

© М. О. Слободян, магістр, О. В. Зоренко, к.т.н., доцент,
НТУУ «КПІ», О. Ю. Байдак, к.т.н., доцент, ТОВ «Мак Хаус»,
Київ, Україна

ПРОФІЛЮВАННЯ ДРУКУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ КОЛЬОРОВІДТВОРЕННЯ

**Досліджено вплив ІСС-профілів на якість кольоровідтворення
друкованої продукції цифровою струминною технологією
зادля опису режиму роботи вивідного пристрою із
застосуванням певних поліграфічних матеріалів.**

**Ключові слова: якість кольоровідтворення; цифрова
струминна технологія; ІСС-профіль; п'єзоелектричний
струминний принтер.**

Постановка проблеми

Точність відтворення кольору є однією з важливих вимог до якості продукції виготовленої струминною цифровою технологією, швидкий розвиток якої сприяє виникненню все більшого асортименту витратних матеріалів, розробці нового додрукарського апаратно-програмного забезпечення та друкувальних пристроїв офісного та промислового призначення, а разом з тим — проблеми кольоровідтворення. На якість продукції значною мірою впливають також мікрокліматичні параметри, ступінь автоматизації процесу та кваліфікація працівників. В даних умовах є дуже важливим контроль відтворення кольорів та оптимізація кольоровідтворення.

Аналіз попередніх досліджень

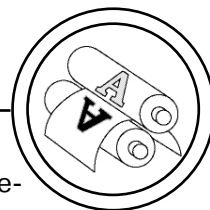
Струминний друк, зокрема імпульсний п'єзоелектричний, стрімко розвивається та є однією з найбільш перспективних і

сучасних цифрових технологій. Останні розробки, представлені на виставці «druqa'2012» (Дюссельдорф, Німеччина), свідчать про підвищення продуктивності, якості друку, асортименту продукції і як наслідок — збільшення частки ринку, що припадає на струминну технологію [1].

Зокрема інновації у широкоформатному п'єзоелектричному струминному друці спрямовані на удосконалення конструкції друкуючих головок; способів керування процесом формування крапель та швидкості передачі даних; складу чорнил [1–3].

Залежно від виду продукції, різновиду технології, типу друкувальних пристроїв підприємства широкоформатного струминного друку поділяють на чотири групи:

1. Перша — великі підприємства, що працюють на ринку зовнішньої реклами з використанням устаткування широкоформатного друку 3–5 м компаній HP Scitex, HP NUR, Vutek, DGI, Flora, Teckwin, Infinity (сольвентного,



екосольвентного та УФ), орієнтовані на дешевий, з невисокою роздільною здатністю друк банерів, брендмауерів, рекламних щитів.

2. Друга — універсальні підприємства середньої потужності, які окрім друкування та виготовлення вивісок, лайтбоксів, вказівників, стендів, точок продажу (POS-терміналів) та інших конструкцій зовнішньої реклами, надають додаткові конструкторсько-дизайнерські послуги. Зазвичай, вони мають два-три струминних принтера (широкоформатний сольвентний, або на водних чорнилах для інтер'єрного друку, або для друкування на листових матеріалах — пластик, картон, скло).

3. Третя — невеликі та середні салони оперативної поліграфії, фотостудії, дизайн-бюро, рекламні агентства, спеціалізовані компанії виставкового друку, що працюють в режимі «друк на замовлення» з використанням струминних принтерів на водних чорнилах (Epson, HP, Canon), що дозволяє друкувати з фотографічною якістю на різноманітних матеріалах — холст, вініл, плівка, фактурні види паперу.

4. Четверта — компанії з виробництва рекламної та інтер'єрної продукції на тканинах із застосуванням сублімаційних технологій [4].

Кольоровідтворення друкованої продукції, виготовленої струминною технологією залежить від ряду чинників, основні з яких: техніко-технологічний стан друкувального пристрою, налаштування режимів друку та RIP, якість ICC-профілю та елек-

тронного файлу оригінал-макету, характеристики фарбувальної речовини та задрукованого матеріалу.

За допомогою метода експертної розстановки пріоритетів з точки зору «важливо–неважливо» було визначено ступінь впливу даних чинників на кольоровідтворення (рис. 1), що може бути компенсований при створенні оптимального ICC-профілю з урахуванням техніко-технологічних характеристик друкувального пристрою при його роботі в різних режимах та при застосуванні різних задруковуваних матеріалів.

Мета роботи

Задля оптимізації кольоровідтворення друкованої продукції струминної цифрової технології здійснити калібрування та профілювання широкоформатного п'єзоелектричного принтера з урахуванням режимів друкування і застосування певних задруковуваних матеріалів.

Результати проведених досліджень

Створення ICC-профілю, що коректно описує режим роботи вивідного пристрою, є рішенням проблеми точного відтворення кольорів на багатьох поліграфічних підприємствах струминного широкоформатного друку.

Для перетворення кольору необхідні чотири основні компоненти:

— Profile Connection Space (PCS) — апаратно-незалежний простір профілів, що дозволяє призначити кольору однозначні

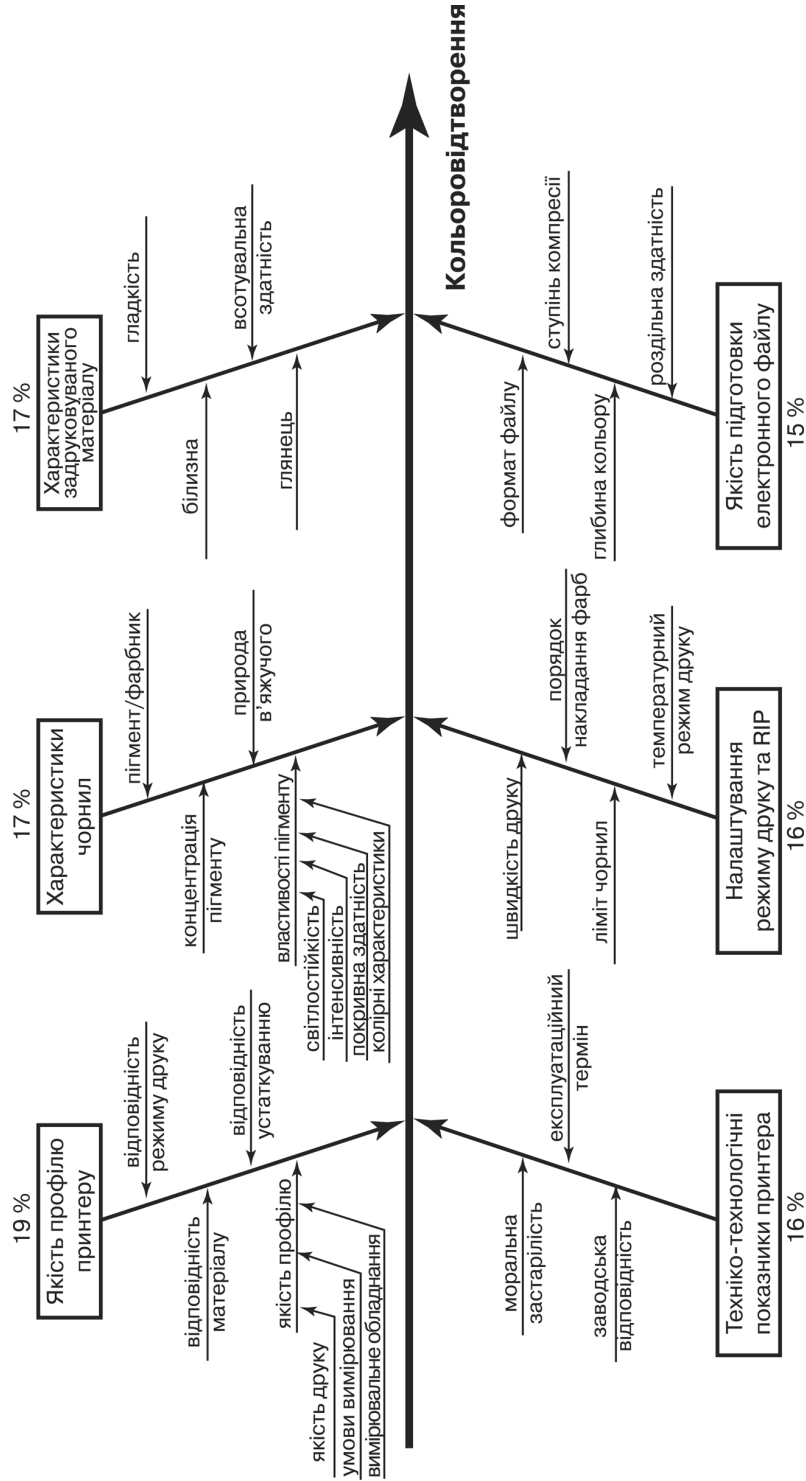
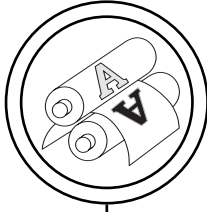
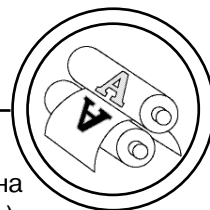


Рис. 1. Причинно-наслідкова діаграма



числові значення просторів CIE XYZ або CIE LAB.

— Color Management Module (CMM) — ПЗ, що виконує всі розрахунки, необхідні для перетворення значень RGB або CMYK. Модуль CMM оброблює дані, що містяться в профілі [6, 7].

— Профілі — описують залежності між сигналами RGB або CMYK, керуваними пристроями та відтворюваними кольорами. При перетворенні кольорів завжди приймає участь два профілі — вихідний (сповіщає системі керування кольором, які кольори містить документ) та цільовий (сповіщає нові керуючі сигнали RGB/CMYK для відтворення кольорів документу на конкретному пристрої, але не змінює їх). Профіль пристрою містить інформацію про параметри, які описують його роботу: кольорова гама — колір та яскравість фарбників (основних кольорів); динамічний діапазон — колір та яскравість білої та чорної точок; характеристика тоновідтворення фарбників [8].

— Цілі кольоропередачі — стандарт ICC, що описує способи інтерпретації кольорів, які знаходяться за межами колірної гами, тобто такі кольори, які існують в вихідному колірному просторі, але фізично не можуть бути відтворені вивідним пристроєм [9–11].

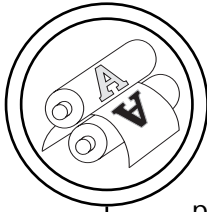
Дослідження якості кольоровідтворення проводили із застосуванням широкоформатного струминного п'єзоелектричного принтера AGFA Grand Sherpa 87 Universal, задруковуваного матеріалу різних типів (матова/глянцева самоклеїльна ПВХ-

плівка; папір «Citylight»; банерна тканина «Frontlit», «Blackout»), масою 1 м² 150...440 г. Вимірювання надрукованих колірних шкал здійснювали із застосуванням спектрофотометра X-Rite DTP20 Pulse у смуговому режимі при освітленні поверхні стандартним джерелом освітлення CIE D50, освітленість 500±125 лк в центрі освітленої поверхні та програмного забезпечення ColorPort (X-Rite) [5].

За основні показники якості друкованого зображення із застосуванням побудованих колірних профілів були колірні характеристики відбитків за CIE Lab та колірні відмінності ΔE. За отриманими експериментальними даними будували діаграми колірного охоплення профілів, таблиці колірних відхилень (ΔE).

Було обрано стандартний колірний референс CMYK EC12002V, що містить 1485 кольорових патчів. Контроль точності вимірювань та усереднення значень здійснювали в програмному забезпеченні (ПЗ) MeasureTool; колірний профіль створювали в ПЗ ProfileMaker; аналіз профілю, графічне представлення компенсаційних кривих та колірного охоплення здійснювали у ПЗ Color Think Pro; за допомогою утиліти Color Lab проводили контроль якості профілю.

У підготовку до друку принтера входило: підготовка системи подачі задруковуваного матеріалу; підготовка файлу до друку (RIP); встановлення оптимального режиму друку; чистка сопел перед друком; друк файлу.



Технологічний процес створення колірної ICC-профілю (рис. 2) складається з таких етапів: сушка копії; вимірювання колірної шкали спектрофотометром; копіювання даних в ПЗ ColorPort; збереження спектральних даних вимірювання; усереднення трьох вимірів в ПЗ MeasureTool; створення профілю в ПЗ ProfileMaker; аналіз створеного ICC-профілю в ПЗ ColorThinkPro; друк контрольної колірної шкали (СМУК ТС3.5); сушка копії; вимірювання колірної шкали спектрофотометром; завантаження СМУК референсу; проведення в ColorLab валідації профілю шляхом порівнювання реальних та очікуваних результатів, розрахунок колірного відхилення ΔE .

За даними вимірювань колірних шкал (рис. 3) видно, що принтер має проблеми з відтворенням жовтого кольору на всіх матеріалах. Найбільший показник ΔE виявляється на тих ділянках, де відбувається додавання жовтого до блакитного та пурпурного. Також за суб'єктивною оцінкою копій, виготовлених на даному принтері, спостерігався надлишок пурпурної фарби.

Отже, перевірка створеного профілю полягала в порівнянні відомого режиму роботи вивідного пристрою з тим режимом, що прогнозує профіль. Так як профіль вивідного пристрою має перетворення у двох напрямках — прямому (з PCS (Profile Connection Space) в простір вивідного пристрою) та зворотному (з простору вивідного пристрою в PCS), отже й оцінка відбувалася в два етапи:

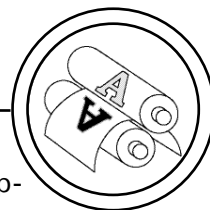
отримання прогнозованих значень перетворення з колірного простору вивідного пристрою в простір PCS та виводі значень Lab з профілем, що перевіряється та подальшим його вимірюванням. Два файли порівнювалися та проводився об'єктивний аналіз за значеннями ΔE , ΔE_{2000} .

Статистичний аналіз порівняння проводили за такими критеріями: середнє (Average) — розраховується шляхом складання всіх значень ΔE референсів, що порівнюються, з подальшим діленням на кількість патчів одного референсу (середнє арифметичне); сігма (Sigma) — стандартне відхилення між значеннями ΔE . Визначає форму кривої Гауса, що характеризує ступінь віддаленості значення E від середнього значення; максимум (Maximum) — показує пікове відхилення ΔE , що знайдено в порівнянні [7].

Умовно результат аналізу для фотографічної якості друку можна поділити на рівні, вказані в табл. 1.

У зведеній табл. 2 наведено значення ΔE , що були визначені вимірюванням колірних шкал на матеріалах, які застосовуються на виробництві.

Для кожного матеріалу було проведено три вимірювання та усереднено їх значення за допомогою ПЗ ColorPort та MeasureTool відповідно. На їх основі побудовано п'ять ICC-профілів, для кожного задрукуваного матеріалу в ПЗ ProfileMaker. Налаштуваннями не було обмежено кількість загальної подачі чорнил, а також



початку генерації чорного тому, що ці функції виконує безпосередньо RIP.

Створені ICC-профілі було проаналізовано інструментом Profile Inspector, що входить до складу ColorThinkPro. На рис. 4,

5 наведено основну інформацію, що містить профіль для опису режиму роботи пристрою з певним задруковуваним матеріалом: колірна гама, динамічний діапазон та характеристика тоновідтворення.

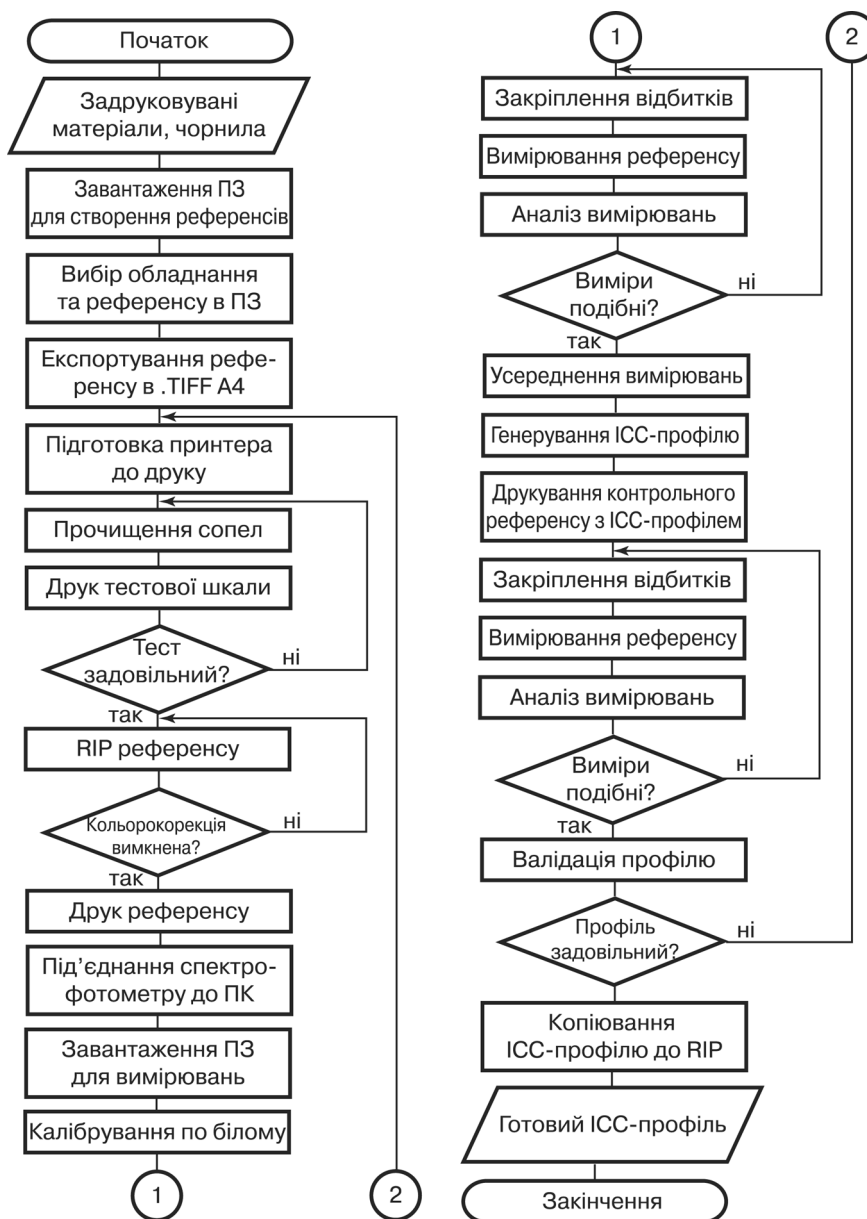


Рис. 2. Алгоритм процесу створення ICC-профілю

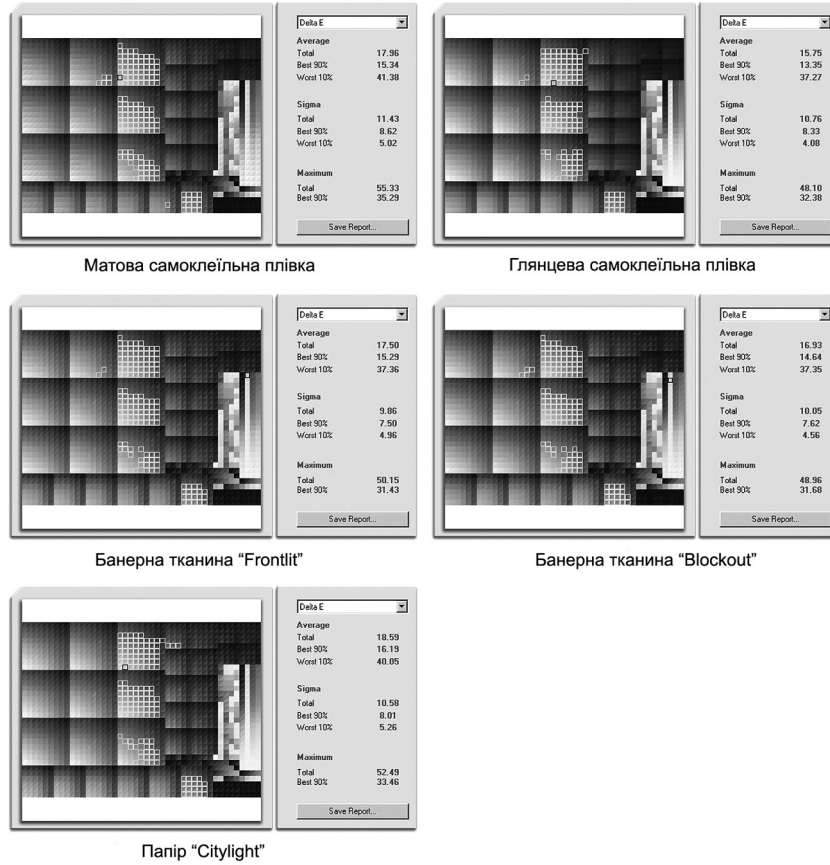
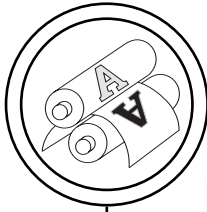


Рис. 3. Діалогове вікно результатів вимірювання колірних шкал після повного закріплення репродукцій

Як видно з рис. 4 динамічний діапазон глянцевої самоклеїльної плівки найбільший, СМУК фарби є більш насиченими, а отже матеріал якісний і підходить для виготовлення якісної продукції.

Динамічний діапазон паперу «Citylight» найменший через високу всотувальну здатність, а у матовій самоклеїльній плівки через низьку світлоту та зміщення по осі b в бік синього.

Таблиця 1

Оцінка результатів порівняння [7]

Оцінка	Кращі 90 %	Гірші 10 %
Відмінно (якісний фотографічний друк)	< 1,0	< 2,5
Добре (майже не відрізняється від відмінно)	< 2,0	< 5,0
Задовільно (залежно від вимог до якості)	< 3,0	< 10,0
Незадовільно	< 4,0	< 15,0

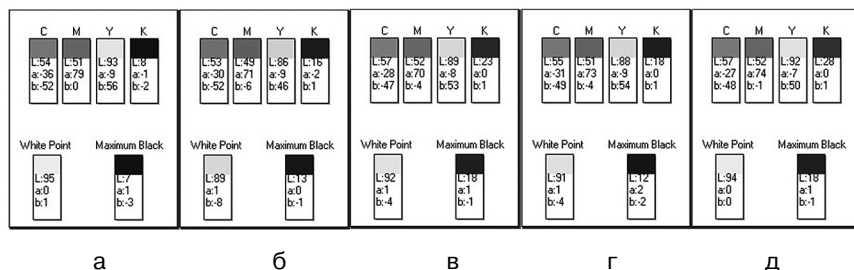
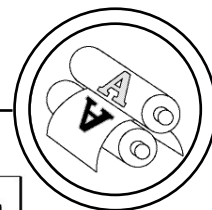


Рис. 4. Колірна гама (СМУК) та динамічний діапазон (точки білого і чорного): а — глянцева самоклеїльна плівка; б — матова самоклеїльна плівка; в — банерна тканина «Frontlit»; г — банерна тканина «Blackout»; д — папір «Citylight»

Як видно з рис. 5, цільова таблиця профілю побудована таким чином, що, наприклад, для паперу «Citylight» на вхідний сигнал 50M виводиться 47M, 75M — 68M. Таким чином, візуально, кількість пурпурної фарби в $3/4$ тонах зменшується. Контрастність пурпурного зображення на проміжку від 40 % до 75 % зменшена, адже кут нахилу кривої до горизонталі менше 45°. Після 73 % контрастність збільшується.

Жовта фарба на папері «Citylight» (рис. 5, а) розрізняється утруднено, через висо-

ку всотувальну здатність паперу та світлоту фарби. Тому меншим вхідним значенням відповідають більші вихідні: 10Y → 25Y, 25Y → 58Y, 60Y → 95Y, 75Y → 100Y. За таких значень жовта фарба буде наноситись в однаковій кількості для градацій від 75 % до 100 %. В тінях подібний жовтий клин не буде мати значного впливу, а насичені жовтий та зелений потрібно контролювати при додрукарській підготовці.

Подібна тенденція спостерігається і на інших видах задрукуваного матеріалу із стабільною подачею блакитної

Таблиця 2

Зведена таблиця показників ΔE для початкових вимірювань

Показник відхилення, ΔE		Задрукуваний матеріал				
		Матова плівка	Глянцева плівка	Банерна тканина «Frontlit»	Банерна тканина «Blockout»	Папір «Citylight»
Середнє	Всього	17,96	15,75	17,50	16,93	18,59
	Кращі 90 %	15,34	13,35	15,29	14,64	16,19
	Гірші 10 %	41,38	37,27	37,36	37,35	40,05
Сігма	Всього	11,43	10,76	9,86	10,05	10,58
	Кращі 90%	8,62	8,33	7,50	7,62	8,01
	Гірші 10%	5,02	4,08	4,96	4,56	5,26
Максимум	Всього	55,23	48,10	50,15	48,96	52,49
	Кращі 90%	35,29	32,38	31,43	31,68	33,46

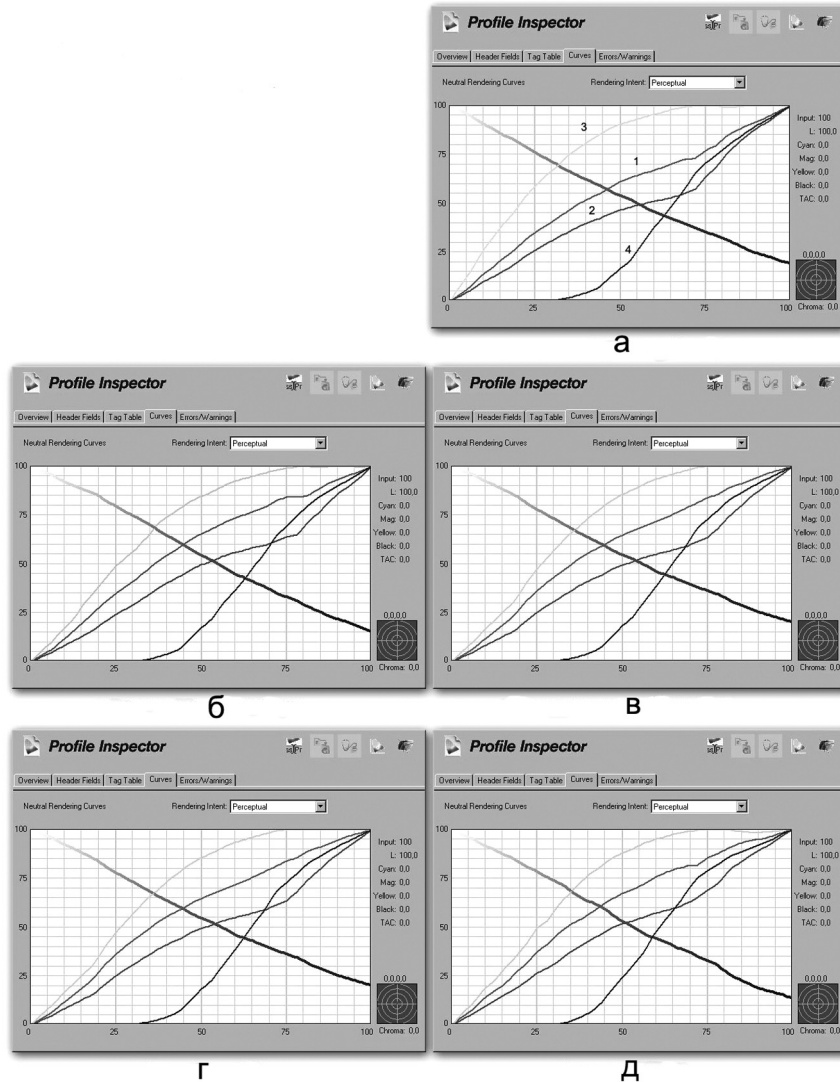
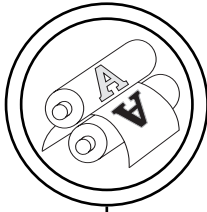


Рис. 5. Діалогове вікно тоновідтворення: 1 — Cyan; 2 — Magenta; 3 — Yellow; 4 — Black; а — папір «Citylight»; б — матова самоклеїльна плівка; в — глянцева самоклеїльна плівка; г — банерна тканина «Frontlit»; д — банерна тканина «Blackout»

фарби, зменшенням подачі пурпурної та збільшенням подачі жовтої фарби (рис. 5, б–д).

Вимірювання контрольного референсу TC3.5 СМУК (рис. 6) та порівняння отриманих результатів з прогнозованими показало очікуваний результат з

невисокими значеннями ΔE (табл. 3).

Враховуючи проведені дослідження, найбільше колірне охоплення має режим друку на гляцевій самоклеїльній плівці, найменше — на папері «Citylight» (рис. 7).

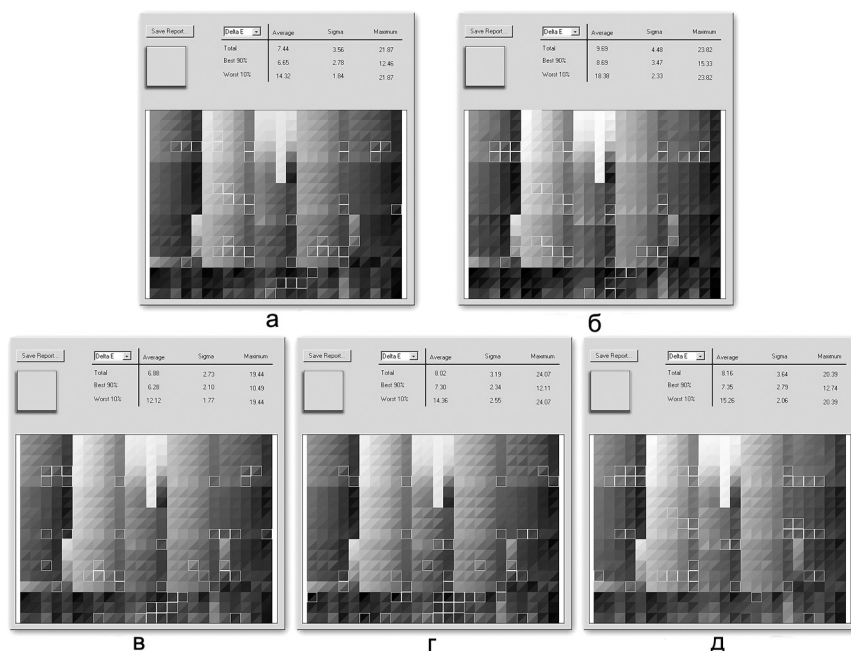
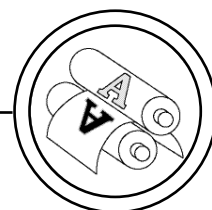


Рис. 6. Діалогове вікно валідації профілю на контрольному референсі ТС3.5 СМУК: а — матова самоклеїльна плівка; б — глянцева самоклеїльна плівка; в — банерна тканина «Frontlit»; г — банерна тканина «Blackout»; д — папір «Citylight»

В результаті застосування створеного профілю було досягнуто значне зменшення пурпурного відтінку і, як наслідок, оптимальне кольо-

ровідтворення друкованої продукції виготовленої із застосуванням п'єзоелектричної імпульсної струминної технології.

Таблиця 3

Зведена таблиця показників ΔE для оцінки побудованого профілю

Показник відхилення, ΔE		Задрукований матеріал				
		Матова самоклеїльна плівка	Глянцева самоклеїльна плівка	Банерна тканина «Frontlit»	Банерна тканина «Blockout»	Папір «Citylight»
Середнє	Всього	7,44	9,69	6,88	8,02	8,16
	Кращі 90 %	6,65	8,69	6,28	7,30	7,35
	Гірші 10 %	14,32	18,38	12,12	14,36	15,26
Сігма	Всього	3,56	4,48	2,73	3,19	3,64
	Кращі 90 %	2,78	3,47	2,10	2,34	2,79
	Гірші 10 %	1,84	2,33	1,77	2,55	2,06
Максимум	Всього	21,87	23,82	19,44	24,07	20,39
	Кращі 90 %	12,46	15,33	10,49	12,11	12,74

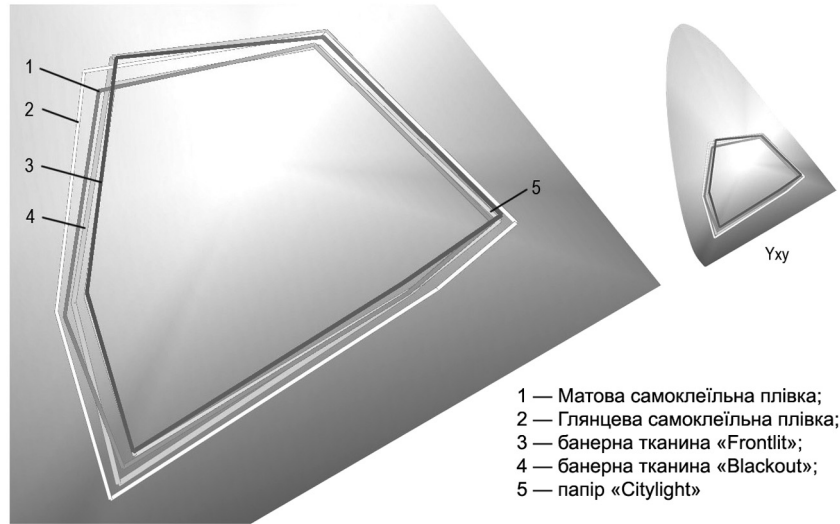
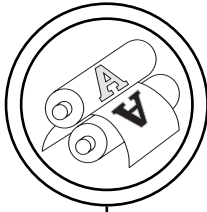


Рис. 7. Колірне охоплення принтера на досліджуваних задруковуваних матеріалах

Висновки

1. Проаналізовано сучасний стан та тенденції розвитку цифрового струминного п'єзоелектричного імпульсного друку.
2. Розроблено причинно-наслідкову діаграму ісікави чинників, що впливають на кольоровідтворення; методику вимірювання колірних шкал для створення ICC-профілю вивід-

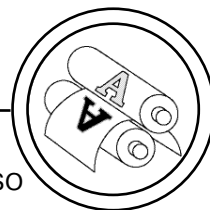
ного пристрою; алгоритм процесу створення ICC-профілів.

3. Оцінено колірну гаму, динамічний діапазон та тоновідтворення фарби на різних типах задруковуваних матеріалах.

4. Створено ICC-профілі, що вирішили проблему кольоровідтворення п'єзоелектричного струминного принтера.

Список використаної літератури

1. Уарова Р. Струминні цифрові друкарські машини / Регіна Уарова, Віолетта Маадир // Поліграфія : вироб.-практ. журн. — М., 2012. — № 3. — С. 50–54.
2. Уарова Р. Огляд сучасного стану цифрового друку. За матеріалами виставки dtpa 2012 / Регіна Уарова // Поліграфія : вироб.-практ. журн. — М., 2012. — № 7. — С. 44–48.
3. Уарова Р. Широкоформатний друк на dtpa і після / Регіна Уарова, Олександр Чуркін, Олександр Шашлов // Поліграфія : вироб.-практ. журн. — М., 2012. — № 9. — С. 42–45.
4. Глезеров О. Рынок широкоформатной печати : сегментация и новинки [Електронний ресурс] // Компьюарт : [ел. журн.] / ТОВ «КомпьютерПресс». — № 4. — 2005. — Режим доступу : <http://compuart.ru/article.aspx?id=19716&iid=907>, вільний. — з екрану. — рос. мова.



5. Graphic technology and photography — Viewing conditions : ISO 3664:2009. — ISO, 2009. — 34 с.

6. Системи управління кольором (Color management system) [Електронний ресурс] / ТОВ «ColorantLab». — Режим доступу : <http://www.colorantlab.com/cms.html>, вільний. — з екрану. — укр. мова.

7. Управление цветом и печатью [Електронний ресурс] / ТОВ «Cambridge in Colour». — Режим доступу : <http://www.cambridgeincolour.com/color-management-printing.htm>, вільний. — з екрану. — рос. мова.

8. Фрезер Б. Управление цветом. Мистецтво додрукарської підготовки : Пер. з англ. / Брюс Фрезер, Кріс Мерфі, Фред Бантінг. — К. : ТОВ «ТИД «ДС», 2003. — 464 с., [32] кольор. арк. іл.

9. Домасев М. В. Колір. Управління кольором, кольорові розрахунки та вимірювання / М. В. Домасев, С. П. Гнатюк. — СПб. : Пітер, 2009. — 224 с., іл.

10. Резвов О. Кольорове охоплення [Електронний ресурс] / ТОВ «Академия печати». — Режим доступу : http://www.academyprint.ru/ts_ohvat.html, вільний. — з екрану. — рос. мова.

11. File Format for Color Profiles (ICC.1:2001-04). — [Чинний від 2001-05-01]. — Рестон : International Color Consortium, 2001. — 93 с.

References

1. Uarova R. Strumynni tsyvrovi drukarski mashyny / Rehina Uarova, Violetta Maadyr // Polihrafiia : vyrob.-prakt. zhurn. — M., 2012. — № 3. — S. 50–54.

2. Uarova R. Ohliad suchasnoho stanu tsyvrovoho druku. Za materialamy vystavky drupa 2012 / Rehina Uarova // Polihrafiia : vyrob.-prakt. zhurn. — M., 2012. — № 7. — S. 44–48.

3. Uarova R. Shyrokoformatnyi druk na drupa i pislia / Rehina Uarova, Oleksandr Churkin, Oleksandr Shashlov // Polihrafiia : vyrob.-prakt. zhurn. — M., 2012. — № 9. — S. 42–45.

4. Glezerov O. Rynok shirokoformatnoj pechati : segmentacija i novinki [Elektronnyi resurs] // Komp'juart : [el. zhurn.] / TOV «Komp'juterPress». — № 4. — 2005. — Rezhym dostupu : <http://compuart.ru/article.aspx?id=19716&iid=907>, vilnyi. — z ekranu. — рос. мова.

5. Graphic technology and photography — Viewing conditions : ISO 3664:2009. — ISO, 2009. — 34 с.

6. Systemy upravlinnia kolorom (Color management system) [Elektronnyi resurs] / TOV «ColorantLab». — Rezhym dostupu : <http://www.colorantlab.com/cms.html>, vilnyi. — z ekranu. — ukr. мова.

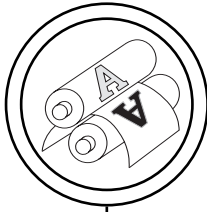
7. Upravlenie цветом i pechat'ju [Elektronnyi resurs] / TOV «Cambridge in Colour». — Rezhym dostupu : <http://www.cambridgeincolour.com/color-management-printing.htm>, vilnyi. — z ekranu. — рос. мова.

8. Frezer B. Upravlinnia kolorom. Mystetstvo dodrukarskoi pidhotovky : Per. z anhl. / Brius Frezer, Kris Merfi, Fred Bantinh. — K. : TOV «TYD «DS», 2003. — 464 с., [32] kolor. ark. il.

9. Domasev M. V. Kolir. Upravlinnia kolorom, kolorovi rozrakhunky ta vymiriuvannia / M. V. Domasev, S. P. Hnatiuk. — SPb. : Piter, 2009. — 224 с., il.

10. Rezvov O. Kolorove okhoplennia [Elektronnyi resurs] / TOV «Akademyia pechaty». — Rezhym dostupu : http://www.academyprint.ru/ts_ohvat.html, vilnyi. — z ekranu. — рос. мова.

11. File Format for Color Profiles (ICC.1:2001-04). — [Chinnyi vid 2001-05-01]. — Reston : International Color Consortium, 2001. — 93 с.



ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

Исследовано влияние ICC-профилей на качество цветовоспроизведения печатной продукции цифровой струйной технологии для описания режима работы выводного устройства, с применением определенных полиграфических материалов.

Ключевые слова: качество цветовоспроизведения; цифровая струйная технология; ICC-профиль; пьезоэлектрический струйный принтер.

Research the influence of ICC-profiles on quality of color reproduction of print production of inkjet for describing the operating mode of the output device using some printing materials.

Keywords: quality of color reproduction; inkjet technology; ICC-profile; piezoelectric inkjet printer.

Рецензент — О. М. Величко, д.т.н.,
професор, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 16.03.15