

© О. В. Коротенко, асистент,
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

МЕТОДОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ УЗАГАЛЬНЕНОГО ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ ВІДБИТКІВ МЕТАЛОГРАФІЧНОГО ДРУКУ

Розроблено методику визначення узагальненого показника якості відбитків металографічного друку на основі оцінювання групи запропонованих одиничних показників, що дозволяє підвищити об'єктивність оцінювання та виявляти закономірності впливу параметрів технологічного процесу на загальну якість відбитків. Суть методики полягає у виведенні узагальненого показника на основі переведення абсолютних значень показників у відносні і подальшого їх групування у профіль якості дослідного зразка. Такий профіль у подальшому порівнюється із профілем якості базового (еталонного) зразка й з урахуванням коефіцієнтів вагомості показників якості, що і дозволяє сформуванню узагальненого показника якості.

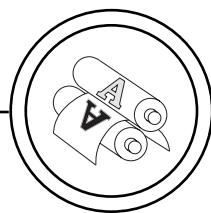
Ключові слова: металографічний друк; якість відбитків; методологія; профіль якості; узагальнений показник якості.

Постановка проблеми

Кількісну оцінку поняттю якості відбитків, отриманих методом металографічного друку, можна дати, використавши певні показники (характеристики) якості, які є основою цього поняття. Під показником якості відбитка розуміють набір властивостей (атрибутів) віддрукованої продукції, за яким її якість подають і оцінюють [1]. Оцінюючи якість, складають номенклатуру показників якості, які підлягають оцінюванню, і знаходять їх абсолютні значення. Загальною особливістю всіх цих відомих номенклатур показників якості є те, що всі вони мають багаторівневу ієрархічну структуру і показники

якості оцінюють, переходячи від нижнього рівня структури, який представлений одиничними показниками якості, до верхнього, який відображає узагальнений показник якості [2–4].

Серед великої кількості показників якості поліграфічної продукції, важливо виокремити ті, які характерні саме для металографічного друку. Специфічність утвореного зображення методом металографічного друку полягає у тому, що півтоновість отримується штриховими елементами різної ширини та різної товщини фарбового шару [5]. Тому у металографічному друці поняття графічної точності визначається збереженням ширини



штрихів, їх цілісності та чіткості країв, а поняття градаційної точності визначається рівномірністю передачі фарбового шару за товщиною, що відповідає заданим геометричним параметрам друкарської форми.

Найбільш характерним видом спотворень в металографічному друці являється утворення ореолу — фільтрування пігменту фарби за межі штриха, що визначається як показник шприцювання. Дане явище фахівці оцінюють неоднозначно — і як ознаку автентичності (захисну ознаку), і як брак [6]. Візуально дане явище може збільшувати ширину штрихів порівняно із шириною гравійованих елементів друкарської форми. Ці графічні спотворення значно знижують роздільну та видільну здатність методу, викликають градаційні і, як наслідок, оптичні спотворення при друкуванні. При відтворенні занадто тонких штрихів можливе непродрукування зображення.

Таким чином, металографічний друк може бути оцінений низкою показників, однак для об'єктивного оцінювання відбитків варто виділити основні та розробити методологію їх узагальнення — тобто виведення узагальненого показника якості на основі запропонованих одиничних показників якості.

Мета роботи

Розробити методологію визначення узагальненого показника якості відбитків металографічного друку.

Результати проведених досліджень

На основі аналізу технологічних особливостей металографічного друку [7–9] було визначено групу показників якості відбитків, за якими стає можливим оцінювати якість друкування загалом (рис. 1):

- товщина фарбового шару R_{int} ;
- ширина надрукованих штрихів W_{print} ;
- величина вертикального проникнення фарби P_{int} ;
- величина бічного (горизонтального) проникнення фарби R :

$$R = (R_{left} + R_{right})/2,$$

- де R_{left} та R_{right} — величини лівого та правого бічного проникнення;
- лівого та правого крайових кутів надрукованих штрихів θ_{left} та θ_{right} ;
 - коефіцієнт втрати товщини фарбового шару k_r ;
 - показник розтікання фарби k_w ;
 - показник шприцювання («вусатості») фарби N_n ;
 - відсоток тактильної дискримінації зразків T_d ;
 - візуальна оцінка зразків V_q .

Оцінюючи якість відбитків металографічного друку, знаходять абсолютні значення показників якості P_{dijk} , $i = \overline{1, l}$, $j = \overline{1, m}$,

$k = \overline{1, n}$. Сукупність значень показників якості створює профіль Π_d дослідного зразка. Рівень якості відбитка визначають, порівнюючи його профіль Π_d (сукупність оцінюваних показників якості) з профілем базового (еталонного) зразка [3] Π_b (сукупністю базових показників якості).



Однак у випадку визначення рівня якості відбитків металографічного друку у рамках дослідження реального базового (еталонного) відбитку не існує. У даному випадку профіль базового зразка формують найкращі значення із вибірки окремо взятих одиничних показників, які реально отримані на відбитках. Найкращими значеннями вважаються ті, які формують максимальний рівень якості відбитків у відношенні до певного показника [1, 10].

Отримавши значення показників якості досліджуваного і базового відбитка, на наступному етапі оцінки рівня якості знаходять відносні показники якості. Числові значення відносних досліджуваних показників якості встановлюються залежно від характеру їх впливу на якість продукції. За характером впливу відповідної властивості зразків на їх загальну якість одиничні показники якості поділено на дві групи:

— показники якості, збільшення значень яких забезпечує підвищення рівня якості відбитків (товщина фарбового шару, значення крайових кутів, візуальна оцінка, глибина проникнення, відсоток тактильної дискримінації);

— показники якості, збільшення значень яких призводить до зниження рівня якості відбитків (ширина надрукованих штрихів, показник розтікання надрукованих штрихів, показник шприцювання, коефіцієнт зменшення висоти штрихів) [3, 6].

У першій групі за базове значення показника якості продукції $P_{бijk}$ приймається найбільше значення із вибірки. При цьому відносні (і досліджувані, і базові) одиничні значення даного показника розраховуються як:

$$K_{ijk} = \frac{P_{дijk}}{P_{бijk}},$$

де $P_{бijk} = \max(P_{дijk})$.

У другій групі за базове значення показника якості продукції $P_{бijk}$ приймається найменше значення із вибірки. При цьому відносні (і досліджувані, і базові) одиничні значення даного показника розраховуються як:

$$K_{ijk} = \frac{P_{бijk}}{P_{дijk}},$$

де $P_{бijk} = \min(P_{дijk})$.

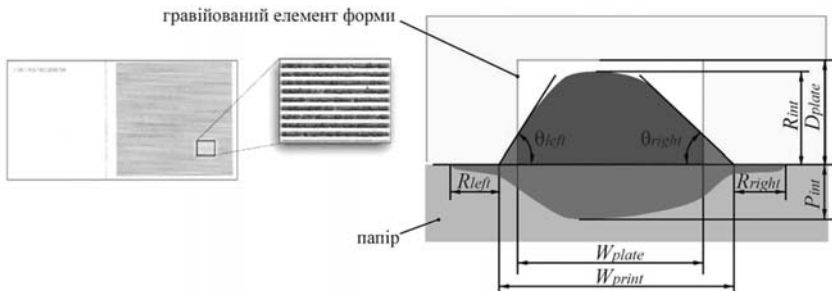
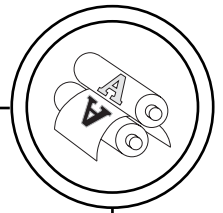


Рис. 1. Зовнішній вигляд дослідного зразка та група показників якості відбитків, що підлягають дослідженню



Однак враховується ситуація, за якої найменшим значенням із вибірки може бути 0. У такому випадку відносні (і досліджувані, і базові) одиничні значення даного показника розраховується як відхилення від найгіршого значення:

$$K_{ijk} = 1 - \frac{P_{дijk}}{P_{бijk}}$$

де $P_{бijk} = \max(P_{дijk})$.

Профілі якості можуть бути сформовані як із абсолютних одиничних показників якості продукції $P_{дijk}$, $i = \overline{1, l}$, $j = \overline{1, m}$, $k = \overline{1, n}$, тобто як

$$P_{P}\{P_{111}, P_{112}, \dots, P_{211}, \dots, P_{дijk}\},$$

так й із відносних одиничних показників якості продукції $K_{дijk}$,

$i = \overline{1, l}$, $j = \overline{1, m}$, $k = \overline{1, n}$, тобто як

$$P_{K}\{K_{111}, K_{112}, \dots, K_{211}, \dots, K_{дijk}\}.$$

Також профілі якості можуть бути сформовані груповими показниками якості $P_{P}\{P_{11}, P_{12}, \dots, P_{21}, \dots, P_{дij}\}$, $P_{K}\{K_{11}, K_{12}, \dots, K_{21}, \dots, K_{ij}\}$ та комплексними $P_{P}\{P_1, P_2, \dots, P_d\}$, $P_{K}\{K_1, K_2, \dots, K_i\}$. У такому випадку показники вищих рівнів формуються за рахунок об'єднання нижчих через середньозважену суму [3]:

групові:

$$P_{ij} = \sum_{k=1}^n P_{ijk} \cdot m_{ijk},$$

$$K_{ij} = \sum_{k=1}^n K_{ijk} \cdot m_{ijk};$$

комплексні:

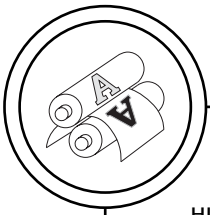
$$\begin{aligned} P_i &= \sum_{j=1}^m P_{ij} \cdot m_{ij} = \\ &= \sum_{j=1}^m m_{ij} \cdot \sum_{k=1}^n P_{ijk} \cdot \\ &\cdot m_{ijk}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_i &= \sum_{j=1}^m K_{ij} \cdot m_{ij} = \\ &= \sum_{j=1}^m m_{ij} \cdot \sum_{k=1}^n K_{ijk} \cdot \\ &\cdot m_{ijk}. \end{aligned}$$

Отже, у всіх випадках для підвищення рівня якості продукції досліджуване абсолютне значення показника якості $P_{дijk}$ повинно наближатися до базового абсолютного значення $P_{бijk}$, тобто досліджуване відносне значення $K_{дijk}$ має наближатися до одиниці ($K_{дijk} \Rightarrow 1$), а базове відносне значення $K_{бijk}$ завжди до-рівнює одиниці ($K_{бijk} = 1$).

При практичному оцінюванні профілі якості формуються відносними комплексними показниками якості із врахуванням коефіцієнтів їх вагомості m_i , m_{ij} , m_{ijk} :

$$\begin{aligned} \Pi_k &= \sum_{i=1}^l K_i \cdot m_i = \\ &= \sum_{i=1}^l m_i \sum_{j=1}^m K_{ij} \cdot m_{ij} = \\ &= \sum_{i=1}^l m_i \sum_{j=1}^m m_{ij} \sum_{k=1}^n K_{ijk} \cdot \\ &\cdot m_{ijk}. \end{aligned}$$



Визначення вагомості показників здійснено за допомогою експертного методу шляхом визначення абсолютних значень вагомих коефіцієнтів кожного показника залежно від його значущості. Вагомість показника різниться залежно від вищого групуючого показника. Тобто, один і той же показник може бути різним при розгляді його в контексті іншого показника.

При виведенні узагальненого показника якості та при класифікації зразків за певним показником профілі якості можуть формуватися як одиничними показниками, так і груповими та комплексними. Відповідно, у першому випадку вагові коефіцієнти показників (одиничних) визначаються по відношенню до узагальненого показ-

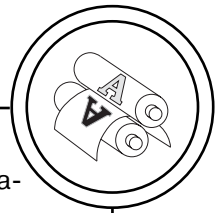
ника; у другому випадку вагові коефіцієнти групових показників якості визначаються у відношенні до комплексних показників, в які вони входять; у третьому випадку вагові коефіцієнти комплексних показників якості формуються у відношенні до узагальненого показника. Визначення коефіцієнтів вагомості здійснено експертами у галузі. У табл. наведено коефіцієнти вагомості для кожного показника, визначені експертами.

При цьому до експертів висувалася вимога оцінювати вагомість так, щоб не порушувати два основних правила присвоєння вагомих коефіцієнтів [3]:

1) ваговий коефіцієнт повинен мати числове значення в інтервалі від нуля до одиниці: $0 < m_i < 1,0 < m_{ij} < 1,0 < m_{ijk} < 1$;

Коефіцієнти вагомості показників якості відбитків металографічного друку

Якість відбитків, отриманих при металографічному друці											
Технологічність $m_1 = 0,5$						Захищеність $m_2 = 0,5$					
Графічна точність репродукування			Економічність			Графічна точність репродукування			Тактильність		
$m_{11} = 0,6$			$m_{12} = 0,4$			$m_{21} = 0,3$			$m_{22} = 0,7$		
$m_{111} = 0,1$	Товщина фарбового шару					$m_{211} = 0,1$	Товщина фарбового шару				
$m_{112} = 0,15$	Ширина надрукованих штрихів					$m_{212} = 0,2$	Ширина надрукованих штрихів				
$m_{113} = 0,2$	Показник розтікання фарби					$m_{213} = 0,2$	Показник розтікання фарби				
$m_{114} = 0,2$	Показник шприцювання					$m_{214} = 0,2$	Показник шприцювання				
$m_{116} = 0,35$	Візуальна оцінка					$m_{216} = 0,3$	Візуальна оцінка				
$m_{121} = 0,3$	Показник розтікання фарби					$m_{221} = 0,3$	Товщина фарбового шару				
$m_{121} = 0,2$	Показник шприцювання					$m_{222} = 0,2$	Ширина надрукованих штрихів				
$m_{121} = 0,5$	Коефіцієнт втрати висоти штрихів					$m_{224} = 0,1$	Коефіцієнт втрати висоти штрихів				
$m_{211} = 0,1$	Товщина фарбового шару					$m_{225} = 0,4$	Відсоток тактильної дискримінації				



2) сума вагових коефіцієнтів, наданих показникам якості більш низького рівня, які об'єднуються у показники вищого рівня, має дорівнювати 1:

$$\sum_{i=1}^l m_i = \sum_{j=1}^m m_{ij} = \sum_{k=1}^n m_{ijk} = 1 \quad [3].$$

Для визначення рівня якості досліджуваної продукції використовується зважена евклідова модель індивідуальних відмінностей, яка дає змогу отримати однозначну оцінку рівня якості досліджуваної продукції [6]. Порівняння профілів $\Pi_{\text{Кд}}$ та $\Pi_{\text{Кб}}$ сформованих за описаною вище методикою, знаходимо як середнє квадратичне зна-

чення із суми квадратів отриманих різниць:

$$\Delta\Pi = \sqrt{(\Pi_{\text{Кд}} - \Pi_{\text{Кб}})^2} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^l m_i^2 \sum_{j=1}^m m_{ij}^2 \sum_{k=1}^n m_{ijk}^2 \cdot (K_{\text{дijk}} - K_{\text{бijk}})\right)^2}.$$

Таким чином, якість відбитків збільшується при зменшенні значення $\Delta\Pi$. На основі отриманого значення абсолютної відмінності $\Delta\Pi$ знаходимо значення рівня якості досліджуваного зразка Q , більш зручну для сприйняття, тобто вищій якості продукції відповідає більше числове значення рівня якості Q :

$$Q = \frac{1}{\Delta\Pi}.$$

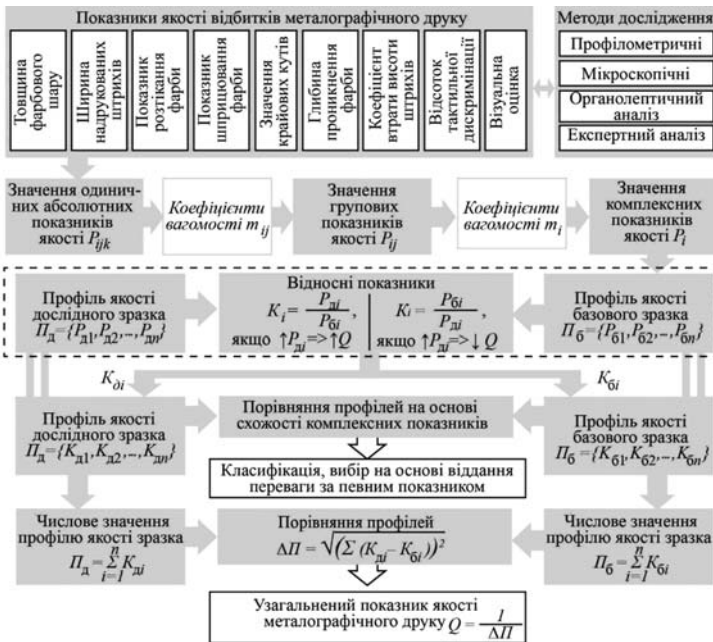
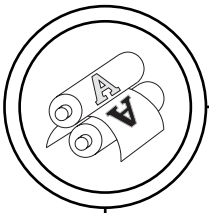


Рис. 2. Загальна схема визначення узагальненого показника якості відбитків металографічного друку



Висновки

Розроблена загальна схема визначення узагальненого показника якості відбитків металографічного друку (рис. 2), яка базується на порівнянні профілей

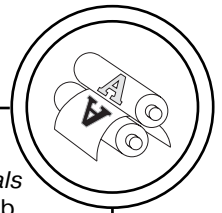
якості досліджуваного і базового зразків. Основою формування профілей якості зразків є одиничні, групові та комплексні показники якості відбитків металографічного друку.

Список використаної літератури

1. Мотало В. Система визначення рівня якості продукції / В. Мотало, А. Мотало // Вимірювальна техніка та метрологія. 2009. № 70. С. 184–191.
2. Коротенко Е. В. Систематизация показателей качества защищенной продукции / Е. В. Коротенко, Т. Е. Клименко // *Скориновские чтения 2016: книга как феномен культуры, искусства, технологии: материалы II Междунар. форума* (Минск, 6–7 сент. 2016 г.). Мн: БГТУ, 2016. С. 192–198.
3. Гавенко С. Ф. Оцінка якості поліграфічної продукції: навч. посіб. / С. Ф. Гавенко, О. В. Мельников. Львів: Афіша, 2000. 120 с.
4. Сеньківський В. М. Метод аналізу ієрархій в оцінюванні компонент параметрів видань / В. М. Сеньківський, І. В. Піх // *Кваліологія книги*. Львів, 2005. С. 32–35.
5. De Heij H. Quality marks in banknote design / H. de Heij. // *Materials Committee. European Banknote Committee* [Electron.resource]. Athens, 27–28 May 2008. De Nederlandsche Bank N.V. Access link: https://www.dnb.nl/en/binaries/Quality_marks_in_banknote_design_tcm47.pdf.
6. Киричок Т. Ю. Зносостійкість банкотної продукції: монографія / Т. Ю. Киричок. К.: НТУУ «КПІ», 2014. 308 с.
7. Van Renesse R. L. Optical document security / R. L. Van Renesse. Third edition. Boston–London: Artech House, 2005. 368 p.
8. Ahn S. On the Ink Transfer Process in Gravure Printing / S. Ahn, Y. Na // *Computational Science and Its Applications. Lecture Notes in Computer Science*. ICCSA, Springer, Berlin, Heidelberg, 2007. Vol. 4706. pp. 907–918.
9. Коротенко Е. В. Влияние изменений уровня давления в зоне печатного контакта на качество оттисков при металлографской печати / Е. В. Коротенко // *Издательское дело и полиграфия: тезисы 80-й науч.-техн. конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием)*, Минск, 1–12 февраля 2016 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И. М. Жарский; УО БГТУ. Мн.: БГТУ, 2016. С. 35.
10. Мотало А. Методологія оцінювання якості та відповідності продукції з використанням віртуальної міри якості / А. Мотало, В. Мотало // *Вимірювальна техніка та метрологія*. 2008. Вип. 69. С. 129–137.

References

1. Motalo, V. & Motalo, A. (2009). Systema vyznachennia rivnia yakosti produktsii. *Journal of Vymiriuvalna tekhnika ta metrolohiia*, 70, 184–191 [in Ukrainian].
2. Korotenko, E. V. & Klimenko, T. E. (2016). Sistematizacija pokazatelej kachestva zashhishhennoj produktsii. *Journal of Skorinovskie chtenija 2016: kniga kak fenomen kul'tury, iskusstva, tehnologii: materialy II Mezhdunar. foruma*, 192–198. Minsk: BGTU [in Russian].
3. Havenko, S. F. & Melnykov, O. V. (2000). *Otsinka yakosti polihrafichnoi produktsii*. Lviv: Afisha, 120 p. [in Ukrainian].
4. Senkivskiy, V. M. & Pikh, I. V. (2005). Metod analizu iierarkhii v otsiniuvanni komponent parametriv vydan. *Journal of Kvalilohiia knyhy*, 32–35 [in Ukrainian].



5. De Heij, H. (2008). Quality marks in banknote design. *Journal of Materials Committee. European Banknote Committee*. Retrieved from https://www.dnb.nl/en/binaries/Quality_marks_in_banknote_design_tcm47.pdf [in English].
6. Kyrychok, T. Yu. (2014). *Znosostiikist banknotnoi produktsii*. Kyiv: NTUU 'KPI', 308 p. [in Ukrainian].
7. Van Renesse, R. L. (2005). *Optical document security*. Boston–London: Artech House, 368 p. [in English].
8. Ahn, S. & Na, Y. (2007). On the Ink Transfer Process in Gravure Printing. *Journal of Computational Science and Its Applications. Lecture Notes in Computer Science*. ICCSA, Springer, Berlin, Heidelberg, Vol. 4706, 907–918 [in English].
9. Korotenko, E. V. (2016). Vliianie izmenenij urovnja davlenija v zone pechatnogo kontakta na kachestvo ottiskov pri metallografskoj pechati. *Journal of Izdatel'skoe delo i poligrafija*, 35. Minsk: BG TU [in Russian].
10. Motalo, A. & Motalo, V. (2008). Metodolohiia otsiniuvannia yakosti ta vidpovidnosti produktsii z vykorystanniam virtualnoi myry yakosti. *Journal of Vymiriuvalna tekhnika ta metrolohii*, 69, 129–137 [in Ukrainian].

Разработана методика определения обобщенного показателя качества оттисков металлографской печати на основе оценки группы предложенных единичных показателей, что позволяет повысить объективность оценивания и проявить закономерности влияния параметров технологического процесса на общее качество оттисков. Суть методики заключается в выведении обобщенного показателя на основе перевода абсолютных значений показателей в относительные и дальнейшей их группировки в профиль качества опытного образца. Такой профиль в дальнейшем сравнивается с профилем качества базового (эталонного) образца с учетом коэффициентов весомости показателей качества, что и позволяет сформировать обобщенный показатель качества.

Ключевые слова: металлографская печать; качество оттисков; методология; профиль качества; обобщенный показатель качества.

The method of determination of the generalized quality index of intaglio printing was developed. The group of quality indices consist of thickness of ink layer, the width of the printed strokes, the size of vertical ink penetration, the value of lateral ink penetration, the values of the left and right edge angles of printed strokes and coefficient of loss ink layer thickness, the rate of ink injection, the rate of ink outflow, percentage of tactile discrimination of samples, visual rate of samples. The method allowed to increase the objectivity of quality evaluating and detect the regularities of the influence of the technological process parameters on the intaglio prints quality parameters.

Keywords: intaglio printing; prints quality; methodology; quality profile; generalized quality index.

Рецензент — Н. Л. Талімонова, к.т.н.,
ст. викладач, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Надійшла до редакції 30.03.18