УДК 655.3.066.364

МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ БАНКНОТНОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ЕТАПІ ОФСЕТНОГО ДРУКУ

Т. Ю. Киричок, Н. Л. Талімонова, Т. Є. Клименко

НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського»,
пр. Перемоги, 37, Київ, 03056, Україна

Розроблено концептуальну ієрархічну модель формування якості банкнотної продукції на етапі офсетного друку, в якій виділено критерії якості, що підлягають автоматизованому контролю під час вихідного контролю готової продукції та контролю зношеності.

Ключові слова: *банкнота, офсетний друк, контроль якості, контроль зношеності, критерії якості, метод аналізу ієрархій.*

Постановка проблеми. Національну валюту будь-якої держави світу потрібно виготовляти централізовано, під суворим контролем та зі спеціальними засобами захисту. Технології захисту банкнот невпинно розвиваються, створюється та впроваджується у виробництво велика кількість новітніх технологій, спрямованих на підвищення рівня захищеності продукції [1].

Високий рівень захисту від фальсифікації досягається комплексним поєднанням технологічних особливостей друку, використовуваних матеріалів та елементів захисту, що створені на етапі дизайну [2, 3].

Для друку банкнот української гривні застосовують такі способи друку: офсетний (зі зволоженням та без), інтагліо, високий друк (нумерація), трафаретний (для номіналів 100 грн зразка 2014 року та 500 грн зразка 2015 року).

Більша частина площі банкноти задруковується орловським способом друку. Саме ним друкують тонкі гільошні лінії, до точності відтворення яких висувають жорсткі вимоги. Орловський друк — спосіб отримання багатоколірних зображень (ліній, гільйошів тощо) з єдиної друкарської форми, за якого на відбитках є перехід одного кольору в інший з чіткою межею суміжних кольорів. Під час орловського друку багатоколірне зображення, отримане спочатку на збірному циліндрі, переноситься на друкарську форму (форму високого друку), а потім передається на другий офсетний циліндр. Оскільки друкарська форма єдина, у відбитках орловського друку ніколи не спостерігається зсувів ділянок різного кольору один відносно одного. Крім того, орловський друк має особливості, притаманні високому способу друку, — сліди витискування фарби на краях друкувальних елементів.

Головна особливість і оригінальність орловського друку полягає в тому, що під час відтворення на відбитку багатоколірного оригіналу досягається абсолютно точне приведення елементів зображення, що друкуються різними за кольором

фарбами, що неможливо при друкуванні звичайним офсетним та іншими способами друку [4].

Поряд з питаннями, пов'язаними із забезпеченням якості та захищеності банкнот, існує проблема їх автоматизованого сортування, зокрема, необґрунтоване повернення в обіг зношених банкнот та вилучення з обігу придатних банкнот через помилкове оцінювання їх стану як зношених. До причин необ'єктивного аналізу зношеності банкнот можна віднести неідентичні умови оцінювання певних характеристик виробу під час розробки специфікації та в процесі автоматизованого сортування, неврахування можливих розбіжностей друкарських та колірних характеристик паперу з різних партій, що може призводити до відмінних показників колірності друку, неврахування структурних особливостей паперу на ділянці водяного знака, де може спостерігатись різна глибина проникнення фарби, унаслідок чого можлива зміна колірності звороту через перебивання фарби [1, 5].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У працях українських [6–12] та зарубіжних [13–19] вчених наведено та проаналізовано перелік параметрів і факторів, що впливають на процес офсетного друку та забезпечують необхідні критерії якості. Дослідження і розробки, спрямовані на забезпечення якісного поліграфічного відтворення, захисту від фальсифікації та зносостійкості банкнотної продукції, проводять багато дослідників.

У праці [20] представлено ієрархічну модель, глобальною метою якої є якісна банкнота на всіх етапах її життєвого циклу — від виготовлення до знищення, якість банкнотної продукції визначається кількома групами показників: захищеністю, зносостійкістю, розпізнаваністю населенням, машиночитаністю, естетичною прийнятністю, технологічністю та безпечністю. У дослідженні [21] створено ієрархічну модель формування якості відбитків металографічного друку, сформовану двома рівнями — показниками якості та факторами формування цих показників із зазначенням коефіцієнтів вагомості факторів впливу на кінцеву якість продукції. У праці [22] для визначення системи забезпечення якості банкнотної продукції розроблено ієрархічну модель формування якості виробництва банкнот, яка визначає показники якості, фактори цілеспрямованого впливу на них та дає змогу встановити оптимальні засоби формування якості банкнот; модель формування якості офсетного друку банкнот, в якій виділено критерії якості офсетного друку та встановлено виробничі заходи для забезпечення відповідного рівня якості.

У наведених працях питанню якості банкнот приділено багато уваги, зазначені критерії якості достатньо деталізовані, але не враховано складових процесу автоматизованого сортування, що є важливим, оскільки показники якості банкнотної продукції мають вирішальне значення в процесі сортування та контролю зношеності. Крім того, потребують систематизації критерії якості офсетного друку з урахуванням розвитку технологій виробництва захищеної продукції.

Мета статті — розробити концептуальну ієрархічну модель формування якості банкнотної продукції на етапі офсетного друку; систематизувати критерії якості офсетного друку з урахуванням розвитку технологій виробництва захищеної про-

дукції; виділити критерії якості, що підлягають автоматизованому контролю під час вихідного контролю готової продукції та контролю зношеності.

Виклад основного матеріалу дослідження. На основі підходів методу аналізу ієрархій [23–25] створено концептупльну ієрархічну модель забезпечення якості банкнотної продукції на етапі офсетного друку з урахуванням автоматизованого сортування (рис. 1).

Глобальною метою ієрархії є якість офсетного друку. Модель містить три рівні — критерії якості, дії акторів та актори.

Найвищий рівень ієрархії містить критерії якості, до яких належать: чіткість та повнота продруковування, що передбачає рівномірне нанесення фарби, відповідну товщину ліній, продруковування на ділянці водяного знаку, відсутність тініння і фарбових плям; відповідність оптичних та колірних характеристик затвердженому зразку банкноти; належна якість орловського офсетного друку, що передбачає відсутність перекосів та розривів штрихів, чітку межу суміжних кольорів, відсутність накладання одного кольору на інший; забезпечення точності контролю зношеності банкнот з урахуванням явища перебивання фарби на зворот. Точність контролю зношеності полягає у недопущенні вилучення з обігу придатних банкнот та помилкове повернення в обіг непридатних.

Відповідно до розробленої узагальненої ієрархічної моделі забезпечення якості банкнотної продукції вказані критерії якості забезпечуються діями, котрі гарантують певний рівень відповідності банкноти критеріям якості. Такими діями є організація технологічного процесу, керування технологічним процесом друку та контролю зношеності банкнот. Обґрунтовано вважаємо, що організація технологічного процесу виробництва захищеної продукції відповідає встановленим вимогам, здійснення контролю якості відбувається як оперативним, так і післяопераційним етапом, забезпечення належного клімату у виробничих і складських приміщеннях, діє система управління якістю (ISO 9001), персонал має високу кваліфікацію, досвід роботи та забезпечені належні умови праці. Технологічний процес контролю зношеності передбачає встановлення норм показників зношеності, налаштування сортувального обладнання через введення допустимих норм відхилення колірних та оптичних характеристик.

Найнижчим рівнем ієрархічної моделі є рівень акторів, що беруть участь у виготовленні на певних етапах життєвого циклу банкнот. Такими акторами є використовувані матеріали, обладнання, персонал, та система управління якістю. Відповідно до встановлених меж затверджених специфікацій, матеріали (папір, фарба, друкарські форми, витратні матеріали, зволожувальні розчини, офсетні полотнища) можуть мати певні відхилення, що впливає на якість офсетного друку. Також на якість офсетного друку впливають певні відхилення під час налаштування обладнання (друкарська машина, обладнання післяопераційного контролю, додаткове обладнання).

Треба зазначити, що кожен із критеріїв якості може бути глобальною метою ієрархічної моделі забезпечення цього критерію [20]. Альтернативами можуть бути елементи нижчих рівнів.

Застосування концептуальної ієрархічної моделі забезпечення якості банкнотної продукції на етапі офсетного друку з урахуванням автоматизованого сортування дає змогу з метою забезпечення відповідності якості банкнот визначеним критеріям зробити ґрунтовний аналіз причинно-наслідкових явищ.

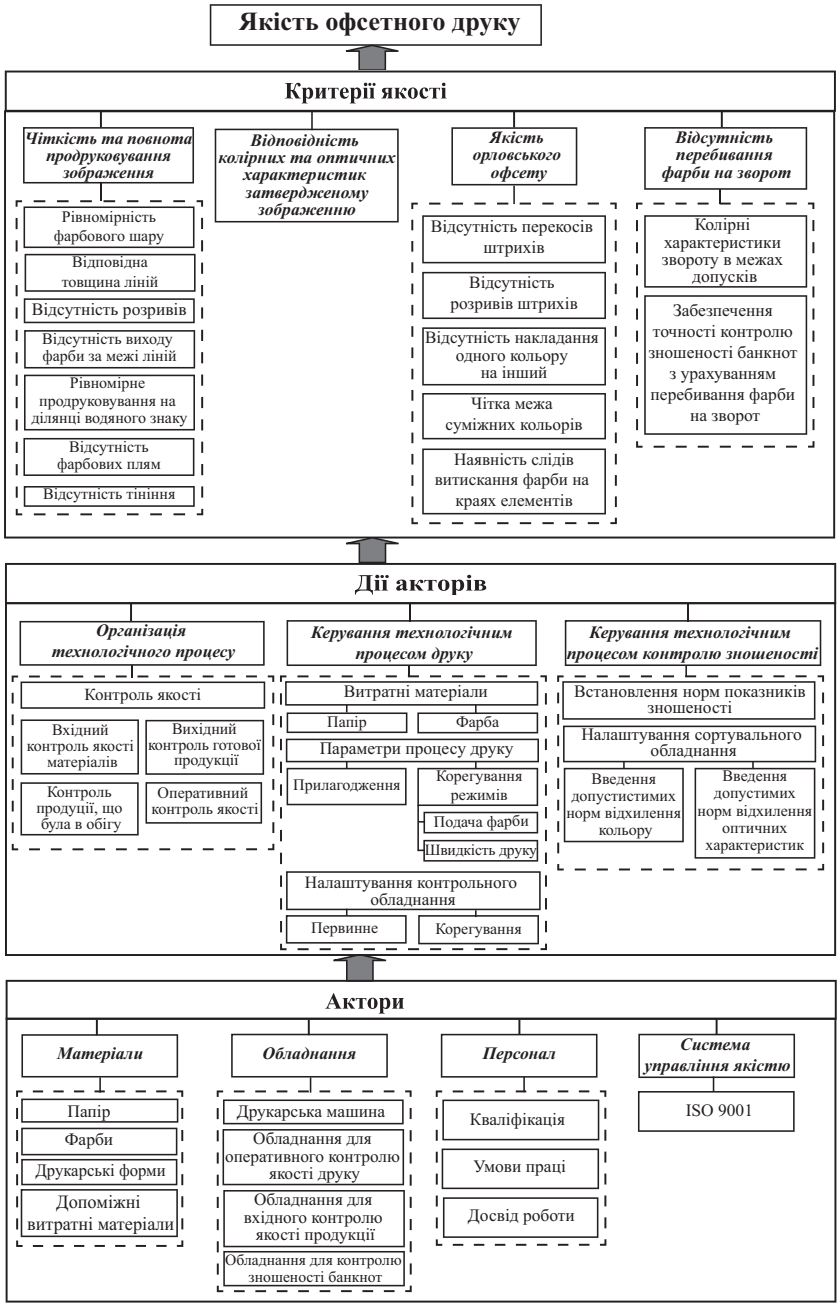

Рис. 1. Концептуальна ієрархічна модель формування якості офсетного друку банкнот з урахуванням автоматизованого сортування

Висновки. Створено концептуальну ієрархічну модель формування якості офсетного друку з урахуванням автоматизованого сортування, що дає змогу забезпечити точність контролю зношеності банкнот і можливість керування цим процесом через встановлення допустимих норм показників зношеності та налаштування сортувального обладнання. Також систематизовано критерії якості офсетного друку з урахуванням розвитку технологій виробництва захищеної продукції.

У пропонованій моделі виділено критерії якості, що підлягають автоматизованому контролю під час вихідного контролю готової продукції та контролю зношеності, що дає змогу цілеспрямовано встановлювати напрями забезпечення якості офсетного друку, здійснювати вхідний контроль матеріалів, вихідний контроль готової продукції та корегувати процес контролю зношеності банкнот.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Киричок Т. Ю. Зносостійкість банкнотної продукції. Київ : НТУУ «КПІ», 2014. 308 с.
2. de Heij H. A. M. Banknote design for retailers and public. *DNB Occasional Studies*. 2010. Vol. 8/No.4. De Nederlandsche Bank NV, Amsterdam. 255 p.
3. de Heij H. A. M. Attractive banknotes. Keesing J. of Documents & Identity. 2004. Issue 9. Pp. 20–25.
4. Киричок Т. Ю., Нестеренко В. М. Аналіз за методом «вартість-ефективність» застосування технології орловського офсетного друку для виготовлення української гривні : зб. наук. праць. *Наукові записки [Української академії друкарства]*. 2012. № 4 (41). С. 148–156.
5. Киричок Т. Ю. Аналіз напрямків підвищення зносостійкості банкнот. *Технологія і техніка друкарства*. 2014. № 3 (45). С. 4–19.
6. Дурняк Б. В., Піх І. В., Семенівський В. М. Системний аналіз та оптимізація параметрів книжкових видань : монографія. Львів : УАД, 2006. 197 с.
7. Гавенко С., Корнілов І., Ничка В. Системний аналіз і методи керування якістю друкованої продукції : навч. посіб. Ужгород, 1996.
8. Гавенко С. Ф., Мельников О. В. Оцінка якості поліграфічної продукції / за ред. Е. Т. Лазаренка. Львів, 2000.
9. Мельников О. В. Технологія плоского офсетного друку : підруч., 2-е вид., випр. Львів : Українська академія друкарства, 2007. 388 с.
10. Піх І. В. Параметричне прогнозування якості друкованої продукції. *Кваліологія книги.* 2003. Вип. 6. С. 200–213.
11. Сеньківська Н. Є., Мельников О. В., Сеньківський В. М. Ієрархія факторів друкарського процесу (на прикладі плоского офсетного друку). *Поліграфія і видавнича справа.* 2011. № 1 (53). С. 152–158.
12. Сеньківська Н. Є. Синтез моделі факторів прогнозування якості процесу друкування (на прикладі плоского офсетного друку). *Кваліологія книги.* 2011. Вип. № 1 (19). С. 46–52.
13. Truman A. B., Hudson F. The rheological behavior of paper and ink in the offset printing process. *Pulp and Paper Magazine of Canada.* N 6, 1962. P. T299–T306.
14. Александров Д. Современные средства повышения качества офсетной печати. Санкт-Петербург : Текст, 1998. 76 с.

15. Ромейков И. В., Владимиров А. В. Графические искажения на оттисках офсетной печати. *Научные тр. по печ. процессам.* 1975. Ч. II. С. 44–48.
16. Kajanto I. M. Effect of formation on print quality: Interdependence between local grammage and print density. Paper presented at 24-th EUCEPA Conference 1990; Print held 8-11 1990 may at Sweden, Stockholm. Pp. 381–396.
17. Mettanen M. Aligned analysis of surface topography and printed dot pattern maps / M. Mettanen, M. Lauri, H. Ihalainen, P. Kumpulainen. Pros. Papermaking Research Symposium. Kuopio, Finland, June 2009.
18. Fuping Liu, Wei Shen. Forced wetting and dewetting of liquids on solid surfaces and their roles in offset printing. *Colloids and Surfaces A: Physi-cochemical and Engineering Aspects.* Volume 316. Issues 1–3. 5 March 2008. Pp. 62–69.
19. Wettability of model fountain solutions: The influence on topo-chemical and -physical properties of offset paper / C.-M. Tag, M. Pykonen, J.B. Rosenholm, K. Backfol. *Journal of Colloid and Interface Science.* 330. 2009. Pp. 428–436.
20. Киричок Т. Ю. Наукові основи забезпечення зносостійкості банкнотної продукції : автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.05.01. Львів, 2014. 45 с.
21. Технологічне забезпечення якості банкнот під час металографічного друку : автореф. дис. к-та техн. наук: 05.05.01 / Коротенко О. В.; НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського. Київ, 2018. 22 с.
22. Киричок Т. Ю., Клименко Т. Є. Система забезпечення якості офсетного друку. *Технологія і техніка друкарства.* 2015. № 1. С. 18–23.
23. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. Москва : Радио и связь, 1991. 224 с.
24. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Москва : Радио и связь, 1993. 315 с.
25. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. Москва : Изд-во ЛКИ, 2008. 360 с.

REFERENCES

1. Kyrychok, T. Yu. (2014). Znosostiikist banknotnoi produktsii. Kyiv : NTUU «KPI» (in Ukrainian).
2. de Heij, H. A. M. (2010). Banknote design for retailers and public: DNB Occasional Studies. 2010. Vol. 8/No.4. De Nederlandsche Bank NV, Amsterdam. 255 p. (in English).
3. de Heij, H. A. M. (2004). Attractive banknotes. Keesing J. of Documents & Identity. 2004. Issue 9. Pp. 20–25 (in English).
4. Kyrychok, T. Yu., & Nesterenko, V. M. (2012). Analiz za metodom «vartist-efektyvnist» zastosuvannia tekhnolohii orlovskoho ofsetnoho druku dlia vyhotovlennia ukrainskoi hryvni: Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva], 4 (41), 148–156 (in Ukrainian).
5. Kyrychok, T. Yu. (2014). Analiz napriamkiv pidvyshchennia znosostiikosti banknot: Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva, 3 (45), 4–19 (in Ukrainian).
6. Durniak, B. V., Pikh, I. V., & Semenivskyi, V. M. (2006). Systemnyi analiz ta optymizatsiia parametriv knyzhkovykh vydan : monohrafiia. Lviv : UAD (in Ukrainian).
7. Havenko, S., Kornilov, I., & Nychka, V. (1996). Systemnyi analiz i metody keruvannia yakistiu drukovanoi produktsii. Uzhhorod (in Ukrainian).

8. Havenko, S. F., & Melnykov, O. V. (2000). Otsinka yakosti polihrafichnoi produktsii. Lviv (in Ukrainian).
9. Melnykov, O. V. (2007). Tekhnolohiia ploskoho ofsetnoho druku. Lviv : Ukrainska akademiia drukarstva (in Ukrainian).
10. Pikh, I. V. (2003). Parametrychne prohnozuvannia yakosti drukovanoi produktsii: Kvalilohiia knyhy, 6, 200–213 (in Ukrainian).
11. Senkivska, N. Ye., Melnykov, O. V., & Senkivskyi, V. M. (2011). Iierarkhiia faktoriv drukarskoho protsesu (na prykladi ploskoho ofsetnoho druku): Polihrafiia i vydavnycha sprava, 1 (53), 152–158 (in Ukrainian).
12. Senkivska, N. Ye. (2011). Syntez modeli faktoriv prohnozuvannia yakosti protsesu drukuvannia (na prykladi ploskoho ofsetnoho druku): Kvalilohiia knyhy, 1 (19), 46–52 (in Ukrainian).
13. Truman, A. B., & Hudson, F. (1962). The rheological behavior of paper and ink in the offset print-ing process: Pulp and Paper Magazine of Canada, 6, T299–T306 (in English).
14. Aleksandrov, D. (1998). Sovremennye sredstva povysheniia kachestva ofsetnoi pechati. Sankt-Peterburg : Tekst (in Russian).
15. Romeikov, I. V., & Vladimirov, A. V. (1975). Graficheskie iskazheniia na ottiskakh ofsetnoi pechati: Nauchnye tr. po pech. Protcessam, II, 44–48 (in Russian).
16. Kajanto, I. M. Effect of formation on print quality: Interdependence between local grammage and print density. Paper presented at 24-th EUCEPA Conference 1990; Print held 8-11 1990 may at Sweden, Stockholm. Pp. 381–396 (in English).
17. Mettanen M. Aligned analysis of surface topography and printed dot pattern maps / M. Mettanen, M. Lauri, H. Ihalainen, P. Kumpulainen. Pros. Papermaking Research Symposium. Kuopio, Finland, June 2009 (in English).
18. Fuping, Liu, & Wei, Shen. (2008). Forced wetting and dewetting of liquids on solid surfaces and their roles in offset printing: Colloids and Surfaces A: Physi-cochemical and Engineering Aspects, 316, 1–3. 5, 62–69 (in English).
19. Tag, C.-M., Pykonen, M., Rosenholm, J. B., & Backfol, K. (2009). Wettability of model fountain solutions: The influence on topo-chemical and -physical properties of offset paper: Journal of Colloid and Interface Science, 330, 428–436 (in English).
20. Kyrychok, T. Yu. Naukovi osnovy zabezpechennia znosostiikosti banknotnoi produktsii : avtoref. dys. d-ra tekhn. nauk: 05.05.01. Lviv, 2014. 45 s. (in Ukrainian).
21. Tekhnolohichne zabezpechennia yakosti banknot pid chas metalohrafichnoho druku : avtoref. dys. k-ta tekhn. nauk: 05.05.01 / Korotenko O. V.; NTUU «KPI im. I. Sikorskoho. Kyiv, 2018. 22 s. (in Ukrainian).
22. Kyrychok, T. Yu., & Klymenko, T. Ye. (2015). Systema zabezpechennia yakosti ofsetnoho druku: Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva, 1, 18–23 (in Ukrainian).
23. Saati, T., & Kerns, K. (1991). Analiticheskoe planirovanie. Organizatciia sistem. Moskva : Radio i sviaz (in Russian).
24. Saati, T. (1993). Priniatie reshenii. Metod analiza ierarkhii. Moskva : Radio i sviaz (in Russian).
25. Saati, T. L. (2008). Priniatie reshenii pri zavisimostiakh i obratnykh sviaziakh: Analiticheskie seti. Moskva : Izd-vo LKI (in Russian).

doi: 10.32403/0554-4866-2018-1-75-11-18

MODEL OF FORMATION OF QUALITY OF BANKNOTE PRODUCTION ON THE OFFSET PRINTING STAGE

T. Yu. Kyrychok, N. L. Talimonova, T. Ye. Klymenko

NTUU «KPI named after I. Sikorskyi»,
37, Peremoha Ave., Kyiv, 03056, Ukraine
t_kyrychok@ukr.net

A conceptual hierarchical model for the formation of the quality of banknote production at the offset printing stage has been developed, in which the quality criteria that are subject to automated control during the initial control of finished products and the control of wear and tear have been highlighted.

The use of a conceptual hierarchical model for ensuring the quality of banknote production at the stage of offset printing, taking into account automated sorting, enables to make a thorough analysis of causative phenomena in order to ensure the conformity of the quality of banknotes with certain criteria.

A conceptual hierarchical model for forming the quality of offset printing based on automated sorting has been created, which enables to ensure the accuracy of the control of banknotes wear and the ability to control this process by establishing the acceptable standards of wear indicators and adjusting the sorting equipment. The quality criteria of offset printing have also been systematized, taking into account the development of technologies for the production of protected products.

The suggested model sets forth the quality criteria that are subject to automated control during the initial control of finished products and the control of wear and tear, which makes it possible to purposefully establish the directions of quality assurance of offset printing, to carry out the input control of materials, the initial control of finished products and to adjust the process of control of banknotes wear.

Keywords: *banknote, offset printing, quality control, wear control, quality criteria, hierarchy analysis method.*

Стаття надійшла до редакції 16.01.2018.
Received 16.01.2018.