

УДК 655.3.062:655.326.1

DOI: 10.20535/2077-7264.2(84).2024.313646

© **Б. М. Канєвський, асп., Я. В. Зоренко, канд. техн. наук, доц., КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна**

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ КОЛЬОРОВІДТВОРЕННЯ ВІДБИТКІВ ФЛЕКСОГРАФІЧНОГО ДРУКУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ПАНТОННИХ СУМІШЕВИХ ФАРБ

В ході проведеного дослідження визначено закономірності впливу кольірних властивостей задрукованого матеріалу, лініатури анілоксового валу та кількості складників у сумішєвій фарбі PANTONE на точність кольоровідтворення відбитків у процесі виготовлення етикеткової продукції флексографічним друком. Також, на основі експериментальних даних складено регресійне рівняння другого порядку для опису впливу технологічних режимів процесу флексографічного друку на якість кольоровідтворення.

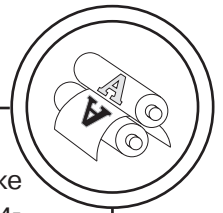
Ключові слова: флексографічний друк; сумішєві фарби; PANTONE; плашкові кольори; пробний друк; точність кольоровідтворення; замішування фарби; режими друку.

Постановка проблеми

Тенденції до зменшення накладів, розвитку технологій виготовлення етикеткової продукції та збільшення асортименту задрукованих матеріалів призводять до зростаючої потреби у забезпеченні більш детального контролю за кольоровідтворенням для відповідності існуючим стандартам якості [1, 2]. Особливо це характерне при поліграфічному відтворенні розробленого фірмового стилю, де важливими є точне кольоровідтворення та якість виготовленої продукції [3–6].

Застосування фарб каталогу PANTONE, особливо сумішєвих, підвищує вимоги до точності кольоровідтворення задля відпо-

відності вимогам запроєктованого фірмового стилю. Однак, забезпечення високої точності та якості виробництва вимагає значних фінансових, людських, матеріальних та трудових ресурсів, що не завжди є доцільним для малонакладної продукції невеликої друкарні. Технологічний процес контролю якості, окрім візуального та спектрофотометричного контролю, включає процеси замішування фарби з палітри PANTONE, а також друку на прободрукарському обладнанні у спеціальній лабораторії. Зокрема складність процесу замішування фарби з палітри PANTONE для флексографічного способу друку, пояснюються залежністю показника точності кольоровідтво-



рення від застосованих задруковуваних матеріалів та параметрів друкарської машини, зокрема лініатури анілоксового валу, температури, тиску тощо.

Однією із проблем для процесу кольоровідтворення у флексографічному друці із використанням сумішевих фарб палітри PANTONE є складність у досягненні прийняттого рівня точності відтворення кольору при постійній зміні задруковуваних матеріалів та режимів друкування. Зокрема, складність кольоровідтворення посилюється відсутністю віяла PANTONE з еталонними кольорами для плівкових та спеціалізованих матеріалів. Самі ж віяла PANTONE є галузевими стандартами та виготовлені офсетним способом друку. Також, існуючі стандарти ISO описують стандартизовані параметри для друку з використанням СМΥК фарб [2, 3, 7].

Аналіз попередніх досліджень

Підбір кольорів з каталогу PANTONE та їхнє відтворення при друці на флексографічній машині є одним із найскладніших елементів робочого процесу підготовки. Виробники етикеток та пакування витрачають додатковий час на пробний друк і певний обсяг витратних матеріалів для досягнення точності кольоровідтворення. Згідно з опитуванням компанії Flint Group оператори втрачають в середньому 2,5 години в день на досягнення прийнятної якості кольоровідтворення [8].

Загалом існуючі рівні управління кольором для сумішевої фарби можна представити схематич-

но (рис. 1), де кожен рівень може бути, як самостійна одиниця виробничого процесу або в якості частини більш масштабного процесу управління кольором.

Візуальна оцінка за допомогою віяла PANTONE є класичним методом оцінки ідентичності кольору. Спершу колір змішується відповідно до рецептури, вказаної у віялі, а потім проводиться візуальна оцінка відбитку за допомогою проглядового столу [9, 10].

Інструментальний метод виступає як доповнення до попереднього і побудований на визначенні відмінностей еталону та сумішевої фарби за допомогою спектрофотометру, колірних шкал, мікроскопа тощо [11].

В свою чергу популярним стало моделювання та прогнозування значень кольору на різних матеріалах на основі дослідження математичної моделі Кубелки–Мунка [12, 13], який використовується для забезпечення узгодженості змішаного кольору і призначена, в першу чергу, для зниження трудомісткості підготовчих процесів. Вказана модель Кубелки–Мунка вивчає взаємозв'язок між спектральним коефіцієнтами поглинання та розсіювання фарби. Також, важливими є дослідження корегування моделі Кубелки–Мунка на основі коефіцієнтів відбиття на відбитку та зразку, що дозволило досягнути меншого колірного спотворення, ніж при спектрофотометричному вимірюванні [14].

Розроблені математичні моделі в свою чергу стали основою програмного методу, який виконує комплекс операцій: визначення потрібного кольору (бази даних); розрахунок рецептури фарби

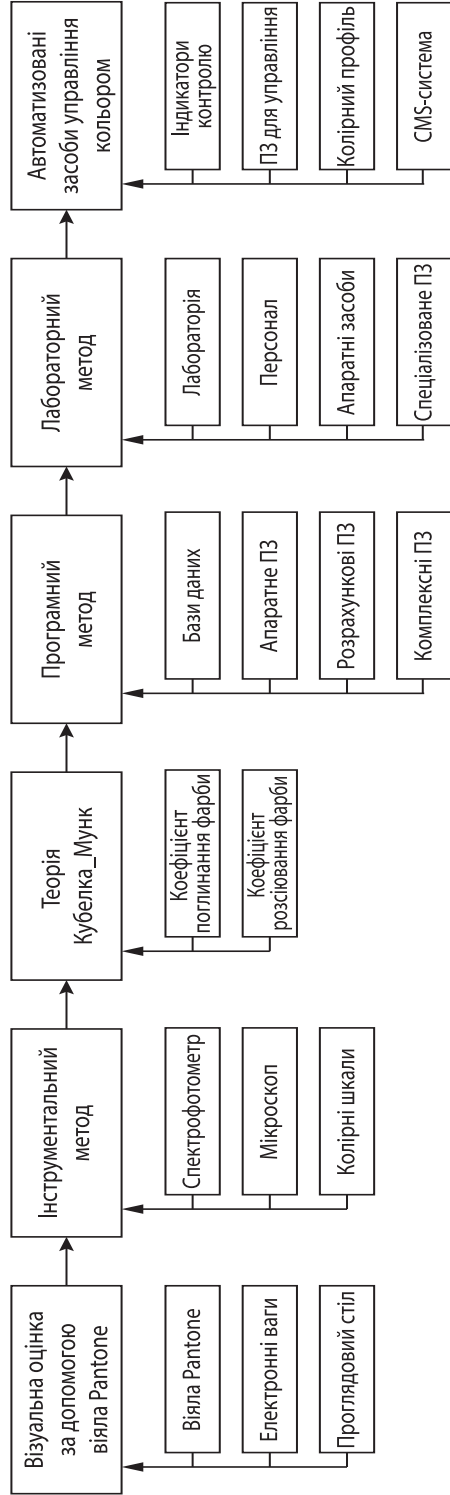
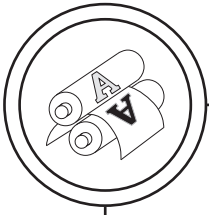
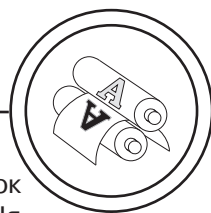


Рис. 1. Рівні процесу управління кольором сумішевої фарби



відповідно до умов друку та управління кольором (комплексні); розрахунок кількості фарби відносно об'єму (розрахункові). Програмний метод є першим етапом для автоматизації процесів управління кольором, скорочення трудомісткості та забезпечення точності кольоровідтворення [15].

Найбільш точний результат кольоровідтворення досягається при застосуванні лабораторного методу, який передбачає наявність окремої лабораторії в друкарні із спеціально навченим персоналом та апаратних засобів (електронні ваги, прободрукарський пристрій, спектрофотометр, набір анілоксових валів, система дозування тощо) та спеціалізованих програмних засобів. Як доповнення до попередніх методів, автоматизовані системи управління дозволяють досягнути повторюваності протягом всього накладу та серії виробництва.

Автоматизовані системи в більшості випадків передбачають використання спеціальних датчиків та вбудованого спектрофотометра, які під час друку накладу здійснюють оцінку кольоропередачі та зміни параметрів друку при відхиленні від допусків на якість. Так, для спрощення процесу замішування та підбору фарб у роботі [16] запропонували метод цифрового профілювання плашкових кольорів перед друком на флексографічній друкарській машині.

Також є дослідження, які направлені на заміну класичного способу друку фарбами PANTONE на розширену колірну гаму із використанням фарб СМΥК+OGV (додаткова помаранчева, зелена

та фіолетова фарби на додаток до традиційних фарб СМΥК). Ця технологія дозволяє доволі точно відтворювати кольори палітри із низькими колірними спотвореннями ($\Delta E \leq 3$) відносно еталону [17]. Проте, великим обмеженням цієї технології є низька повторюваність якості друкування, що обмежує її використання.

Мета роботи

Дослідження якості відтворення відбитків флексографічного друку з використанням сумішевих фарб PANTONE. Визначення впливу основних параметрів процесу виготовлення етикеткової продукції флексографічним друком, а саме, колірних характеристик задрукованого матеріалу, лініатури анілоксового валу, кількості компонентів в рецептурі сумішевих фарб на кольоровідтворення, чистоту колірному тону.

Результати проведених досліджень

Для проведення дослідження обрано чотири популярні кольори віяла PANTONE (рис. 2), які застосовуються при оформленні фірмового стилю для різного асортименту етикеткової продукції. Обрані кольори відтворювалися із застосуванням чистих та сумішевих фарб PANTONE флексографічного друку. Слід зазначити, що чисті фарби являють собою однокомпонентні фарби без домішків, що поставляються постачальником, а сумішеві — дво-, три-, чотирикомпонентні фарби, замішані шляхом сукупності чистих фарб відповідно до рецептури віяла PANTONE та за допомогою електронних ваг.

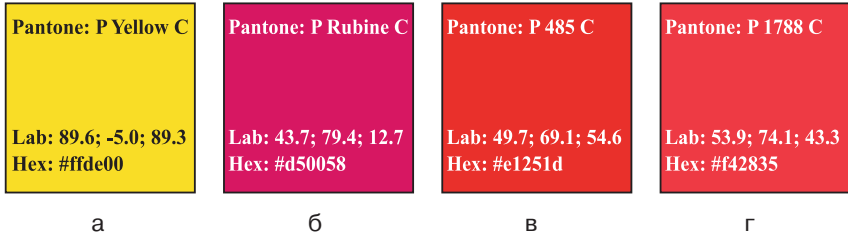
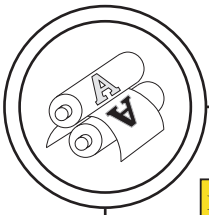


Рис. 2. Зразки чистих однокомпонентних (а, б) та сумішевих двокомпонентних (в, г) фарб PANTONE, які приймали участь в дослідженні

Пробний друк на різних матеріалах здійснювався за допомогою ручного прободрукарського флексографічного пристрою з трьома полями, які мали різну лініатуру анілоксового валу (див. табл. 1).

Як еталонні значення колірних координат використано віяла PANTONE Solid Coated Formula Guide. Для дослідження використано півглянцевої папір масою 80 г/м², прозора поліпропіленова плівка (прозора ПП) масою 47 г/м², біла поліпропіленова плівка (біла ПП) масою 44 г/м² та УФ-фарба UV Supraflex LMI для усіх відбитків.

Основними досліджуваними параметрами процесу пробного флексографічного друку були: колірні характеристики задрукованого матеріалу (колірні відмінності точки білого відносно ета-

лону, ΔE), лініатура анілоксового валу (лін./см) та кількість використаних компонентів при замішуванні фарби. В ході дослідження виміряно колірні координати в системі CIE Lab для досліджуваних відбитків та порівняно їх із еталонними значеннями, а також встановлено відповідність до вимог стандартів [1–4] за величиною тоно- та колірних спотворень.

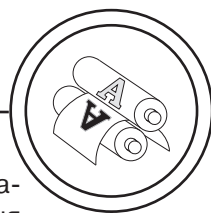
Для кожного зразку кольору на відбитку здійснювалося п'ять вимірювань із визначенням середнього значення вибірки. Отримані дані наведені в табл. 2. Статистична обробка експериментальних даних проводилася в програмному забезпеченні Microsoft Excel із застосуванням кореляційного та регресійного аналізу [18].

Додаткового для проведення регресійного аналізу застосова-

Таблиця 1

Технічні характеристики полів анілоксового валика прободрукарського флексографічного пристрою

Поле	Роздільна здатність, лін./см	Глибина чарунки, мкм	Перенесення фарби, см ³ /м ²
№ 1	160	24,0	8,0
№ 2	80	36,0	12,0
№ 3	240	11,0	4,5



но показник чистоти колірному тону для досліджуваних фарб PANTONE, який отримано із колірної системи HSB (координата B, brightness) для еталонних координат кольору із каталогу PANTONE (рис. 2). Чим вищий показник координати B, з колірної систем HSB, тим більшим є чистота досліджуваного кольору (хроматичність). Величина чисто-

ти колірному тону може впливати на складність відтворення кольору фарбами PANTONE, оскільки більш чисті кольори важко відтворити в процесі друку.

На основі отриманих експериментальних даних (табл. 2) побудовано залежності рівня колірних спотворень ΔE_{00} (рис. 3) та спотворень колірному тону ΔH (рис. 4) відбитків флексографічно-

Таблиця 2

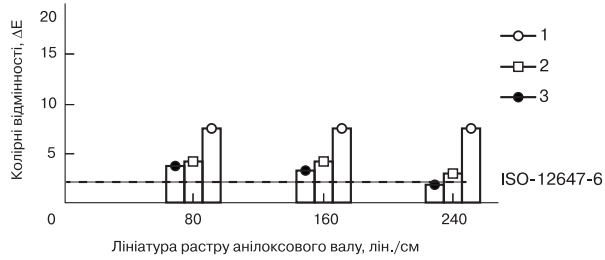
Показники точності відтворення кольору та колірному тону на прободрукарських відбитках флексографічного друку

№	Фарба PANTONE (кількість компонент) та задрукований матеріал	Колірні відмінності (ΔE_0) для матеріалу	Чистота колірному тону фарби PANTONE (B, %)	Колірні відмінності для відбитку (ΔE_{00}) з різними значеннями лініатури анілоксового валу (лін./см)			Відмінності за колірним тоном відбитку (ΔH) з різними значеннями лініатури анілоксового валу (лін./см)		
				80	160	240	80	160	240
1	P Yellow C (1), півглянцевий папір	2	100	4,1	3,3	2,7	0,1	0,5	1
2	P Yellow C (1), прозора ПП	4,2	100	7,6	7,6	7,7	3,9	4,1	4,3
3	P Yellow C (1), біла ПП	2,2	100	4,1	4	2,8	1,2	1,2	3,2
4	P Rubine Red C (1), півглянцевий папір	2	83	6,5	4,8	4,3	5	14	2,6
5	P Rubine Red C (1), прозора ПП	4,2	83	9,8	9,1	8,4	1,2	1,1	1,5
6	P Rubine Red C (1), біла ПП	2,2	83	12	6,7	4,6	5,5	0,7	1,1
7	P 485 C (2), півглянцевий папір	2	88	8	8	6,4	1,2	1,1	1,5
8	P 485 C (2), прозора ПП	4,2	88	9,8	9,1	8,4	1,6	4,3	3
9	P 485 C (2), біла ПП	2,2	88	5,9	5,9	4,2	0,7	3	1,5
10	P 1788 C (2), півглянцевий папір	2	90	11,8	10,3	8,8	18,5	17,2	16,5
11	P 1788 C (2), Прозора ПП	4,2	90	16,8	16,8	16	24,4	24,8	25,3
12	P 1788 C (2), біла ПП	2,2	90	14,3	13,8	11,7	25,2	25,2	22,7

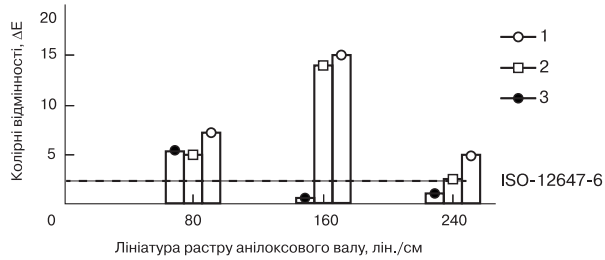


го друку із використанням фарб палітри PANTONE для різних значень лініатури анілоксового валу.

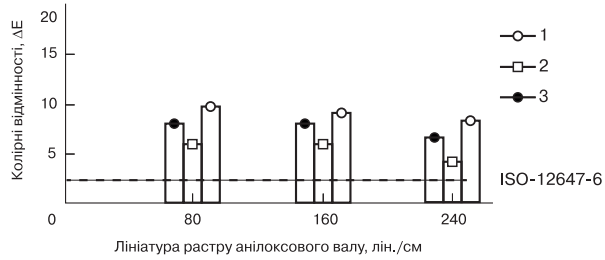
Проаналізувавши залежності на рис. 3 можна констатувати, що найбільш наближеними до еталонних значень за кольоро-



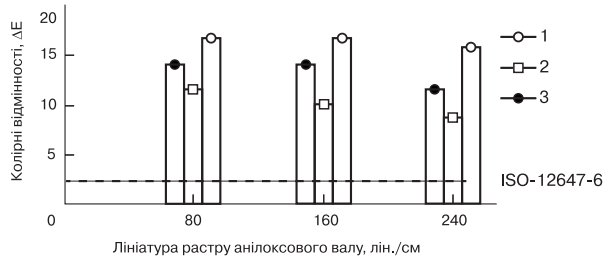
а



б

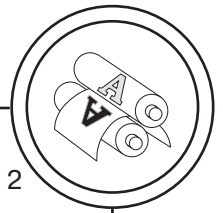


в



г

Рис. 3. Графічні залежності рівня колірних спотворень від значень лініатури растру анілоксового валу. При застосуванні фарб PANTONE: а — Yellow C; б — Rubine Red C; в — 485 C; г — 1788 C. Задруковуваний матеріал: 1 — прозора ПП; 2 — півглянцевий папір; 3 — біла ПП



відтворенням є відбитки флексографічного друку отримані з використанням півглянцевого паперу (рис. 3, 2) та білого поліпропілену (рис. 3, 3). Причому нижчі колірні спотворення характерні для відбитків з використанням півглянцевого паперу та двокомпонентних фарб PANTONE (рис. 3, 2, в, г). Натомість для відбитків з використанням білої ПП нижчі спотворення характерні при застосуванні однокомпонентних фарб PANTONE (рис. 3, 3, а, б).

Порівняно вищий рівень колірних спотворень на відбитках із використанням прозорого поліпропілену можна аргументувати безпосередньо прозорою поверхнею матеріалу, що призводить до колірних відхилень від еталону в межах $\Delta E_0 = 4,2$ (табл. 2). Тобто, для забезпечення коректного відтворення кольору необхідно наносити білило під фарбу для прозорої плівки. В свою чергу, півглянцевий папір та біла поліпропіленова плівка різняться за вказаним показником на $\Delta E_0 = 2,2$ та $\Delta E_0 = 2,0$ відповідно (табл. 2), що загалом пояснює порівняно нижчі колірні спотворення на досліджуваних відбитках. Це підтверджує теорію, що задрукована поверхня безпосередньо впливає на загальну якість кольоровідтворення [19].

Також, спостерігається тенденція до загального зниження рівня колірних спотворень при збільшенні лініатури анілоксових валів. Зокрема, на відбитках з використанням однокомпонентних фарб PANTONE та анілоксових валів із лініатурою 240 лін./см спостерігається прийнятний рівень колірних спотворень

(рис. 3, а, б) на рівні $\Delta E_{00} \leq 2$ згідно вимог стандарту [1].

Для відбитків з використанням двокомпонентних фарб PANTONE, а саме P 485 C та P 1788 C спостерігається вище колірне спотворення, яке не відповідає вимогам стандарту. Однак, помітна позитивна тенденція до зниження загального рівня колірного спотворення при застосуванні більшого значення лініатури анілоксового валу.

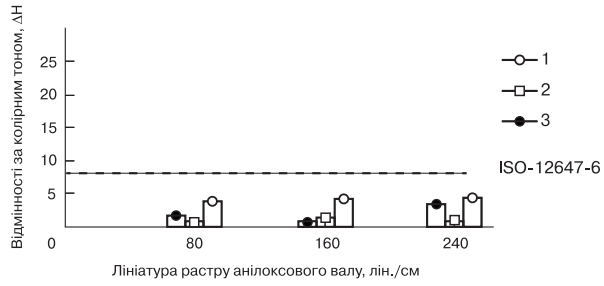
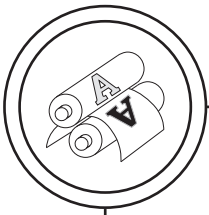
Також, для всіх фарб PANTONE, окрім P 1788 C, притаманний задовільний рівень спотворень колірного тону (рис. 4, а–в), що не перевищує рекомендований на рівні $\Delta H \leq 8$ згідно вимог стандарту [1].

Незначні перевищення колірного тону ΔH також спостерігаються при використанні фарби P Rubine Red C та при застосуванні значень лініатури анілоксового валу на рівні 160 лін./см та частково 80 лін./см. Але при використанні лініатури на рівні 240 лін./см наявні спотворення колірного тону знову знаходяться у допустимих межах (рис. 4, б).

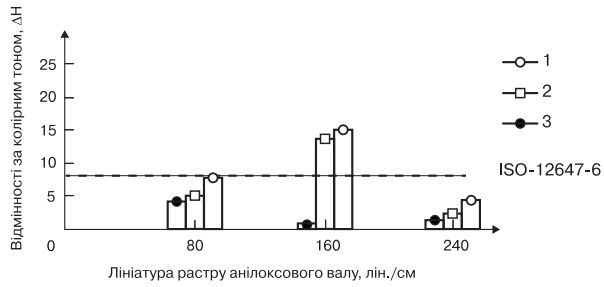
Значне перевищення допустимих меж спотворення колірного тону спостерігається при використанні фарби P 1788 C (рис. 4, г), що пов'язано із значним рівнем колірних спотворень для даної фарби (рис. 3, г).

Щодо застосованого асортименту задрукованого матеріалу, то загалом застосування білого поліпропілену призводить до зниження рівня спотворень колірного тону (рис. 4).

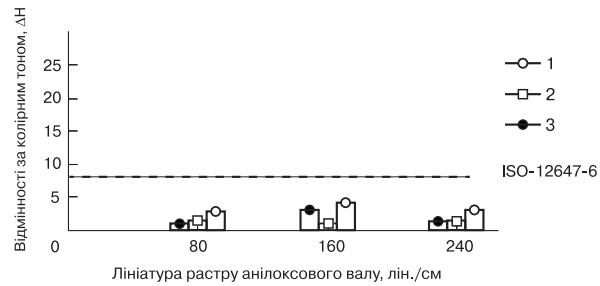
Встановлено вплив кожного змінного параметру дослідження, а саме колірних відмінностей (ΔE_0) для матеріалу (X_1); лініатури



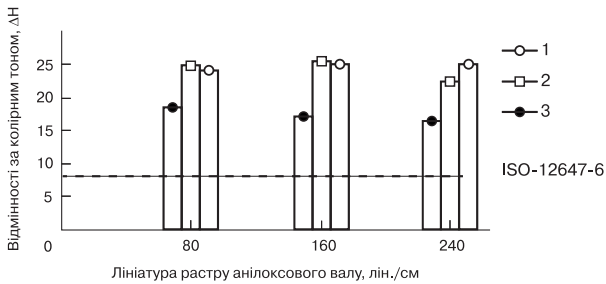
а



б

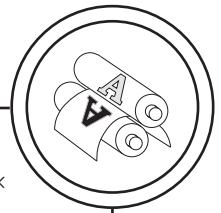


в



г

Рис. 4. Графічні залежності рівня спотворень колірному тону від різних значень лінійності анілоксового валу. При застосуванні фарб PANTONE: а — Yellow C; б — Rubine Red C; в — 485 C; г — 1788 C. Задруковуваний матеріал: 1 — прозора ПП; 2 — півглянцевий папір; 3 — біла ПП



(лін./см) анілоксового валу (X_2), кількість використаних компонентів сумішевої фарби PANTONE (X_3) та чистоту колірному тону фарби PANTONE (X_4) на зміну колірних відмінностей (ΔE_{00}) для відбитку (Y).

На основі експериментальних даних (табл. 2) застосовано регресійний та кореляційний аналіз даних. В результаті обробки даних побудовано регресійне рівняння з поліномом другого порядку:

$$Y = -19,27 + 15,238 \times X_3 + 1,659 \times X_1 + (-2,227 \times (0,0125 \times (X_2 - 160))) \times (1,5 \times ((0,0125 \times X_2 - 160)) \times (0,0125 \times (X_2 - 160))) -$$

$$- 0,667))) + ((8,656) \times (2,203 \times ((0,129 \times (X_4 - 91,75))) \times (0,129 \times (X_4 - 91,75)) + 0,172 \times (0,129 \times (X_4 - 91,75)) - 0,519))).$$

Згідно побудованого регресійного рівняння із коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,86$, здійснено моделювання впливу кожного досліджуваного параметру на якість кольоровідтворення фарб PANTONE (рис. 5).

Згідно розробленого регресійного рівняння здійснено моделювання впливу кожного параметру на колірне спотворення (рис. 5). Зокрема, встановлено, що при

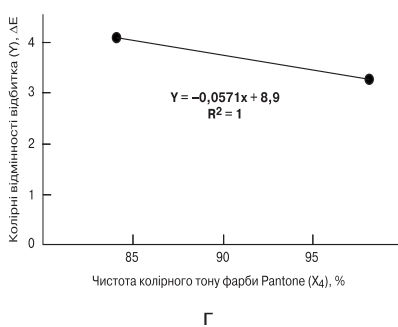
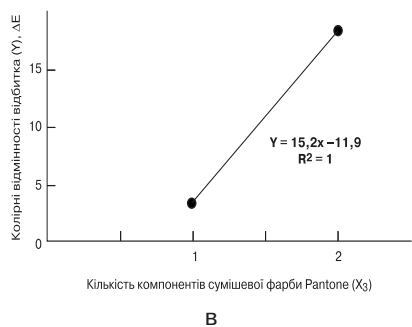
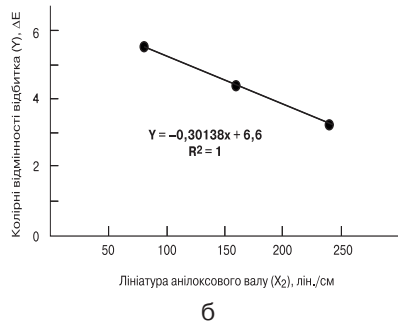
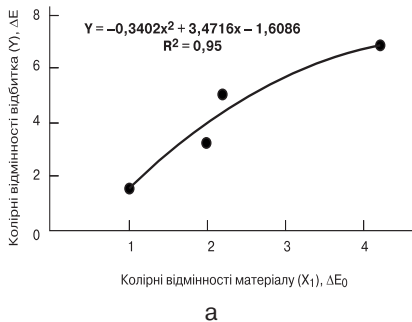
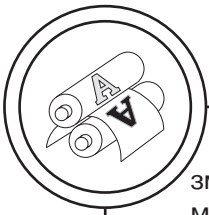


Рис. 5. Моделювання впливу досліджуваних параметрів (X_i) на колірні відмінності відбитка (Y): а — вплив показника колірних відмінностей матеріалу (X_1); б — вплив лініатури анілоксового валу (X_2); в — вплив кількості компонентів сумішевої фарби PANTONE (X_3); г — вплив чистоти колірного тону фарби PANTONE (X_4)



зменшенні колірних відмінностей матеріалу (X_1) та при зниженні кількості компонентів при створенні сумішевої фарби PANTONE (X_3) досягається значне зниження колірних відмінностей відбитка (Y). Також, використання анілоксового валу із вищою лініатурою (X_2) та застосуванні фарби PANTONE із більш чистим колірним тоном (X_4) дозволяє дещо знизити колірні відмінності на відбитку (Y).

Проведений кореляційний аналіз для експериментальних даних дозволив встановити найбільш вагомні параметри впливу на якість кольоровідтворення (рис. 6).

Згідно проведеного кореляційного аналізу даних (рис. 6) встановлено, що найбільш впливовим параметром при замішуванні та пробному друці є кількість компонентів у рецептурі фарби (X_3), яка при збільшенні кількості компонентів призводить до більшого колірного спотворення та має коефіцієнт кореляції рівним 0,54. Також, суттєвим параметром є показник

колірних відмінностей матеріалу (X_1), що суттєво впливає на точність кольоровідтворення та має коефіцієнт кореляції на рівні 0,42. В свою чергу, лініатура анілоксового валу (X_2) та чистота колірного тону фарби PANTONE (X_4) мають менший вплив на кольоровідтворення, оскільки мають коефіцієнти кореляції 0,23 та 0,28 відповідно.

Висновки

Згідно результатів проведеного дослідження, можна зробити висновок, що процес замішування фарб PANTONE та використання подальшого пробного друку дозволяє встановити особливості кольоровідтворення при застосуванні різних витратних матеріалів та режимів друку. Також, застосування методики ручного пробного друку дозволяє отримати задовільну якість відбитків на рівні $\Delta E_{00} \leq 2$ та $\Delta H \leq 8$ згідно вимог стандарту [1], що може бути достатнім для мало-серійного виробництва етикеткової продукції в невеликих друкарнях флексографічного друку.

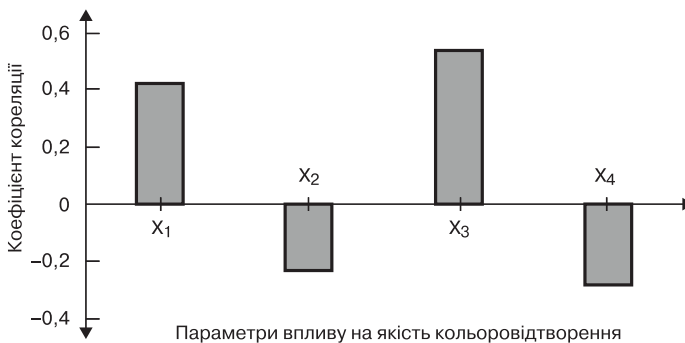
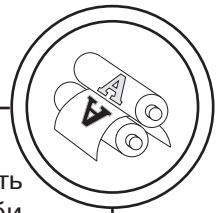


Рис. 6. Кореляційний аналіз експериментальних даних: X_1 — показник колірних відмінностей матеріалу (ΔE_0); X_2 — лініатура анілоксового валу (L , лін./см); X_3 — кількість компонентів сумішевої фарби PANTONE; X_4 — чистота колірного тону фарби PANTONE (B , %)



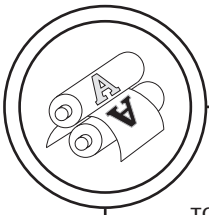
Однак, слід зауважити обмеженість методики пробного друку для високоякісного друку етикеткової продукції, враховуючи різницю лабораторних та промислових умов.

Розроблене регресійне рівняння на основі проведених досліджень дозволило встановити характер та величину впливу таких параметрів процесу друку як показник колірних відмінностей матеріалу (ΔE_0), лініатуру анілок-

сового валу (L , лін./см), кількість компонентів сумішевої фарби PANTONE та чистоти колірного тону фарби PANTONE (B , %) на колірні відмінності відбитків. Зокрема, найбільш вагомим параметром, що впливає на колірне спотворення при замішуванні фарб PANTONE є кількість компонентів у рецептурі сумішевої фарби та колірні характеристики поверхні задрукованого матеріалу.

Список використаної літератури

1. ISO 12647-6:2020. Graphic technology — Process control for the production of half-tone colour separations, proofs and production prints — Part 6: Flexographic printing. URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/28038bee-afad-40ed-a027-5a6226d23c40/iso-12647-6-2020>.
2. S. Sangmule. Digital Proofing of Spot Color Overprints for Flexography / S. Sangmule et al. // Journal of Imaging Science and Technology. 2012. Vol. 56. no. 1. pp. 1–6. URL: <https://doi.org/10.2352/j.imagingsci.technol.2012.56.1.010507>.
3. Каневський Б. М. Дослідження технологій управління кольоровідтворенням у флексографічному друці / Б. М. Каневський // Технологія і техніка друкарства. 2023. (2(80)). С. 49–59. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.2\(80\).2023.288943](https://doi.org/10.20535/2077-7264.2(80).2023.288943).
4. Зоренко Я. В. Параметри тонових оригіналів у сучасних методах кольоровідтворення / Я. В. Зоренко // Технологія і техніка друкарства. 2015. (1(47)). С. 24–29. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(47\).2015.43270](https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(47).2015.43270).
5. Бараускене О. Відтворення пантонів при виготовленні етикеткової продукції флексографічним друком / О. Бараускене, К. Чепурна, О. Вихристюк // Технологія і техніка друкарства. 2021. (3(73)). С. 31–41. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.3\(73\).2021.247265](https://doi.org/10.20535/2077-7264.3(73).2021.247265).
6. Благодір О. Л. Систематизація технологій виготовлення етикетково-пакувальної продукції в Україні / О. Л. Благодір, Т. В. Розум, О. П. Сокол // Наукові записки. 2015. № 51(2). С. 101–106. URL: <http://nz.uad.lviv.ua/static/media/2-51/13.pdf>.
7. ISO 12647-1:2013. Graphic technology — Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints — Part 1: Parameters and measurement methods. URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/586bf048-7293-4002-9701-79dde9859891/iso-12647-1-2013>.
8. Olsson N. Digital color matching: a recipe for repeatable quality & optimized efficiency — flexographic technical association. Flexographic Technical Association. URL: <https://www.flexography.org/industry-news/digital-color-matching-repeatable-quality-optimized-efficiency/>.
9. Штефан Є. В. Методи цифрового управління поліграфічними процесами / Є. В. Штефан, Т. А. Роїк, О. В. Зоренко, О. П. Шостачук // Технологія і техніка друкарства. 2021. (2(72)). С. 54–63. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.2\(72\).2021.242474](https://doi.org/10.20535/2077-7264.2(72).2021.242474).



10. Гурська І. В. Технологічні особливості друкування на гофрованому картоні флексографічним способом / І. В. Гурська, О. В. Зоренко, Т. В. Розум // Технологія і техніка друкарства. 2018. (4(62)). С. 60–70. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(62\).2018.173872](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(62).2018.173872).

11. Choudhury A. K. R. Principles of Colour and Appearance Measurement: Visual Measurement of Colour, Colour Comparison and Management / A. K. R. Choudhury // Elsevier Science & Technology. 2015. URL: <https://doi.org/10.1016/c2014-0-01832-1>.

12. G. Zhang. Color Prediction for Pre-Colored Cotton Fiber Blends Based on Improved Kubelka-Munk Double-Constant Theory / G. Zhang // Fibers and Polymers. 2021. Vol. 22. no. 2. pp. 412–420. URL: <https://doi.org/10.1007/s12221-021-9371-z>.

13. Moon J. A study on dnn-based practical model for predicting spot color / J. Moon, G. Yang, H. Tae // Applied sciences. 2023. Vol. 13. no. 24. pp. 13100. URL: <https://doi.org/10.3390/app132413100>.

14. He G. Recipe formulation based on spectral visual response fitting / G. He, M. Zhou // Coloration Technology. 2009. Vol. 125. no. 3. pp. 178–183. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1478-4408.2009.00193.x>.

15. X. Li. Research on Several Models of Computer Color Matching for Flexographic Printing Based on Improved BP Neural Network / X. Li et al. // NIP & Digital Fabrication Conference. 2018. Vol. 2018. no. 1. pp. 95–98. URL: <https://doi.org/10.2352/issn.2169-4451.2018.34.95>.

16. S. Sangmule. Digital Proofing of Spot Color Overprints for Flexography / S. Sangmule et al. // Journal of Imaging Science and Technology. 2012. Vol. 56. no. 1. pp. 1–6. URL: <https://doi.org/10.2352/j.imagingsci.technol.2012.56.1.010507>.

17. Chiu A. The Effect of Press Consistency on Brand Color Reproduction Using the Extended Color Gamut Process Printing / A. Chiu // Proceedings of the Technical Association of the Graphic Arts. 2022. Vol. 2022. pp. 32–51.

18. Золотухіна К. І. Статистична обробка експериментальних даних в поліграфічних технологіях / К. І. Золотухіна, О. І. Кушлик-Дивульська, Н. В. Поліщук // Технологія і техніка друкарства. 2023. (1(79)). С. 35–45. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(79\).2023.273617](https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(79).2023.273617).

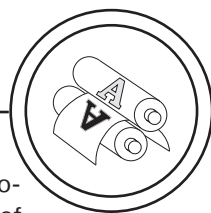
19. Tomerlin R. The Impact of Underlying Opaque White Coating Parameters on Flexographic Print Quality / R. Tomerlin, D. Valdec, M. Tomiša, D. Vusić // Appl. Sci. 2023. # 13. pp. 8575. <https://doi.org/10.3390/app13158575>.

References

1. ISO 12647-6:2020. *Graphic technology – Process control for the production of half-tone colour separations, proofs and production prints – Part 6: Flexographic printing*. Retrieved from <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/28038bee-afad-40ed-a027-5a6226d23c40/iso-12647-6-2020>.

2. Sangmule, S. et al. (2012). Digital Proofing of Spot Color Overprints for Flexography. *Journal of Imaging Science and Technology*, Vol. 56, 1, 1–6. <https://doi.org/10.2352/j.imagingsci.technol.2012.56.1.010507>.

3. Kanievskiy, B. M. (2023). Doslidzhennia tekhnolohii upravlinnia kolorovidtvorenniam u fleksohrafichnomu drusti [Study of color reproduction management technologies in flexographic printing]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, (2(80)), 49–59. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.2\(80\).2023.288943](https://doi.org/10.20535/2077-7264.2(80).2023.288943) [in Ukrainian].



4. Zorenko, Ya. V. (2015). Parametry tonovykh oryhinaliv u suchasnykh metoda-dakh kolorovidtvorennia [Parameters of tonal originals in modern methods of color reproduction]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, (1(47)), 24–29. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(47\).2015.43270](https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(47).2015.43270) [in Ukrainian].

5. Barauskiene, O., Chepurna, K., & Vykhrystiuk, O. (2021). Vidtvorennia pantoniv pry vyhotovlenni etyketkovoї produktsii fleksohrafichnym drukom [Reproduction of pantones in the production of label products by flexographic printing]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, (3(73)), 31–41. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.3\(73\).2021.247265](https://doi.org/10.20535/2077-7264.3(73).2021.247265) [in Ukrainian].

6. Blahodir, O. L., Rozum, T. V., & Sokol, O. P. (2015). Systematyzatsiia tekhnolohii vyhotovlennia etyketkovo-pakuvalnoi produktsii v Ukraini [Systematization of manufacturing technologies for label and packaging products in Ukraine]. *Naukovi zapysky*, 51(2), 101–106. Retrieved from <http://nz.uad.lviv.ua/static/media/2-51/13.pdf> [in Ukrainian].

7. ISO 12647-1:2013. *Graphic technology – Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints – Part 1: Parameters and measurement methods*. Retrieved from <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/586bf048-7293-4002-9701-79dde9859891/iso-12647-1-2013>.

8. Olsson, N. Digital color matching: a recipe for repeatable quality & optimized efficiency — flexographic technical association. *Flexographic Technical Association*. Retrieved from <https://www.flexography.org/industry-news/digital-color-matching-repeatable-quality-optimized-efficiency/>.

9. Shtefan, Ye. V., Roik, T. A., Zorenko, O. V., & Shostachuk, O. P. (2021). Metody tsyvrovoho upravlinnia polihrafichnyimi protsesamy [Methods of digital control of printing processes]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, (2(72)), 54–63. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.2\(72\).2021.242474](https://doi.org/10.20535/2077-7264.2(72).2021.242474) [in Ukrainian].

10. Hurska, I. V., Zorenko, O. V., & Rozum, T. V. (2018). Tekhnolohichni osoblyvosti drukuvannia na hofrovanomu kartoni fleksohrafichnym sposobom [Methods of digital control of printing processes]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, (4(62)), 60–70. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(62\).2018.173872](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(62).2018.173872) [in Ukrainian].

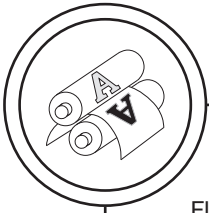
11. Choudhury, A. K. R. (2015). Principles of Colour and Appearance Measurement: Visual Measurement of Colour, Colour Comparison and Management. *Elsevier Science & Technology*. <https://doi.org/10.1016/c2014-0-01832-1>.

12. Zhang, G. (2021). Color Prediction for Pre-Colored Cotton Fiber Blends Based on Improved Kubelka-Munk Double-Constant Theory. *Fibers and Polymers*, Vol. 22, 2, 412–420. <https://doi.org/10.1007/s12221-021-9371-z>.

13. Moon, J., Yang, G., & Tae, H. (2023). A study on dnn-based practical model for predicting spot color. *Applied sciences*, Vol. 13, 24, 13100. <https://doi.org/10.3390/app132413100>.

14. He, G., & Zhou, M. (2009). Recipe formulation based on spectral visual response fitting. *Coloration Technology*, Vol. 125, 3, 178–183. <https://doi.org/10.1111/j.1478-4408.2009.00193.x>.

15. Li, X. et al. (2018). Research on Several Models of Computer Color Matching for Flexographic Printing Based on Improved BP Neural Network. *NIP & Digital Fabrication Conference*, Vol. 2018, 1, 95–98. <https://doi.org/10.2352/issn.2169-4451.2018.34.95>.



16. Sangmule, S. et al. (2012). Digital Proofing of Spot Color Overprints for Flexography. *Journal of Imaging Science and Technology*, Vol. 56, 1, 1–6. <https://doi.org/10.2352/j.imagingsci.technol.2012.56.1.010507>.

17. Chiu, A. (2022). The Effect of Press Consistency on Brand Color Reproduction Using the Extended Color Gamut Process Printing. *Proceedings of the Technical Association of the Graphic Arts*, Vol. 2022, 32–51.

18. Zolotukhina, K. I., Kushlyk-Dyvulska, O. I., & Polishchuk, N. V. (2023). Statystychna obrobka eksperymentalnykh danykh v polihrafichnykh tekhnolohiakh [Statistical processing of experimental data in printing technologies]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, (1(79), 35–45. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(79\).2023.273617](https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(79).2023.273617) [in Ukrainian].

19. Tomerlin, R., Valdec, D., Tomiša, M., & Vusić, D. (2023). The Impact of Underlying Opaque White Coating Parameters on Flexographic Print Quality. *Appl. Sci.*, 13, 8575. <https://doi.org/10.3390/app13158575>.

In this article presented the result of researching of the color properties influence to the printed material, the resolution of the anilox cylinder and the number of components in the PANTONE inks on the accuracy of color reproduction in imprints at the process of label products manufacturing by flexographic printing. Also, on the basis of experimental data, a regression equation of the second order was compiled to describe the influence of technological modes of the flexographic printing process on the quality of color reproduction.

Keywords: flexo printing; mixed inks; PANTONE; spot colors; print proof; color accuracy; mixing ink; printing modes.

Надійшла до редакції 19.05.24