

УДК 655.3.021

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ЦИФРОВОГО ДРУКУ

А. С. Гордєєв

*Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця,
пр. Науки, 9а, Харків, 61001, Україна*

Розглянуто сучасні підходи оцінки якості цифрового друку. Виявлено, що наявні в галузі стандарти управління якістю поліграфічної продукції розроблені для класичних видів друку і не враховують особливостей формування цифрових зображень та перенесення закладених у макет параметрів на готовий виріб. На сьогодні немає стандартизованої методики тестування цифрової техніки з погляду якості кінцевого продукту. Розроблена комплексна методика, яка за рівних умов дає змогу прогнозувати якість відбитків та визначати співвідношення ціна–якість для різних машин цифрового друку. Результати проведеного тестування та розрахований на їх основі комплексний показник якості збігаються з візуальною оцінкою відбитків, що досліджуються, отриманих з різних цифрових друкарських комплексів.

***Ключові слова:** якість, цифровий друк, стандартизація, цифрові зображення, тестування, методика, прогнозування.*

Постановка проблеми. Оперативний друк нині займає дедалі більшу нішу у поліграфічній галузі. Частка замовлень цифрового друку постійно зростає, що, насамперед, пояснюється високою якістю сучасних машин цифрового друку. Крім цього, цифровий друк відрізняється оперативністю та можливістю надання послуг, які не можуть забезпечити інші види друку (йдеться про так званий друк на вимогу, «print-on-demand»).

Поруч із вдосконаленням цифрових машин бурхливо розвиваються редакційно-видавничі системи. Симбіоз цих двох напрямів не лише підвищує оперативність виконання замовлень, а й створює проблеми керування якістю цифрового друку.

Методи управління якістю в поліграфії формувалися в епоху розвитку класичних методів друку. Вони не враховують специфіки підготовки цифрової графічної та текстової інформації та подальшого перенесення їх на готовий виріб. Процес тестування машин цифрового друку не стандартизовано.

Численні дослідження якості цифрового друку та наявність міжнародних стандартів у цьому напрямі не дозволяють проводити комплексну оцінку цифрових відбитків. Таким чином, актуальним стає питання комплексного дослідження процесу формування якості оперативного друку.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В галузі оцінки якості цифрового друку відомі численні дослідження як вітчизняних, так і зарубіжних учених. Особливо варто виокремити роботи [1–2, 12, 13], у яких авторами розглянуті

інформаційні аспекти аналізу друкованого зображення. Окремі аспекти синтезу різних моделей якості описані в роботах [3–5], де розглядаються можливості застосування кваліметричних методів при оцінці композиційного оформлення книжкових видань та монтажного спуску шпальт.

Теоретична база розробки систем управління якістю цифрового друку представлена досить повно [6–10], а ось практична реалізація структурно-метричного підходу в оцінці якості цифрового друку, на жаль, існує лише у зарубіжних учених. Серед таких назвемо фахівців Асоціації інженерів якості QEA (Quality Engineering Associates, Inc., Burlington, Massachusetts, USA), які розробили автоматизовану систему аналізу якості цифрового друку. Окремі аспекти оцінки якості цифрового друку представлені у доповідях міжнародної конференції з технологій цифрового друку (International conference on digital printing technologies).

Проблема стандартизації цифрової апаратури повною мірою висвітлена у роботі О. П. Ротштейна, Є. П. Ларушкіна та Ю. І. Мітюшкіна [11]. Дослідники наголошують на наступних аспектах цього питання: по-перше, кодування нових моделей сьогодні не стандартизовано, а стандарти на кольоровий цифровий друк лише розробляються; по-друге, проблема стандартизації параметрів якості цифрового друку вперше була висвітлена у 1996 році у стандарті ІСО 180–13660.

Мета статті полягає у розробці методики оцінки якості цифрового друку, яка дозволить кількісно охарактеризувати тестовий відбиток, отриманий цифровими методами друку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Оцінка якості друку офісного монохромного обладнання здійснюється за допомогою міжнародного стандарту ІСО/МЕК 24790:2017 «Інформаційні технології. Оргтехніка. Вимірювання показників якості зображення для друкованих копій. Монохромний текст та графічні зображення». Стандарт визначає незалежні від пристрою атрибути якості зображення, методи вимірювання та аналітичні процедури для опису якості вихідних зображень з друкованих пристроїв. Цей документ застосовується до монохромних документів, створених на принтерах та копіювальних апаратах.

Атрибути, методи та процедури залежать від вимірних властивостей друкованого тексту та графічних зображень. Спеціальні еталонні зображення не потрібні, але елементи зображення корисні для адекватних вимірів лише у тому випадку, якщо вони відповідають деяким мінімальним вимогам.

Стандарт вміщує тринадцять параметрів: оптичну щільність зображення, гранулярність, нечистоту фону, сателіти, плямистість, прогалини або непродрукування, розмитість, ширину лінії, щільність шрифту, контраст, заливку, сателіти в ділянці шрифту, нечистоту фону в ділянці шрифту. Перші шість параметрів оцінюють відтворення залитих ділянок, решта – шрифтів та ліній.

При цьому стандарт не торкається кількісних значень, у рамках яких проводиться вимірювання показників, не містить методики створення тест-об'єкта, калібрування обладнання, а також не надає переліку параметрів, необхідних для оцінки різних технологій друку. Цей документ не застосовується до зображень, які призначені лише для машинного зчитування (наприклад, штрих-кодів).

Перевагою цього стандарту є можливість не тільки зробити об'єктивну оцінку якості друку, але й встановити взаємозв'язок між візуальною характеристикою та якістю друку зображення, що особливо важливо при створенні автоматизованих систем оцінки якості друку. Однак ІСО/МЕК 24790:2017 не описує кількісні значення, в межах яких може бути виміряний той чи інший показник, що не дозволяє зробити комплексну оцінку.

Інший, не менш важливий стандарт, – ІСО 12647–01 «Технологія поліграфії. Контроль процесу виготовлення цифрових файлів, растрових кольороподілів, пробних і тиражних відбитків. Частина 1. Параметри та методи вимірювання» – дозволяє оцінювати відтворення напівтонів. Мета цього стандарту – описати мінімальний набір основних параметрів процесу, необхідних для однозначного визначення візуальних характеристик і відповідних технічних властивостей пробного чи тиражного відбитка. Стандарти ІСО 12647–7 та ІСО 12647–8 встановлюють вимоги до систем виготовлення «контрактної кольоропроби» або, на менш строгому рівні, до систем «перевірочного друку».

Параметри цифрового друку залежать від якості відтворення структурних елементів (точка, лінія, поле) різнотипних зображень, що утворюють цифрове зображення. Повнокольорове зображення формується накладенням одноколірних напівтонових структур. Таким чином, механізм формування цифрового відбитка зводиться до аналізу базових елементів.

Побудова структурного елемента «точка» відбувається шляхом осадження заряджених частинок тонера на ділянці фоторецептора, розрядженого при лазерній розгортці. При цьому точка може отримати кілька рівнів сірого, які використовуються при побудові ліній похилих. Практично в апаратурі цифрового друку мінімальний діаметр точки досягає 15–20 мкм, а її еліптичні розміри можуть бути 20×60 мкм. Точка візуально сприймається як короткий штрих або гомогенна фізична точка, хоча має тонку структуру, обумовлену величиною частинок тонера та їх випадковим розміщенням у процесі прояву.

Лінія формується шляхом розташування точок вздовж лінійного елемента з певним кроком у результаті імпульсної лазерної розгортки. Для напівтонового варіанта точки розташовуються у вигляді матриці. Для виключення пульсації ширини лінії крок дискретизації може лише трохи перевищувати радіус точки. Мінімальна ширина лінії дорівнює діаметру точки. У разі відтворення напівтонової лінії мінімальна її ширина збільшується до розмірів напівтонової комірки (матриці) з точним розташуванням точок за принципом амплітудної модуляції (АМ) або їх стохастичним розкидом за принципом частотної модуляції (ЧМ).

Поле являє собою велику заливну ділянку, яка створюється суперпозицією тонких ліній, що при кадровій розгортці утворюють просторову решітку – своєрідну «несучу» просторову частоту. Тому аналіз даного структурного елемента зводиться до аналізу таких просторових ґрат.

Комплексна оцінка якості передбачає розгляд об'єкта з системного погляду, а також простежування взаємозв'язків між стадіями процесу та учасниками виробничого циклу. При цьому кожна група параметрів пов'язана з іншою за допомогою

моделей чи алгоритмів: моделі зображення, візуальні алгоритми та моделі якості зображення (рис. 1). Контроль якості на всіх стадіях процесу пов'язує оцінку споживача і технічні параметри зображення.

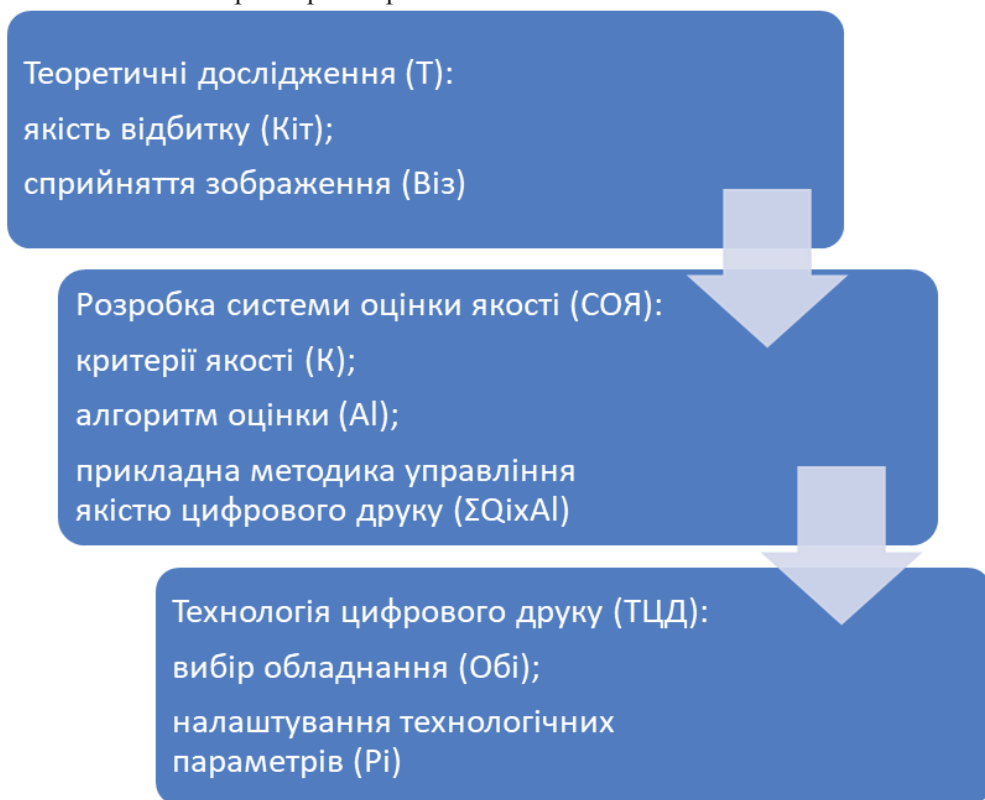


Рис. 1. Система формування якості цифрових зображень

Узагальнена функція Φ формування якості цифрових зображень матиме вигляд:

$$\Phi = T\{K_{it}; B_{iv}\} \cup SOYA\{K; A; \sum K \times A\} \cup TCD\{Ob_i; P_i\}.$$

Розроблювана система оцінки якості (СОЯ) базується на основних правилах теоретичної кваліметрії:

1. Кваліметрія повинна давати способи достовірної кваліфікованої та кількісної оцінки якості різних об'єктів дослідження.

2. Пріоритет у виборі визначальних показників з метою оцінки якості продукції завжди за споживачами.

3. Кваліметрична оцінка якості продукції може бути отримана без наявності еталона порівняння – без базових значень показників визначальних якостей і якості загалом.

4. При використанні методу комплексної оцінки якості продукції всі різномірні показники властивостей мають бути перетворені та приведені до однієї розмірності або виражені у безрозмірних одиницях виміру.

5. При визначенні комплексного показника якості кожен показник окремої властивості має бути скоригований коефіцієнтом його вагомості.

Оскільки цифровий друк має на увазі відтворення оригіналу, створеного засобами настільних видавничих систем, то як еталонні показники приймемо значення показників тест-об'єктів тестової шпальти. Наприклад, при розрахунку різних кольорів за зразок візьмемо колірні координати досліджуваних кольорів, які можна визначити за допомогою програми Adobe Photoshop.

Кожному параметру якості друку на тестовій шпальті відповідатиме свій тест-об'єкт, результати вимірювання якого дозволять обчислити показник властивості, а потім і відносний показник.

Для розрахунку комплексного показника знадобляться значення вагомостей властивостей, які за спрощеного методу можна розрахувати експертним шляхом. Для цього необхідно провести експертизу та визначити метод розрахунку вагомостей.

Таким чином, система забезпечення якості є функцією комплексного показника якості друку, алгоритму розрахунку та їх симбіозу, тобто практичної методики:

$$COЯ = F \{ K; A; \sum K \times A \}.$$

Тут комплексний показник K визначається за такою формулою:

$$K = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i \cdot m_i}{Q_i^{3T}},$$

де Q_i – абсолютне значення i -го показника якості; Q_i^{3T} – еталонне значення i -го показника якості; m_i – ваговий коефіцієнт i -го показника властивості, n – кількість якісних показників.

Комплексна оцінка якості зображення пов'язує візуальну оцінку споживачем, інструментальну оцінку та фізичні показники якості відбитка, отриманого цифровим обладнанням. При цьому важливу роль при проведенні комплексної оцінки грає калібрування ланок процесу – вимірювального обладнання та друкувальних пристроїв. Алгоритм комплексної оцінки якості цифрового друку подано на рис. 2.

Завдання даного дослідження зводиться до побудови методики оцінки якості, яка дозволяє користувачеві порівнювати якість друку різних пристроїв цифрового друку, не вдаючись при цьому до складних математичних викладок розрахунку структурних елементів друку, тобто така методика повинна бути максимально доступна користувачеві.

Оцінка показників якості особливо важлива на різних стадіях процесу виробництва обладнання і витратних матеріалів та покликана контролювати якість готової продукції за отриманими відбитками. У цьому полягає головна відмінність підходу в оцінці якості традиційного друку (наприклад, плоского офсетного) від цифрового – контролюються не стадії репродукційного процесу, а якість кінцевого відбитка у відділі ВТК.

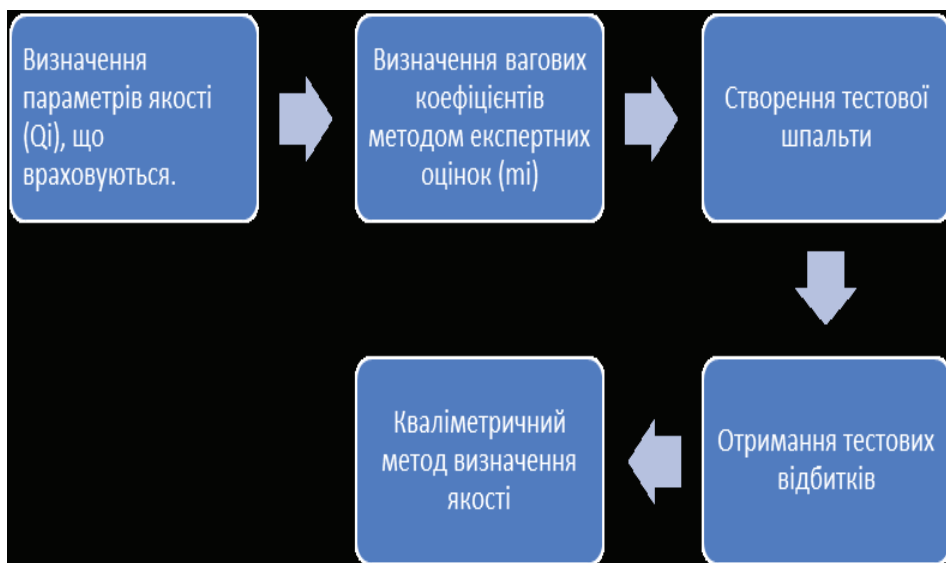


Рис. 2. Алгоритм комплексної оцінки якості цифрового друку

Висновки. У результаті проведених досліджень вироблено методику, яка має комплексний прогностичний характер. Запропонована методика дає змогу прогнозувати співвідношення ціна-якість під час друку тиражу на цифрових машинах. Адекватність розрахунків підтверджується збіжністю одержаного комплексного показника з візуальною експертною оцінкою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дурняк Б. В., Сеньківський В. М., Піх І. В. Інформаційні технології прогнозування та забезпечення якості видавничо-поліграфічних процесів (методологія вирішення проблеми). *Технологічні комплекси*. 2014. № 1 (9). С. 21–24.
2. Піх І. В., Сеньківський В. М. Інформаційні технології моделювання видавничих процесів : навч. посіб. Львів : Укр. акад. друк., 2013. 220 с.
3. Сеньківський В. М., Козак Р. О. Модель критеріїв композиційного оформлення книжкових видань. *Наукові записки [Української академії друкарства]*. 2008. № 1 (13). С. 125–139.
4. Голубник Т. С., Сеньківський В. М. Синтез моделей факторів прогнозування якості формування монтажного спуску книжкових видань. *Поліграфія і видавнича справа*. 2014. № 1–2 (65–66). С. 56–62.
5. Сеньківський В. М., Піх І. В. Математичне моделювання процесу ранжування факторів. *Моделювання та інформаційні технології*. 2013. № 69. С. 142–146.
6. Вагомість функцій належності в забезпеченні якості друкарського процесу / Сеньківський В. М., Сеньківська Н. Є., Петрів Ю. І., Каліній І. В. *Наукові записки [Української академії друкарства]*. 2013. № 3 (44). С. 78–83.
7. Сеньківська Н. Є. Синтез моделі факторів прогнозування якості процесу друкування (на прикладі плоского офсетного друку). *Квалілогія книги*. 2011. № 1 (19). С. 46–52.

8. Сеньківський В. М., Піх І. В., Голубник Т. С. Нечітка база знань та нечітки логічні рівняння в процесі реалізації монтажних спусків. *Наукові записки [Української академії друкарства]*. 2014. № 3 (48). С. 111–119.
9. Побудова функцій належності факторів якості формування монтажних спусків / Сеньківський В. М., Піх І. Ст, Голубник Т. С., Петрів Ю. І. *Технологія та техніка друкарства*. 2014. № 3 (45). С. 20–29.
10. Сявавко М. С. Інформаційна система «Нечіткий експерт». Львів : Видав. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2007. 320 с.
11. Ротштейн О. П. Ларушкін Є. П., Мітюшкін Ю. І. Soft Computing у біотехнології: багатофакторний аналіз та діагностика : монографія. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. 144 с.
12. Khamula O. H., Soroka N. V., Vasiuta S. P. Factors of influence of interface use based on mobile applications. *Наукові записки [Української академії друкарства]*. 2016. № 2. С. 28–36.
13. Khamula O. H., Soroka N. V., Vasiuta S. P. Optimization of mathematical model of the impact factors hierarchy of the interface use based on mobile. *Поліграфія і видавнича справа*. 2016. № 2 (72). С. 28–35.

REFERENCES

1. Durniak, B. V., Senkivskiy, V. M., & Pikh, I. V. (2014). Informatsiini tekhnolohii prohnovuzuvannya ta zabezpechennia yakosti vydavnycho-polihrafichnykh protsesiv (metodolohiia vyrishennia problemy): Tekhnolohichni komplekxy, 1 (9), 21–24 (in Ukrainian).
2. Pikh, I. V., & Senkivskiy, V. M. (2013). Informatsiini tekhnolohii modeliuvannya vydavnychykh protsesiv. Lviv : Ukr. akad. druk. (in Ukrainian).
3. Senkivskiy, V. M., & Kozak, R. O. (2008). Model kryteriiv kompozytsiinoho oformlennia knyzhkovykh vydan: Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva], 1 (13), 125–139 (in Ukrainian).
4. Holubnyk, T. S., & Senkivskiy, V. M. (2014). Syntez modelei faktoriv prohnovuzuvannya yakosti formuvannya montazhnogo spusku knyzhkovykh vydan: Polihrafia ta vydavnycha sprava, 1–2 (65–66), 56–62 (in Ukrainian).
5. Senkivskiy, V. M., & Pikh, I. V. (2013). Matematychno modeliuvannya protsesu ranzhuvannya faktoriv: Modeliuvannya ta informatsiini tekhnolohii, 69, 142–146 (in Ukrainian).
6. Senkivskiy, V. M., Senkivska, N. Ye., Petriv, Yu. I., & Kalinii, I. V. (2013). Vahomist funktsii nalezhnosti v zabezpechenni yakosti drukarskoho protsesu: Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva], 3 (44), 78–83 (in Ukrainian).
7. Senkivska, N. Ye. (2011). Syntez modeli faktoriv prohnovuzuvannya yakosti protsesu drukuvannya (na prykladi ploskoho ofsetnogo druku): Kvalilohiia knyhy, 1 (19), 46–52 (in Ukrainian).
8. Senkivskiy, V. M., Pikh, I. V., & Holubnyk, T. S. (2014). Nechitka baza znan ta nechitky lohichni rivniannia v protsesi realizatsii montazhnykh spuski: Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva], 3 (48), 111–119 (in Ukrainian).
9. Senkivskiy, V. M., Pikh, I. St, Holubnyk, T. S., & Petriv, Yu. I. (2014). Pobudova funktsii nalezhnosti faktoriv yakosti formuvannya montazhnykh spuski: Tekhnolohiia ta tekhnika drukarstva, 3 (45), 20–29 (in Ukrainian).

10. Siavavko, M. S. (2007). Informatsiina systema «Nechitkyi ekspert». Lviv : Vydav. tsentr LNU im. I. Franka (in Ukrainian).
11. Rotshtein, O. P. Larushkin, Ye. P., & Mitiushkin, Yu. I. (2008). Soft Computing u biotekhnolohii: bahatofaktornyi analiz ta diahnozyka. Vinnytsia : UNIVERSUM-Vinnytsia (in Ukrainian).
12. Khamula, O. H., Soroka, N. V., & Vasiuta, S. P. (2016). Factors of influence of interface use based on mobile applications: Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii druzarstva], 2, 28–36 (in English).
13. Khamula, O. H., Soroka, N. V., & Vasiuta, S. P. (2016). Optimization of mathematical model of the impact factors hierarchy of the interface use based on mobile: Polihrafia i vydavnycha sprava, 2 (72), 28–35 (in English).

doi: 10.32403/0554-4866-2021-2-82-29-37

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF DIGITAL PRINT QUALITY

A. S. Gordeev

*Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics,
9a, Nauka Ave., Kharkiv, 61001, Ukraine
gordeew@ukr.net*

Operational printing method is currently occupying an increasing niche in the printing industry. The share of digital print orders is constantly increasing. This is primarily due to the high print quality of modern digital printing machines. In addition, digital printing method is characterized by efficiency and the ability to provide services that other types of printing cannot provide.

The industry's standards for quality management of printed products are developed for classic types of printing. They do not take into account the peculiarities of the formation of digital images and the transfer of the parameters laid down in the layout to the finished product. There are no standardized methods for testing digital technology in terms of the quality of the final product.

The purpose of the work is to develop a methodology for assessing the digital printing quality. The results of the analysis of print quality by the proposed method will allow one to quantify the test print obtained using digital printing methods.

Comprehensive image quality assessment links the consumer's visual assessment, instrumental assessment, and the physical print quality produced with digital printing equipment. At the same time, an important role in conducting a comprehensive assessment is played by the calibration of process links: measuring equipment and printing devices.

Each print quality parameter on the test strip will have its own test object, the measurement results of which will allow one to calculate the property score, and then the relative score. To calculate the complex indicator, the values of the weights of the properties are entered, which, using a simplified method, can be calculated by an expert.

To do this, it is necessary to conduct an examination and determine the method for calculating the weights.

The developed complex methodology, under equal conditions, makes it possible to predict the digital printing quality and determine the price-quality ratio for different digital printing machines. The results of the testing and the complex quality indicator calculated on their basis coincide with the visual assessment of the studied prints obtained from different digital printing complexes.

Keywords: *quality, digital printing method, standardization, digital images, testing, methodology, forecasting.*

Стаття надійшла до редакції 21.05.2021.

Received 21.05.2021.