

О.Г.Ушенко, О.В. Дуболазов, А.В. Мотрич, С.Г. Гумінецький
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

ВСТАНОВЛЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛЬОРУ ФАРБОВАНИХ ТКАНИН СПЕКТРОФОМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ

Встановлені особливості змін кольорових характеристик фарбників, що фарбують тканини, порівняно з відповідними їх характеристиками в розчині. Проаналізовані кількісні критерії цих змін в залежності від типу фарбника і типу тканини, проведена їх фізична інтерпретація.

Ключові слова: чистота кольору, тканина, фарба, світлота кольору, відтінок кольору, спектрофотометричний метод.

Establishment of feature of changes of the coloured descriptions of dyes that dye fabrics, comparatively with corresponding their descriptions in solution. Analysed quantitative criteria of these changes depending on the type of dye and type of fabric, resulted them physical interpretation.

Keywords: purity of the color, fabric, paint, svitlota color, tint, color, spectrophotometric method.

Вступ

В останні роки в поліграфії в якості виробничих матеріалів все частіше використовуються фарбовані текстильні матеріали [1,2]. Вибір того, чи іншого матеріалу для поліграфічного друку залежить від його споживчих якостей, які дуже часто визначаються кольором.

Відомо [3,4], що для якісного та кількісного описання кольору використовують такі характеристики, як кольоровий відтінок, світлота і чистота кольору. В процесі фарбування текстильного матеріалу вказанні характеристики можуть змінюватися порівняно із характеристиками використаного фарбника, що зумовлено впливом розсіюючих властивостей тканини, які визначаються як її структурою так і типом матеріалу.

Метою даної роботи є якісний та кількісний аналіз зміни кольорових характеристик фарбників, фарбуючих тканини, в порівнянні з їхніми характеристиками в розчині.

Об'єкти та методика досліджень

В якості об'єктів дослідження виступала віскозна і бавовняна тканини арт. 32494 і 520 відповідно, які фарбувалися фарбами: синя стійка КУ, зелена стійка Ж, блакитною і рожевою світлостійкою. Фарбники готувалися для кожної фарби при концентраціях $C=0,3; 0,6; 1,0; 1,5$ і $2,0$ % до ваги зразка.

Абсолютні значення спектральних коефіцієнтів дифузного відбивання, пропускання і поглинання тканини в області 360 – 800 нм вимірювалися на спектрофотометричній установці з використанням сферичного фотометра в якості приставки до типового спектрофотометра СФ-4 за методикою, описаною в [5,6] з відносною похибкою не більше 0,2 %. Спектри пропускання розчирів фарбників досліджувалися на спектрофотометрі СФ-46 за типовою методикою.

Результати дослідження кольорових характеристик та їх аналіз

Результати вимірювань спектральних коефіцієнтів поглинання на прикладі фарбника синього стійкого КУ для концентрації $C=0,3$ і $1,0$ % наведенні на рис. 1, а і б відповідно. Для зручності порівняння спектри поглинання фарбованої візкозної тканини (крива 2) та розчину фарбника (крива 1) представлені у відносних одиницях.

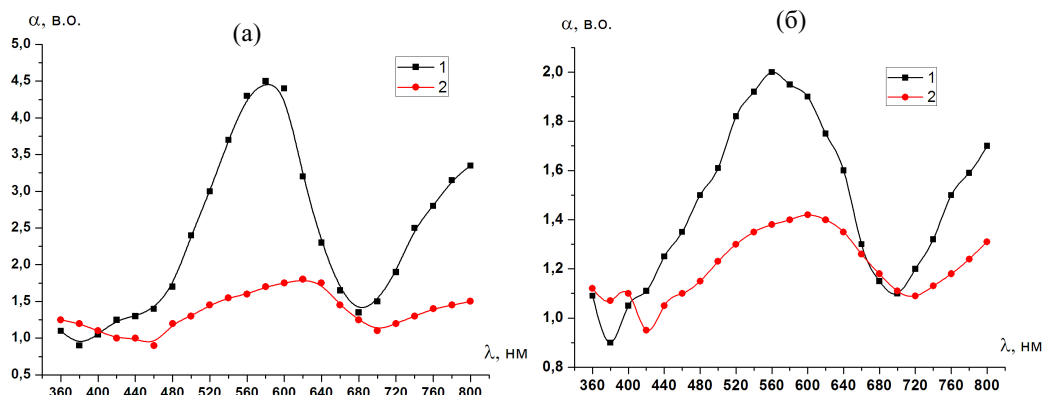


Рис. 1 Спектри поглинання фарбника синього КУ (1) та фарбованої ним візкозної тканини (2).

Видно, що ці спектри суттєво відрізняються один від одного і тим сильніше, чим менша концентрація фарбника. Для фарбованої тканини характерно зміщення максимумів (мінімумів) в спектрах в довгохвильову сторону порівняно з відповідними максимумами (мінімумами) розчинів фарбників, а також їх значне зглажування і розширення. Це означає, що фарбник в розчині поглинає більш селективно, ніж пофарбована ним тканина. Критеріями оцінки степені різниці в спектрах можуть використовуватися: відношення величини коефіцієнта поглинання фарбованої тканини $\alpha_{\text{тк}}$ та відповідного коефіцієнта фарбника $\alpha_{\text{фар}}$

$$\alpha_{\text{від}} = \frac{\alpha_{\text{тк}}}{\alpha_{\text{фар}}}, \quad (1)$$

взятих при довжині хвилі λ_{max} , де вони досягають максимальних значень; відношення напівширини в максимумі поглинання фарбованої тканини $\Delta\lambda_{\text{тк}}$ до цієї ж величини для розчину фарбника $\Delta\lambda_{\text{фар}}$, взятих для одного і того ж значення $\alpha = \text{const}$ (в нашому випадку $\alpha = 1, 2$),

$$\Delta\lambda_{\text{від}} = \frac{\Delta\lambda_{\text{тк}}}{\Delta\lambda_{\text{фар}}}; \quad (2)$$

зміщення мінімуму в спектрі поглинання тканини відносно мінімуму в спектрі поглинання розчину фарбника, тобто зміни значення $(\Delta\lambda_{\text{еф}})_{\text{тк}}$ ефективної довжини

хвилі, що визначає кольоровий відтінок фарбованої тканини, в порівнянні з $(\Delta\lambda_{\text{ef}})_{\text{фар}}$, що визначає кольоровий відтінок розчину фарбника

$$l = (\lambda_{\text{ef}})_{\text{тк}} - (\lambda_{\text{ef}})_{\text{фар}}. \quad (3)$$

Визначені з допомогою графіків значення параметрів $\alpha_{\text{від}}$, $\Delta\lambda_{\text{від}}$ і l в залежності від концентрації і кольору фарбника зведені в таблицю (для віскозної і бавовняної тканини).

З таблиці випливає, що зі збільшенням концентрації фарбника значення параметра l зменшується і в граничному випадку (при $C=2\%$) дорівнює нулю.

Таблиця 1.

Значення кольорних параметрів для віскозної і бавовняної тканин

Колір фарбника.		Концентрація фарби, %.				
		0,3	0,6	1,0	1,5	2,0
Віскозної тканини.						
Рожевий	$\alpha_{\text{від}}$	0,07	0,1	0,13	0,18	0,19
	$\Delta\lambda_{\text{від}}$	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7
	l	25	20	17	10	0
Блакитний	$\alpha_{\text{від}}$	0,21	0,22	0,24	0,4	0,48
	$\Delta\lambda_{\text{від}}$	2,4	2,3	2	1,93	1,8
	l	30	25	20	10	0
Синій	$\alpha_{\text{від}}$	0,36	0,54	0,75	0,81	0,95
	$\Delta\lambda_{\text{від}}$	2,35	2,2	1,95	1,7	1,45
	l	60	46	25	0	0
Бавовняної тканини.						
Рожевий	$\alpha_{\text{від}}$	0,08	0,12	0,12	0,2	0,21
	$\Delta\lambda_{\text{від}}$	1,9	1,9	1,9	1,92	2
	l	20	18	15	8	0
Блакитний	$\alpha_{\text{від}}$	0,14	0,15	0,16	0,27	0,33
	$\Delta\lambda_{\text{від}}$	2,28	2,22	1,93	1,8	1,7
	l	25	20	17	10	0
Синій	$\alpha_{\text{від}}$	0,3	0,47	0,6	0,79	0,9
	$\Delta\lambda_{\text{від}}$	2,2	2	1,5	1,5	1,33
	l	56	40	20	10	0

Це означає, що при цій концентрації кольоровий відтінок фарби тканини співпадає з кольоровим відтінком розчину фарбника. Відмітимо також, що величина l для однієї і тієї ж концентрації тим більше, чим темніший колір фарбника. Це говорить про те, що відтінок кольору фарби тканини не співпадає з відтінком кольору відповідного розчину фарбника тим сильніше, чим темніший колір і чим менша концентрація фарбника. Параметр $\alpha_{\text{від}}$ для обох тканин і для усіх досліджуваних кольорів фарб зі збільшенням концентрації закономірно збільшується, залишаючись в більшості випадків значно менше одиниці. Одночасно параметр $\Delta\lambda_{\text{від}}$ в усіх випадках (за виключенням рожевої фарби) зі збільшенням концентрації суттєво зменшується, особливо для більш темних кольорів, залишаючись тим не менше завжди більше одиниці. Аналогічні закономірності в вимірюванні параметрів $\alpha_{\text{від}}$ і $\Delta\lambda_{\text{від}}$ спостерігаються для обох

тканин і в залежності від кольору фарбника: для більш темних кольорів $\alpha_{\text{від}}$ завжди більше, $\Delta\lambda_{\text{від}}$ менше, чим для більш світлих. Все це говорить про те, що для більш темних кольорів фарбника і зі збільшенням концентрації фарбника ахроматизм спектрів поглинання тканин зменшується, але їх розмитість в порівнянні зі спектрами поглинання розчинів фарбника залишається і тоді, коли відтінок кольору для обох спектрів співпадає. Це видно з рис. 2, на якому представленні спектри поглинання фарбованої віскозної тканини і відповідно розчину фарбника в відносних одиницях в залежності від кольору для концентрації, при якій $(\Delta\lambda_{\text{сф}})_{\text{тк}} = (\Delta\lambda_{\text{сф}})_{\text{фар}}$. Крім того, з порівняння між собою цифрових даних, приведених в таблиці для одних і тих самих кольорів і концентрацій фарбників, за усіма кольоровими параметрами, витікає, що при фарбуванні спектри поглинання віскозної тканини деформуються дещо більше, чим бавовняної тканини.

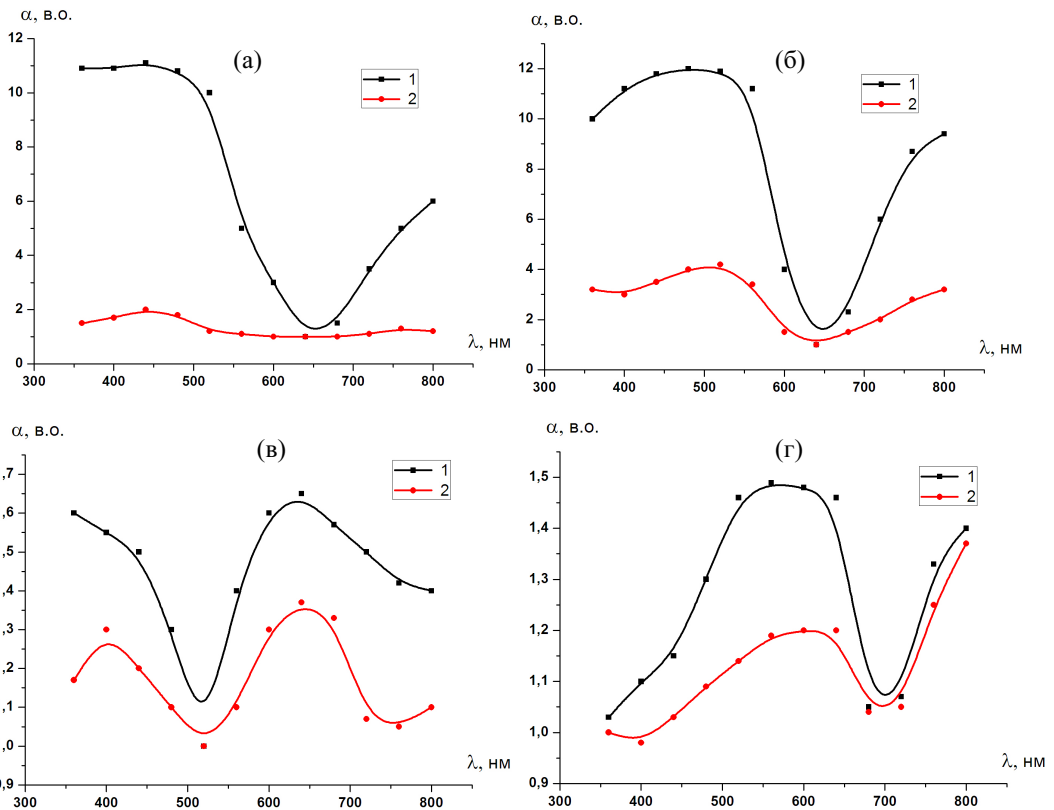


Рис. 2. Спектри поглинання фарбованих віскозної тканини (2) і відповідних розчинів фарбників (1): рожевий (а), блакитний (б), зелений (в), синій (г); $C=2\%$ (а) і $C=1,5\%$ (б, в, г).

Поряд зі зміною відтінку кольору внаслідок деформації спектрів поглинання фарбованих тканин також можлива зміна їх світлоти і чистоти кольору в порівнянні з розчином фарбника.

Світлота – відношення світлового потоку, відбитого тканиною (або пропущеного розчином фарбника) до падаючого світлового потоку [3,4]:

$$S = \frac{\int_{\lambda=400}^{760} \rho(\lambda) \cdot \varphi(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_{\lambda=400}^{760} \varphi(\lambda) \cdot d\lambda}, \quad (4)$$

де $\rho(\lambda)$ – спектральний хід коефіцієнта відбивання тканини в області довжин хвиль 400 – 760 нм, а $\varphi(\lambda)$ – спектральна інтенсивність потоку випромінювання джерела в цій же області спектру.

В випадку розчину фарбників, замість $\rho(\lambda)$ використовується $\tau(\lambda)$ – спектральний хід його коефіцієнта пропускання.

Чистота кольору – це відношення яскравості монохроматичної складової (відтінку кольору) до загальної яскравості кольору, рівне сумі яскравостей монохроматичної і білої складової [3,4]. Вона може бути знайдена на основі експериментальних вимірювань. Використання для цього спектрів відбивання або пропускання не дозволяє, проте, отримати чистоту кольору у відповідності з її визначенням. Тому кількісна оцінка даної величини проводилася з допомогою співвідношення

$$P^* = \frac{\rho_{\lambda,ef} - R}{\rho_{\lambda,ef} + R}, \quad (5)$$

де $\rho_{\lambda,ef}$ - спектральний коефіцієнт відбивання досліджуваної тканини для довжини хвилі, що визначає відтінок кольору її фарбування, а R – сумарний коефіцієнт відбивання цієї ж тканини в області 400 – 760 нм. Для випадку розчинів фарбників замість цієї величини в виразі (5) використовуються відповідні коефіцієнти пропускання $\tau_{\lambda,ef}$ і T .

Результати розрахунків світлоти в залежності від концентрації фарбника для досліджуваних тканин та відповідних розчинів фарб представлено на рис. 3. При цьому світлота у відповідності з виразом (4) знаходиться шляхом графічного інтегрування спектрів відбивання тканин та пропускання розчинів фарбників.

Важливо відмітити, що тут і далі при розрахунках використовувалися значення коефіцієнтів відбивання для тканин «безмежної» товщини, яка отримується шляхом накладання один на одній такої кількості шарів, при якій пропускання практично відсутнє. З рис. 3. видно, що із збільшенням концентрації світлота для всіх кольорів фарб зменшується, причому для розчинів швидше, чим для тканин. Це пояснюється тим, що зі збільшенням концентрації, як в тканинах, так і в розчинах фарб, виникає збільшення коефіцієнтів поглинання α . Але для тканин зменшення світлоти дещо сповільнюється внаслідок протікаючих в них процесів світлорозсіювання.

Відмітимо також, що світлота S темного кольору (синій КУ) для обох типів тканин нище, чим для відповідних розчинів фарбника, в той час як для світлого кольору (рожевий) світлота тканини в порівнянні з фарбником в розчині може бути більшою або меншою. В той же час для віскозної тканини S для усіх кольорів і концентрацій вища, ніж для бавовняної тканини, але для темного кольору ці розбіжності значно менші, чим для світлого.

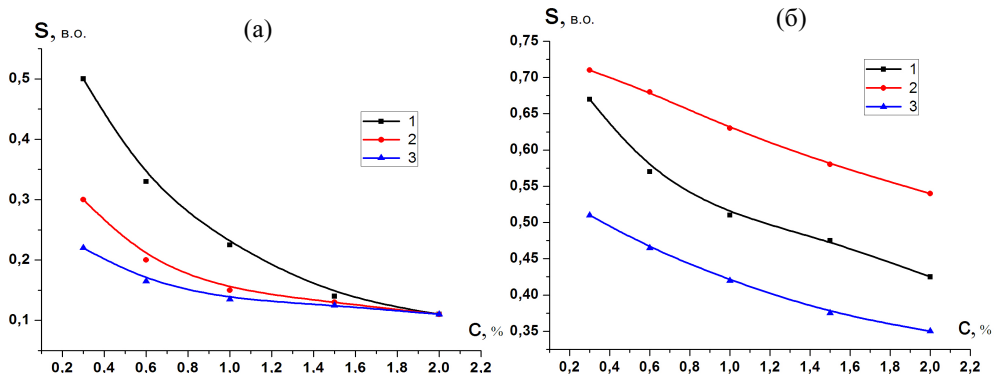


Рис. 3. Залежність світлоти від концентрації фарбника: синій (а); рожевий (б); фарбник в розчині (1); віскозна тканина (2); бавовняна (3).

Хід кривих, представлених на рис. 3, зі збільшенням концентрації також різне: для світлого кольору хід кривих для обох тканин практично співпадає, в той час, як для темного кольору у віскозної тканини падіння більше, чим для бавовняної. Подібні закономірності можна пояснити, якщо врахувати, що тканина - це типовий плоский розсіюючий об'єкт, в якому розсіяння світла протікає, як на поверхні так і всередині. В цьому мабуть проявляється відмінність в структурі тканин, так як віскозна тканина має комбіноване переплетіння волокон, а бавовняна – сатинове. І так як для темного фарбника переважним є розсіяння на поверхні (особливо при $C > 1,0$ %), а для світлого кольору – з внутрішніх частин тканини, то і різниця в структурі тут проявляється більше.

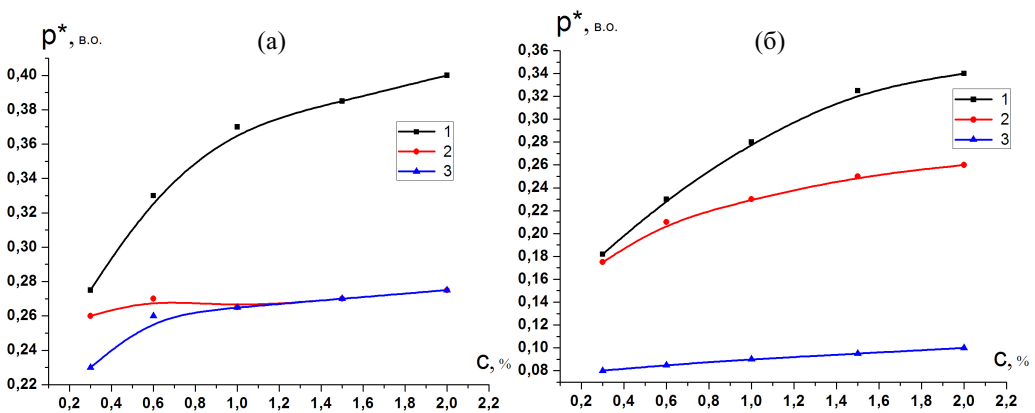


Рис. 4. Залежність чистоти кольору від концентрації фарбника: синій (а); рожевий (б); фарбник в розчині (1); віскозна тканина (2); бавовняна (3).

Результати дослідження чистоти кольору та її кількісної оцінки у відповідності до виразу (5), наведені на прикладі тих же кольорів фарбника (рис. 4).

Аналіз цих результатів дозволяє зробити наступні висновки:

- чистота кольору фарбованих тканин в усіх випадках менша, ніж для тих же розчинів фарбників;

- чистота кольору для всіх кольорів фарбників (особливо для світлих) у бавовняної тканини вище, ніж у віскозної;

- з ростом концентрації чистота кольору, як фарбованої тканини, так і розчину фарбника, зростає. Але для тканин цей проце протікає дещо сповільнено і при $C > 1,0$ % практично призупиняється.

В усіх цих закономірностях чітко проявляються особливості тканин, як розсіюючих об'єктів. Співставляючи їх з представленими на рис. 3 результатами, отримуюємо, що в усіх випадках, де більше проявляється розсіяння з середини, чистота кольору менша. З рис. 3 та рис. 4 також виходить, що при фарбуванні текстильних матеріалів немає змісту підвищувати концентрацію фарбника $C > 1\%$, так, як в цьому випадку немає виграшу в чистоті кольору, а навпаки, спостерігається погіршення в значенні світлоти.

Висновки

З отриманих в роботі результатів можна зробити наступні висновки:

- встановленні на основі спектрофотометричних досліджень параметри кольору для тканин добре корелюють з відомими в літературі даними [7, 8] по цим параметрам, отриманих із даних побудови графіків кольору в рівноконтрасній системі Мак-Арама;

- в усіх випадках параметри кольору для тканин суттєво відрізняються від тих же параметрів для фарбуючих їх фарб в розчині для однієї і тієї ж концентрації;

- спектрофотометричний метод дає можливість досить просто отримати інформацію про кольорові характеристики тканин, степінь їх відтворення порівнянно з розчином, значить може успішно використовуватися при виборі текстильного матеріалу для поліграфічного друку.

1. Кехілл В. *Цифровий друк текстилю*. – США: CRC Press, 2006. – 507 с.

2. Мартинюк В. Т. *Основи додрукарської підготовки образотворчої інформації*. Книга 1. – Київ: Ватра, 2005. – 240 с.

3. Мешков В. В. *Основы светотехники: Учебное пособие для вузов*. Ч. 2. – М.: Энергоздат, 1985. – 344 с.

4. Домасев М., Гнатюк С. *Цвет: управление цветом, цветовые расчёты и измерения*. – Санкт-Петербург: Питер, 2009. – 224 с.

5. Гуминецький С. Г. *О методе измерений коэффициента отражения объектов на устройстве в виде спаренных фотометрических шаров*. - *Оптика и спектроскопия*. Т. 78, № 3, 1995. – с. 496 – 501.

6. Сахновский М. Ю. *О возможностях использования интегрального фотометра в измерениях диффузного отражения по абсолютной методике*. - *Оптика и спектроскопия*. Т. 62, № 4, 1987. – с. 692 – 697.

7. Бельский Л. И., Вацун Т.Т. *Применение цветоведения в текстильной промышленности*. Ч. 1. – М.: Легкая индустрия, 1979. – 277 с.

8. Джад Д. Б., Вышецкий Н. Г. *Цвет в науке и технике*. - М.: Мир, 1987. – 296 с.