

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЛІНІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОФСЕТНИХ ФАРБ В УМОВАХ ВИРОБНИЦТВА

Проведено колориметричні вимірювання триадних фарб на відбитках різних типів паперу та видом растрівання. Описана методика перерахунку координат фарб в різних колірних системах видавничого оригіналу. Експериментально визначені нелінійні характеристики триадних фарб та отримано чисельні значення коефіцієнта нелінійності. Показано, що коефіцієнт нелінійності – системно незалежний параметр друку є необхідним для визначення оптимальних умов виготовлення кольороподілених друкарських форм

A colorimetric measurements of process inks on impresses of different types of paper and types of screening were done. A method for converting coordinate of inks in different color spaces is described. The nonlinear characteristics of the process inks were experimentally determined and were obtained the numerical values of the nonlinear coefficient. It was shown that coefficient of nonlinearity is the system-independent one and is needed to determine the optimal conditions for producing separated printing plates

1. ВСТУП

Поліграфічні відбитки надруковані в реальних умовах виробництва ніколи не є ідеальними. Завжди присутнє певне відхилення від "ідеальних" кольорів. Тому на стадії додрукарської підготовки є важливим врахування всіх параметрів.

Залежність між вхідним сигналом оригіналу та вихідним завжди нелінійна. На екрані монітора маємо нелінійність одного виду, на відбитку іншого, однак нелінійність присутня і саме розтискування впливає на відтворення зображення найбільшою мірою, адже навіть невелике його відхилення від запланованого може дуже вплинути на результат [1].

Всі програми, які працюють у цій сфері, розраховані на стандартизовані умови, які не відповідають параметрам реального виробництва. Зокрема не враховується вплив різних технологічних факторів друку на формування кольору.

Найчастіше використовують денситометричний спосіб вимірювання. При цьому вираховується показник Юла-Нільсена [2-5]. Цей показник відображає явище оптичного розтискування (ефект Юла-

¹ Українська академія друкарства.

² Інститут фізики конденсованих систем НАН України.

Нільсена), яке залежить від оптичних властивостей матеріалів (паперу, фарб) та геометричних характеристик растрової крапки (роздільна здатність, розташування, розмір і форма). Авторами [6] була проведена оцінка розтискування тріадних фарб на основі показника нелінійності та виявлено, що нерівномірність розсіювання, а, отже, різний коефіцієнт відбивання у різних точках відбитка, викликані багатьма факторами. Найбільш впливові з них: фактура паперу, взаємодія фарби з папером, взаємодія фарби з фарбою при бінарних та потрійних накладаннях, умови друку та ін. Як наслідок кожна растрова крапка зображення має різну товщину фарби при задрукуванні, нездруковані ділянки та нерівномірні краї.

Однак цей показник не дозволяє встановити зв'язок з стадією додрукарської підготовки. Тому більш точним є колориметричні вимірювання, які враховують параметри кольору на відбитку. Метою роботи є визначення чисельних значень показника нелінійності на основі колориметричних даних вимірювань тріадних фарб в умовах виробництва.

2. МЕТОДИКА

Загальною закономірністю кожного із відбитків тріадних фарб є те, що нелінійність кольорових координат R, G, B пропорційна відносній площі растрових елементів S . Лише в світлих ділянках градаційних шкал відтворення кольору тріадними фарбами найбільш близько відповідає умовам “ідеального” друку. При збільшенні відносній площі S в півтонах і особливо в тінях нелінійність відтворення кольору на відбитку постійно збільшується і стає визначальним фактором. Результати досліджень показують, що нелінійність тріадних фарб реального офсетного друку однозначно і повністю характеризується одним параметром – показником степені \mathcal{U} [7].

На кожному відбитку вимірюються значення кольорових координат X, Y, Z для чистих кольорів (C, M, Y, K), а також для кольорів утворених подвійним накладанням фарб: $R=M+Y, G=C+Y, B=C+M$. На основі отриманих числових значень X, Y, Z проводився перерахунок в координати R, G, B колірному простору видавничого оригіналу [8, 9].

Для кольорового простору Adobe RGB (1998), при D65, координати кольору XYZ описуються лінійним матричним рівнянням [8]

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = M_{Adobe} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,04159 & -0,56501 & -0,34473 \\ -0,96924 & 1,87597 & 0,04156 \\ 0,01344 & -0,11836 & 1,01517 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (1)$$

Для кольорового простору sRGB, також при джерелі випромінювання D65, матриця матиме вигляд:

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = M_{sRGB} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,2404542 & -1,5371385 & -0,4985314 \\ -0,9692660 & 1,8760108 & 0,0415560 \\ 0,0556434 & -0,2040259 & 1,0572252 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (2)$$

Також в роботі проводились дослідження значень коефіцієнтів нелінійності для кольорових систем sRGB і ECI RGB, при джерелі випромінювання D50.

Для системи sRGB (D50) матриця переходу від координат XYZ до координат RGB буде мати вигляд: [9]

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = M_{sRGB} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,13386 & -1,61687 & -0,49061 \\ -0,97877 & 1,91614 & 0,03345 \\ 0,07195 & -0,22899 & 1,40524 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (3)$$

Для системи ECI RGB матриця переходу при D50 буде мати вигляд: [9]

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = M_{ECI} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,78276 & -0,49698 & -0,26901 \\ -0,95936 & 1,94780 & 0,02758 \\ 0,08593 & -0,17447 & 1,32283 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (4)$$

Слід відмітити, що при виборі робочого кольорового простору RGB обов'язково необхідно враховувати джерело випромінювання. Практично всі простори RGB розраховані на еталонні джерела випромінювання D50 і D65. Тоді при використанні матричного рівняння для координат кольору XYZ необхідно враховувати перехід від одного джерела до іншого. Перехід від джерела D50 до D65 описується матрицею Брейдфорда [9].

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{D65} = \begin{bmatrix} 0,955556 & -0,028302 & 0,012305 \\ -0,023049 & 1,009944 & -0,020494 \\ 0,063197 & 0,021018 & 1,330084 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{D50} \quad (5)$$

Якщо підставити (5), наприклад, в праву частину рівняння (1), то в результаті отримуємо загальну формулу для системи Adobe RGB:

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,96260 & -0,61062 & -0,34137 \\ -0,97875 & 1,91611 & 0,03345 \\ 0,02868 & -0,14065 & 1,34862 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{D50} \quad (6)$$

яка описує перехід від координат кольору XYZ, які визначені для джерела D50, до координат кольору RGB в при D65 [7].

Для дослідів було надруковано відбитки кольорових шкал на двох типах паперів: крейдований (Vega Gloss) і некрейдований (Amber

Graphic art paper) польського виробництва. Для друкування використується растр 70 лін/см.

Друк відбувався на аркушевій машині GTO-52 (макс. аркуш – 360x520 мм; мін. аркуш – 105x180 мм; макс друк. формат – 340x505 мм; макс. продуктивність – 8000 арк./год). Використовується зволожувальний розчин без спиртових добавок. Фарбовий ніж з пазом, зроблений з допомогою лазера, гарантує точність дозування кількості фарби на 16 зонах без побічних ефектів.

Вимірювання для кожного поля тріади фарб проводились з допомогою приладу VIP Spectra 2000, який дозволив отримати результати вимірювання в системах xY і Lab. Прилад працює з стандартним джерелом світла D50. У відповідності з рівняннями 1-6 було перераховано кольорові координати в системи Adobe RGB, sRGB, ECI RGB.

Дослідження нелінійних характеристик тріадних фарб базується на моделі [6,7]

$$C = C_0 + K_C (1 - S)^\gamma, \quad (7)$$

де C_0 – координата базового вектора фарби, K_C – коефіцієнт контрастності. Для кожного з чистих кольорів тріадних фарб було вибрано виділяючий колір. Для голубої фарби (C) виділяючий колір R , для пурпурної (M) – G , для жовтої (Y) – B . На основі статистичної обробки експериментальних залежностей моделі (7) були розраховані показники нелінійності γ для чистих кольорів та відповідні їм базові вектори для кожної з тріадних фарб. Для розрахунку всіх параметрів використовувалась спеціалізоване програмне забезпечення Color Print Control, яке дозволяє розрахувати всі показники з високою точністю за даними досліджень.

3. ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

На рисунках наведені експериментальні залежності кольорових координат R (голуба фарба), G (пурпурна фарба) і B (жовта фарба) відносно величини $1-S$ для різних типів паперу із шкалами відтвореними з регулярною (амплітудно-модульованою) і стохастичною (частотно-модульованою) структурами растрових елементів. В основному досліджувались характеристики голубої і пурпурної фарби, а також чорної.

Для кожного з виділяючих кольорів було побудовано графік залежності від величини $1-S$. У програмі Origin визначались коефіцієнти нелінійності для кривої. Такі коефіцієнти визначались для тріади фарб, а також для чорної фарби у трьох різних системах. При порівнянні коефіцієнтів нелінійності для системи sRGB (D50) і sRGB (D65) вияви-

лось, що коефіцієнти нелінійності повністю співпадають для тріади фарб.

Проведенно порівняння з даними компанії Фогра, для крейдованого і некрейдованого паперу, з регулярною (амплітудно-модульованою) (для 70 лін/см) і стохастичною (частотно-модульованою) структурами растрових елементів. Були вибрані дані Фогра 23 (амплітудно-модульоване растрування, 70лін/см, крейдований папір), Фогра 25 (амплітудно-модульоване растрування, 70лін/см, некрейдований папір), Фогра 43 (частотно-модульоване растрування, крейдований папір), Фогра 44 (частотно-модульоване растрування, некрейдований папір), які порівнювались з відповідними їм типами паперу і типами растрування.

Порівняння експериментальних залежностей з відповідними даними Фогра показали, що коефіцієнти отримані в результаті експерименту найбільше залежать від типу паперу, а також від виду растрування. Як і в даних Фогра для крейдованого паперу коефіцієнт нелінійності є нижчим, ніж для некрейдованого офсетного паперу.

Якщо говорити про тип растрування, то і під час експерименту і для даних компанії Фогра коефіцієнт виявився більшим для частотно-модульованого растрування.

Чисельні значення коефіцієнта нелінійності тріадних фарб для крейдованого паперу і АМ-растрування

Таблиця 1

	Коефіцієнт нелінійності, γ					
	Adobe RGB		sRGB		ECI RGB	
Cyan	1,6643	±0,0313	1,7478	±0,0314	1,6480	±0,0314
Magenta	1,4570	±0,0271	1,4570	±0,0271	1,4667	±0,0271
Black	1,7203	±0,0369	1,7255	±0,0371	1,7200	±0,0368
FOGRA 23						
Cyan	1,5274	±0,0078	1,5955	±0,0110	1,5169	±0,0072
Magenta	1,5540	±0,0071	1,5540	±0,0071	1,5632	±0,0073
Yellow	1,5038	±0,0065	1,5041	±0,0070	1,5060	±0,0064
Black	1,6800	±0,0143	1,6858	±0,0145	1,6797	±0,0144

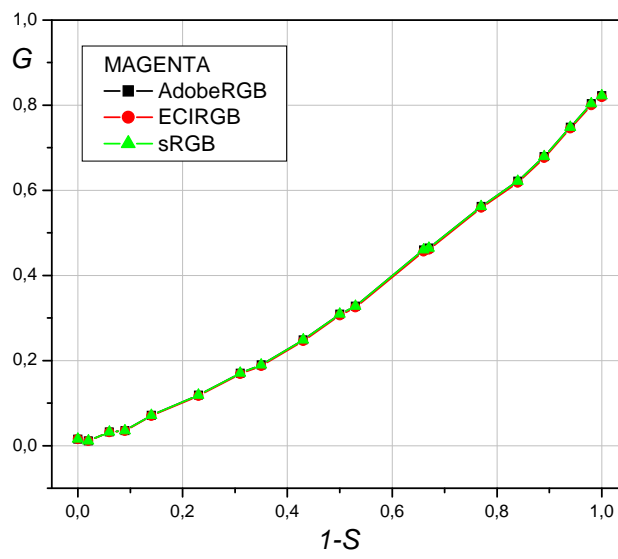
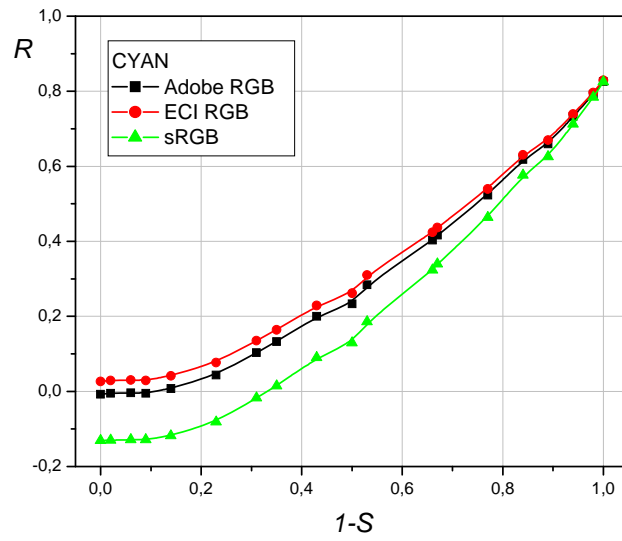


Рис.1. Нелінійні характеристики тріадних фарб – голубої (вверху), пурпурної (внизу) в різних кольорових системах: АМ структура, крейдований папір

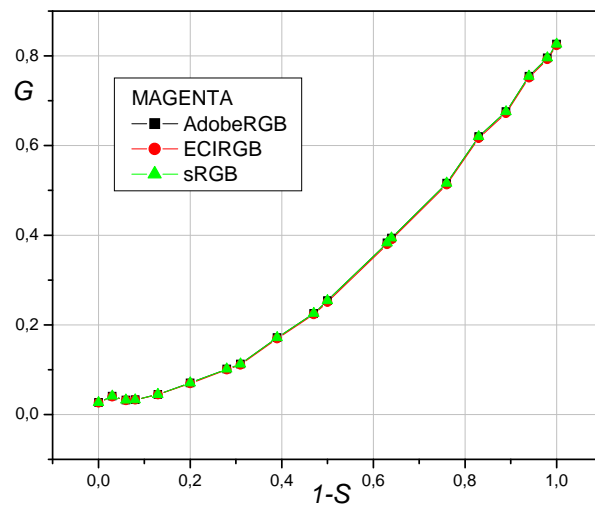
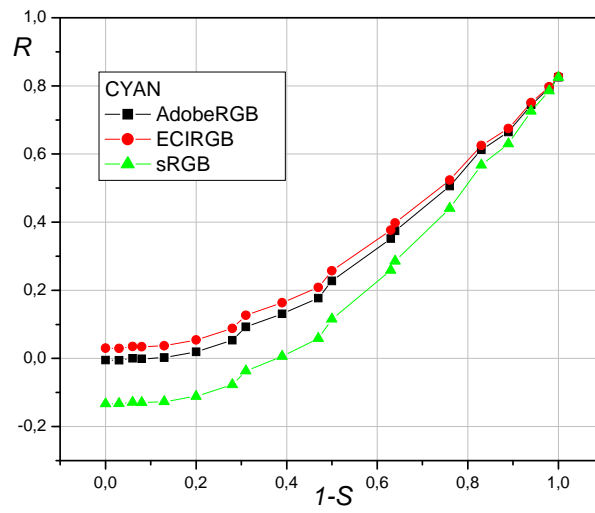


Рис.2. Нелінійні характеристики тріадних фарб – голубої (вверху), пурпурної (внизу) в різних кольорових системах: ЧМ структура, крейдований папір

Чисельні значення коефіцієнта нелінійності тріадних фарб
для некрейдованого паперу і АМ-растрування

Таблиця 2

Коефіцієнт нелінійності, γ						
	Adobe RGB		sRGB		ECI RGB	
Cyan	1,7102	$\pm 0,0430$	1,7958	Cyan	1,7102	$\pm 0,0430$
Magenta	1,5402	$\pm 0,0464$	1,5402	Magenta	1,5402	$\pm 0,0464$
Black	1,8039	$\pm 0,0827$	1,8038	Black	1,8039	$\pm 0,0827$
FOGRA 25						
Cyan	1,8857	$\pm 0,0194$	1,9568	$\pm 0,0177$	1,8748	$\pm 0,0203$
Magenta	1,9096	$\pm 0,0208$	1,9096	$\pm 0,0208$	1,9203	$\pm 0,0209$
Yellow	1,8499	$\pm 0,0217$	1,8503	$\pm 0,0209$	1,8536	$\pm 0,0218$
Black	2,0544	$\pm 0,0284$	2,0571	$\pm 0,0285$	2,0540	$\pm 0,0284$

Чисельні значення коефіцієнта нелінійності тріадних фарб
для крейдованого паперу і ЧМ-растрування

Таблиця 3

Коефіцієнт нелінійності, γ						
	Adobe RGB		sRGB		ECI RGB	
Cyan	1,8203	$\pm 0,0463$	2,12368	$\pm 0,0583$	1,9904	$\pm 0,0529$
Magenta	1,8046	$\pm 0,0329$	1,99683	$\pm 0,0413$	2,0081	$\pm 0,0414$
Black	1,6995	$\pm 0,0436$	1,68464	$\pm 0,0432$	1,6992	$\pm 0,0436$
FOGRA 43						
Cyan	2,2870	$\pm 0,0449$	2,4665	$\pm 0,0407$	2,2510	$\pm 0,0456$
Magenta	2,4132	$\pm 0,0439$	2,4132	$\pm 0,0439$	2,4417	$\pm 0,0434$
Yellow	2,2480	$\pm 0,0432$	2,2526	$\pm 0,0430$	2,2480	$\pm 0,0430$
Black	2,3187	$\pm 0,0414$	2,3184	$\pm 0,0414$	2,3158	$\pm 0,0414$

Чисельні значення коефіцієнта нелінійності тріадних фарб
для некрейдованого паперу і ЧМ-растрування

Таблиця 4

Коефіцієнт нелінійності, γ						
	Adobe RGB		sRGB		ECI RGB	
Cyan	1,8694	$\pm 0,0437$	2,18754	$\pm 0,0406$	2,0379	$\pm 0,0413$
Magenta	1,9696	$\pm 0,0307$	2,17366	$\pm 0,0283$	2,1860	$\pm 0,0287$
Black	1,8140	$\pm 0,0253$	1,81378	$\pm 0,0251$	1,8137	$\pm 0,0253$
FOGRA 44						
Cyan	2,3400	$\pm 0,0471$	2,56312	$\pm 0,0420$	2,2968	$\pm 0,0476$
Magenta	2,4351	$\pm 0,0488$	2,43513	$\pm 0,0488$	2,4579	$\pm 0,0483$
Yellow	2,2751	$\pm 0,0430$	2,29047	$\pm 0,0427$	2,2659	$\pm 0,0432$
Black	2,3236	$\pm 0,0425$	2,32042	$\pm 0,0425$	2,3238	$\pm 0,0425$

4. ЗАКЛЮЧЕННЯ

На основі отриманих результатів експериментальних досліджень встановлено, що коефіцієнт нелінійності γ є апаратно не залежним параметром відносно вибору кольорових систем (Adobe RGB, sRGB, ECI RGB) обробки видавничого оригіналу, а залежить виключно від технологічних умов офсетного друку на різних типах паперу та способу растрування. Отримані експериментальні дані як і дані Фогра показують, що для ЧМ-растрування чисельні значення коефіцієнт нелінійності γ триадних фарб більші, ніж для АМ-растрування

Чисельні значення коефіцієнта нелінійності γ необхідні для визначення базових векторів триадних фарб та програмування оптимальних умов виготовлення кольорозділених друкарських форм із врахуванням характеристик друкарського відбитку.

1. Растискивание: как повлиять на то, что нельзя изменить // Формат, № 5, 2005, www.kursiv.ru 2. J.A.C. Yule and W.J. Nielsen. The penetration of light into paper and its effect on halftone reproduction // TAGA (Technical Association of the Graphic Arts) Proceeding, 3, 65–76, 1951. 3. J.S. Arney. A probability description of the Yule-Nielsen effect, i. // J. Imaging. Sci. Technol., 41, 633–636, 1997. 4. J.S. Arney and M. Katsube. A probability description of the Yule-Nielsen effect ii: The impact of halftone geometry // J. Imaging. Sci. Technol., 41, 637–642, 1997. 5. F.R. Ruckdeschel and O.G. Hauser. Yule-Nielsen effect in printing: a physical analysis // Appl. Opt., 17, 3376–3383, 1978. 6. Занько Н.В., Писанчин Н.С., Шовгенюк М.В., 2008, Оцінка розтискування триадних фарб на основі показника нелінійності, "Комп'ютерні технології друкарства", 2008, № 20, С. 247–259 7. М. Шовгенюк, Н. Занько, Н. Писанчин Характеристики відбитків триадних фарб у кольоровому просторі Adobe RGB // Комп'ютерні технології друкарства, 2008, № 19, С. 203–222. 8. Pascale D. A Review of RGB Color Spaces. Montreal, 2003, 35 p. 9. RGB/XYZ Matrices // www.brucelindbloom.com.

INVESTIGATION OF NONLINEAR CHARACTERISTICS OFFSET INKS IN CONDITIONS OF PRODUCTION

Semeniv V. V., Kovalskii B.M., Shovgenyuk M.V.