

УДК 655.3.066.364

© Т. Ю. Киричок, д.т.н., професор, О. В. Гуца, аспірантка,
НТУУ «КПІ», Київ, Україна

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ ВПЛИВУ
НА ТОВЩИНУ ФАРБОВОГО ШАРУ
НА ВІДБИТКАХ МЕТАЛОГРАФІЧНОГО ДРУКУ**

Здійснено аналіз технологічних факторів впливу на формування необхідної товщини фарбового шару на відбитках металографічного друку шляхом експериментального дослідження та аналізу наукової літератури в галузі.

Ключові слова: металографічний друк; товщина фарбового шару; банкноти; геометрія друкарської форми; параметри друкарського процесу.

Постановка проблеми

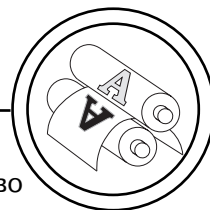
Металографічний друк є одним із високоефективних методів захисту цінних паперів та документів сурового обліку, зокрема банкнот, в усьому світі. Специфічність даного методу друку полягає у можливості формування різнотовщинного рельєфного фарбового зображення, що сприймається не тільки візуально, а і тактильно [1]. Дана властивість металографічного друку забезпечує ідентифікацію справжності захищеної продукції в умовах неконтрольованого оточення, в тому числі ідентифікацію номіналу банкнот незрячими людьми. Тому пошук нових технологічних рішень удосконалення процесу формування необхідної товщини фарбового шару на відбитках металографічного друку є актуальною проблемою.

Мета роботи

Здійснити аналіз факторів впливу на формування необхідної товщини фарбового шару на відбитках металографічного друку аналітичним та експериментальним дослідженням.

Результати проведених досліджень

Металографічний друк — це друкування із заглиблених друкарських елементів гравійованих друкарських форм густими фарбами під великим тиском у друкарській парі. Друкарська форма для металографічного друку являє собою металеву (стальну, мідну чи нікелеву) поліровану поверхню, на яку традиційно, гравіюванням чи хімічним травленням, або лазером нанесено малюнок у вигляді поглиблених штрихів. У процесі друкування на друкарську



форму одним або декількома полімерними (гумовими) валами (шаблонними валами), як у поглиблені елементи, так і на її поверхню, накочуються фарба. За допомогою стирального циліндра фарба вилучається з пробільних елементів та залишається в друкарських елементах форми. У друкарському контакті під дією великого тиску між друкарським і формним циліндрами фарба із гравійованих штрихів форми переходить на папір, формуючи товстий фарбовий шар [2]. Однією з властивостей металографічного друку є використання в'язких фарб на основі органічного сполучника — воску, тому для можливості нанесення фарби на друкарську

форму її температуру поступово підвищують на шляху від фарбового ящика (17–21° С) до формного циліндра (80–82° С) за допомогою вмонтованих систем підігріву та температурного контролю. Система підігріву формного циліндра розтоплює воскоподібну сполуку, змінюючи реологічні властивості фарби, а саме зменшуючи в'язкість та підвищуючи текучість. Закріплення фарби відбувається за рахунок всотування та окисної полімеризації при температурі, характерній цеховим умовам, без застосування додаткових сушильних пристроїв [3].

Проведений аналіз дозволив виділити фактори, які мають вплив на оптимізацію всього

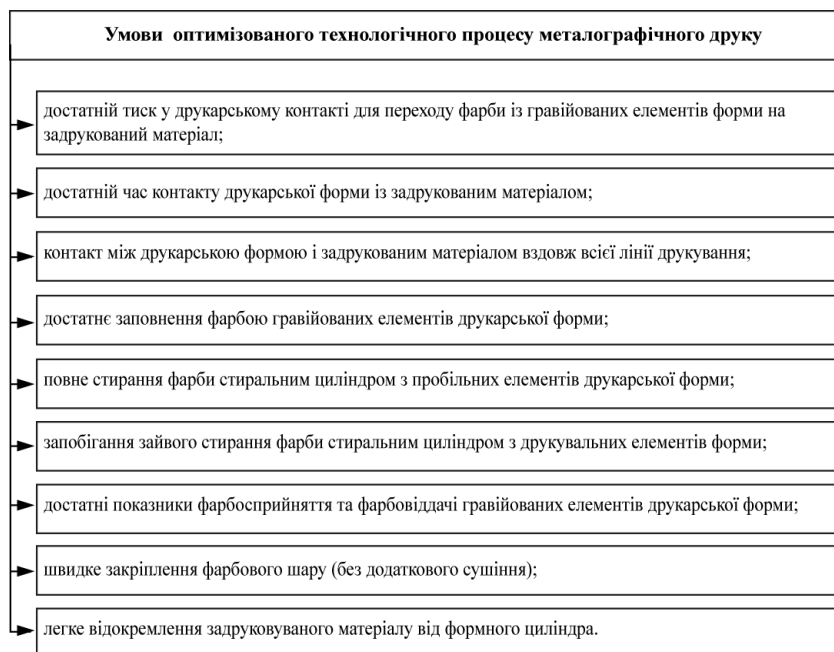
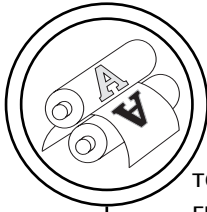


Рис. 1. Умови оптимізованого технологічного процесу металографічного друку



технологічного процесу металографічного друку (рис. 1).

Важливим є виокремлення з великого переліку засобів оптимізації друкарського процесу факторів, на які найдоцільніше зважати, регулюючи товщину фарбового зображення, при цьому контролюючи якість зображення за чіткістю графічних елементів та рівномірністю товщини шару фарби.

Розроблена методологія дослідження факторів впливу на товщину фарбового шару в металографічному друці базується на профілометричному аналізі відбитків із застосуванням голкового профілометра моделі 296 № Э-230 [4]. Дослідженню підлягли дев'ять груп дослідних зразків по 20 шт. кожна, виготовлених за технологією металографічного друку. Для друку зразків використано розроблену та виготовлену за технологією прямого лазерного гравіювання модельну друкарську форму із різними геометричними параметрами друкарських елементів: різним видом профілю гравіюваних штрихів форми (прямокутним, трапецієподібним із кутом нахилу бічних стінок 60° та 75°, трикутним), та різною глибиною комірки (30 мкм, 60 мкм та 100 мкм). Групи зразків виготовлені за різних технологічних параметрів друку — тиску у друкарському контакті (понижений, нормальний, підвищений тиск) та швидкості друку (5000 відб./год. та 8000 відб./год.). Виготовлення зразків здійснено за допомогою 4-фарбових аркушевих друкарських машин De La

Rue Giori S.A. Super-Orlof-Intaglio на двошаровому банкотному папері товщиною 108±6 мкм, масою 85±4 г/м² та шорсткістю поверхні (за Бенд-стеном) 200–500 мл/хв.

На основі даних профілографування поверхні зразків запропоновано методику визначення товщини фарбового шару металографічного друку R_{\max}^{int} , яка полягає у встановленні різниці між середнім значенням найбільших висот нерівностей профілю задрукованих штрихів

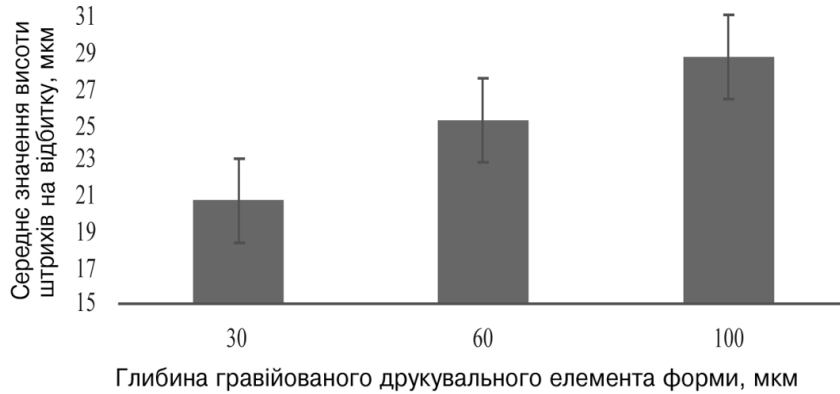
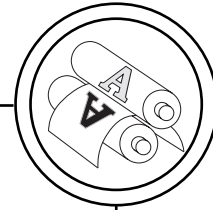
R_{\max}^{ink} і середнім значенням найбільших висот нерівностей профілю пробільних елементів R_{\max}^{space} :

$$R_{\max}^{\text{int}} = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n \sum_{l_1=1}^m R_{\max ij l_1}^{\text{ink}} - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n \sum_{l_2=1}^m R_{\max ij l_2}^{\text{space}}}{k \cdot n \cdot m},$$

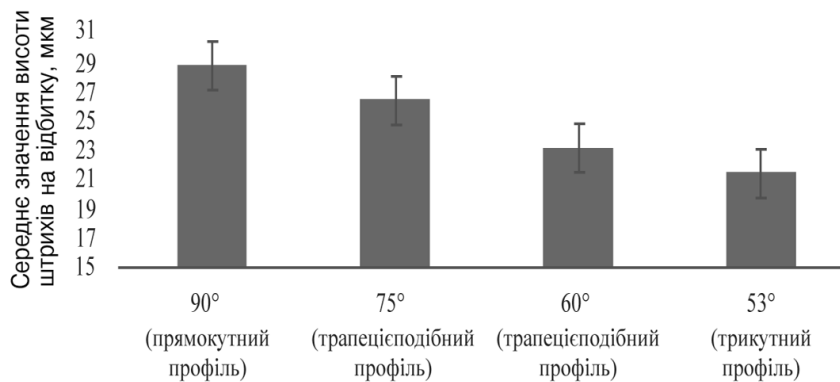
де i — кількість дослідних зразків у групі ($i = 1..k$), j — кількість зон контролю на i -ій банкноті ($j = 1..n$), l_1 — кількість штрихів у j -ій зоні контролю ($l_1 = 1..m$), l_2 — кількість пробільних елементів у j -ій зоні контролю ($l_2 = 1..m$).

Експериментальним шляхом встановлено, що найбільш дієвим засобом регулювання товщини фарбового шару на відбитку можна вважати геометрію друкарської форми, насамперед, глибину друкувальних елементів та вид їх профілю (поперечного перерізу).

На рис. 2, а відображені середні значення висоти штрихів



а



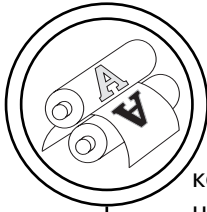
б

Рис. 2. Товщина фарбового шару на відбитках металографічного друку залежно від: а — глибини комірки друкарської форми, б — кута нахилу бічних граней гравійованих штрихів (виду профілю) друкарської форми (глибина друкувальних елементів 100 мкм)

дослідних зразків, виготовлених із використанням модельної друкарської форми із однаковою шириною комірки (150 мкм) та різною глибиною комірки (30 мкм, 60 мкм та 100 мкм) при нормальному тиску в друкарській парі та швидкості 8 тис. відб./год., на рис. 2, б — середні значення висоти штрихів дослідних зразків, виготовлених

із використанням модельної друкарської форми, геометричні параметри друкувальних елементів якої різняться тільки кутом нахилу бічних стінок (90°, 75°, 60° та 53°), при нормальному тиску в друкарській парі та швидкості 8 тис. відб./год.

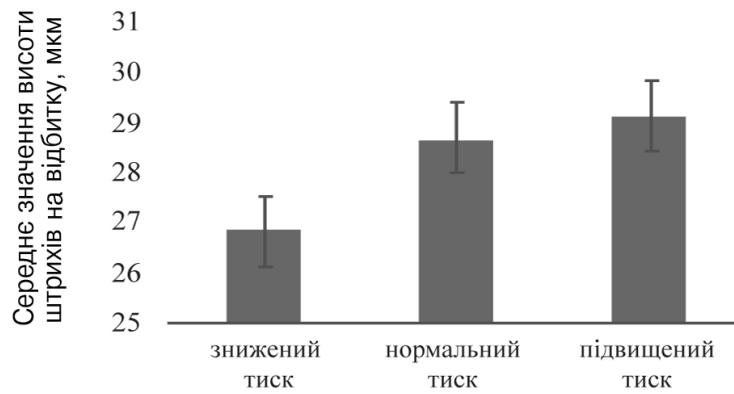
Очевидно, що найбільшій висоті віддруковані штрихи досягають при використанні



ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

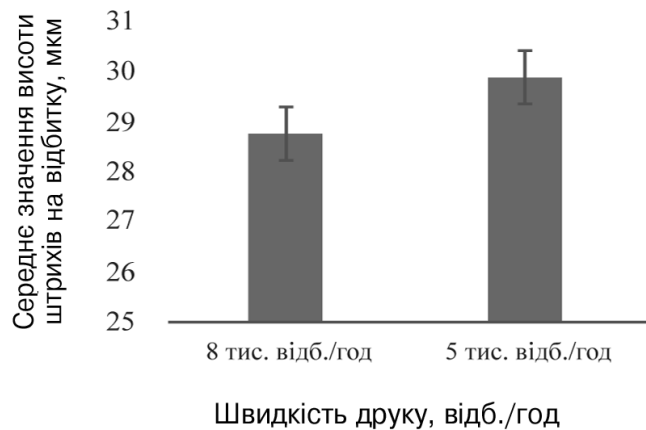
комірок друкарської форми із найбільшою глибиною гравіювання. Проте важливим є те, що середня висота штрихів зразків, віддрукованих друкарською формою із глибиною гравіювання 100 мкм складає 28,68 мкм і незначно перевищує середню висоту штрихів зразків банкнот, що віддруко-

вані друкарською формою із глибиною гравіювання 60 мкм, яка в свою чергу дорівнює 25,26 мкм. Причиною цього може бути або часткове заповнення фарбою друкарських елементів форми, або часткове перенесення фарби із друкарських елементів форми фарби на задрукований матеріал. Ос-



Відносне значення тиску у друкарському контакті

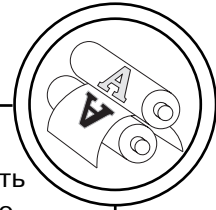
а



Швидкість друку, відб./год

б

Рис. 3. Товщина фарбового шару на відбитках металографічного друку залежно від технологічних параметрів друкування: а — відносного значення тиску у друкарському контакті при однаковій швидкості (8 тис. відб./год.); б — швидкості друку при нормальному тиску



танне можна пояснити виникненням капілярного ефекту, який полягає в тому, що при приблизній рівності ширини штрихового елемента форми із його висотою, друкарський елемент можна розглядати як капіляр. Чим він довший при незмінній ширині, тим більше в ньому залишається фарби, і відповідно менше її переходить на відбиток [5]. Тому необхідна чітка кореляція глибини із шириною друкувального елемента форми для формування фарбового шару певної товщини та, зважаючи на отримані результати, для прогнозування енергоефективності використаної технології.

Із рис. 2, б видно, що при куті нахилу бічних граней гравійованих штрихів друкарської форми 90° середнє значення висоти віддрукованих штрихів сягає приблизно 28,95 мкм, тоді як при куті 53° дане значення складає приблизно 21,37 мкм. Це свідчить, що збільшення кута нахилу бічних граней гравійованих штрихів друкарської форми призводить до отримання більших значень висоти штрихів. Дана залежність може бути пояснена дією сил у друкарському контактї на бічні грані друкувальних елементів.

Значення кута нахилу бічних граней гравійованих елементів також впливає на показники фарбосприйняття та фарбовіддачі друкарської форми, що є одним із важливих факторів впливу на формування фарбового шару на відбитку в металографічному друці.

Дані показники також залежать від шорсткості (гладкості) пробільних та друкувальних елементів форми, реологічних властивостей застосованих фарб.

При формуванні фарбового шару в металографічному друці особливу роль варто виділити тиску в друкарському контактї (рис. 3, а), що є однією з необхідних умов створення щільного контакту між друкарською формою та матеріалом, що задруковується, та швидкості друкування (рис. 3, б).

Таким чином, експериментальним шляхом встановлено, що збільшення тиску між формним та друкарським циліндрами призводить до більшої товщини шару фарби на відбитку, що пояснюється вигладжуванням поверхні задрукованого матеріалу та більшої фарбовіддачі друкарської форми. Проте слід звернути увагу, що надмірне збільшення тиску має негативні наслідки, такі як відбивання декаля на зворотній стороні задрукованого матеріалу та зниження тиражестійкості друкарської форми, що зрештою призводить до погіршення якості відбитка.

Рис. 3, б відображає, що середнє значення товщини фарбового шару зростає від 28,68 мкм до 29,68 мкм зі зменшенням швидкості друку від 8 тис. відб./год. до 5 тис. відб./год. Збільшення швидкості друку і, відповідно, зменшення часу контакту друкарської форми із задрукованим матеріалом, призводить до

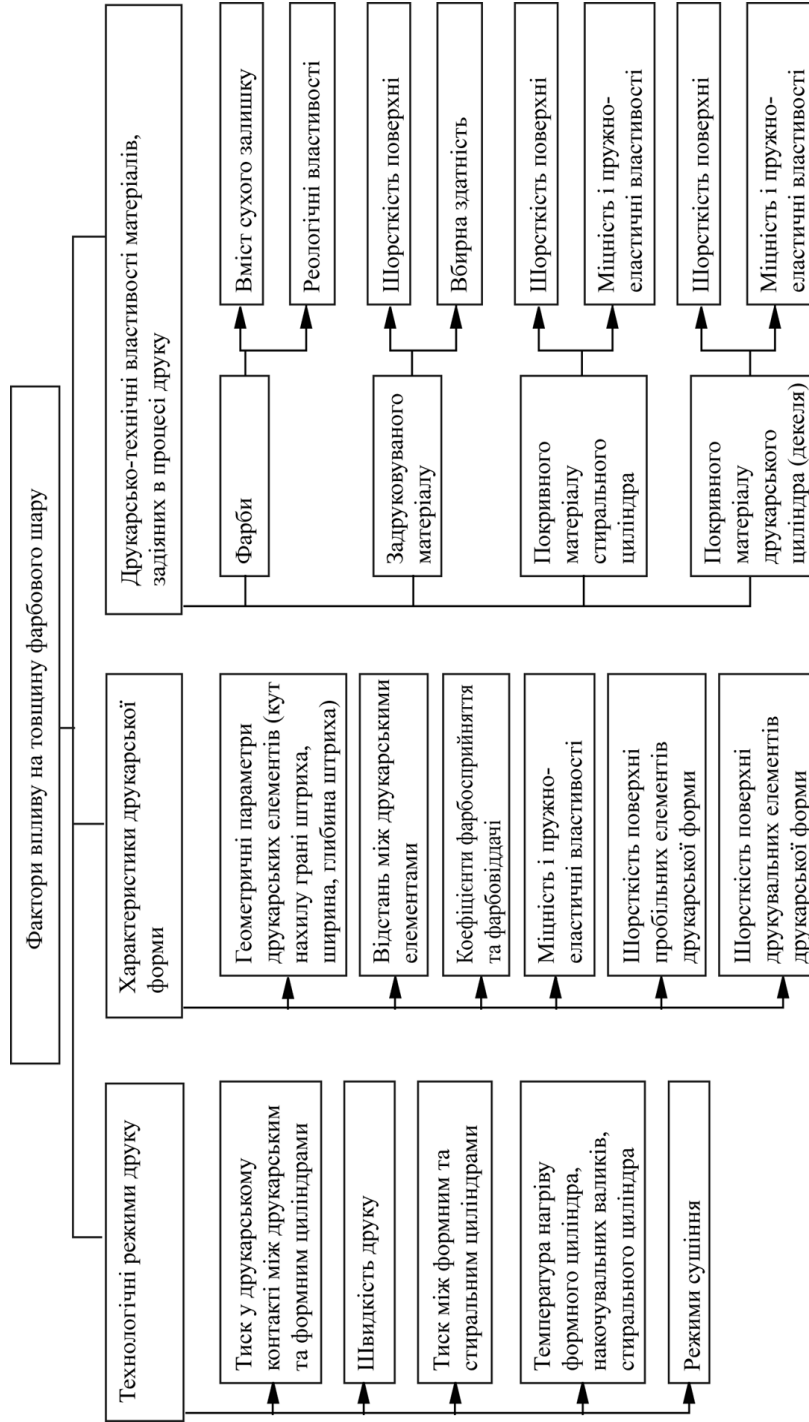
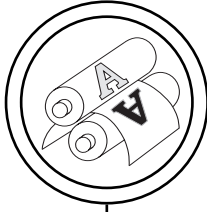
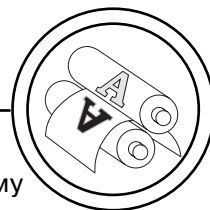


Рис. 4. Класифікація факторів впливу на товщину фарбового шару металографічного друку



зниження фарбовіддачі друкарських елементів форми, тим самим зменшуючи товщину фарбового шару на відбитку.

Технологічний процес металографічного друку передбачає вилучення фарби з пробільних елементів за допомогою стирального циліндра, що обертається у зустрічному напрямі до руху формного циліндра. При збільшенні відстані між циліндрами (зменшенні тиску) збільшується ймовірність потрапляння фарби на пробільні елементи, проте надмірне зменшення відстані (збільшення тиску між циліндрами) призводить до надмірного стирання шару фарби в комірках форми, тим самим зменшуючи товщину фарбового шару на відбитку.

Кількісно частку фарби, що перейшла на відбиток, характеризує коефіцієнт перенесення, який може збільшуватись за рахунок зменшення в'язкості та збільшення текучості фарб, що при металографічному друці досягається підігрівом формного циліндра (до 82° С). У зв'язку з такими особливостями формування фарбового шару при металографічному друці до фарб ставлять низку вимог, таких як: контрольоване зниження в'язкості фарби під час друку, здатність фарби до повного стирання з пробільних елементів, високі показники швидкості закріплення.

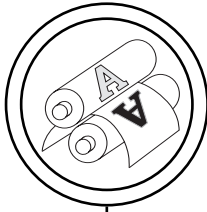
Для урахування всіх факторів впливу на товщину фарбового

шару при металографічному друці їх було узагальнено та класифіковано (рис. 4).

Висновки

Дослідження впливу технологічних параметрів металографічного друку на якість відтворених штрихів дало можливість узагальнити фактори впливу на товщину фарбового шару в металографічному друці. Визначено, що найбільш дієвими засобами регулювання товщини фарбового шару на відбитку можна вважати геометрію друкарської форми (насамперед, глибину комірки та тип профілю комірки), технологічні режими друку (насамперед, тиск друкарського контакту та швидкість друкування) та властивості матеріалів, задіяних у процесі друку (насамперед, друкарської фарби).

Експериментально встановлено, що найбільшого приросту товщини фарбового шару можна досягти за рахунок збільшення глибини гравійованих елементів друкарської форми. Проте необхідно дотримуватися чіткої кореляції глибини друкувальних елементів із їх шириною для запобігання утворення капілярного ефекту у гравійованих штрихах, який, у свою чергу, погіршує фарбовіддачу, тим самим зменшуючи товщину фарбового шару на відбитку, що в результаті має вплив на енергоефективність використаної технології.



Список використаної літератури

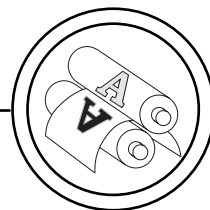
1. Kyrychok T. The influence of pressure during intaglio printing on banknotes durability / T. Kyrychok, P. Kyrychok, S. Havenko, E. Kibirkštis, V. Miliūnas // *Mechanika*. — Vol. 20 (3). — 2014. — P. 327–331.
2. Киричок П. О. Захист цінних паперів та документів суворого обліку [Текст] : моногр. / П. О. Киричок, Ю. М. Коростіль, А. В. Шевчук. — К. : НТУУ «КПІ», 2008. — 368 с.
3. Киричок Т. Ю. Зносостійкість банкотної продукції : монографія / Т. Ю. Киричок. — К. : НТУУ «КПІ», 2014. — С. 174–175.
4. Киричок Т. Ю. Методологія дослідження якості штрихів металографічного друку за допомогою профілографування поверхні відбитків / Т. Ю. Киричок, О. В. Гуца, Є. Г. Сухіна, М. В. Пінчук // *Технологія і техніка друкарства*. — 2015. — Вип. 2. — С. 4–14. — Режим доступу : <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/47125>.
5. Маїк В. З. Аналіз впливу технологічних факторів на якість рельєфних зображень на відбитках трафаретного друку / В. З. Маїк, М. С. Харів // *Квалілогія книги*. — 2014. — № 1. — С. 17–21. — Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Kk_2014_1_5.pdf.

References

1. Kyrychok T. The influence of pressure during intaglio printing on banknotes durability / T. Kyrychok, P. Kyrychok, S. Havenko, E. Kibirkštis, V. Miliūnas // *Mechanika*. — Vol. 20 (3). — 2014. — P. 327–331.
2. Kyrychok P. O. Zakhyst tsinnykh paperiv ta dokumentiv suvoroho obliku [Tekst] : monohr. / P. O. Kyrychok, Iu. M. Korostil, A. V. Shevchuk. — K. : NTUU «KPI», 2008. — 368 s.
3. Kyrychok T. Iu. Znosostiikist banknotnoi produktsii : monohrafiia / T. Iu. Kyrychok. — K. : NTUU «KPI», 2014. — S. 174–175.
4. Kyrychok T. Iu. Metodolohiia doslidzhennia yakosti shtrykhiv metalohrafichnoho druku za dopomohoiu profilohrafuvannia poverkhni vidbytkiv / T. Iu. Kyrychok, O. V. Hushcha, Ie. H. Sukhina, M. V. Pinchuk // *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*. — 2015. — Vyp. 2. — S. 4–14. — Rezhym dostupu : <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/47125>.
5. Maik V. Z. Analiz vplyvu tekhnolohichnykh faktoriv na yakist reliefnykh zobrazhen na vidbytkakh trafaretneho druku / V. Z. Maik, M. S. Khariv // *Kvalilohiia knyhy*. — 2014. — № 1. — S. 17–21. — Rezhym dostupu : http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Kk_2014_1_5.pdf.

Осуществлен анализ технологических факторов, которые влияют на формирование необходимой толщины красочного слоя на отпечатках металлографической печати, путем экспериментального исследования и анализа научной литературы в области.

Ключевые слова: металлографская печать; толщина красочного слоя; банкноты; геометрия печатной формы; параметры печатного процесса.



The analysis of technological factors that have the influence on the formation of the intaglio printing ink layer thickness was done by experimental researching and analysing of scientific literature in the field.

Keywords: intaglio printing; ink layer thickness; banknotes; printing plate geometry parameters; printing process parameters.

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

Надійшла до редакції 28.12.15