

УДК 655.392; 655.3.022.14; 535.674

© Я. В. Зоренко, к.т.н., доцент, Ю. О. Іванова, магістрантка,  
НТУУ «КПІ», Київ, Україна

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВІДБИТКІВ ШИРОКОФОРМАТНОГО СТРУМИННОГО ДРУКУ**

**Проведено дослідження оптичних властивостей відбитків широкоформатного друку. Встановлено характер зміни оптичних властивостей для відбитків залежно від застосованого сорту паперу та режиму широкоформатного друку. Запропоновано методику моніторингу колірною охоплення відбитків за допомогою розрахунку показника відхилення колірною тону.**

**Ключові слова: струминний друк; широкоформатний принтер; оптична густина; колірне охоплення відбитків; відхилення колірною тону.**

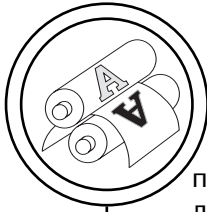
#### **Постановка проблеми**

Стрімке поширення цифрових технологій у видавничо-поліграфічній галузі, зокрема інтенсифікація широкоформатного струминного друку, сприяє підвищенню якості, продуктивності та універсальності даної технології при відтворенні широкого асортименту друкованої продукції. Так широкоформатний струминний друк є доволі поширеним при відтворенні багатофарбової рекламної продукції та має всі передумови до динамічного розвитку завдяки застосуванню новітніх матеріалів і фарб. Специфіка застосовуваних витратних матеріалів дозволяє збільшувати не тільки стійкість до впливу ультрафіолету, перепаду температур та інших чинників, але і підвищує якість кольоровідтворення.

Якість кольоровідтворення у широкоформатному струминно-

му друці є доволі близькою до якості офсетного друку, а в деяких аспектах є кращою і має передумови до підвищення. Так, застосування додаткових фарб у синтезі друку дозволяє значно розширити палітру кольорів та підвищити насиченість відтінків тону на відбитку. Зокрема сучасні фарби у широкоформатному струминному друці дозволяють досягати на відбитку шару фарби із оптичною густиною на рівні 2,2–2,5 Б [1, 2].

Зростання асортименту витратних матеріалів, а також існуючі складнощі у нормалізації кольоровідтворення, що пов'язані із фактичною відсутністю спеціалізованих нормативних документів для опису якісних параметрів у широкоформатному друці призводять до зниження стабільності і якості відбитків. Частково цю проблему вирішують технології калібрування та



профілювання друкарського обладнання із побудовою колірних ICC-профілів для витратних матеріалів.

Сучасні технології нормалізації кольоровідтворення, що засновані на спектрофотометричному вимірюванні кольору та побудові колірних ICC-профілів, у більшості випадків поряд із стабілізуванням кольоровідтворення можуть знижувати колірне охоплення, зменшувати кількість градацій та інші якісні параметри друкованого відбитка. Отже, існує потреба у розробці додаткових методів оцінки якості відбитків для широкоформатного струминного друку.

Одним із способів, що дозволяє комплексно визначити якість, як колірних так і оптичних характеристик відбитка є застосування денситометричних методів вимірювання оптичної густини. Тому дослідження коректності відтворення відтінків кольору та методів контролю за оптичними властивостями відбитка є доволі актуальним напрямком досліджень.

#### **Аналіз попередніх досліджень**

Напрямки розвитку широкоформатного струминного друку є найрізноманітнішими, що підтверджується існуючими дослідженнями [1–7]. Найбільш перспективними є дослідження, що стосуються вивчення впливу друкарсько-технічних та якісних властивостей різноманітних витратних матеріалів. Більшість досліджень побудовано на визначенні колірних властивостей за колірною системою CIE Lab

[5–7]. Значну частину досліджень, присвячено визначенню якості кольоровідтворення струминного друку за оцінкою оптичної густини відбитка [1–4].

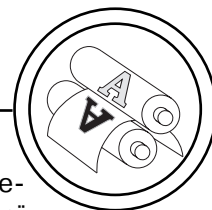
Однак, слід зазначити, що основними показниками оцінки оптичної густини відбитка для струминного друку можуть бути: рівномірність оптичної густини на плашках ( $\Delta D_{\max}$ ), спотворення градаційної передачі ( $\Delta S$ ) та спотворення колірного тону ( $H_e$ ) тощо [1, 8].

Для визначення колірного охоплення за оптичною густиною можливо застосувати гексагональний колірний графік GATF [9]. Також, для встановлення відхилення колірного охоплення за основними тонами, можливо порівняти колірний тон еталону (репродукційна шкала ЦШ-2) та досліджуваного зразку (відбиток) за значеннями зональної оптичної густини у різних світлофільтрах та при застосуванні рівняння [9]:

$$\Delta D_i = \sqrt{\Delta D_{\max}^2 + \Delta D_{\text{mid}}^2 + \Delta D_{\min}^2},$$

де  $\Delta D_i$  — показник відхилення колірного тону, що розрахований за зональними значеннями оптичної густини для  $i$ -го тону (блакитного, пурпурного, жовтого, червоного, зеленого та синього);  $\Delta D_{\max}$ ,  $\Delta D_{\text{mid}}$ ,  $\Delta D_{\min}$  — різниця відповідно за максимальним, середнім та мінімальним значеннями зональної оптичної густини між еталонем та відбитком.

Для встановлення допустимого рівня колірних відмінностей за зональними значеннями



оптичної густини можна застосувати колірні характеристики друкованої репродукційної тестової шкали та величину допуску на рівномірність тону у межах  $\pm 0,10$  Б [10–12]. Згідно наведених вище допущень можливо визначити оптимальне значення показника  $\Delta D_i \leq 0,17$ .

Враховуючи наведені методи контролю можливо здійснити комплексний моніторинг якості широкоформатного струминного друку за оптичною густиною, що дозволить визначити рівень спотворень при кольоровідтворенні для різних витратних матеріалів.

### Мета роботи

Дослідження широкоформатного струминного друку із визначенням характеру зміни балансу фарб при кольоровідтворенні та аналізом статистичних даних широкоформатного друку для встановлення основних параметрів впливу на точність відтворення оптичних характеристик оригіналу.

### Результати проведених досліджень

В дослідженні було застосовано статистичні дані вимірювання оптичної густини на відбитках, що отримані на широкоформатному струминному принтері Epson Stylus Pro 9890. Друк проводився на поширених сортах паперу, а саме крейдованому папері із глянцевою покриттям масою  $1 \text{ м}^2$  200 г, крейдованому папері із матовим покриттям масою  $1 \text{ м}^2$  210 г, крейдованому папері із матовим покриттям масою  $1 \text{ м}^2$  170 г та 80 г.

Статистична обробка результатів та побудова графічної інтерпретації результатів дослідження здійснювалася за допомогою програмного забезпечення MS Excel 2007.

Для встановлення рівномірності оптичної густини на плашках ( $\Delta D_{\max}$ ) було побудовано розподіл величини нерівномірності оптичної густини навколо середнього значення на відбитках широкоформатного друку для всіх тріадних фарб (рис. 1). Оскільки згідно міжнародних норм [11, 12] допуск на розкид значень оптичної густини на плашках для всіх фарб повинен знаходитися у межах  $\pm 0,10$  Б, то можна констатувати наявність прийнятного рівня максимальної оптичної густини на всіх сортах паперу (рис. 1, а, в, г).

Незначне перевищення меж коливання максимальної оптичної густини спостерігається лише на папері із глянцевою покриттям масою  $1 \text{ м}^2$  200 г (рис. 1, б), що складає на деяких ділянках  $\pm 0,20$  Б і пояснюється підвищеним рівнем максимальної оптичної густини порівняно з іншими сортами паперу.

Оцінка точності градаційної передачі за різними тріадними фарбами (рис. 2) вказує на підвищений рівень спотворень на полях із відносною площею растрових елементів 20, 30, 40 та 50 % відповідно. Причому найбільші спотворення на рівні  $\Delta S = 15\text{--}25$  % притаманні для тріадних фарб на крейдованому папері із матовим покриттям масою  $1 \text{ м}^2$  170 г (рис. 2, а).

Середній рівень спотворень на рівні  $\Delta S = 5\text{--}15$  % характер-

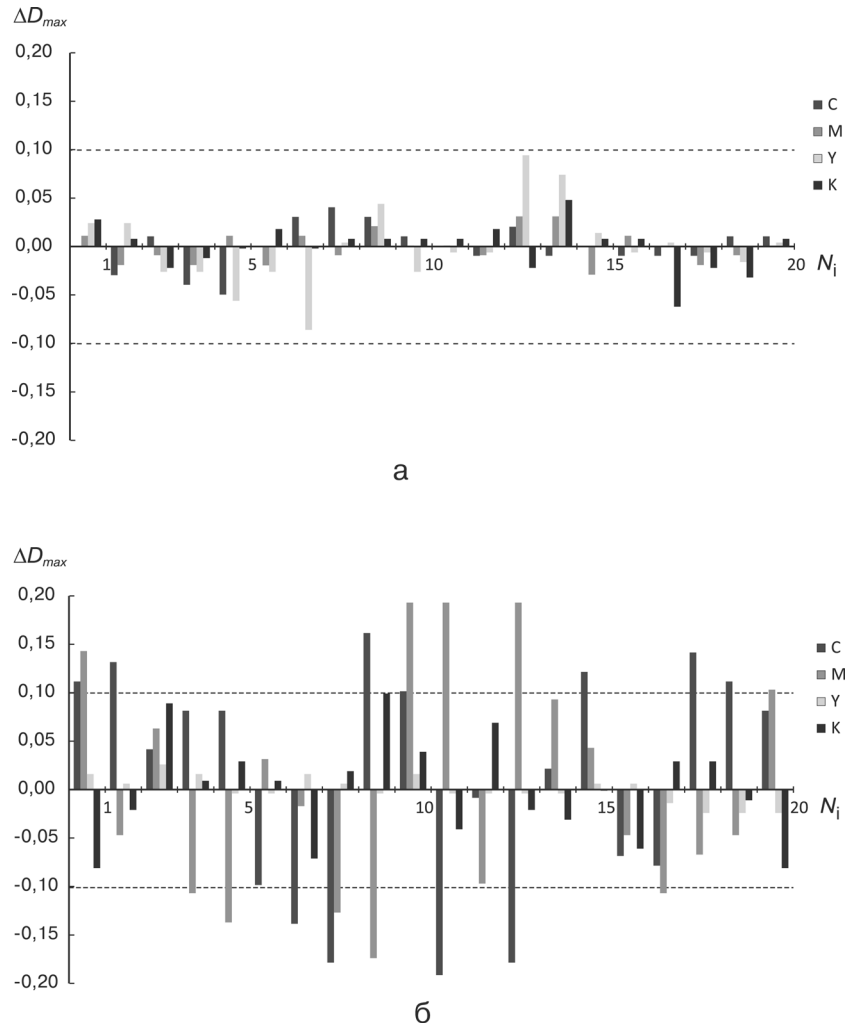
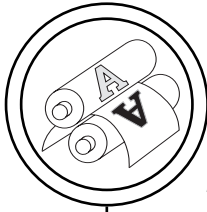
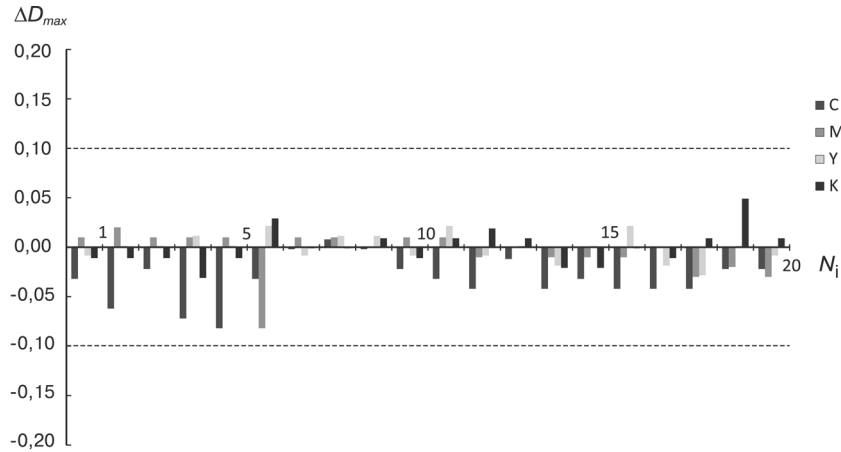
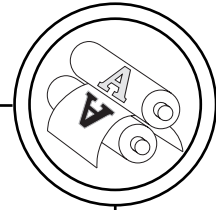


Рис. 1. Розподіл величини нерівномірності оптичної густини навколо середнього значення на відбитках широкоформатного друку отриманих на різних сортах паперу (початок): а — крейдований папір із матовим покриттям масою 1 м<sup>2</sup> 170 г; б — крейдований папір із глянцевим покриттям масою 1 м<sup>2</sup> 200 г

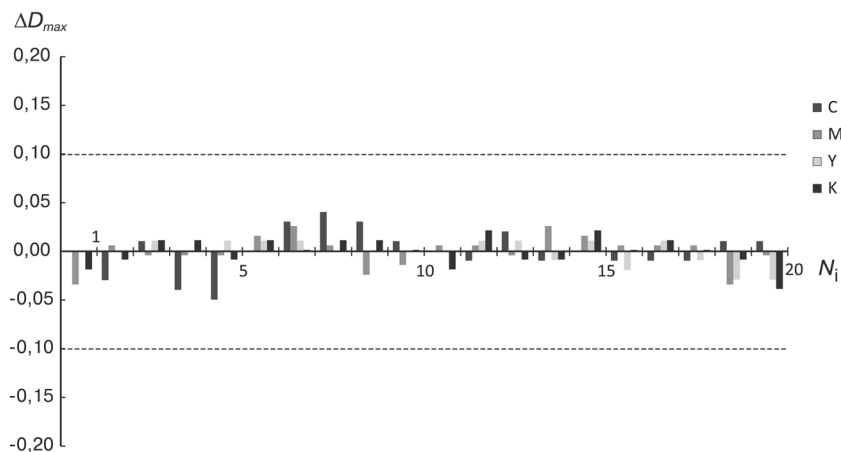
ний для крейдованого паперу із глянцевим покриттям масою 1 м<sup>2</sup> 200 г та крейдованого паперу із матовим покриттям масою 1 м<sup>2</sup> 80 г (рис. 2, б, в). Практична відсутність градаційних спотворень присутня на відбитках отриманих на крейдованому папері із глянцевим покриттям

масою 1 м<sup>2</sup> 210 г і становить  $\Delta S = 3-8\%$  (рис. 2, г).

Нааявний рівень спотворень градаційної передачі (рис. 2) на досліджуваних відбитках широкоформатного друку є припустимою і відповідає мінімальним вимогам міжнародних стандартів [11, 12].



В



Г

Рис. 1. Розподіл величини нерівномірності оптичної густини навколо середнього значення на відбитках широкоформатного друку отриманих на різних сортах паперу (закінчення): а — крейдований папір із матовим покриттям масою 1 м<sup>2</sup> 80 г; б — крейдований папір із матовим покриттям масою 1 м<sup>2</sup> 210 г

Для аналізу якості застосовуваних витратних матеріалів (паперу та фарби) було розраховано показник спотворення колірного тону ( $H_e$ ), який вказує на відхилення колірного тону від еталонних значень (рис. 3). Причому для кожного із значень фарб СМУ є своє нормоване

значення. Зокрема, для блакитної фарби (С) граничне спотворення не повинно перевищувати  $H_{e,(cyan)} = 20$ , для пурпурної фарби (М) граничне значення  $H_{e,(magenta)} = 46$  та  $H_{e,(yellow)} = 5$  для жовтої фарби (Y) відповідно [8].

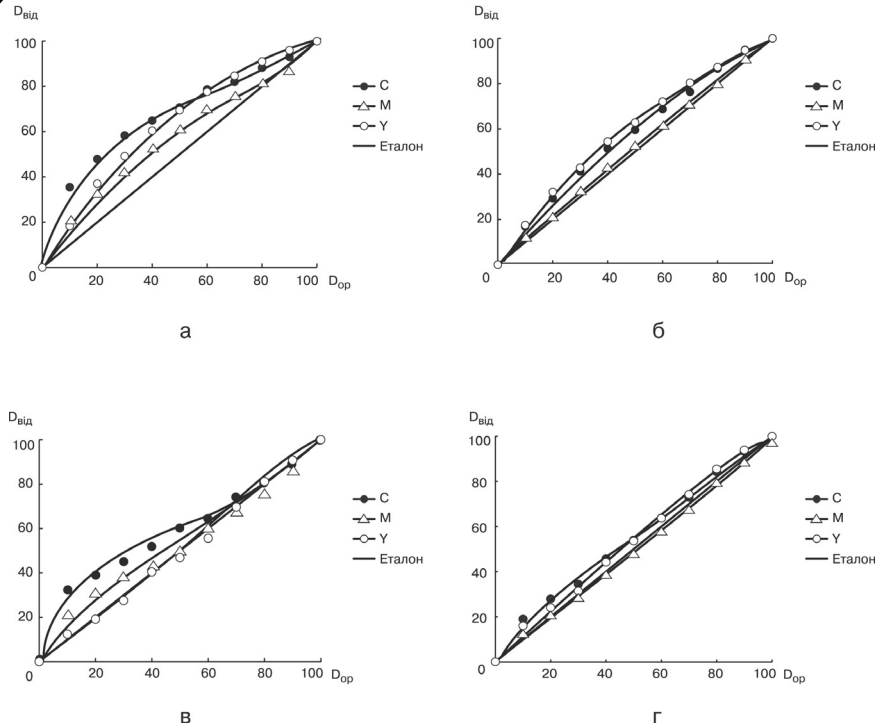
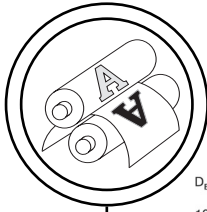


Рис. 2. Градаційна передача відбитків широкоформатного друку отриманих на різних сортах паперу: а — крейдований папір із матовим покриттям масою  $1 \text{ м}^2$  170 г; б — крейдований папір із глянцевим покриттям масою  $1 \text{ м}^2$  200 г; в — крейдований папір із матовим покриттям масою  $1 \text{ м}^2$  80 г; г — крейдований папір із матовим покриттям масою  $1 \text{ м}^2$  210 г

Досліджувані відбитки широкоформатного друку на різних сортах паперу характеризуються прийнятною якістю відтворення колірному тону на основі пурпурної (М) та жовтої фарб (Y). Однак, при відтворенні колірному тону на основі блакитної фарби (С) спостерігаються спотворення (рис. 3). Найбільш, спотворений колірний тон за блакитною фарбою (С) спостерігається на відбитках отриманих переважно на крейдованих сортах паперу із матовим покриттям (рис. 3, гістограми 1, 3 та 4), що пояснюється дру-

карсько-технічними характеристиками паперу [2–5].

Проведена оцінка колірному охоплення, що здійснювалася за оптичною густиною із побудовою гексагонального колірному графіку GATF (рис. 4), підтвердила вплив друкарсько-технічних характеристик паперу на зростання кількості відтінків основних тонів. Так крейдований папір із глянцевим покриттям масою  $1 \text{ м}^2$  200 г дозволив відтворити значно більшу кількість відтінків основних тонів, порівняно із крейдованим папером із матовим покриттям (рис. 4).

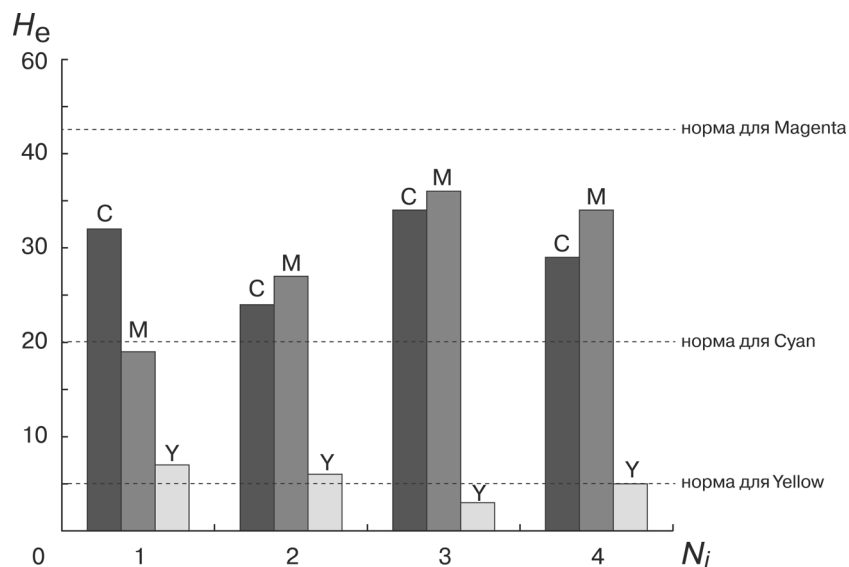
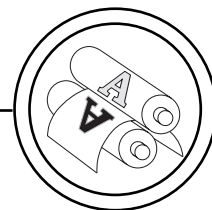
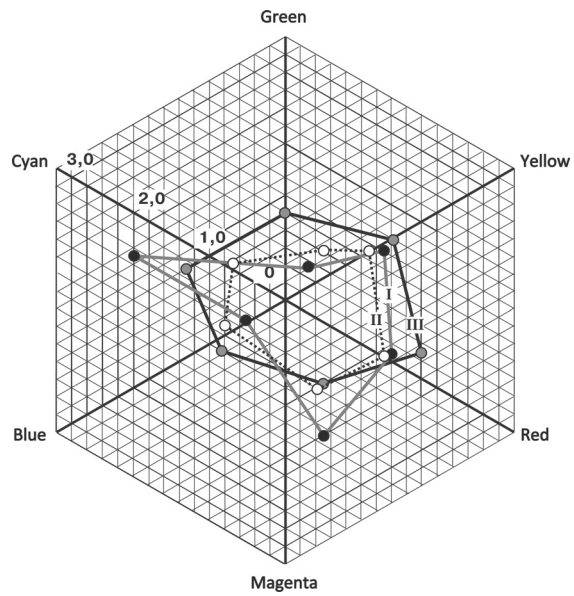
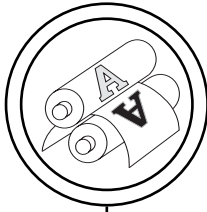


Рис. 3. Сптворення колірною тону на відбитках широкоформатного друку отриманих на різних сортах паперу: 1 — крейдований папір із матовим покриттям масою 1 м<sup>2</sup> 170 г; 2 — крейдований папір із глянцевим покриттям масою 1 м<sup>2</sup> 200 г; 3 — крейдований папір із матовим покриттям масою 1 м<sup>2</sup> 80 г; 4 — крейдований папір із матовим покриттям масою 1 м<sup>2</sup> 200 г

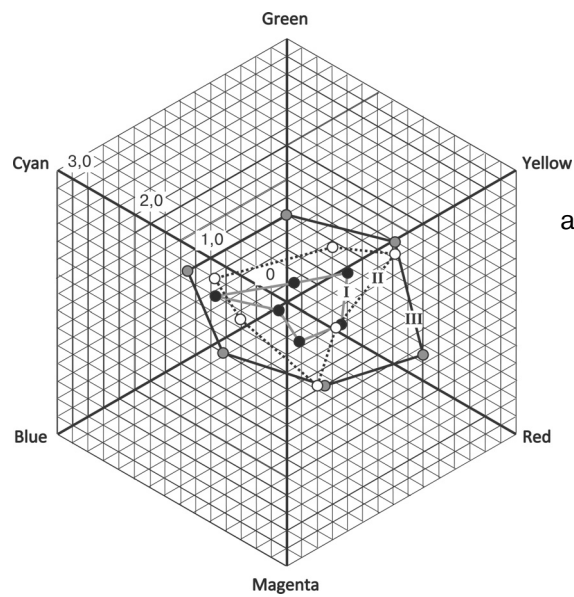
Слід відзначити, що порівняння колірною охоплення в межах досліджуваних відбитків струминного друку із відповідним колірною охопленням репродукційної тестової шкали ЦШ-2 (рис. 4, фігура III) відбитків отриманих після проведення калібрування широкоформатного принтеру (рис. 4, фігура I та II), дозволили встановити характер зміни основних колірних тонів. Так після проведення процесу калібрування на всіх досліджуваних сортах паперу спостерігається підвищення загального колірною охоплення для всіх основних відтінків кольорів за умови, що дані кольори не перевищували аналогічні значення на репродукційній тестовій шкалі ЦШ-2.

Після проведеного процесу калібрування на відбитках широкоформатного друку в окремих колірних тонах спостерігалось зниження колірною охоплення до рівня нормованих значень (рис. 4, а, фігура I та II) відповідно до якості відтворення тонів за репродукційною тестовою шкалою ЦШ-2.

Також, для визначення характеру зміни колірною охоплення за кожним окремим відтінком кольору було проаналізовано розрахований показник колірних відмінностей за зональними значеннями оптичної густини (рис. 5). Так, незалежно від застосованого сорту паперу на відбитках широкоформатного друку, після проведеного процесу калібрування та



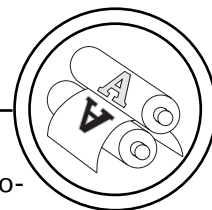
а



б

Рис. 4. Гексагональний графік колірного охоплення GATF, що побудований за оптичними характеристиками відбитків широкоформатного друку, отриманих на крейдованому папері із глянцевою покриттям масою 1 м<sup>2</sup> 200 г (а) та крейдованому папері із матовим покриттям масою 1 м<sup>2</sup> 80 г (б). Режимы друкування: I — без застосування ICC-профiлів паперу; II — із застосуванням ICC-профiлів паперу; III — еталонні значення зональних густин





побудови відповідних ICC-профілів, спостерігається значне покращення якості відтворення кольорів CMY та певне погіршення точності відтворення бінарних кольорів RGB (рис. 5, а, б).

Підсумовуючи результати проведеного дослідження можна відзначити значний вплив застосованих витратних матеріалів на якісні показники оптичних властивостей широкоформатного друку, що виявляється у забезпеченні на відбитку, як достатнього рівня оптичної густини, так і репродукційної точності відтворення основних відтінків колірному тону. Присутнє на відбитку нерівномірне колірне охоплення за основними та бінарними відтінками колірному тону, після застосування відповідного колірному ICC-профілю, може бути виправлене.

Однак, забезпечення рівномірного колірному охоплення, як показали дослідження, вимагає зниження кількості відтінків для

бінарних кольорів (RGB). Це пояснюється тим, що більшість досліджуваних відбитків широкоформатного друку не забезпечують репродукційної точності відтворення оптичних властивостей оригіналу, яка притаманна для офсетного друку.

Тому для моніторингу оптичної густини на відбитках широкоформатного друку, в межах різних режимів друкування, можливо застосовувати комплексний підхід до аналізу оптичних властивостей: рівномірності оптичної густини ( $\Delta D_{max}$ ), спотворення градаційної передачі ( $\Delta S$ ) та колірному тону ( $H_e$ ), а також показник відхилення колірному тону за зональними оптичними густинами ( $\Delta D_i$ ). Такий підхід дозволить встановити вплив застосованих режимів широкоформатного друку (із застосуванням стандартних налаштувань для застосованих витратних матеріалів, або за допомогою ICC-профілів) на зміну оптичних властивостей відбитка.

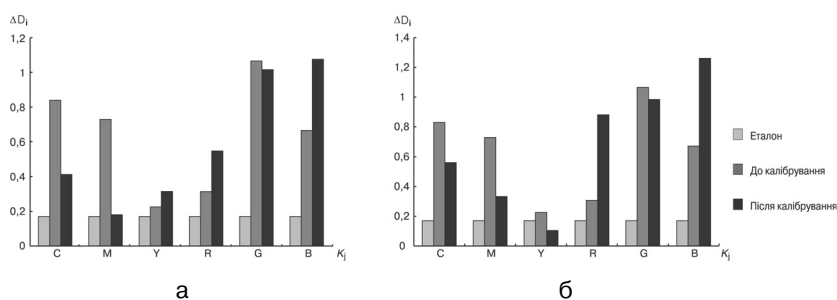
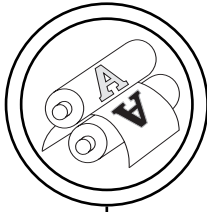


Рис. 5. Розподіл значень показника відхилення колірному тону за зональними оптичними густинами основних (CMY) та бінарних відтінків тону (RGB) на відбитках широкоформатного друку отриманих на крейдованому папері із глянцевою покриттям масою 1 м<sup>2</sup> 200 г (а) та крейдованому папері із матовим покриттям масою 1 м<sup>2</sup> 80 г (б)



### Висновки

1. На основі проведеного дослідження було встановлено характер зміни оптичних властивостей для відбитків широкоформатного друку, що полягає у незначному підвищенні нерівномірності товщини фарби на плашці ( $\Delta D_{\max}$ ) при зростанні рівня максимальної оптичної густини ( $D_{\max}$ ).

2. Запропоновано методику на основі розрахунку показника відхилення колірному тону ( $\Delta D_i$ ) за зональними значеннями оптичних густин, що дозволяє оцінити спотворення колірному охоплення для основних колірних відтінків. Зокрема, для відбитків широкоформатного друку встановлено, що оптимальне значення показника  $\Delta D_i \leq 0,17$ , яке вказує на достатній рівень колірному охоплення для репродукційної точ-

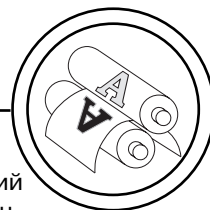
ності відтворення визначеного колірному відтінку на відбитку.

3. Визначено, що незалежно від застосованого сорту паперу на відбитках широкоформатного друку, після процесу калібрування та побудови відповідних ICC-профілів, спостерігається значне покращення якості відтворення кольорів CMY та певне погіршення точності відтворення бінарних кольорів RGB.

4. Встановлено, що на основі комплексного розрахунку показників: рівномірності оптичної густини ( $\Delta D_{\max}$ ), спотворення градаційної передачі ( $\Delta S$ ) та колірному тону ( $H_e$ ), а також показника відхилення колірному тону ( $\Delta D_i$ ), можливо проводити моніторинг оптичної густини на відбитках широкоформатного друку для різних режимів друкування.

### Список використаної літератури

1. Rich Adams. Optimizing ink density // Digital Graphics. — October, 2007. — pp. 74–77.
2. Baudin G. Inkjet printing : Effect of paper properties on print quality / G. Baudin, E. Rousset // NIP & Digital Fabrication Conference. Society for Imaging Science and Technology. — 2001. — N 1. — pp. 120–124.
3. Демянишин Д. В. Якість відбитків широкоформатного друку та їх експлуатаційні характеристики / Д. В. Демянишин, В. Б. Нетак, В. О. Гуменюк // Технологія і техніка друкарства. — 2007. — № 3–4 (17–18). — С. 41–48.
4. Говязин И. О. Тестирование бумаги для струйной печати [Электронный ресурс] / И. О. Говязин, О. С. Мартыанова // КомпьюАрт. — 2008. — № 8. — Режим доступа : <http://www.compuart.ru/article.aspx?id=19394&iid=899>.
5. Isabel M. T. Impact of Surface Sizing on Inkjet Printing Quality / Isabel M. T. Moutinho, Paulo J. T. Ferreira, Margarida L. Figueiredo // Industrial & Engineering Chemistry Research. — 2007. — № 46(19). — pp. 6183–6188.
6. Савченко К. І. Відтворення кольору струминним друком / К. І. Савченко, О. В. Зоренко, О. М. Величко // Технологія і техніка друкарства — 2012 — № 1(35). — С. 12–17.
7. Савченко К. І. Колірне охоплення відбитків струминного друку / К. І. Савченко // Поліграфія і видавнича справа. — 2012 — № 2(58). — С. 113–118.



8. A guild to Understanding Graphic Arts Densitometry [Електронний ресурс] // X-rite. — 2003. — Режим доступу : [http://www.xrite.com/documents/literature/en/L7-093\\_Understand\\_Dens\\_en.pdf](http://www.xrite.com/documents/literature/en/L7-093_Understand_Dens_en.pdf).

9. Филд Г. Фундаментальный справочник по цвету в полиграфии / Гарри Филд; пер. сангл. Н. Друзьева. — М. : ЦАПТ, 2007. — 376 с.

10. Зоренко Я. В. Дослідження системи «оригінал—відбиток» із визначенням впливу її параметрів на стабільність процесу репродукування плоским офсетним друком // Технологія і техніка друкарства. — № 3(33). — 2013. — С. 41–48.

11. ДСТУ ISO 12647-2:2005. Управління процесами виготовлення растрових кольороподілених фотоформ, пробних і тиражних відбитків : Частина 2. Процеси офсетного плоского друкування / Держспоживстандарт України. — 2006. — 13 с.

12. ISO 2846-1:2006. Graphic technology — Colour and transparency of printing ink sets for four-colour printing — Part 1 : Sheet-fed and heat-set web offset lithographic printing.

### References

1. Rich Adams. Optimizing ink density // Digital Graphics. — October, 2007. — pp. 74–77.

2. Baudin G. Inkjet printing : Effect of paper properties on print quality / G. Baudin, E. Rousset // NIP & Digital Fabrication Conference. Society for Imaging Science and Technology. — 2001. — N 1. — pp. 120–124.

3. Demianyshyn D. V. Yakist vidbytkiv shyrokoformatnoho druku ta yikh ekspluatatsiini kharakterystyky / D. V. Demianyshyn, V. B. Netak, V. O. Hume-niuk // Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva. — 2007. — № 3–4 (17–18). — S. 41–48.

4. Govjazin I. O. Testirovanie bumagi dlja strujnoj pechati [Elektronnyi resurs] / I. O. Govjazin, O. S. Mart'janova // Komp'juArt. — 2008. — № 8. — Rezhym dostupu : <http://www.compuart.ru/article.aspx?id=19394&iid=899>.

5. Isabel M. T. Impact of Surface Sizing on Inkjet Printing Quality / Isabel M. T. Moutinho, Paulo J. T. Ferreira, Margarida L. Figueiredo // Industrial & Engineering Chemistry Research. — 2007. — № 46(19). — pp. 6183–6188.

6. Savchenko K. I. Vidtvorennia koloru strumynnym drukom / K. I. Savchenko, O. V. Zorenko, O. M. Velychko // Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva — 2012 — № 1(35). — S. 12–17.

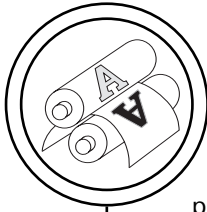
7. Savchenko K. I. Kolirne okhoplennia vidbytkiv strumynnoho druku / K. I. Savchenko // Polihrafiia i vydavnycha sprava. — 2012 — № 2(58). — S. 113–118.

8. A guild to Understanding Graphic Arts Densitometry [Elektronnyi resurs] // X-rite. — 2003. — Rezhym dostupu : [http://www.xrite.com/documents/literature/en/L7-093\\_Understand\\_Dens\\_en.pdf](http://www.xrite.com/documents/literature/en/L7-093_Understand_Dens_en.pdf).

9. Fild G. Fundamental'nyj spravochnik po cvetu v poligrafii / Garri Fild; per. sangl. N. Druz'eva. — М. : CAPT, 2007. — 376 s.

10. Zorenko Ia. V. Doslidzhennia systemy «oryhinal—vidbytok» iz vyznachen-niam vplyvu yii parametriv na stabilnist protsesu reprodukovannia ploskym ofsetnym drukom // Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva. — № 3(33). — 2013. — S. 41–48.

11. DSTU ISO 12647-2:2005. Upravlinnia protsesamy vyhotovlennia rastroykh koloropodilenykh fotoform, probnykh i tyrazhnykh vidbytkiv : Chastyina 2. Protsesty ofsetnoho ploskoho drukuvannia / Derzhspozhyvstandart Ukrainy. — 2006. — 13 s.



## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

12. ISO 2846-1:2006. Graphic technology — Colour and transparency of printing ink sets for four-colour printing — Part 1 : Sheet-fed and heat-set web offset lithographic printing.

**Проведено исследование оптических свойств оттисков широкоформатной печати. Установлен характер изменения оптических свойств для отпечатков в зависимости от примененного сорта бумаги и режима широкоформатной печати. Предложена методика мониторинга цветового охвата оттисков с помощью расчета показателя отклонения цветового тона.**

**Ключевые слова:** струйная печать; широкоформатный принтер; оптическая плотность; цветовой охват оттисков; отклонение цветового тона.

**The stability of optical properties at large-format inkjet imprints were researched. The character of changes in optical properties for imprints depending on the papers and printing modes were determined. A method of monitoring of color gamut at imprints by calculating the size of error at color tone was proposed.**

**Keywords:** inkjet printing; large format printer; optical density; color gamut of prints; deviation of color tone.

Рецензент — К. О. Чепурна, к.т.н.,  
доцент, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 19.05.15