

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ ФАРБОВОГО ШАРУ В ОФСЕТНОМУ ДРУЦІ НА ОСНОВІ ПАРАМЕТРІВ КОЛЬОРУ

А. С. Занько¹, Б. М. Ковальський², Н. В. Занько³, В.В. Бернацек⁴

1. Національний Університет «Львівська Політехніка», вул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна <https://orcid.org/0009-0009-2961-8959> e-mail: andrii.s.zanko@lpnu.ua

2. Національний Університет «Львівська Політехніка», вул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна <https://orcid.org/0000-0001-9088-1144> e-mail: bohdan.m.kovalskiy@lpnu.ua

3. Національний Університет «Львівська Політехніка», вул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна <https://orcid.org/0000-0002-4445-3576> e-mail: nataliia.v.zanko@lpnu.ua

4. Національний Університет «Львівська Політехніка», вул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна <https://orcid.org/0000-0001-8955-1762> e-mail: volodymyr.v.bernatek@lpnu.ua

У статті розглянуто проблему визначення оптимальної товщини фарбового шару тріадних фарб в офсетному друці для якісного кольоровідтворення, відповідно до вимог стандарту ISO 12647 частини 2. Проведено експериментальне дослідження впливу оптичної щільності кожної фарби на відбитку на три базові складові кольору: світлоту, насиченість та колірний тон. Показано, що зі зростанням значення щільності фарб (D) спостерігається збільшення довжини вектора ($Chroma$ в системі LCh), та відповідно, розширення колірного охоплення на друкарському відбитку. Існують оптимальні значення D , за яких досягається максимальна насиченість тріадних фарб та їх попарних накладань для конкретної друкарської системи. За результатами дослідження й аналізу цільових значень координат кольору, регламентованих стандартом, сформульовано методику визначення оптимальної товщини фарбового шару тріадних фарб на основі спектрофотометричних вимірювань. Розглянуті закономірності взаємозв'язку товщини нанесеного на папір шару голубої, пурпурної й жовтої фарб з координатами кольору в системах $CIE L^*a^*b^*$ і $CIE LCh$ слугують основою для практичного застосування та визначають інструменти й засоби досягнення заданих показників кольоровідтворення в умовах офсетного виробництва.

Ключові слова: оптична щільність, колірне охоплення, координати кольору, стандарт ISO 12647-2, тріадні фарби, товщина фарбового шару

Постановка проблеми. У реальних виробничих умовах одним із ключових завдань є досягнення максимально можливого колірного охоплення на відбитку. Вирішальне значення при цьому має забезпечення максимальної насиченості кожної тріадної фарби, оскільки саме цей параметр безпосередньо впливає на величину колірного охоплення за заданих умов друку. Чим більшим є колірне охоплення, тим ширший діапазон кольорів може бути відтворений на відбитку.

Для кожної фарби існують оптимальні значення оптичної щільності, за яких досягається максимальна насиченість. Значення щільності дозволяють визначити, чи потрібно збільшувати або зменшувати подачу фарби. Проте, починаючи з редакції стандарту ISO 12647-2:2004 [1], у нормативних документах відсутні будь-які посилання на одиниці оптичної щільності як нормовані параметри контролю. Стандартом регламентуються цільові значення координат кольору CIE L*a*b* суцільних плашок тріадних фарб на відбитку, а контроль якості кольоровідтворення здійснюється виключно на основі колориметричних вимірювань.

Більш ранні версії стандарту ISO 12647-2, а також інші нормативні документи, що застосовувалися в Європі (зокрема німецькі стандарти DIN), містили рекомендовані значення оптичної щільності для тріадних фарб і їх бінарних накладань на крейдованих та некрейдованих паперах. Такий підхід є зручним для друкарів і технологів, оскільки дозволяє здійснювати контроль кольору за одним параметром – значенням оптичної щільності (D).

Оптична щільність фарби на відбитку є функціонально пов'язаною з товщиною фарбового шару і виступає інструментом непрямого контролю кількості нанесеної фарби в процесі друку. Формування методики визначення оптимальної товщини фарбового шару для жовтої, голубої, пурпурної та чорної фарб за результатами спектрофотометричних вимірювань спрощує процес підготовки до друку багатофарбової офсетної продукції відповідно до стандарту та забезпечує можливість подальшого оперативного контролю упродовж усього накладу за допомогою денситометра.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Використання одного лише параметра оптичної щільності для контролю кольоровідтворення має принципові обмеження. Будь-який колір характеризується трьома базовими складовими – світлотою, насиченістю та колірним тоном – і, відповідно, не може бути однозначно описаний одним числовим показником. Саме на цих трьох параметрах побудовані перцепційні (інтуїтивні) колірні моделі, HSB, HSV (HSI, HSL), в основу яких закладено окреме сприйняття колірності і яскравості світла аналогічно сприйняттю його оком [2]. При зміні оптичної щільності фарбового поля одночасно змінюються всі три колірні характеристики, причому, як правило, в різному ступені, що унеможливує однозначний контроль кольору лише за значенням D. У роботі [3] запропоновано метод визначення оптимальних умов багатофарбового офсетного друку за критерієм параметра нелінійності друкарського процесу. В межах цього підходу для кожної тріадної фарби було визначено таке значення оптичної щільності, при якому забезпечується стабільне кольоровідтворення для конкретних умов друку. Параметр нелінійності друкарського процесу визначається авторами на основі результатів колориметричних вимірювань друкарських відбитків, проте його важко оперативно застосувати у реальних виробничих умовах. Важливим є пошук ефективних способів швидкого визначення оптимальної товщини фарбового шару, для забезпечення мінімальних колірних відхилень від стандартних значень, заданих у координатах кольору в системі CIE [4].

Мета статті – розроблення методики визначення оптимальної товщини фарбового шару тріадних фарб на основі спектрофотометричних вимірювань у реальних умовах офсетного друку, з урахуванням вимог стандарту ISO 12647-2.

Виклад основного матеріалу дослідження. Універсальних значень оптичної щільності, за якими можна було б однозначно здійснювати контроль відтворення кольору на друкарському відбитку, не існує. Водночас для кожної конкретної пари «фарба–папір» існують оптимальні значення оптичної щільності, за яких досягається максимальна насиченість кольорів на відбитку. Оптична щільність визначається логарифмічним співвідношенням:

$$D = \frac{\log I}{\beta} = \frac{\log I_0}{I} \quad (1)$$

де коефіцієнт відбиття β дорівнює відношенню інтенсивності світла I , відбитого від фарбового шару, до відбиття I_0 від ділянки незадрукованого паперу. Зі збільшенням товщини фарбового шару коефіцієнт відбиття β зменшується.

Для дослідження отримано відбитки у виробничих умовах на аркушевій офсетній друкарській машині Heidelberg PM GTO 52-2 з використанням термальних офсетних друкарських форм, виготовлених за технологією CtP. Друк виконано на крейдованому папері масою 115 г/м², друкарськими фарбами Huber Group серії Resista, що відповідають вимогам стандарту ISO 2846-1 [5]. Послідовність накладання фарб: Cyan–Magenta–Yellow–Black.

В процесі друку змінювали товщину фарбового шару на відбитку. Було відібрано 5 відбитків зі значеннями оптичних щільностей плашок чистих тріадних фарб в діапазоні від 1,01 до 1,53 (Табл.1). Спектрофотометром X-Rite Xact на відбитках вимірювались координати кольору CIE L*a*b* полів градаційних шкал. Умови вимірювання: геометрія 0/45, кут 2°, D50. Оскільки даний вимірювальний пристрій має й денситометричні функції, то його використовували також для вимірювання значень оптичних щільностей.

У таблиці 2 представлено результати вимірювань значень координат кольору L*a*b* при різних щільностях на експериментальних відбитках для суцільних фарбових шарів голубої, пурпурної, жовтої і чорної фарб (С, М, Y, К).

Таблиця 1

Оптичні щільності 100% полів тріадних фарб на відбитках

Зразок	Оптична щільність, D		
	Dc	Dm	Dy
1	1,40	1,32	1,01
2	1,42	1,35	1,05
3	1,46	1,38	1,10
4	1,50	1,46	1,15
5	1,53	1,50	1,20

Похідні від L*a*b*– координати LCh_{ab} розраховано за допомогою спектрального калькулятора [6], де С (Chroma) – хроматична складова кольору і h (hue) – колірний тон, який визначається в градусах від 0° до 360° на колірному колі. Слід зазначити, що простори CIE L*a*b* і CIE LCh не є різними колірними просторами, а представляють одну й ту саму систему координат, представлену в різних математичних формах. У обох випадках світлота визначається координатою

L^* (Lightness). Відмінність полягає у способі задання колірності: у системі $L^*a^*b^*$ вона описується декартовими координатами a^* та b^* , тоді як у просторі LCh – полярними параметрами, а саме величиною насиченості C та кутом h , що визначає колірний тон. Таким чином, координати LCh відповідають довжині та напрямку вектора, проведеного від центру колірного простору до заданої точки.

Таблиця 2

**Координати кольору суцільних фарбових полів
за різних значень оптичної щільності**

Фарба	Координати кольору	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4	Зразок 5
Cyan	L^*	47,65	47,34	47,30	46,09	44,58
	a^*	-36,31	-36,26	-35,59	-36,09	-35,75
	b^*	-27,75	-28,87	-29,23	-29,74	-29,60
	L^*	47,65	47,34	47,30	46,09	44,58
	C^*	45,69	46,13	46,05	46,76	46,41
	H^*	217,39	218,58	219,39	219,49	219,62
Magenta	L^*	43,15	42,55	42,30	41,07	40,10
	a^*	59,90	61,11	59,73	62,80	60,65
	b^*	-0,85	-0,35	-0,10	-0,63	0,40
	L^*	43,15	42,55	42,30	41,07	40,10
	C^*	59,97	61,11	59,73	62,80	40,12
	H^*	357,28	359,7	359,90	359,43	360,4
Yellow	L^*	79,20	78,53	78,15	77,73	75,95
	a^*	-6,51	-6,15	-6,23	-7,29	-7,40
	b^*	73,05	74,45	75,33	80,21	77,56
	L^*	79,20	78,53	78,15	77,73	75,95
	C^*	73,34	74,70	75,59	80,54	95,45
	H^*	95,09	94,72	94,73	95,19	77,91
Black	L^*	17,08	14,70	14,37	13,95	13,83
	a^*	-0,42	-0,35	0,59	0,39	0,08
	b^*	9,79	9,73	7,50	7,45	8,10
	L^*	17,08	14,70	14,37	13,95	13,83
	C^*	9,79	9,74	7,52	7,46	8,10
	H^*	92,45	92,0	85,50	87,00	89,43

За даними з таблиці 2 побудовано залежності світлоти L^* від насиченості Chroma (C^*) для тріадних фарб за різної товщини фарбового шару (Рис.1-3). На графіках кожна крива відповідає певному колірному тону, а точки на кривих – послідовному збільшенню оптичної щільності на відбитку.

Спочатку насиченість голубої фарби зростає разом із збільшенням значення оптичної щільності, проте, після максимуму у точці, яка відповідає $D=1,50$ починає зменшуватись. Зі збільшенням товщини фарбового шару одночасно з насиченістю змінюється і світлота.

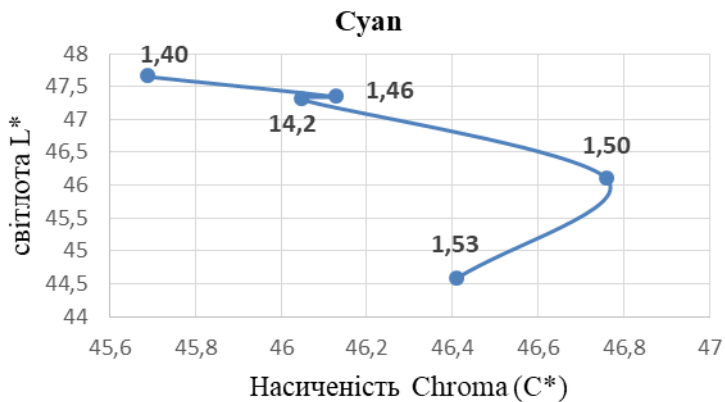


Рис. 1. Залежності параметру світлоти від насиченості голубої фарби на відбитках з різною товщиною фарбового шару

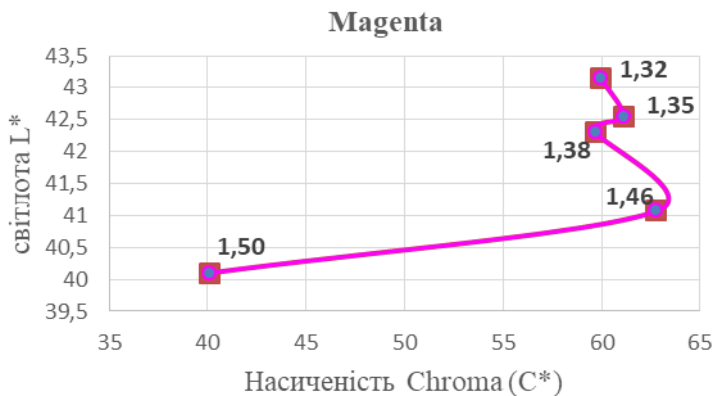


Рис. 2. Залежності параметру світлоти від насиченості пурпурної фарби на відбитках з різною товщиною фарбового шару

Насиченість пурпурної фарби також змінюється із збільшенням значення D , але в меншій мірі, ніж у голубої фарби. Після $D=1,46$ насиченість різко падає.

Для жовтої фарби зі зростанням товщини фарбового шару спостерігається монотонне зростання насиченості, що добре корелює зі зростанням координати b^* , тоді як світлота L^* змінюється незначно. Максимальне зростання Chroma досягається при $D=1,15$. Подальше збільшення товщини фарбового шару для жовтої фарби призводить до зниження світлоти.

Загалом рисунок 3 демонструє, що для всіх тріадних фарб зі збільшенням товщини фарбового шару насиченість зростає лише до певного значення, після чого суттєво зменшується, одночасно викликаючи небажані зміни світлоти.

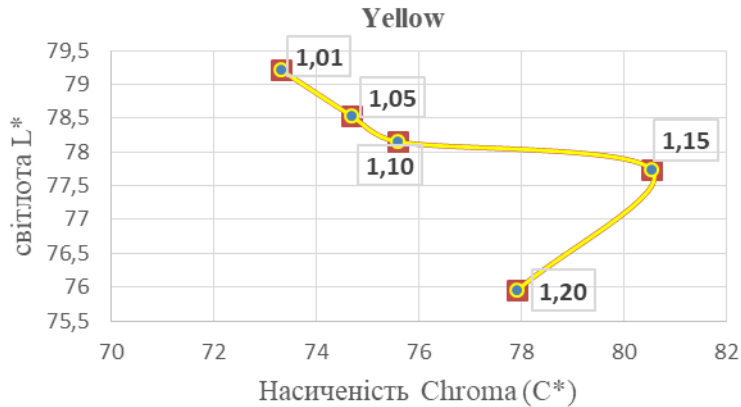


Рис. 3. Залежності параметру світлоти від насиченості жовтої фарби на відбитках з різною товщиною фарбового шару

Спостереження за зміною параметра Chroma під час встановлення оптимального значення оптичної щільності в процесі приладки є доцільним, оскільки регламентовані стандартом ISO 12647-2 цільові значення координат кольору CIE L*a*b* самі по собі не відображають рівень насиченості кольору на відбитку. Зокрема, одне й те саме значення колірної різниці, наприклад $\Delta E = 3$, може бути зумовлене різними причинами: як недостатньою насиченістю кольору, так і відхиленням світлоти за умови надмірної насиченості. У таких випадках показник ΔE не дозволяє однозначно оцінити характер відмінності кольору від еталонних значень.

В програмі Origin, яка призначена для числового аналізу даних та наукової графіки, за результатами експериментальних вимірювань побудовано області колірних охоплень на відбитках полів шкал з різними значеннями оптичних щільностей.

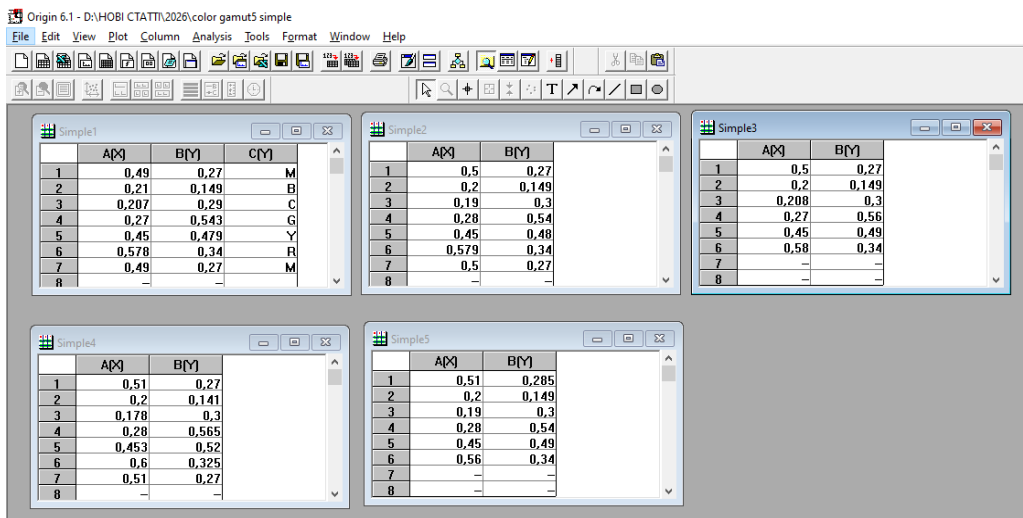


Рис. 4. Вікно програми Origin з розрахованими значеннями координат колірності x, y для побудови колірних охоплень на діаграмі CIE

На рисунку 5 представлено колірні охоплення побудовані на основі результатів вимірювань координат кольору на відбитках, віддрукованих за однакових умов. Відрізняється лише товщина фарбового шару при друці.

Можна побачити, що максимальне колірне охоплення досягається не при максимальній щільності, а при оптимальному балансі L^* і C^* . Після певного порогу колір втрачає насиченість, зміщується відтінок і з'являються технологічні ризики. Після значень оптичних щільностей $D_c > 1,50$; $D_M > 1,46$, $D_Y > 1,15$ подальше збільшення товщини фарбового шару не супроводжується зростанням колірного охоплення. У зв'язку з цим для конкретних виробничих умов, у яких проводився експеримент, значення оптичної щільності тріадних фарб, які відповідають зразку 4, можуть бути зафіксовані як оптимальні для даної пари фарба/папір. У процесі друку накладу доцільно підтримувати саме ці, визначені на основі колориметричних вимірювань, значення оптичної щільності, щоб отримати максимально насичені кольори на відбитку для заданих умов друку.

У випадку, коли у друкарні орієнтуються на вимоги стандарту ISO 12647-2, відповідно до яких цільові значення координат кольору CIE $L^*a^*b^*$ тріадних фарб та їх попарних накладань задані для різних типів паперу, виникає необхідність у наявності ефективної методики, яка регламентує інструменти та способи досягнення заданих цільових значень. На виробництві маємо справу з реальними фарбами, особливостями їх спектральних характеристик та взаємодії фарбових шарів з матеріалом, який задруковується.

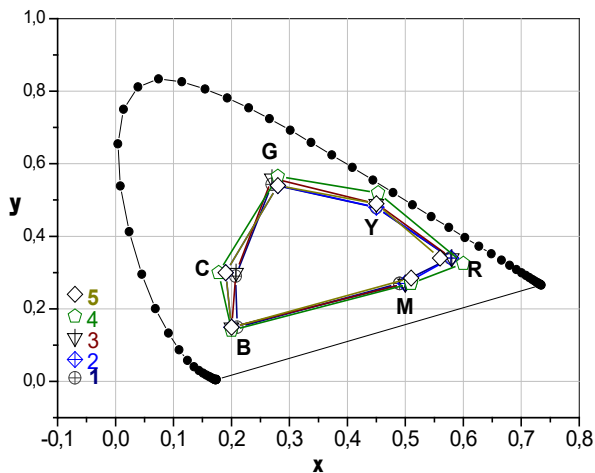


Рис. 5. Области колірних охоплень на п'ятьох експериментальних відбитках, віддрукованих з різною товщиною фарбового шару тріадних фарб

Для забезпечення якісного кольоровідтворення на друкарському відбитку необхідно виконати належну підготовку цифрового оригіналу на додрукарському етапі, зокрема, правильно здійснити кольороподіл. Колірний профіль для офсетного друку на крейдованому папері ISO Coated v2.icc (характеристичні дані FOGRA 39), як показує практика, і сьогодні має широке застосування, незважаючи на те,

що вже понад десять років тому організацією ECI було представлено профіль PSO Coated v3.icc, побудований на основі характеристичних даних FOGRA 51 відповідно до стандарту ISO 12647-2 останньої редакції (2013 р.), який враховує рівень флуоресценції паперу.

Для оцінювання величини колірних відмінностей між кольором на відбитку і значеннями зі стандарту можна використати просту формулу CIE 1976 року. У просторі CIELab колірні відмінності визначаються евклідовою відстанню між координатами двох кольорів і позначаються як ΔE_{ab}^* :

$$\Delta E_{ab}^* = \left[\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} \right]^{1/2} \quad (1)$$

У процесі приладки необхідно отримати серію відбитків із різною товщиною фарбового шару, аналогічно до описаного вище експерименту, та виконати вимірювання координат CIE $L^*a^*b^*$ плашок голубої, пурпурної й жовтої фарб. При цьому визначаються такі налаштування подачі фарб, за яких значення ΔE відповідає допускам, встановленим стандартом. Потрібно відзначити, що відповідно до стандарту допуски для тріадних фарб за показником колірної різниці ΔE_{ab}^* у просторі CIE $L^*a^*b^*$ можуть сягати 5 одиниць. Як засвідчує практичний досвід, при значенні ΔE від 0 до 2,3 одиниць різниці у кольорі взірців майже не помітно. Але, вище цих значень, в діапазоні ΔE^* від 2,3 до 3,5 при уважному спостереженні можна побачити незначну відмінність. При 3,5-5 різниця помітна практично відразу. Допуск по ΔH (hue difference) на варіацію в тиражі стандарт обмежує до 3.

У процесі стандартизації офсетного виробництва відповідно до ISO 12647-2 вимірювання колориметричних характеристик відбитків виконують згідно з ISO 13655 [7] при опорному білому світлі D50, куті спостереження 2° , геометрії 0/45 або 45/0 із застосуванням фільтру M1. Стандартом визначено цільові CIE $L^*a^*b^*$ координати кольорів для послідовності друку голуба–пурпурна–жовта для сухих аркушів на білій (WB) та чорній підкладках (BB). Якщо в офсетному виробництві метою є слідувати стандарту й досягнення цільових значень CIE $L^*a^*b^*$, заданих ISO 12647-2, то і друкарські фарби й папір повинні відповідати вимогам стандартів ISO 2846 та ISO 12647 відповідно. За таких умов, вибір правильної товщини фарбового шару виконують за такою ж логікою, що й в описаному вище експерименті. Для прикладу, в таблиці записано цільові значення CIE $L^*a^*b^*$ при друці на крейдованому папері без вмісту деревної маси, глянцевого, напівматовому, або матовому.

При зміні товщини шару голубої фарби відбуваються зміни координат a^* та b^* , тоді як світлота L^* змінюється незначною мірою. Для паперу типу PS1 насиченість голубої фарби становить $C^* = 62,42$ за стандартом. Із збільшенням товщини фарбового шару насиченість зростає до досягнення певного значення оптичної щільності, після чого спостерігається зсув колірного тону в бік синьої області, тоді як показник Chroma практично перестає зростати. Тому у процесі встановлення оптимального значення оптичної щільності слід орієнтуватися на координату C^* у колірному просторі CIE LCh.

При збільшенні товщини шару пурпурної фарби її колірний тон суттєво змінюється, при цьому зміну насиченості можна ототожнювати зі зміною коорди-

нати a^* . Тому саме цю координату доцільно контролювати в процесі визначення оптимальної товщини фарбового шару. Натомість для жовтої фарби координата a^* та параметр колірного тону h° практично не залежать від зміни товщини фарбового шару. Оскільки для жовтого кольору координата a^* наближена до нуля, величину Chroma можна апроксимувати значенням координати b^* . Так, для крейдованого паперу згідно з табл.3 еталонне значення становить $b^* \approx 93$, тому в процесі друку потрібно контролювати, щоб саме координата b^* відповідала стандарту.

Для чорної фарби за стандартом, координати $a^*=b^*=0$. Насиченість, відповідно, буде рівна нулю. І ця обставина не повинна змінюватись при зміні щільності. Тому, визначаючи оптимальне значення товщини фарбового шару для чорної фарби потрібно контролювати світлоту L^* , щоб максимально наблизити її до значень, регламентованих стандартом ISO 12647-2.

Таблиця 3

**CIE $L^*a^*b^*$ координати кольору для послідовності друку
голуба-пурпурна-жовта-чорна фарби [5] при друці на папері типу PS1**

Характеристики		PS1		
Тип поверхні		Крейдована преміум		
Маса, г/м ²		80-250 (115)		
Білизна CIE		105-135		
Глянець		10-80		
Колір		Координати кольору		
		L^*	a^*	b^*
Чорний	WB	16	0	0
	BB	16	0	0
Голубий	WB	56	-36	-51
	BB	55	-35	-51
Пурпурний	WB	48	75	-4
	BB	47	73	-4
Жовтий	WB	89	-4	93
	BB	87	-4	91
Флуоресценція		помірна		

У підсумку сформульовано основні положення для визначення та контролю оптимальної товщини фарбового шару в умовах офсетного виробництва:

– У процесі приладки друкарської машини для кожної тріадної фарби підбирається така товщина фарбового шару, при якій досягається максимальна насиченість кольору за умови наближення координат CIE $L^*a^*b^*$ до цільових значень стандарту.

– Для жовтої фарби орієнтиром є координата b^* ; для пурпурної – координата a^* ; для голубої фарби доцільно оцінювати насиченість у просторі LCh, зокрема за величиною S^* або за довжиною вектора в площині a^*b^* .

– Кількість фарби істотно впливає насамперед на насиченість, тоді як зміни світлоти та колірного тону є менш вираженими. Тому в умовах високоякісного дру-

ку першочергову увагу слід приділяти саме контролю параметру кольору - насиченості.

– Після визначення оптимального накочування фарб за колориметричними показниками відповідні значення оптичної щільності фіксуються для кожної пари фарба/папір.

– Упродовж усього тиражу доцільно виконувати денситометричний контроль, що дозволяє оперативно перевіряти відповідність встановленим нормам.

Висновки. Досліджено взаємозв'язок товщини фарбового шару та параметрів кольору при відтворенні офсетним способом полів тріадних фарб на відбитку. У результаті дослідження та аналізу одержаних даних показано можливість встановлення оптимальної товщини фарбового шару за результатами вимірювання координат кольору в системі CIE з метою забезпечення мінімальних колірних відмінностей між відбитком, отриманим у виробничих умовах, і цільовими значеннями стандарту ISO 12647-2.

Встановлено, що визначальним параметром при виборі оптимального значення оптичної щільності для кожної тріадної фарби є насиченість кольору, тоді як світлота і колірний тон змінюються меншою мірою. Запропоновано методику, яка передбачає первинне визначення потрібної товщини фарбового шару за колориметричними показниками з використанням спектрофотометра та подальший оперативний контроль стабільності процесу друку за допомогою денситометричних вимірювань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ISO 12647-2 Process control for the production of half-tone color separation, proof and production prints (2004). Part 2: Offset processes. – Graphic technology. – Geneva, Switzerland. – ISO/DIS 12647-2-2004
2. Дудяк В.О. Природа кольору і його характеристики: навч.посіб. для студентів вищих навчальних закладів В.О. Дудяк, Н.В. Занько, З.М. Сельменська – Львів: Укр.акад. друкарства, 2017. – 208 с. ISBN 978-966-322-388-9
3. Ковальський Б.М., Н.В. Занько, М.В. Шовгенюк, В.В. Семенів Метод визначення оптимальних умов кольорового офсетного друку. *Комп'ютерні технології друкарства [Української академії друкарства]*. 2012. № 27. С. 238–244
4. Міжнародна комісія з освітлення (CIE). *Commission Internationale de l'Éclairage*. URL: <https://cie.co.at/>
5. ISO 2846-1:2017 Graphic technology Colour and transparency of printing ink sets for four-colour printing Part 1: Sheet-fed and heat-set web offset lithographic printing URL: <https://www.iso.org/standard/70905.html>
6. CIE Color Calculator. URL: <http://www.brucelindbloom.com/index.html?ColorCalculator.html>
7. ISO 13655:2017 Graphic technology Spectral measurement and colorimetric computation for graphic arts images URL: <https://www.iso.org/standard/65430.html>

REFERENCES

1. ISO 12647-2 Process control for the production of half-tone color separation, proof and production prints (2004). Part 2: Offset processes. – Graphic technology. – Geneva, Switzerland. – ISO/DIS 12647-2-2004

2. Dudiak V.O. The Nature of Color and Its Characteristics: textbook for students of higher education institutions / V.O. Dudiak, N.V. Zanko, Z.M. Selmenska. – Lviv: Ukrainian Academy of Printing, 2017. – 208 p. ISBN 978-966-322-388-9

3. Kovalskyi B.M., Zanko N.V., Shovheniuk M.V., Semeniv V.V. Method for Determining Optimal Conditions of Color Offset Printing. Computer Technologies of Printing. 2012. No. 27. P. 238–244

4. International Commission on Illumination (CIE). Commission Internationale de l'Éclairage. URL: <https://cie.co.at/>

5. ISO 2846-1:2017 Graphic technology Colour and transparency of printing ink sets for four-colour printing Part 1: Sheet-fed and heat-set web offset lithographic printing URL: <https://www.iso.org/standard/70905.html>

6. CIE Color Calculator. URL: <http://www.brucelindbloom.com/index.html?ColorCalculator.html>

7. ISO 13655:2017 Graphic technology Spectral measurement and colorimetric computation for graphic arts images URL: <https://www.iso.org/standard/65430.html>

doi: 10.32403/0554-4866-2026-1-91-33-44

METHOD FOR DETERMINING INK FILM THICKNESS IN OFFSET PRINTING BASED ON COLOR PARAMETERS

A. S. Zanko¹, B. M. Kovalskyi², N. V. Zanko³, V.V. Bernatsek⁴

1. Lviv Polytechnic National University, 12 Stepan Bandera St., Lviv, 79013, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0009-2961-8959> e-mail: andrii.s.zanko@lpnu.ua

2. Lviv Polytechnic National University, 12 Stepan Bandera St., Lviv, 79013, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9088-1144> e-mail: bohdan.m.kovalskyi@lpnu.ua

3. Lviv Polytechnic National University, 12 Stepan Bandera St., Lviv, 79013, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4445-3576> e-mail: nataliia.v.zanko@lpnu.ua

4. Lviv Polytechnic National University, 12 Stepan Bandera St., Lviv, 79013, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8955-1762> e-mail: volodymyr.v.bernatsek@lpnu.ua

The paper addresses the relevant problem of determining the optimal ink film thickness of process inks in order to ensure stable and high-quality color reproduction in accordance with the international standard ISO 12647-2. Since the current version of the standard defines the color of offset inks on prints exclusively by colorimetric values in CIE color spaces, special attention is given to the relationship between the applied ink amount, optical density, and the basic colorimetric characteristics of color.

*An experimental study was conducted to analyze the influence of the optical density of each process ink (cyan, magenta, and yellow) on lightness, saturation, and hue of solid tone areas and binary overprints. The analysis of the obtained data in the CIE $L^*a^*b^*$ and CIE LCh color spaces showed that an increase in ink optical density results in higher color saturation. This effect is expressed by an increase in the chroma vector length. As a consequence, the color gamut of the printed image expands under given printing conditions.*

It was established that for each specific printing system and each ink–paper combination there are optimal optical density values at which maximum saturation of process inks and their binary overprints is achieved. The results demonstrate that changes in ink amount primarily affect color saturation, while changes in lightness and hue are significantly less pronounced. Therefore, the study substantiates the use of saturation as the main criterion for determining the optimal ink film thickness in high-quality offset printing.

*Based on the analysis of the target colorimetric values specified by ISO 12647-2, a methodology for determining the optimal ink film thickness using spectrophotometric measurements is proposed. The methodology is based on selecting ink coverage that provides maximum saturation while keeping the CIE $L^*a^*b^*$ coordinates close to the standard target values. For yellow ink, the b^* coordinate is used as the primary reference parameter; for magenta ink, the a^* coordinate; for cyan ink, saturation is more effectively evaluated in the CIE LCh space using the chroma value C^* or the vector length in the a^*b^* plane.*

Keywords: *optical density, color gamut, color coordinates, ISO 12647-2 standard, process inks, ink layer thickness*



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons CC-BY 4.0
© А. С. Занько, Б. М. Ковальський,
Н. В. Занько, В.В. Бернацек

Стаття надійшла до редакції 30.01.2026.

Received 30.01.2026.

Стаття прийнята 20.05.2026.

Accepted 20.05.2026.

Опубліковано 30.05.2026.

Published 30.05.2026.