

Ковальський Б.М., Занько Н.В., Шовгенюк М.В.

Визначення колірних характеристик друкарських фарб за спектральними кривими відбивання

*Ковальський Богдан Михайлович, кандидат технічних наук,
доцент кафедри технології додрукарських процесів¹*

*Занько Наталія Василівна, кандидат технічних наук,
доцент кафедри технології додрукарських процесів¹*

*Шовгенюк Михайло Васильович, доктор фізико-математичних наук, професор,
провідний науковий співробітник²*

¹Українська академія друкарства, м. Львів, Україна

²Інститут фізики конденсованих систем НАН України, м. Львів, Україна

Анотація. Описано методику розрахунку координат кольору за спектральними кривими відбивання кольорових зразків. Перевірено точність отриманих результатів порівняльним аналізом з експериментальними даними та значеннями, рекомендованими стандартом ISO 12647-2. Визначені показник нелінійності та координати базових векторів друкарських фарб у RGB-просторі.

Ключові слова: колориметричні характеристики триадних фарб, стандарт ISO, спектральні дані, показник нелінійності друкарського процесу

Забезпечення якості продукції поліграфічної промисловості, в контексті напряму офсетного виробництва, стосується точності кольоровідтворення на відбитку. Одним із шляхів вирішення задачі одержання якісних повноколірних друкованих зображень є стандартизація основних параметрів процесу відтворення кольору засобами поліграфії. Основним галузевим стандартом для офсетного друку є ISO 12647-2 [1], що відображає величезний статистичний матеріал, накопичений в результаті вимірювань в реальних умовах багатьох офсетних друкарень.

Базовими параметрами багатофарбового друку, що мають безпосередній вплив на якість відбитку є характеристики фарб і паперу. Спектральні характеристики триади фарб, що використовуються для друку тиражу строго стандартизовані і не можуть значно варіюватися, так як при цьому будуть відчутні спотворення колірної гами друкованого видання.

Стандартом ISO 12647-2 описано колірні характеристики первинних кольорів друкарських фарб (голубий, пурпурний, жовтий) та їх бінарних накладань (червоний, зелений, синій) й регламентовано можливі межі відхилень колориметричних даних від нормативних значень у вигляді допусків ΔE . Специфікації кольорових і прозорих фарб для 4-фарбового офсетного друку містить ISO 2846-1 [2]. Цей документ є приписом з перевірки друкарських фарб в лабораторних умовах.

Метою даної роботи є представлення методики розрахунку координат кольору полів відбитку шкали за спектральними кривими відбивання і порівняння одержаних значень з даними, рекомендованими стандартом ISO 12647-2 та визначення величини показника нелінійності у даного друкарського процесу.

Теорія. Колориметричні характеристики друкарських фарб вимірюють спектрофотометрами. Ці технічні засоби забезпечують сучасний рівень контролю якості поліграфічної продукції. В першу чергу, такі прилади дозволяють здійснити спектрофотометричні виміри в спектральному діапазоні 380-730 нм. Окрім спектральної характеристики, будь-який спектрофотометр може подати виміряні дані в колориметричних координатах кольору, наприклад, X, Y, Z або CIE $L^*a^*b^*$. Координати кольору вираховуються із спектрального коефіцієнта відбивання (пропускання), спектрального розподілу

енергії джерела освітлення і властивостей «стандартного спостерігача». За координатами CIE $L^*a^*b^*$ здійснюють кількісну оцінку кольору на відбитку.

Саме на обробці колориметричних даних відбитків базується метод визначення показника нелінійності відтворення триадних фарб для конкретного друкарського процесу.

У роботі [3] описана методика розрахунку показника нелінійності при відтворенні градаційних шкал триадних фарб у колірному просторі Adobe RGB (1998) за допомогою апроксимації залежностей $R=f(1-C)$, $G=f(1-M)$, $B=f(1-Y)$. Нелінійність в найбільшій мірі відображає загальні закономірності формування кольорів на відбитку в реальних умовах друкарського процесу.

В результаті нескладних перетворень можна отримати лінійзовані колірні характеристики триадних фарб в просторі Adobe $R^{1/\gamma}$, $G^{1/\gamma}$, $B^{1/\gamma}$ в залежності від відносної площі S растрових елементів триадних фарб. На основі лінійних характеристик легко визначити координати кольору базових векторів триадних фарб в просторі Adobe RGB (1998) [3].

Матеріали і методи. Для проведення дослідження було використано градаційну шкалу чистих друкарських фарб та їх попарних накладань, що містить поля з відносною площею растрових елементів від 0 до 100%, з кроком 10. Для генерування шкали застосували програму Corel Draw X6.

Відбиток шкали отримано цифровим друком на струменевому принтері EPSON Stylus® Pro 4800 (RIP: BestColour, профіль: ISOcoated_v2_eci.icc). Використано напівматовий папір для кольоропроб EPSON Standard Proofing Paper 240 semi-matte.

У ході дослідження, спектрофотометром фірми Datalcolor (США), отримано спектральні дані полів шкали на відбитку, а також паралельно поміряно координати кольору цих полів.

На основі отриманих спектральних даних опишемо методику визначення колірних координат відбитків друкарських фарб.

Координати кольору розраховуються зі спектрального коефіцієнта відбивання (пропускання), спектрального розподілу енергії джерела освітлення і властивостей «стандартного спостерігача».

Колір досліджуваного зразка можна охарактеризувати, лише вказавши освітлення, при якому він розглядається. В поліграфії стандартним джерелом освітлення для оцінювання та вимірювання кольорів на відбитку прийнято стандартне джерело денного світла *D50* з корельованою колірною температурою 5000 К. *D50* характеризується конкретним спектральним розподілом енергії, від якого залежить колір, що буде сприйматися спостерігачем.

Для обчислення колірних координат кольорового зразка використано табличні дані значень відносного спектрального розподілення потужності джерела світла $\Phi(\lambda)$.

Формули для розрахунку координат кольору відбитого світлового потоку конкретного кольорового зразка є наступними:

$$X = \sum_{n=0}^N \Phi(\lambda_n) \bar{x}(\lambda_n) \rho(\lambda_n); Y = \sum_{n=0}^N \Phi(\lambda_n) \bar{y}(\lambda_n) \rho(\lambda_n); Z = \sum_{n=0}^N \Phi(\lambda_n) \bar{z}(\lambda_n) \rho(\lambda_n)$$

де $\rho(\lambda_n)$ – коефіцієнт відбивання для даного зразка, $\Phi(\lambda)$ – відносне спектральне розподілення потужності стандартного джерела світла *CIE D50*, $\bar{x}(\lambda_n), \bar{y}(\lambda_n), \bar{z}(\lambda_n)$ – спектральні координати колориметричної системи *XYZ*.

Від координат *X, Y, Z* за *CIE*-рівняннями легко перейти до координат в системі *LAB*.

Обговорення результатів. На рисунку 1, побудовано спектральні криві жовтої, пурпурної та голубої фарб. Їх представлено у вигляді «віял» спектральних кривих, що характеризують розподіл випромінювання для кожного поля градаційної шкали тріадної фарби.

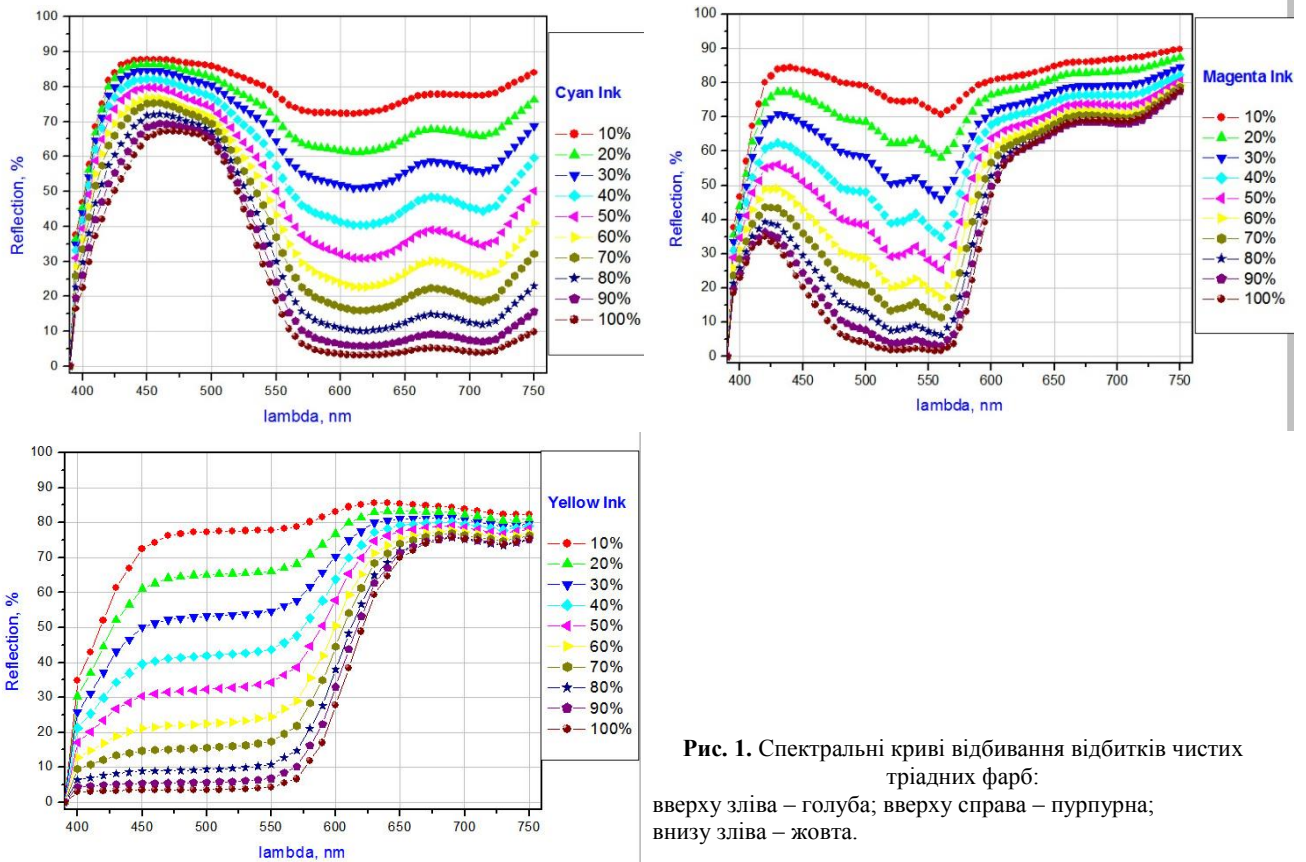


Рис. 1. Спектральні криві відбивання відбитків чистих тріадних фарб:

вверху зліва – голуба; вверху справа – пурпурна; внизу зліва – жовта.

В рамках даного дослідження також поміряно спектральні характеристики полів шкали, синтезованих бінарними накладаннями пурпуна+жовта, голуба+пурпурна та голуба+жовта.

Можна припускати, що описана вище методика дозволяє точно прогнозувати значення $L^*a^*b^*$ -координат конкретного поля друкованої шкали.

Результати вимірювань $L^*a^*b^*$ -координат відбитків шкал спектрофотометром Datacolor та розрахунків представлено в таблиці 1.

Як бачимо, $\Delta E_{CIE2000}$ між експериментальними значеннями і тими, що розраховані за спектральними даними, не перевищує величини граничного відхилення за стандартом ISO ($\Delta E \leq 5$).

Таблиця 1. Результати вимірювань $L^*a^*b^*$ -координат відбитків

Фарба	Експериментальні значення			Розраховані за спектральними даними			$\Delta E_{CIE2000}$
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	
Голуба	53,92	-37,67	-50,18	56,62	-45,33	-44,97	4,5
Голуба+Пурпурна	22,64	22,06	-47,58	24,54	14,79	-45,46	3,9
Пурпурна	47,75	72,15	-2,71	47,51	66,77	-5,49	1,8
Пурпурна+Жовта	47,77	65,64	47,88	46,99	61,71	46,16	1,4
Жовта	87,73	-4,98	92,98	86,18	-4,98	94,63	3,3
Жовта+Голуба	48,64	-67,30	29,05	48,65	-61,17	32,10	2,4

Тепер порівняємо, отримані нами, з використанням спектрофотометра Datascol експериментальні значення зі значеннями, рекомендованими стандартом ISO 12647-2 [1] для друку на папері тип 1,2.

Експериментальні значення, проміряні на полях досліджуваної шкали дуже добре узгоджуються зі зна-

ченнями, регламентованими стандартом ISO 12647-2, а колірні відмінності зовсім незначні (Таблиця 2). Цей факт дозволяє стверджувати, що вони характеризують типовий процес відтворення кольорового оригіналу офсетним способом друку на крейдованому папері матовому або глянцевому тип 1,2.

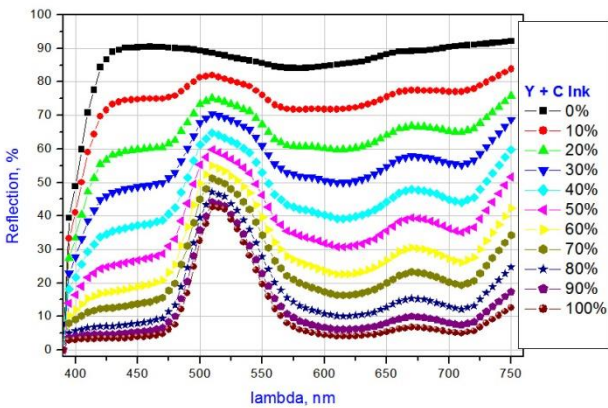
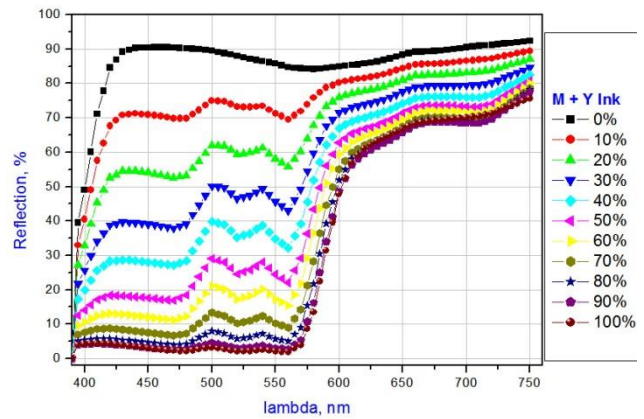
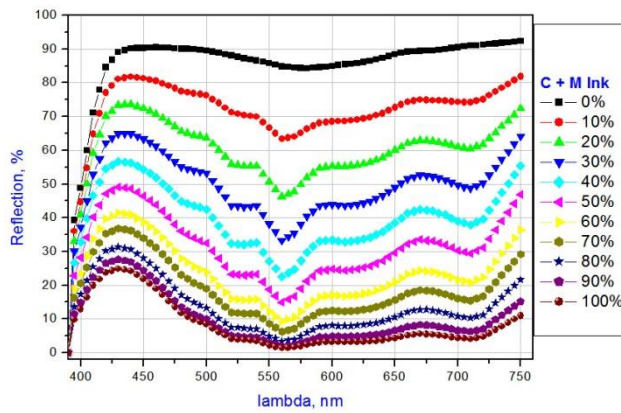


Рис. 2. Спектральні криві відбивання відбитків бінарних накладань тріадних фарб: вверху зліва – голуба+пурпурна; вверху справа – пурпурна+жовта; внизу зліва – жовта+голуба.

Отже, графіки спектральних кривих, представлених на рис. 1 можна вважати еталонними для типових офсетних фарб за умов друку на крейдованому папері. Тому представимо ще графіки «віял» для попарних

накладань тріадних фарб. Ця інформація є цінною, оскільки усі виробники офсетних фарб, як правило, не представляють спектральних даних.

Таблиця 2. Експериментальні та стандартні значення $L^*a^*b^*$ -координат відбитків

Фарба	Експериментальні значення			Значення зі стандарту ISO 12647-2			$\Delta E_{CIE2000}$
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	
Голуба	53,92	-37,67	-50,18	54	-36	-49	0,6
Голуба+Пурпурна	22,64	22,06	-47,58	20	25	-48	2,6
Пурпурна	47,75	72,15	-2,71	46	72	-5	1,9
Пурпурна+Жовта	47,77	65,64	47,88	47	66	50	1,3
Жовта	87,73	-4,98	92,98	88	-6	90	1,1
Жовта+Голуба	48,64	-67,30	29,05	49	-66	33	1,9

Оскільки друк тестової шкали був цифровий і здійснювався на базі потужної кольоропробної системи з імітацією процесу офсетного друку на крейдованому папері, то представляє інтерес визначити показник нелінійності і порівняти його зі значенням γ для класичного офсетного друку за стандартом ISO 12647-2:2004 для паперу типу 1, 2 (папір крейдований глянцево або матовий).

Як видно, значення показника нелінійності, визначеного за експериментальними даними і розрахованими значеннями $L^*a^*b^*$ - майже співпадають. Крім того, γ відбитків градаційних полів по кожній фарбі, отриманих на цифровому пристрої виведення досить близькі зі значеннями показника нелінійності визначеного за експериментальними даними Fogra 27, що характеризує офсетний друкарський процес.

Таблиця 3. Експериментальні та розрахункові значення показника нелінійності

Показник нелінійності γ	C	M	Y	K
за експериментальними даними	1.46	1.53	1.52	1.64
за розрахунковими значеннями	1,45	1,51	1,53	1,64
за експериментальними даними Fogra 27	1,53	1,55	1,50	1,68

Таблиця 4. Числові значення координат базових векторів фарб для цифрового і офсетного друку

Триадна фарба	за експериментальними даними Fogra 27	за експериментальними даними	за розрахунковими значеннями
Голуба (Cyan)	[0.0189] 0.4972 [0.7917]	[0.0102] 0.4585 [0.7750]	[0.0121] 0.4986 [0.7727]
Голуба+Пурпурна (Blue)	[0.1284] 0.1394 [0.3583]	[0.1339] 0.1223 [0.3446]	[0.1270] 0.1442 [0.3513]
Пурпурна (Magenta)	[0.6483] 0.0777 [0.3434]	[0.6114] 0.0626 [0.3278]	[0.5773] 0.0875 [0.3416]
Пурпурна+Жовта (Red)	[0.6410] 0.0951 [0.1148]	[0.6253] 0.0931 [0.1029]	[0.5965] 0.1075 [0.1058]
Жовта (Yellow)	[0.9738] 0.8633 [0.1002]	[0.9121] 0.8166 [0.0445]	[0.9279] 0.7692 [0.0323]
Жовта+Голуба (Green)	[0.0997] 0.4256 [0.1653]	[0.1020] 0.4242 [0.1619]	[0.1310] 0.4167 [0.1500]

Визначено координати кольору базових векторів триадних фарб в просторі *RGB*. В таблиці 4 приведено числові значення координат базових векторів фарб для цифрового і офсетного друку.

Хоча цифровий друк та офсетний відрізняються за принципом формування зображення на папері та базові вектори кольорових фарб є близькими, оскільки представляють кольоровідтворення за однакових умов.

Визначення координат базових векторів *RGB*-просторі чистих друкарських фарб та комбінацій їх попарного накладання, на основі лінійних характеристик триадних фарб необхідне для розрахунків опти-

мальних умов кольороподілу зображення в розробленій раніше спеціалізованій комп'ютерній програмі "ICaS КолірДрук-1" [4].

Висновки. На основі спектральних даних відбитків шкал описано методику розрахунку координат кольору і апробовано метод визначення показника нелінійності друкарського процесу. Одержано числові значення базових векторів кольорів, синтезованих триадою фарб при чотирифарбовому друці, які містять цінну інформацію для розрахунків оптимальних умов кольороподілу зображення на стадії додрукарської підготовки форм.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Process control for the production of half-tone color separation, proof and production prints. Part 2: Offset processes. – Graphic technology. – Geneva, Switzerland. – ISO/DIS 12647-2:2004.
2. Graphic technology -Colour and transparency of printing ink sets for four-colour printing. Part 1: Sheet-fed and heat-set web offset lithographic printing– Graphic technology. – Geneva, Switzerland. – ISO/DIS 2846-1:2006.
3. Shovhenyuk M.V. Characteristics of process inks prints in color space Adobe RGB / M.V. Shovhenyuk, N.V. Zan'ko, N.S. Pysanchyn // Computer Technology Printing: Collected Works. - Lviv: UAP, 2008. - № 19. - P. 203-222.
4. Shovhenyuk M.V. A new computer program for preparation of separations RGB images/ M.V. Shovhenyuk, N.V. Zan'ko, N.S. Pysanchyn // Computer Technology Printing: Collected Works. - Lviv: UAP, 2011. - № 25. - P. 186-197.

Kovalskiy B.M., Zanko N.V., Shovgenyuk M.V.

The method of determination the color characteristics of inks for spectral reflectance curves

Abstract. The methods of calculating color coordinates of spectral reflectance curves of colored samples. Verified the accuracy of the results. The results were compared with experimental data and the values recommended standard ISO 12647-2. Non-linearity characteristics of triad inks and contact base vectors inks in RGB-space method was determined.

Keywords: colorimetric characteristics of process inks, standard ISO, spectral values, index of non-linearity of printing process

Ковальський Б.М., Занько Н.В., Шовгенюк М.В.

Определение цветовых характеристик печатных красок за спектральными кривыми отражения

Аннотация. Описана методика расчета координат цвета по спектральным кривым отражения цветных образцов. Проверено точность полученных результатов сравнительным анализом с экспериментальными данными и значениями, рекомендованными стандартом ISO 12647-2. Определены показатель нелинейности и координаты базовых векторов печатных красок в RGB-пространстве.

Ключевые слова: колориметрические характеристики триадных красок, стандарт ISO, спектральные данные, показатель нелинейности печатного процесса