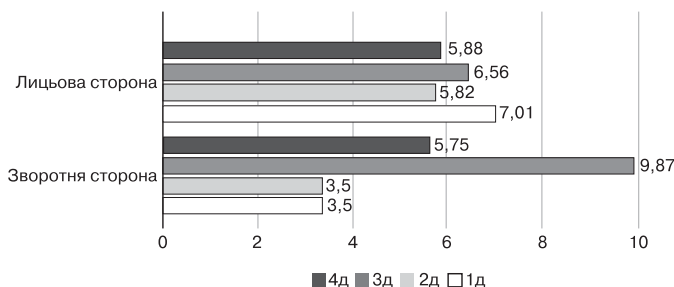


Рис. 17. Гістограма дослідження стійкості до відшарування при температурі 175° С, регулярності 14+14 с, тиску 120/130



захищеної від підроблення пластикової продукції — паспорту вакцинації: офсетний друк — офсетними фарбами із захисними властивостями і фарбами кольорами із каталогу Pantone, трафаретний друк — фарбами OVI, ретротрансферний термодрук, а в якості матеріалів інлей з чипом Infineon серія 78, прозора плівка, полікарбонат білий.

2. На основі життєвого циклу розроблено і застосовано комплексну методику визначення експлуатаційних властивостей: проведено експериментальні дослідження впливу хімічних речовин на короткострокове та довготривале забруднення; стабільність розмірів і вигин картки під дією температури; злипання; вигин картки; згинальна жорсткість; динамічне згинання; динамічне скручування; непрозорість; стійкості до відшарування.

### Список використаної літератури

1. Хамула О. Г. Розробка моделі факторів впливу на експлуатаційні показники пластикових карток / О. Г. Хамула, А. Д. Конюхов // Технологія і техніка друкарства. 2016. № 4(54). С. 21–28. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(54\).2016.84589](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(54).2016.84589).

2. Технології виготовлення пластикових карток: моногр., В. З. Маїк, Ю. М. Румянцев, І. І. Конюхова, М. Ф. Ясінський, Л. Я. Маїк. Львів: УАД, 2015. 144 с.

3. Величко О. Пластикові картки: науково-технічні аспекти поліграфічного оформлення / О. Величко, І. Кириченко, В. Саражинська, І. Синяков [Текст]: монографія. К.: ВПЦ «Київський університет», 2010. 156 с.

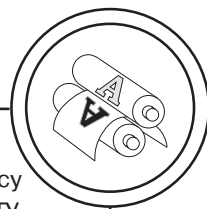
4. Кириченко І. О. Систематизація пластикових карток / І. О. Кириченко, В. С. Саражинська, В. Г. Олійник // Технологія і техніка друкарства. 2010. № 1(27). С. 106–111. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(27\).2010.57132](https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(27).2010.57132).

5. Кириченко І. О. Друкування і закріплення відбитків на ПВХ-пластику / І. О. Кириченко, В. С. Саражинська, І. М. Синяков // Технологія і техніка друкарства. 2008. № 2(20). С. 67–70. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.2\(20\).2008.59775](https://doi.org/10.20535/2077-7264.2(20).2008.59775).

6. Лотоцька О. І. Дослідження впливу технологічних факторів для оцінювання якості гарячого тиснення фольгою на пластикових матеріалах / О. І. Лотоцька // Технологія і техніка друкарства. 2016. № 2(52). С. 20–29. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.2\(52\).2016.68320](https://doi.org/10.20535/2077-7264.2(52).2016.68320).

3. Дослідження відповідно до запропонованої комплексної методики експлуатаційних властивостей паспорту вакцинації показали, що хоча всі параметри знаходяться в межах нормованих значень, відповідно до ДСТУ ISO/IEC 10536-1:2008, найменш стабільним показником для карток з безконтактним чипом є стійкість до відшарування. Визначено, що найбільш вразливою до зімтованих зовнішніх впливів під час експлуатації є зона розміщення чипу.

4. Запропонований підхід до визначення експлуатаційних властивостей карток може бути застосований під час впровадження у виробництво нових матеріалів і технологічних процесів виготовлення захищеної від підроблення поліграфічної продукції на пластикових основах.



7. Киричок Т. Ю. Багатофакторне дослідження технологічного процесу тиснення фольгою на пластик / Т. Ю. Киричок, А. М. Мережинська // Вісник ЖДТУ. 2011. № 3. С. 48–55.

8. Киричок Т. Ю. Формування зношеності пластикових карток / Т. Ю. Киричок, О. В. Назаренко, О. І. Бараускене // Технологія і техніка друкарства. 2020. № 4(70). С. 34–41. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(70\).2020.238598](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(70).2020.238598).

9. Анализ технологии смарт-карт / М. Ф. Бондаренко, М. Г. Заросилова // Прикладная радиоэлектроника: науч.-техн. журнал. 2011. Том 10. № 2. С. 264–270.

10. Mathieu Schmid. Optical security in ink: an industry standard that continues to evolve // Proc. SPIE 6075, Optical Security and Counterfeit Deterrence Techniques VI, 60750N (9 February 2006). <http://doi.org/10.1117/12.644727>.

11. Науменко С. М. Окремі аспекти виготовлення та персоналізації документів на полімерній основі / С. М. Науменко // Криміналістика і судова експертиза. 2016. № 61. С. 265–271.

12. X.-H. Cai. Reliability Evaluation on Flexible RFID Tag Inlay Packaged by Anisotropic Conductive Adhesive / X.-H. Cai, B. An, X.-W. Lai, Y.-P. Wu, F.-S. Wu // 8th International Conference on Electronic Packaging Technology. Shanghai, China. 2007. pp. 1–4. doi: 10.1109/ICEPT.2007.4441524.

13. ISO 7810:2019 Identification cards — Physical characteristics.

14. ДСТУ ISO/IEC 7816-1:2008. Картки ідентифікаційні. Картки на інтегрованих мікросхемах з контактами. Частина 1. Фізичні характеристики.

15. ISO 9227:2012 Corrosion tests in artificial atmospheres — Salt spray tests.

16. ДСТУ ISO/IEC 10536-1:2008. Картки ідентифікаційні. Картки на інтегрованих мікросхемах безконтактні. Картки тісної взаємодії. Частина 1. Фізичні характеристики. (ISO/IEC 10536-1:2000, IDT).

## References

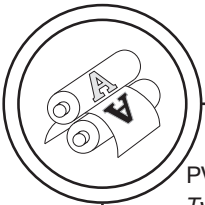
1. Khamula, O. H., & Koniukhov, A. D. (2016). Rozrobka modeli faktoriv vplyvu na ekspluatatsiini pokaznyky plastykovykh kartok [Development of a Model of Factors Influencing the Performance of Plastic Cards]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva (Technology and Technique of Typography)*, (4(54)), 21–28. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(54\).2016.84589](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(54).2016.84589) [in Ukrainian].

2. Maik, V. Z., Rumiantsev, Iu. M., Koniukhova, I. I., Yasynskiy, M. F., & Maik, L. Ia. (2015). *Tekhnolohii vyhotovlennia plastykovykh kartok [Technologies of production of plastic cards]*. Lviv: UAD, 144 p. [in Ukrainian].

3. Velychko, O., Kyrychenko, I., Sarazhynska, V., & Syniakov, I. (2010). *Plastykovi kartky: naukovo-tekhniczni aspekty polihrafichnoho oformlennia [Plastic cards: scientific and technical aspects of printing design]*. Kyiv: VPTs 'Kyivskiy universytet', 156 p. [in Ukrainian].

4. Kyrychenko, I. O., Sarazhynska, V. S., & Oliinyk, V. H. (2010). Systematyzatsiia plastykovykh kartok [Systematization of plastic cards]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva (Technology and Technique of Typography)*, (1(27)), 106–111. <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/57132> [in Ukrainian].

5. Kyrychenko, I. O., Sarazhynska, V. S., & Syniakov, I. M. (2008). Drukuvannia i zakriplennia vidbytkiv na PVKh-plastyku [Printing and fastening of prints on



PVC-plastic]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva (Technology and Technique of Typography)*, 2, 67–70. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.2\(20\).2008.59775](https://doi.org/10.20535/2077-7264.2(20).2008.59775) [in Ukrainian].

6. Lototska, O. I. (2016). Doslidzhennia vplyvu tekhnolohichnykh faktoriv dlia otsiniuvannia yakosti hariachoho tysnennia folhoiu na plastykovykh materialakh [Research of the Influence of Technological Factors for Evaluating the Quality of Hot Stamping Foil on Plastic Materials]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva (Technology and Technique of Typography)*, 2, 20–29. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.2\(52\).2016.68320](https://doi.org/10.20535/2077-7264.2(52).2016.68320) [in Ukrainian].

7. Kyrychok, T. Yu., Nazarenko, O. V., & Barauskiene, O. I. (2020). Formuvannia znoshenosti plastykovykh kartok [Formation of Wear of Plastic Cards]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva (Technology and Technique of Typography)*, 4, 34–41. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(70\).2020.238598](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(70).2020.238598) [in Ukrainian].

8. Kyrychok, T. Iu., & Merezhyńska, A. M. (2011). Bahatofaktorne doslidzhennia tekhnolohichnoho protsesu tysnennia folhoiu na plastyku [A multifactorial study of technological process of foil stamping on plastics]. *Journal of VisnykZhDTU (Bulletin of Zhytomyr State Technical University)*, 3, 48–55 [in Ukrainian].

9. Bondarenko, M. F., & Zarosilova, M. G. (2011). Analiz tekhnologii smart-kart. *Applied Radio Electronics: Sci. Journ.*, Vol. 10, 2, 264–270.

10. Schmid, M. (9 February 2006). Optical security in ink: an industry standard that continues to evolve. *Proc. SPIE 6075, Optical Security and Counterfeit Deterrence Techniques VI*, 60750N. <http://doi.org/10.1117/12.644727> [in English].

11. Naumenko, S. M. (2016). Okremi aspekty vyhotovlennia ta personalizatsii dokumentiv na polimernii osnovi [Certain aspects of the production and personalization of polymer-based documents]. *Kryminalistyka i sudova ekspertyza (Forensics and forensic examination)*, 61, 265–271. <https://digest.kndise.gov.ua/wp-content/uploads/2021/06/2016.pdf> [in Ukrainian].

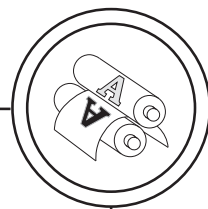
12. Cai, X.-H., An, B., Lai, X.-W., Wu, Y.-P., & Wu, F.-S. (2007). Reliability Evaluation on Flexible RFID Tag Inlay Packaged by Anisotropic Conductive Adhesive. *Proc. 8th International Conference on Electronic Packaging Technology*, 1–4. <https://doi:10.1109/ICEPT.2007.4441524> [in English].

13. *ISO 7810:2019 Identification cards – Physical characteristics* [in English].

14. National standards of Ukraine. (2008). *DSTU ISO/IEC 7816-1:2008 Kartky identyfikatsiini. Kartky na intehrovanykh mikroskhemakh z kontaktamy. Chastyna 1. Fizychni kharakterystyky [Identification cards – Integrated circuit(s) cards with contacts – Part 1: Physical characteristics ISO/IEC 7816-1:2011]. ISO/CD TR 20580* [in Ukrainian].

15. *ISO 9227:2012 Corrosion tests in artificial atmospheres – Salt spray tests* [in English].

16. National standards of Ukraine. (2008). *DSTU ISO/IEC 10536-1:2008. Kartky identyfikatsiini. Kartky na intehrovanykh mikroskhemakh bezkontaktnei. Kartky tisnoi vzaємodii. Chastyna 1. Fizychni kharakterystyky. [Identification cards – Contactless integrated circuit(s) – Close-coupled cards – Part 1: Physical characteristics (ISO/IEC 10536-1:2000, IDT)* [in Ukrainian].



**Based on the life cycle methodology, experimental research was conducted to investigate the impact of chemicals on the card's resistance to degradation resulting from interaction with chemicals, the stability of the card's size and bending under the influence of temperature and moisture, adhesion, bending flexibility, dynamic tension, dynamic wring, opacity, and tear resistance.**

**Keywords: plastic card; inlay; tape; card bending; bending flexibility; opacity; tear resistance.**

Надійшла до редакції 09.10.22