

УДК 655.3.066.364

© Т. Ю. Киричок, д.т.н., доцент, О. В. Гуца, аспірантка,  
Є. Г. Сухіна, аспірантка, М. В. Пінчук, здобувач, НТУУ «КПІ»,  
Київ, Україна

**МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ШТРИХІВ  
МЕТАЛОГРАФІЧНОГО ДРУКУ ЗА ДОПОМОГОЮ  
ПРОФІЛОГРАФУВАННЯ ПОВЕРХНІ ВІДБИТКІВ**

**Розроблено методологію експериментальних досліджень якості штрихів металографічного друку проведенням профілометричного аналізу відбитків. Проаналізовано вплив технологічних параметрів комірок друкарської форми, що виготовлена за технологією прямого лазерного гравіювання, на якість штрихів.**

**Ключові слова: банкноти; металографічний друк; фарбовий шар; лазерне гравіювання; друковані елементи; гравійовані комірки; якість відбитка.**

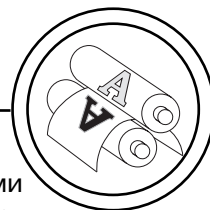
**Постановка проблеми**

Процес металографічного друку має низку особливостей, головна з яких полягає у забезпеченні тактильності відбитків. Рівномірність та чіткість штрихів є одними із основних показників якості металографічного друку. На основі аналізу процесу формування фарбового рельєфу металографічного друку [1] виділено основні групи факторів впливу форми металографічного друку, які впливають на якість відбитків: спосіб виготовлення (традиційний чи лазерне гравіювання), параметри комірок (їх ширина, довжина, глибина, напрямок відносно переважної орієнтації волокон паперу, відстань між штрихами, вид профілю (трикутний (V-подібний), трапецієподібний, прямокутний), симетричність профілю (симетричний, асиметричний).

Технологія прямого лазерного гравіювання (DLE — Direct Laser Engraving) є сучасним способом виготовлення форм металографічного друку і має ряд переваг та технологічних можливостей порівняно з традиційною технологією травлення [2]. Однак, особливості обробки матеріалів лазером, зокрема, його вплив на шорсткість оброблюваних поверхонь, можуть впливати на стан поверхні гравійованих штрихів форм і, як наслідок, на відмінності у формуванні фарбового рельєфу порівняно із використанням традиційних форм.

Недостатня чіткість зображення, отриманого металографічним друком, може мати місце через неповний перехід фарби з гравійованого штриха на папір, а також надмірне стирання фарби стиральним

© 2015 р.



циліндром, що є особливо важливим для широких штрихів.

У зв'язку із потребою забезпечення достатньої рівномірності фарбового шару металографічного друку на відбитках за використання прямого лазерного гравіювання друкарських форм, розроблена методологія та згідно неї здійснено комплексне дослідження впливу якісних (форма профілю, напрямок відносно переважної орієнтації волокон паперу) та кількісних (ширина, довжина, глибина, відстань між штрихами) параметрів комірок друкувальних елементів на якість параметрів отриманих штрихів.

### **Мета роботи**

Дослідити якість штрихів металографічного друку із застосуванням профілометричного аналізу відбитків задля розробки пропозицій щодо раціональності вибору оптимальних параметрів комірок форми металографічного друку із застосуванням технології DLE для виготовлення банкотної продукції.

### **Результати проведених досліджень**

З метою проведення експериментальних досліджень якості штрихів металографічного друку була розроблена відповідна методологія, що базується на профілометричному аналізі відбитків, виготовлених за допомогою експериментальної модельної форми, параметри друкувальних елементів якої задані з урахуванням аналізу штрихів металографічного друку банкнот української гривні.

Друкувальні елементи форми різняться за наступними параметрами:

I. Вид профілю. Обрано симетричні види профілю (прямокутний, трикутний з нахилом грані штриха  $51^\circ$ ,  $57^\circ$ ,  $64^\circ$ , та  $72^\circ$ , а також трапецієподібний з нахилом грані штриха  $75^\circ$  та  $60^\circ$ ).

II. Ширина комірок. Значення даного параметру встановлено в результаті аналізу зображень металографічного друку банкнот різних номіналів (2 грн, 5 грн, 10 грн та 20 грн). Визначено, що ширина 42,5 % всіх штрихів лежить в діапазоні 70...100 мкм, 17,9 % — в діапазоні 130...160 мкм. Тому для виготовлення модельної форми обрано ширину штриха 90 мкм і 150 мкм.

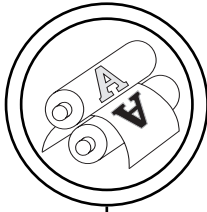
III. Глибина комірок форми, значення якої обрано в 30 мкм, 60 мкм та 100 мкм з урахуванням геометричних обмежень для різних видів профілю.

IV. Відстань між комірками форми.

Виготовлення експериментальних зразків здійснено на друкарській машині Super Orlof Intaglio 312 за умови швидкості друкування 8 тис. відб./год.

Для дослідження впливу виду профілю друкувальних елементів друкарської форми металографічного друку на якість отриманих штрихів обрано чотири вибірки експериментальних зразків з однаковими кількісними показниками (табл. 1).

Якість штрихів досліджено шляхом вимірювання параметрів профілю поверхні дослідних зразків банкнот на чотирьох різних ділянках в межах задру-



Таблиця 1

Параметри друкарської форми для обраної вибірки експериментальних зразків

Форма профілю	Прямокутний	Трапецієподібний		Трикутний
Параметри комірок форми	90/150/100/90/90*	60/150/100/90/90	75/150/100/90/90	51/150/100/90/90

\*Кут нахилу граней комірок/ширина комірок/глибина комірок/відстань між комітками/кут нахилу до машинного напрямку паперу. В трапецієподібному і трикутному профілях глибина штриха включає в себе глибину «заплечиків» — 8–10 мкм + глибину основного профілю.

кованої зони на комп'ютеризованому комплексі на основі контактного профілометра моделі 296 №Э-230 (рис. 1). Рух голки профілометра був спрямований перпендикулярно до напрямку штрихів, діаметр голки — 10 мкм. Кожна досліджувана вибірка налічувала 4 банкноти кожного з досліджуваних профілів.

Кожна досліджувана зона містила 18–21 штрихів.

Параметри, що досліджувались (рис. 2), дають змогу визначити вплив форми профілю

комірок форм металографічного друку на параметри штрихів на відбитку.

Узагальнені результати проведених досліджень по кожному виду експериментальних зразків наведені у табл. 2.

На рис. 3 представлено графічні залежності параметрів штрихів від виду профілю комірок друкарської форми.

Аналізуючи отримані залежності, важливо відзначити, що за умови використання профілів всіх 4-х видів досягнення 100 %

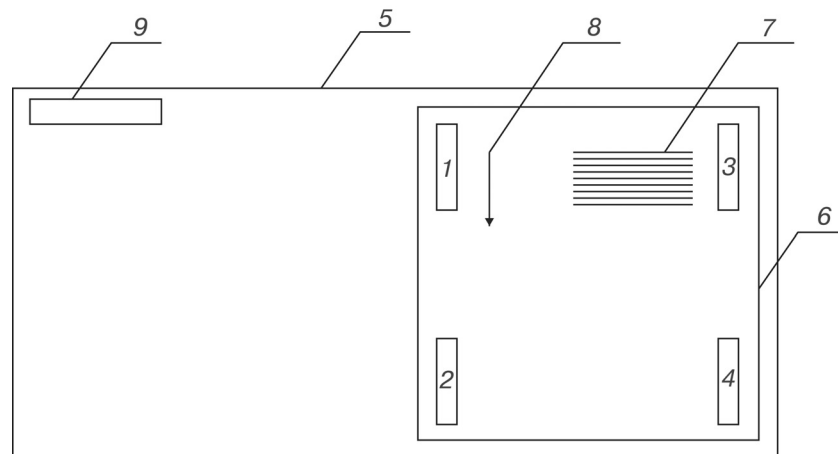


Рис. 1. 1, 2, 3, 4 — зони проведення експерименту; 5 — зразок; 6 — область задрукованої зони; 7 — напрям штрихів в задрукованій зоні; 8 — напрямок проведення вимірювань параметрів профілю штрихів; 9 — позначення зразка

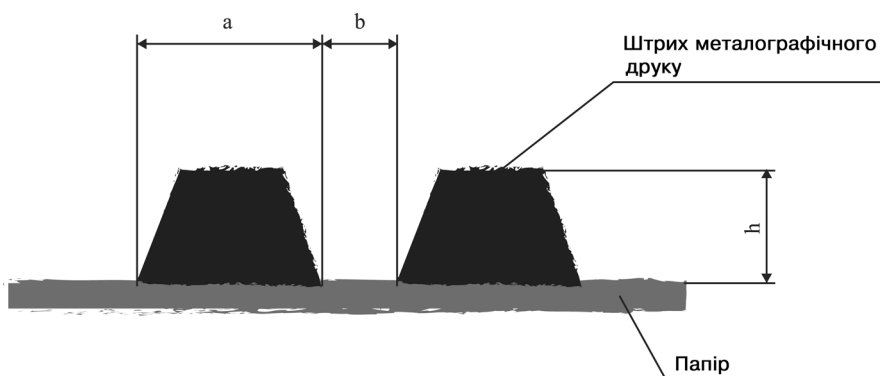
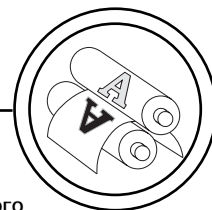


Рис. 2. Параметри штрихів:  $h$  — висота штриха;  $a$  — ширина штриха,  $b$  — відстань між штрихами

рівномірної форми штриха є неможливим.

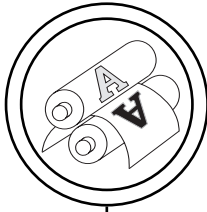
Найбільшої висоти профілю штрихів при використанні форми з комірками глибиною в 100 мкм можливо досягти за використання прямокутного профілю комірок та трапецієподібного з кутом нахилу грані комірок в  $75^\circ$ . Найменшу висоту штрихів та найбільшу нерівномірність даного показника забезпечує

використання комірок трикутного профілю.

Зменшення висоти штриха відносно глибини комірок, що спостерігається на всіх зразках, пояснюється утворенням підфарбованого рельєфу. Як відомо, гравійовані комірки форм металографічного друку в результаті перенесення фарби із збірного циліндра заповнюються фарбою не на повну глибину [3], че-

Таблиця 2  
Результати експериментальних досліджень якості профілю штрихів

Форма профілю		Прямокутний	Трапецієподібний		Трикутний
Параметри комірок форми		90/150/100/90/90	60/150/100/90/90	75/150/100/90/90	51/150/100/90/90
$h$ , мкм	average	73,2	68,45	69,9	61,5
	min	44,5	47,2	42,5	29,4
	max	100	97,7	92,7	81,6
$a$ , мкм	average	185,9	164,3	158,9	158,5
	min	173,2	143,2	151,3	86,2
	max	190,1	192,7	192,4	192,4
$b$ , мкм	average	84,7	89,97	75,68	88,1
	min	75,1	76,5	72,1	49,8
	max	96,6	94,2	87,2	84,2



## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

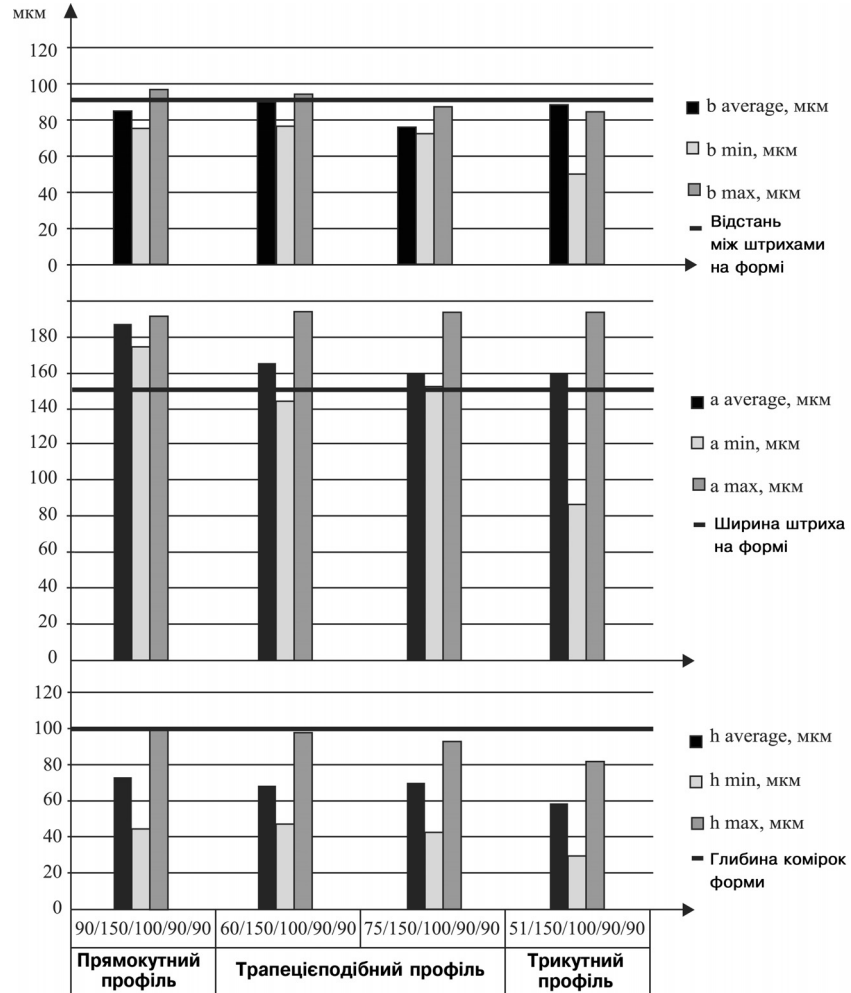
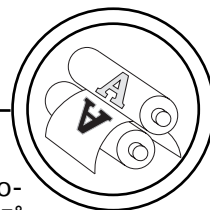


Рис. 3. Залежності параметрів профілю від його типу: h — висота штриха; a — ширина штриха; b — відстань між штрихами

рез що фарба в комірці має можливість зміщуватися. Через це в місці друкувального елемента волокна паперу деформуються, вигинаючись під дією тиску всередину штриха до моменту контакту із фарбою. Таким чином, відбувається формування підфарбованого рельєфу. Причому, вигин волокон паперу є дещо більшим з боку першого по ходу краю друкувального елемента [4].

Для всіх зразків спостерігається чітка тенденція до збільшення ширини штриха на готовому відбитку відносно ширини комірок форми, відповідно відбувається зменшення відстані між штрихами.

Найбільша зміна даного показника відбувається на зразках з прямокутним профілем, що пояснюється більшим об'ємом комірок друкувальних елементів.



На рис. 4–7 представлено отримані профілограми для зразків банкнот кожного виду на всіх досліджуваних зонах.

Аналіз отриманих профілограм поверхні показує, що збільшення кута нахилу бічних граней комірок друкарської форми призводить до отримання більш рівномірних параметрів штрихів по всій задрукованій зоні. Важливо відзначити, що шорсткість поверхні штрихів за використання прямокутного профілю комірок є найменшою серед всіх досліджуваних профілей.

Очевидним є факт затягування краю штриха в напрямку протилежному до напрямку друку.

### Висновки

Розроблена методологія дослідження якості штрихів металографічного друку за допомогою профілографування поверхні відбитків дозволила оцінити вплив параметрів гравійованих комірок друкарської форми на якість віддрукованих відбитків.

Профілометричний аналіз дослідних зразків дозволив зробити висновок, що збільшення кута нахилу бічних граней друкувальних елементів призводить до підвищення якості друку, що виражається у збільшенні показників висоти надрукованих штрихів (при куті нахилу бічних граней комірок  $51^\circ$  трикутного профілю середнє значення висоти складає 61,5 мкм, при

куті  $60^\circ$  трапецієподібного профілю — 68,45 мкм, при куті  $75^\circ$  трапецієподібного профілю — 69,9 мкм, при куті  $90^\circ$  прямокутного профілю — 73,2 мкм) та у збереженні рівномірності та чіткості профілю штрихів. Таким чином, було визначено, що найкращу якість мають зразки, надруковані за допомогою прямокутного профілю друкувальних елементів. Проте з точки зору відтворюваності на відбитку таких параметрів форми, як ширина друкувальних елементів та відстань між ними, прямокутний профіль дає погіршення показників якості — значне збільшення ширини штриха з відповідним зменшенням відстані між штрихами (середнє значення ширини штрихів складає 185,9 мкм при номінальному значенні 150 мкм, середнє значення відстані між штрихами 84,7 мкм при номінальному 90 мкм). Через те, що пріоритетним параметром якості банкнотних відбитків є забезпечення рельєфності (як захисної функції), тобто передача потрібної товщини фарбового шару, загальним висновком є рекомендація використання прямокутного профілю друкарських елементів форми з корегуванням технологічних параметрів (тиску, швидкості) процесу друкування з метою відтворення всіх параметрів форми на відбитку.

### Список використаної літератури

1. Киричок Т. Ю. Зносостійкість банкнотної продукції : монографія / Т. Ю. Киричок. — К. : НТУУ «КПІ», 2014. — 308 с.
2. Пат. EP 1 987 950 A2 США, МПК B41C 1/04. A precursor plate for the manufacture of intaglio printing plates for intaglio printing of sheets of security

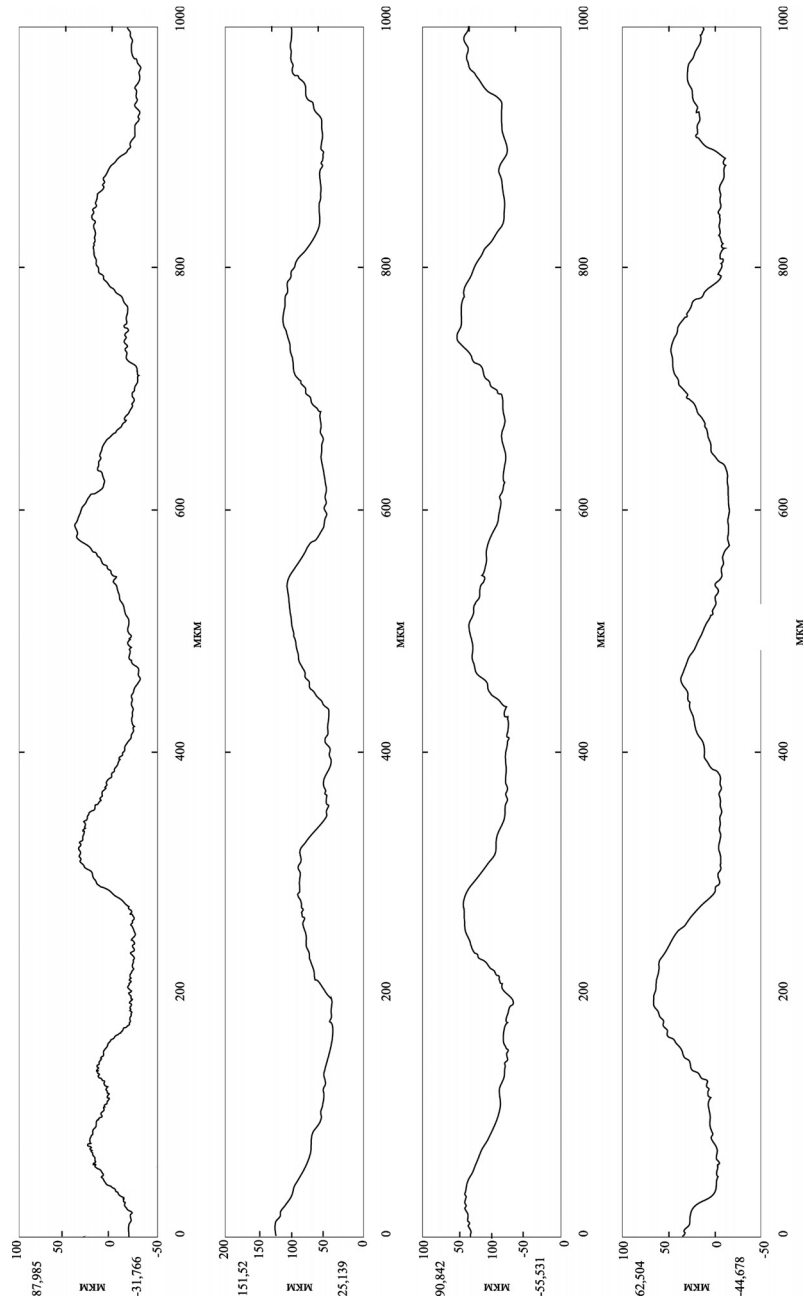
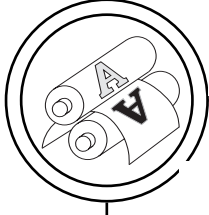


Рис. 4. Профілограми поверхні задрукованої зони зразка, що виготовлений формою з трикутним профілем комірок з параметрами 51/150/100/90/90

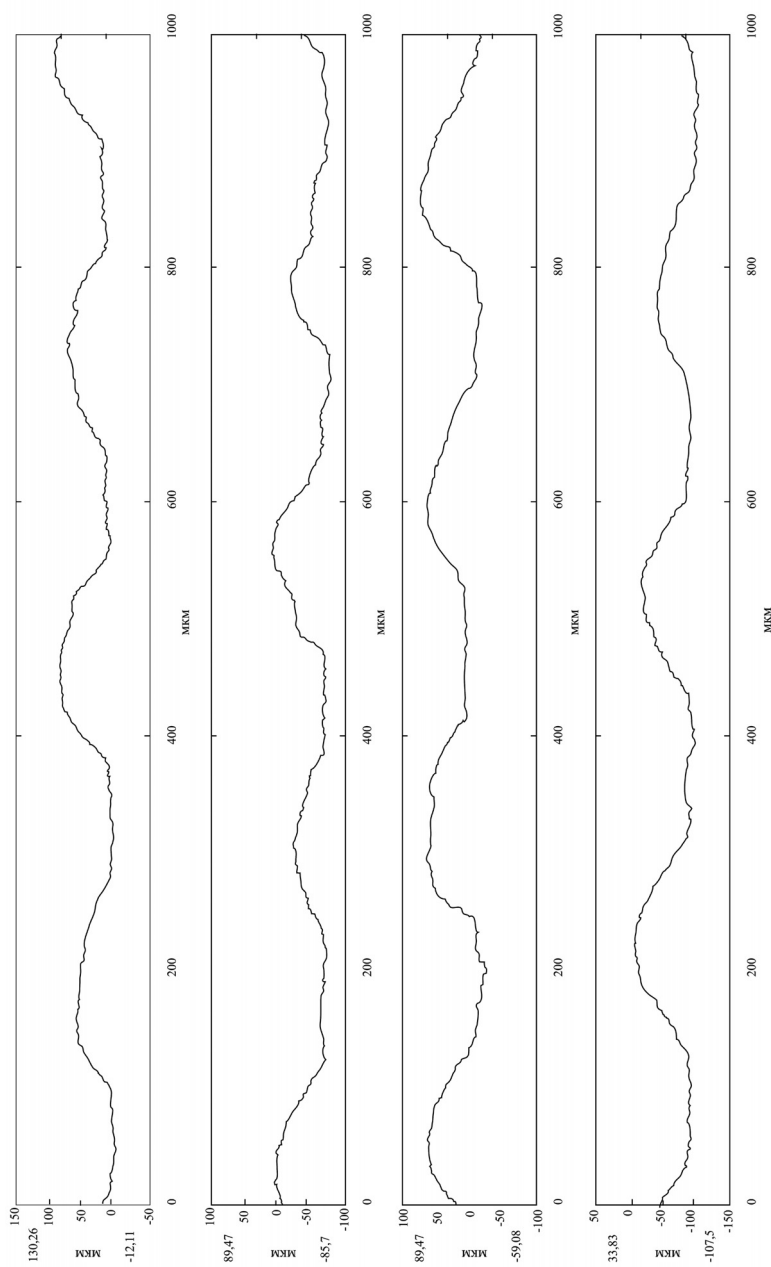
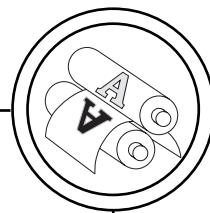


Рис. 5. Профілограми поверхні задрукованої зони зразка, що виготовлений формою з трапецієподібним профілем комірок з параметрами 60/150/100/90/90



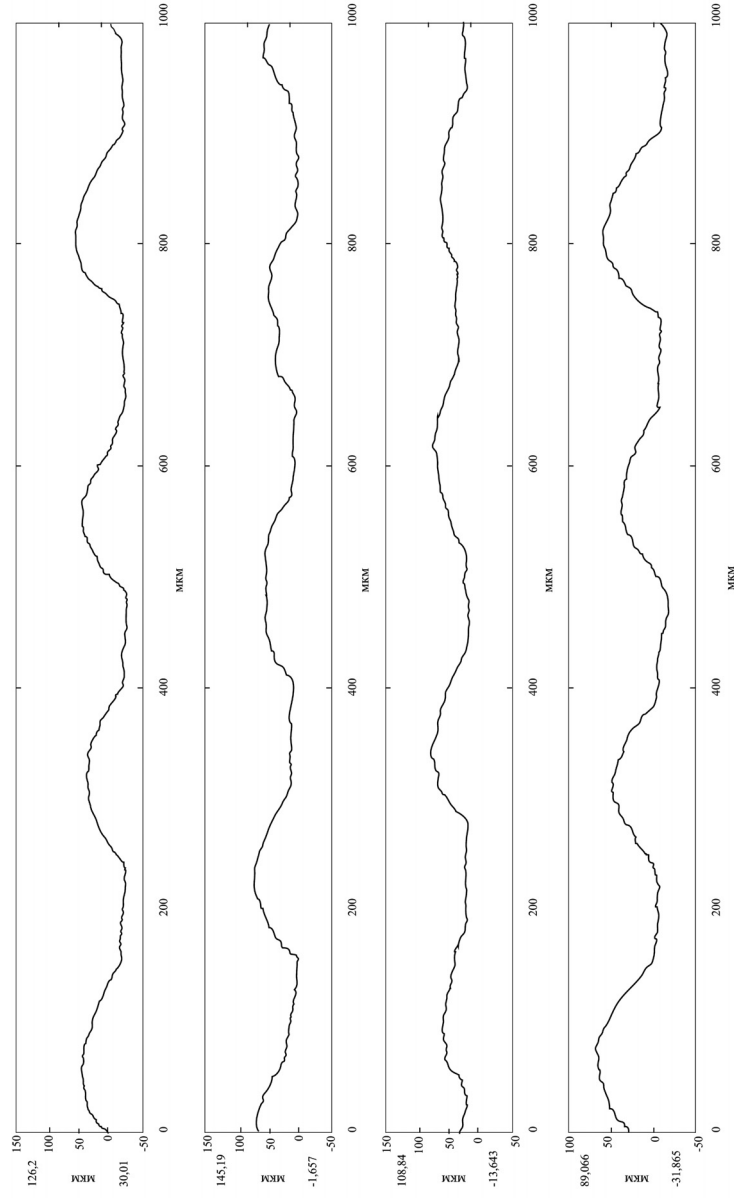
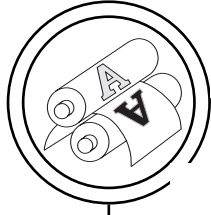


Рис. 6. Профілограми поверхні задрукованої зони зразка, що виготовлений формою з трапецієподібним профілем комірок з параметрами 75/150/100/90/90

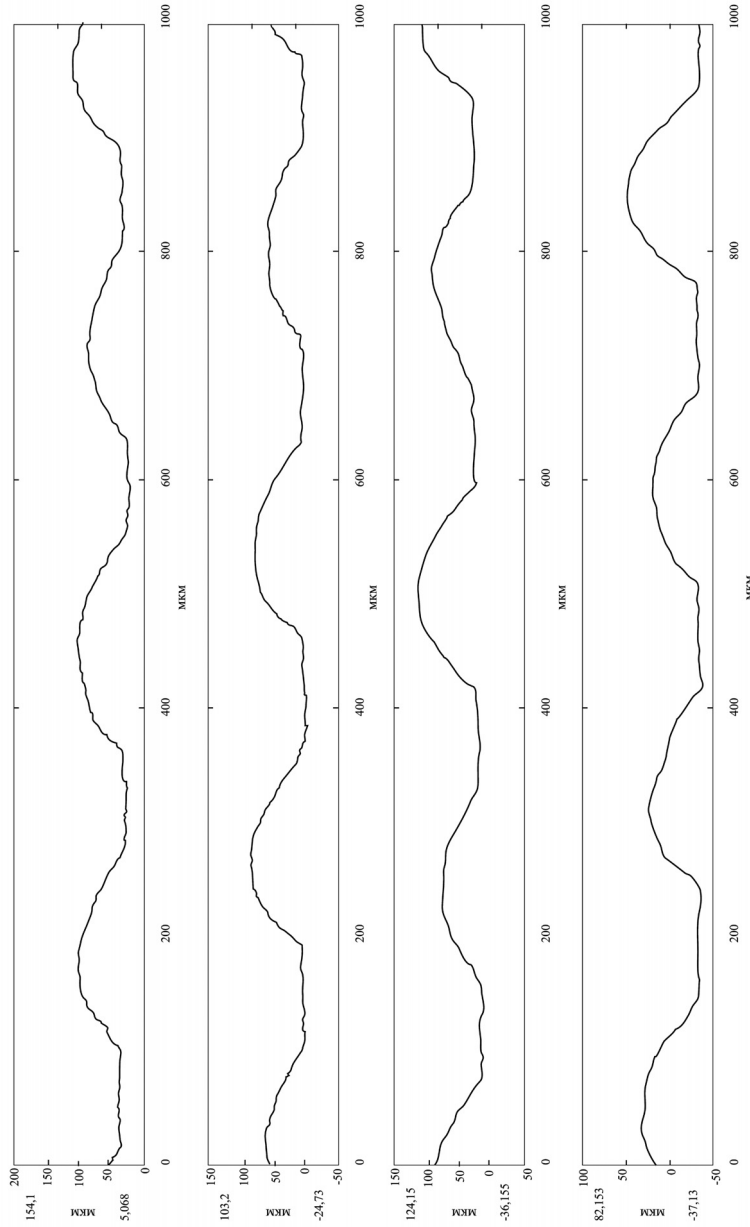
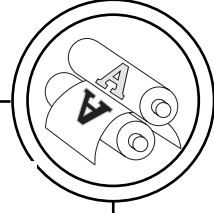
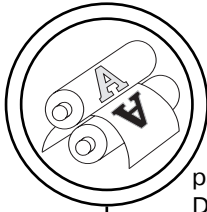


Рис. 7. Профілограми поверхні задрукованої зони зразка, що виготовлений формою з прямокутним профілем комірок з параметрами 90/150/100/90/90



papers and a method of manufacturing an engraved plate/ Giori Fausto, Dauw Dirk, Perrier Jacques, Mathys Laurent; заявник і патентовласник КВА GIORI SA; заявл. 05.06.2002; опублік. 03.06.2003.

3. Ciaramella V. Intaglioprinting / V. Ciaramella // *Billetaria. International Review on Cash Management*. — 2007. — Issue 2. — October. — P. 19–20.

4. Киричок Т. Ю. Методологія 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. Іu. Znosostiikist banknotnoi produktsii : monohrafiia / T. Іu. Kyrychok. — К. : NTUU «KPI», 2014. — 308 s.

2. Pat. EP 1 987 950 A2 США, МПК В41С 1/04. A precursor plate for the manufacture of intaglio printing plates for intaglio printing of sheets of security papers and a method of manufacturing an engraved plate/ Giori Fausto, Dauw Dirk, Perrier Jacques, Mathys Laurent; zaiavnyk i patentovlasnyk KBA GIORI SA; zaiavl. 05.06.2002; opublik. 03.06.2003.

3. Ciaramella V. Intaglioprinting / V. Ciaramella // *Billetaria. International Review on Cash Management*. — 2007. — Issue 2. — October. — P. 19–20.

4. Kyrychok T. Іu. Metodolohiia otsiniuvannia stiikosti farbovoho sharu intagliodruku do imitatsii znoshuvannia / T. Іu. Kyrychok // *Zb. nauk. prats : Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*. — К., 2013. — № 4(42). — S. 4–12.

**Разработана методология экспериментальных исследований качества штрихов металлографической печати проведением профилометрического анализа оттисков. Проанализировано влияние технологических параметров ячеек печатной формы, изготовленной по технологии прямого лазерного гравирования, на качество штрихов.**

**Ключевые слова:** банкноты; металлографическая печать; красочный слой; лазерная гравировка; печатные элементы; гравированные ячейки; качество оттиска.

**It was developed the methodology of the study of intaglio printed elements quality using the surface profilometry, which make possible to assess the influence of printing plate parameters made by direct laser engraving technology on prints quality. Research results showed that increasing of the side face slope angle of the plate printing element leads to improving of print quality, which is reflected in the increase of the ink layer height and in preserving of printed elements uniformity and sharpness. The recommendation to use rectangular profile of the plate cells and to correct intaglio printing process parameters (pressure, speed) was put forward.**

**Keywords:** banknotes; intaglio printing; ink layer; laser engraving technology; printing elements; engraved cells; print quality.

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

Надійшла до редакції 27.05.15