

УДК 655.3:655.05+004

DOI: 10.20535/2077-7264.3(85).2024.309579

© С. Ф. Гавенко, д-р техн. наук, проф., В. В. Бернацек, канд. техн. наук, доц., М. Т. Лабєцька, канд. техн. наук, доц., Інститут Поліграфії та медійних технологій НУ «Львівська Політехніка», м. Львів, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВІДБИТКІВ ЦИФРОВОГО ДРУКУ НА КАРТОНІ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАКУВАЛЬНОЇ ПРОДУКЦІЇ

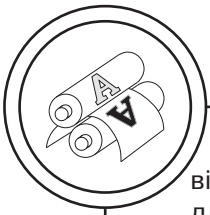
У роботі наведено результати експериментальних досліджень репродукційно-графічних показників відбитків цифрового друку на популярних марках картону, які представлені на українському ринку поліграфічних витратних матеріалів для виготовлення пакувань способом плотної порізки. Побудовано графічні залежності, які дають можливість оцінити якість та точність відтворення кольорового зображення, віддрукованого цифровим способом друку при заданих умовах, та досліджено експлуатаційні показники готових пакувань.

Ключові слова: цифровий друк; відбиток; пакування; картон; оптична густина; репродукційно-графічні показники; якість.

Постановка проблеми

Якісно виготовлені пакування все частіше стають дотичними для рекламування продукції популярних брендів на споживчому ринку. Тому виробники пакувань знаходяться в постійному пошуку інноваційних технологій для їх оздоблення та захисту від підробки. Підтвердженням цього є цифровий друк, який завдяки сучасним технологічним можливостям, доступності та якості, став потужним доповненням до традиційних варіантів друку на пакуваннях. Як показують аналітичні дослідження, цифровий друк на пакуваннях є економічно ефективним способом створення пер-

соналізованого дизайну пакування для малих і середніх накладів, який забезпечує гнучкість виробництва з меншою кількістю етапів. Технологія цифрового друку дозволяє використовувати різноманітні субстрати, що відкриває широкі можливості для відтворення унікальних текстур, кольорів та методів оздоблення пакувань. Така гнучкість у виборі матеріалів сприяє загальній естетиці продукції та підсилює ідентичність бренду. Ще однією з найочевидніших переваг є екологічність цифрового друку, адже завдяки індивідуальному виготовленню продукції та друку на вимогу суттєво зменшується кількість



відходів матеріалів. Крім того, для друкування можна використовувати екологічно чисті чорнила, фарби на соєвій або водній основі та перероблені матеріали.

Цифровий друк дозволяє створювати пакування з візуальними ефектами, точно відтворюючи весь спектр кольорів СМΥК і усі деталі, що містяться в оригінальних дизайнерських файлах.

Якість цифрового друку пакувальної продукції визначається кількома ключовими аспектами, серед яких:

1. *Висока роздільна здатність* цифрового друку забезпечує чіткість і деталізацію зображень, що дозволяє передати навіть найдрібніші деталі на пакуванні.

2. Сучасні цифрові друкарські машини забезпечують точну *передачу кольорів*, що є особливо важливим для брендів, які мають суворі вимоги до відтворення кольорів на пакуванні своїх товарів.

3. *Експлуатаційна стійкість відбитків*: якість друку включає в себе стійкість зображення до механічних пошкоджень, впливу вологи, ультрафіолетових променів і інших чинників навколишнього середовища.

4. Цифровий друк дозволяє наносити зображення з *високою точністю*, що важливо при відтворенні складних і деталізованих дизайнів. Це також забезпечує можливість друку на різних матеріалах, включаючи папір, картон, пластик тощо.

5. Цифровий друк гарантує *стабільну якість* усіх примірників накладу, що важливо для збереження брендової ідентичності і стандартів якості продукції.

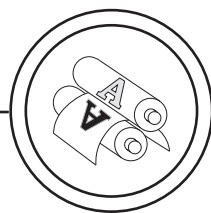
6. *Відсутність дефектів*: цифрові друкарські машини мають можливість автоматично виявляти і виправляти дефекти друку, що забезпечує високу якість кінцевого продукту.

Технологія цифрового друку постійно удосконалюється, розширюються його можливості. Це робить його універсальною альтернативою для традиційних методів оздоблення пакувальної продукції [1–5]. Проведення досліджень якості відбитків цифрового друку при виготовленні пакувань є необхідним для оптимізації виробничих процесів, підвищення конкурентоспроможності, задоволення потреб клієнтів та забезпечення високої якості продукції загалом.

Аналіз попередніх досліджень

Цифровий друк на пакувальних матеріалах забезпечує економічність виробництва і не поступається якістю відомим класичним способам друку. Завдяки мінімальним вимогам до налаштування цифрові принтери ідеально справляються з невеликими накладками, скорочуючи час і витрати на налаштування [2–6].

Як зазначається у звіті Smithers Pira «Майбутнє цифрового друку до 2032 року», до 2032 р. цифровий друк становитиме майже чверть світової вартості всієї друкованої продукції, в тому числі пакування, на суму 230,5 млрд доларів США. У 2021 р. світовий ринок цифрового друку пакування оцінювався в 20,6 млрд доларів США, а до 2031 р., за прогнозами, досягне 49,9 млрд доларів США, зростаючи на 9,1 % у середньому з 2022 по 2031 рр.,



причому цифровий друк набирає неабиякої популярності при друкуванні пакування з гофрокартону та картону, а також гнучкого пакування [7].

Зростання ринку цифрового друку пакування в основному зумовлене наступними чинниками:

— Збільшення наявного доходу (ВВП);

— Швидке зростання пакувальної галузі в усьому світі;

— Підвищення прийнятності цифрового друку пакувань завдяки економічній ефективності [1–3].

Серед основних виробників, представлених на ринку цифрового друку пакувальної продукції, виділяються фірми DuPont, Eastman Kodak Company, HP Development Company, LP, Mondi PLC, Multi-Color Corporation (WS Packaging Group Inc), Quad/Graphics Inc., Quantum Print and Packaging Ltd., Traco Manufacturing, Inc., Xeikon NV і Xerox Corporation. Розширення, придбання нового устаткування, розробки нових продуктів є одними з основних стратегій, прийнятих цими компаніями для посилення своїх позицій на ринку цифрового друку пакувальної продукції [7, 8].

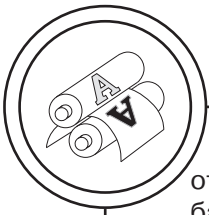
Цифровий друк на пакованні є перспективною технологією, що має значні переваги в гнучкості, швидкості і якості. Водночас вона стикається з певними викликами, які потребують вирішення для повного розкриття її потенціалу. Подальші дослідження і розробки сприятимуть удосконаленню цієї технології та розширенню її застосування в різних галузях.

Мета роботи

Визначення якості відтворення кольорового зображення на відбитках цифрового друку, отриманих на картоні для виготовлення пакувальної продукції, а також дослідження експлуатаційних показників готових пакувань.

Об'єкти і методи дослідження

Об'єктами дослідження обрано відбитки, отримані на цифровій друкарській машині RICOH Pro C751, на розповсюджених при виготовленні пакувальної продукції матеріалах: крейдованому глянцевою картоні «Арктика», масою 200 г/м² (взірець № 1) та крейдованому матовому картоні UPM DIGI COLOR, масою 200 г/м² (взірець № 2). Цифрова кольоропроба оригінал-макету пакування із зображенням широкого спектру і великої гамми кольорів віддрукована на цифровій машині XEROX 700i Digital Color Press. Для вимірювання оптичної густини використовували спектроколориметр GRETAG SPM 50. Процес висікання розгортки пакувань здійснювали на планшетному плотері iECHO BK4. Склеювання картонних пакувань здійснювали на машині JS720 з використанням клею «Люкс-Р» 3-1F. Міцність склеювання пакування визначали зусиллям розшарування з використанням розривної машини марки РМБ-30-2М. Дослідження стійкості досліджуваних зразків до подвійних перегинів проводили з використанням приладу «фальцер» типу ДФК. Для унеможливлення помилки при вимірюваннях і достовірності



отриманих результатів передбачено проведення 7–10 досліджень кожного взірця.

Результати проведених досліджень

Оцінювання якості відтворення кольорового зображення, віддрукованого цифровим способом друку на різних картонних матеріалах, проведено шляхом побудови графічних залежностей зміни градаційної передачі фарб досліджуваних взірців і кольоропроби (рис.) [9, 10].

Аналіз градаційної передачі зображення, утвореного блакитним тонером на взірцях досліджуваних картонів (рис., а) свідчить, що показники оптичної густини відповідають значенням на кольоропробі в світлих ділянках, проте на ділянках півтіней і тіней дещо знижуються. Причому у взірця № 2, починаючи з півтіней до темних ділянок, демонструється зріст площі растрових елементів, які, однак, є нижчими від показників оптичної густини кольоропроби.

Для пурпурного тонерного зображення спостерігається аналогічна картина у світлих ділянках. В півтонах найбільше наближення до кольоропроби демонструє взірець № 1, незначне зменшення густини зафіксоване у взірця № 2. У темних ділянках передача оптичних густин зразка № 1 зростає, а для зразка картону з матовим покриттям наближується до кривої кольоропроби.

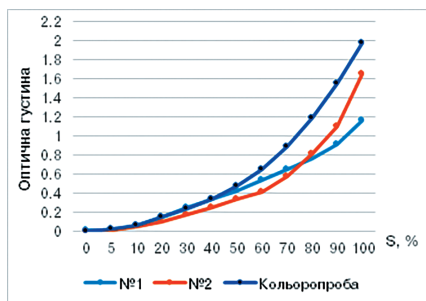
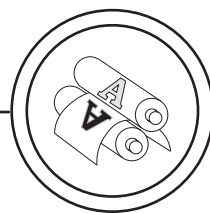
Градаційна передача жовтого тонерного зображення (рис., в) демонструє стабільну передачу тонів для всіх досліджуваних взірців в світлих ділянках з не-

значним зниженням показників оптичних густин при наближенні до півтіней. У темних ділянках значення оптичної густини взірця № 1 продовжують знижуватися, тоді як у взірця № 2 спостерігається ріст площі растрових елементів з співпадінням на ділянці 100 % з кольоропробою.

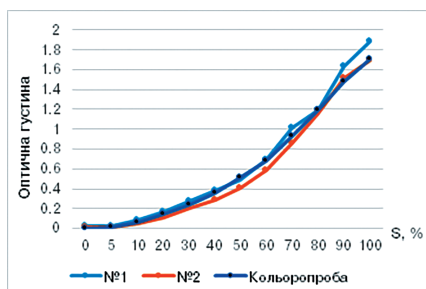
Залежності оптичної густини для чорного тонерного зображення показано на рисунку 1, г, де у взірця № 2 спостерігається стабільна, наближена до кольоропроби, передача градації по всьому діапазону густин. Взірець № 1 демонструє підвищені показники на всій градаційній кривій, причому співпадіння значень оптичних густин зафіксовано лише на ділянці 0 % і 100 %.

Як свідчать результати дослідження стійкості до розшарування паковань (табл.) після склеювання, машинний і поперечний напрям волокон картону має суттєвий вплив, що узгоджується з дослідженнями багатьох науковців. Так, найменше зусилля розриву 208 Н зафіксовано для взірця № 2 в поздовжньому напрямі волокон. Найбільше зусилля розриву 223 Н виявилось у взірця № 1 в поперечному напрямі волокон. Тому при проектуванні пакувальної продукції слід враховувати поздовжній і поперечний напрям розкроювання картону.

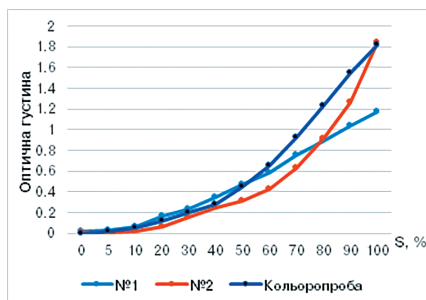
Дослідження паковань на стійкість до згинів показали, що найбільшу кількість циклів подвійних згинів має взірець № 2 у поздовжньому напрямі волокон, а найменшу кількість подвійних перегинів до руйнування витримав взірець № 1 в поперечному напрямі волокон.



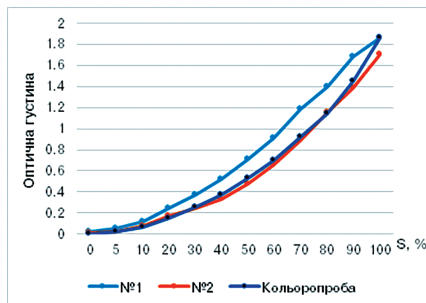
а



б

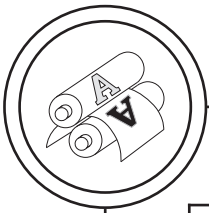


в



г

Градаційна передача тонерного зображення досліджуваних взірців картонів № 1, № 2 і кольоропроби: а — блакитного; б — пурпурного; в — жовтого; г — чорного



Результати дослідження експлуатаційних показників паковань

Напрямок волокон	взірець № 1	взірець № 2
Зусилля розшарування, Н		
Поздовжній	213	208
Поперечний	223	218
Кількість циклів подвійних згинів		
Поздовжній	23	25
Поперечний	17	18

Висновки

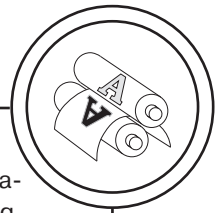
Отже, проведені дослідження підтвердили, що цифровий спосіб друку відкриває нові можливості для виробників пакувальної продукції, пов'язані з економічністю, гнучкістю (можливість оперативно змінювати дизайн пакування без необхідності створення нових друкарських форм, швидке реагування на ринкові тенденції та вподобання споживачів, що дозволяє своєчасно запускати нові продукти), персоналізацією та індивідуалізацією виробництва, а також його екологічністю та високою якістю надрукованих зображень. Постійний розвиток і вдосконалення цифрових друкарських машин та матеріалів, інтеграція з цифровими системами управління та автоматизація процесів для підвищення продуктивності, роблять цифровий друк привабливим варіантом для виробників

паковань, дозволяючи їм бути більш конкурентоспроможними і ефективними в умовах сучасного ринку.

Аналіз результатів експериментальних досліджень показав, що найбільш наближеною до кольоропроби при друці виявилась тонопередача відбитків, отриманих на крейдованому матовому картоні, що, вочевидь пов'язано із мікропористою структурою його поверхні, поглинаючою здатністю, забезпечуючи рівномірний розподіл тонера. Це дозволяє досягти більш точного відтворення відтінків та градацій кольорів. Визначення експлуатаційних показників досліджуваних взірців паковань, підтвердили вплив напрямку волокон картону на стійкість до згину та розшарування при склеюванні, що необхідно враховувати при проектуванні та виробництві пакувальної продукції.

Список використаної літератури/References

1. Feng, Y. (2019). The application of traditional digital printing in printing enterprises. *Printing Technology*, 733(Z1), 36–41.
2. Wenrui, J., & Jing, L. (2019). Exploration of digital printing technology in packaging design teaching. *Art Education*, 342(02), 183–184.
3. *Digital printing: substrate selection and print quality*. Retrieved from <https://www.labelsandlabeling.com/label-academy/article/digital-printing-substrate-selection-and-print-quality>.



4. Liu, L., Yang, W., Wang, Y., et al. (2019). Research progress in the application of information technology in printed packaging anti-counterfeiting. *Packaging Engineering*, 40(09), 226–233.

5. Pan, Y., Liu, X., & Yin, H. (2019). Application research of digital printing in packaging printing. *Art Science and Technology*, 032(007), 80–89.

6. Shijun, Z. (2019). Discussion on the application of digital printing technology in packaging printing. *Charming China*, 32.

7. *The future of digital printing to 2032*. Retrieved from <https://www.smithers.com/en-gb/services/market-reports/printing/the-future-of-digital-printing-to-2032>.

8. *Digital printing for packaging: revolutionising the industry*. Retrieved from <http://www.abbe.com.au/digital-printing-for-packaging-revolutionising-the-industry/>.

9. Bernatsek, V., Zanko, N., Labetska, M., & Dovganich, V. (17–19 October, 2021). Research of color reproduction in digital printing of packaging using profiles with different level of black generation. *Proceedings of VIII International Scientific and Practical Conference «Results of modern scientific research and development»*, 96–99.

10. ISO 12647-7:2016. *Graphic technology. Process control for the production of halftone colour separations, proof and production prints. Part 7: Proofing processes working directly from digital data*, 34 p.

The paper presents the results of experimental studies of reproduction-graphic indicators of digital imprints on cardboard of popular brands, which are presented on the Ukrainian market of printing consumables for the production of packaging by the plotter cutting method. Graphical dependencies were built, which make it possible to evaluate the quality and accuracy of the reproduction of a colour image produced by the digital printing method under given conditions, and the performance indicators of finished packaging were investigated.

Keywords: digital printing; imprint; packaging; cardboard; optical density; reproduction and graphic indicators; quality.

Надійшла до редакції 07.08.24