



Щодо оцінювання вимог до меж припустимої невизначеності вимірювань координат кольорів Державного Прапора України

А.Г. Івков, П.І. Неєжмаков, К.В. Говорова

*Національний науковий центр "Інститут метрології", вул. Мироносицька, 42, Харків, Україна
a_ivkov@ukr.net*

Анотація

Колір прапора відбиває колірні вподобання народу і є конститутивним символом нації і держави, його сталість є надто важливою в боротьбі за їх існування і виживання. В Україні зараз чинний стандарт ДСТУ 4512:2006 "Державний Прапор України. Загальні технічні умови", в якому наведені умови щодо виготовлення прапора, а також вимоги до колірних характеристик жовтого та синього його кольорів зі встановленням обмеження для координат кольоровості у вигляді площини на графіку. В статті показано необхідність створення відповідного засобу порівняння, придатного для визначення відповідності кольорів прапорів, що виготовляються і перевіряються на підприємствах, з обґрунтованою точністю, і який би відповідав нормам, зазначеним у стандарті ДСТУ 4512:2006. Також розглянуто обґрунтовані в результаті проведених досліджень значення вимог до невизначеностей сертифікованих значень референтного матеріалу (робочого еталона), необхідного для калібрування автоматичного спектрофотометра, що використовується в рутинних (серійних, поточних) вимірюваннях для визначення та перевірки координат кольорів зразків Державного Прапора України на підприємствах. Сертифікований референтний матеріал має бути використаний для отримання одиниць координат кольоровості у вимірювальних процесах визначення координат кольору тканин, з яких виготовлені або виготовляються Прапори України. Згідно з ключовою вимогою, встановленою настановою щодо референтних матеріалів, референтний матеріал (стандартний зразок) має бути "створений у такий спосіб, щоб бути придатним до призначеного застосування у вимірювальному процесі". У статті наведено обґрунтовані варіанти референтних матеріалів, які відповідають цій вимозі. Також пропонується можливий варіант удосконалення вимог до нормування характеристик кольорів, що наведені в ДСТУ 4512:2006, на основі проведеного дослідження та порівняння декількох можливих варіантів.

Ключові слова: колір; Державний Прапор; референтний матеріал; невизначеність; хроматичні координати.

Отримано: 15.08.2019

Відредаговано: 10.09.2019

Схвалено до друку: 18.09.2019

Вступ

Прапори використовують як загальні символи в історії протягом понад 5000 років, починаючи з металевого іранського прапора і прапора у різьбленнях єгипетської гробниці 3000 р. до н. е., аж до звичних для теперішнього часу відтворень кольорів прапора на тканині [1].

Аналіз літературних даних і постановка проблеми

"Національні кольори" прапора відображають багатотисячлітні прагнення народу і глибинні прояви духу нації та держави; важливим завданням, враховуючи відомий вплив кольору як інформаційного індикатора стабільності суспільства, є сталість кольорів прапора країни [2, 3]. Це породжує необ-

хідність встановлення вимог до відповідності його кольорів у вигляді допусків можливих значень координат кольору.

Важливо забезпечити якість отримуваних нами результатів поточних вимірювань при контролі відповідності характеристик кольорів прапорів. Однак у [4] вимоги наведено лише до типу тканини та її кольору, але не встановлено необхідну точність вимірювання кольорів Державного Прапора України, і тому неможливо встановити, чи здатний обраний засіб забезпечити якість поточних вимірювань при контролі відповідності кольорів прапорів.

У [5] наведено методики розрахунку хроматичних координат x , y для встановлених видів систем відображення координат кольору та кольоровості, однак не описано методи визначення припустимих значень похибок вимірювання значень цих координат. Публікація [6], в якій аналізуються основні

загальноприйнятї методи встановлення вимог до точності вимірювань при контролі допусків, розглядає приклади допуску контролюваного значення, заданого з двостороннім обмеженням, серед яких способи визначення вимог до точності вимірювань для допуску, заданого у вигляді площини, відсутні. Оскільки в літературі не було знайдено прикладів встановлення вимог до точності вимірювань для допусків, заданих за допомогою площин, буде проведено дослідження щодо встановлення співвідношення між вимогою до невизначеності поточного вимірювання та заданою у такий спосіб областю допустимих його значень.

Мета та завдання дослідження

Метою дослідження був пошук способів визначення і забезпечення необхідної точності вимірювань забарвлення при виготовленні та відтворенні кольору екземплярів Державного Прапора України, які використовують у різних установах і організаціях, встановлюють на будівлях та при проведенні офіційних заходів і подій у різних місцях або в різний час, в ході якого досліджувалась можливість створення відповідного засобу порівняння, придатного для контролю відповідності кольорів таких прапорів із обґрунтованою точністю. Досліджено можливість виготовлення та використання як інструменту забезпечення точності поточних вимірювань у виробництві та під час контролю ха-

рактеристик кольорів зразків Державного Прапора України засобу порівняння, відомого в європейській і світовій метрологічній практиці як *reference material* [7] (референтний матеріал, матеріал порівняння [8]). Та на основі цього запропоновано методи встановлення припустимої невизначеності $U_{\text{пот.вим}}$ поточних (робочих) вимірювань.

Встановлення меж припустимої невизначеності вимірювань координат кольорів Державного Прапора України

Створюваний сертифікований референтний матеріал має бути використаний для отримання одиниць координат кольоровості у вимірювальних процесах (вимірювальних операціях) визначення координат кольору тканин, з яких виготовлені (чи виготовляються) Прапори України. Згідно з ключовою вимогою, встановленою настановою щодо референтних матеріалів [7], референтний матеріал (стандартний зразок) має бути "створений у такий спосіб, щоб бути придатним до призначеного застосування у вимірювальному процесі". Тому вимоги до меж припустимої невизначеності створюваного референтного матеріалу координат кольорів Державного Прапора України необхідно встановити на основі повноцінної інформації про передбачене використання цього референтного матеріалу.

При визначенні відповідності зразка кольору, який використовують для створення Державного

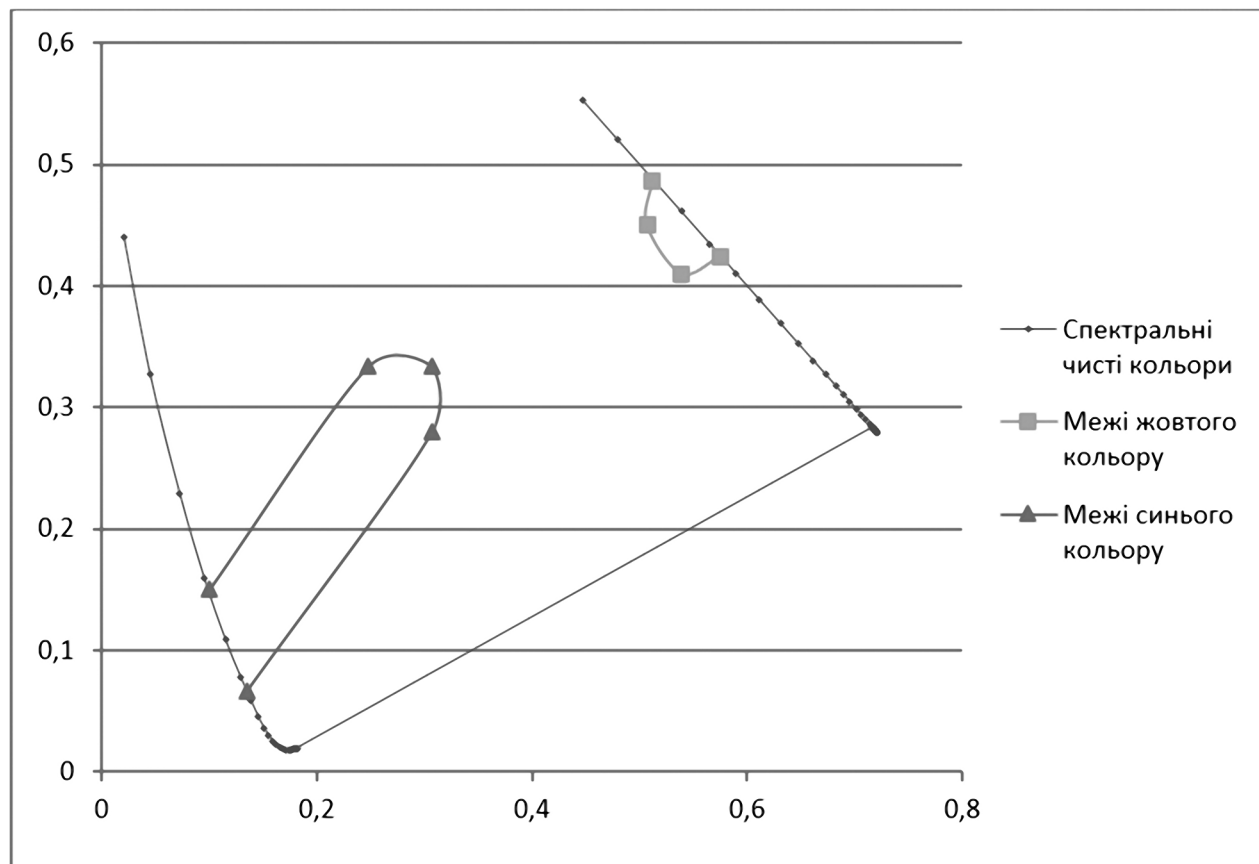


Рис. 1. Графік колірних ділянок для смуг Державного Прапора України за ДСТУ 4512

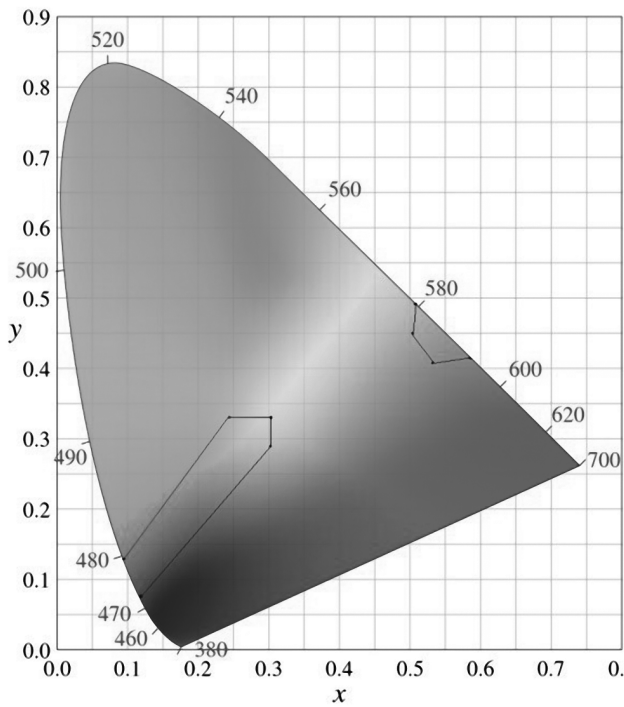


Рис. 2. Межі площин припустимих значень хроматичних координат жовтого та синього кольорів, нанесених на хроматичну діаграму з довжинами хвиль кольорів

Прапора України (далі — Прапор), застосовувалися норми, встановлені чинним стандартом ДСТУ 4512:2006 “Державний Прапор України. Загальні технічні умови” (далі — ДСТУ 4512) [4]. Норми цього стандарту поширюються на прапори, які виготовляють із тканин. Цей стандарт установлює загальні технічні умови щодо його виготовлення, а також вимоги до відтворення кольорів прапора у поліграфічному виробництві й за допомогою лакофарбових матеріалів. Умови для визначення кольору прапора на хроматичній діаграмі xu задані в стандарті ДСТУ 4512 (п. 4.2) за допомогою таблиці координат точок, що є межами площин припустимих значень координат жовтого та синього кольорів, відображених на цій діаграмі (див. рис. 1).

Для завдань дослідження на забарвлену хроматичну діаграму нанесли координати меж площин припустимих значень хроматичних координат жовтого та синього кольорів (рис. 2) відповідно до ДСТУ 4512 (п. 4.2).

Щоб визначити, чи відповідає колір обраних зразків Прапора вимогам ДСТУ 4512, тобто чи потрапляють значення його хроматичних координат xu та координати Y до заданих в ДСТУ 4512 площин синього та жовтого кольорів і обмежень для Y , треба визначити за допомогою спектрофотометра чи колориметра значення координат його кольорів та зіставити їх зі встановленими ДСТУ 4512 вимогами, або за наявності інформації щодо значень спектральних коефіцієнтів відбиття поверхні матеріалу розрахувати ці значення за

настановами [5]. Очевидно, що достовірність висновку про потрапляння при контролі координат кольорів контрольованих зразків у задані ДСТУ 4512 межі площин може бути досягнута лише за умови незначущості впливу невизначеностей, отриманих при контролі значень результатів цих вимірювань.

На практиці для встановлення вимог до точності вимірювань при контролі як вихідні дані часто використовують заданий допуск на контрольований параметр. Вважається [6], що для контрольованого значення з двостороннім обмеженням, тобто коли допуск задано інтервалом, найбільш відомим є співвідношення $[\Delta] \approx (0,2...0,35)$ інтервалу допуску, яке для параметрів, що не є дуже важливими, може бути збільшено до 0,5 (вважається задовільним співвідношення між межею похибки вимірювань і межею симетричного поля допуску 1:5 (в ряді випадків 1:4), а при співвідношенні 1:3 може вводиться контрольний (звужений) допуск на контрольований параметр). Отже, у нашому випадку можна прийняти, що невизначеність результатів, отримуваних із застосуванням відповідного вимірювального приладу, має не перевищувати, принаймні, 1/3 допуску, заданого ДСТУ 4512.

Проблема полягала у тому, що, як випливає з рис. 1, області допусків для характеристик властивостей кольорів Прапора в ДСТУ 4512 задані не як нижня і верхня межі певного лінійного відрізка на осі значень якогось одного контрольованого параметру (до якого можна було б безпосередньо застосувати зазначений підхід), а у вигляді обмежених відповідними межами площин припустимих значень хроматичних координат xu для жовтого та синього кольорів.

Оскільки рекомендації щодо відображення допуску заданих меж координат відповідного кольору через використання деякого одного комплексного (об'єданого) показника, який би інтегровано описував межі відповідних площин припустимих значень хроматичних координат xu обох кольорів, відсутні, дослідження області допусків проводилися окремо для кожної з координат x і y кольорів Прапора.

Першим було розглянуто найпростіший варіант: обрати як значення заданих допусків на контрольовані параметри інтервали між “краями” (найбільш віддаленими точками) площин припустимих значень окремо по кожній з осей x і y (як показано на рис. 3) і використати ці інтервали для розрахунку у розглянутий вище спосіб вимог до невизначеності результатів вимірювань при контролі кольору тканин, з яких виготовлені (чи виготовляють) Прапори України.

Було отримано межі (відрізки) значень x та y для жовтого та синього кольорів: $a_{x(\text{син})} (L_{x1(\text{син})}^*, L_{x2(\text{син})}^*)$; $b_{y(\text{син})} (L_{y1(\text{син})}^*, L_{y2(\text{син})}^*)$; $a_{x(\text{жов})} (L_{x1(\text{жов})}^*, L_{x2(\text{жов})}^*)$; $b_{y(\text{жов})} (L_{y1(\text{жов})}^*, L_{y2(\text{жов})}^*)$.

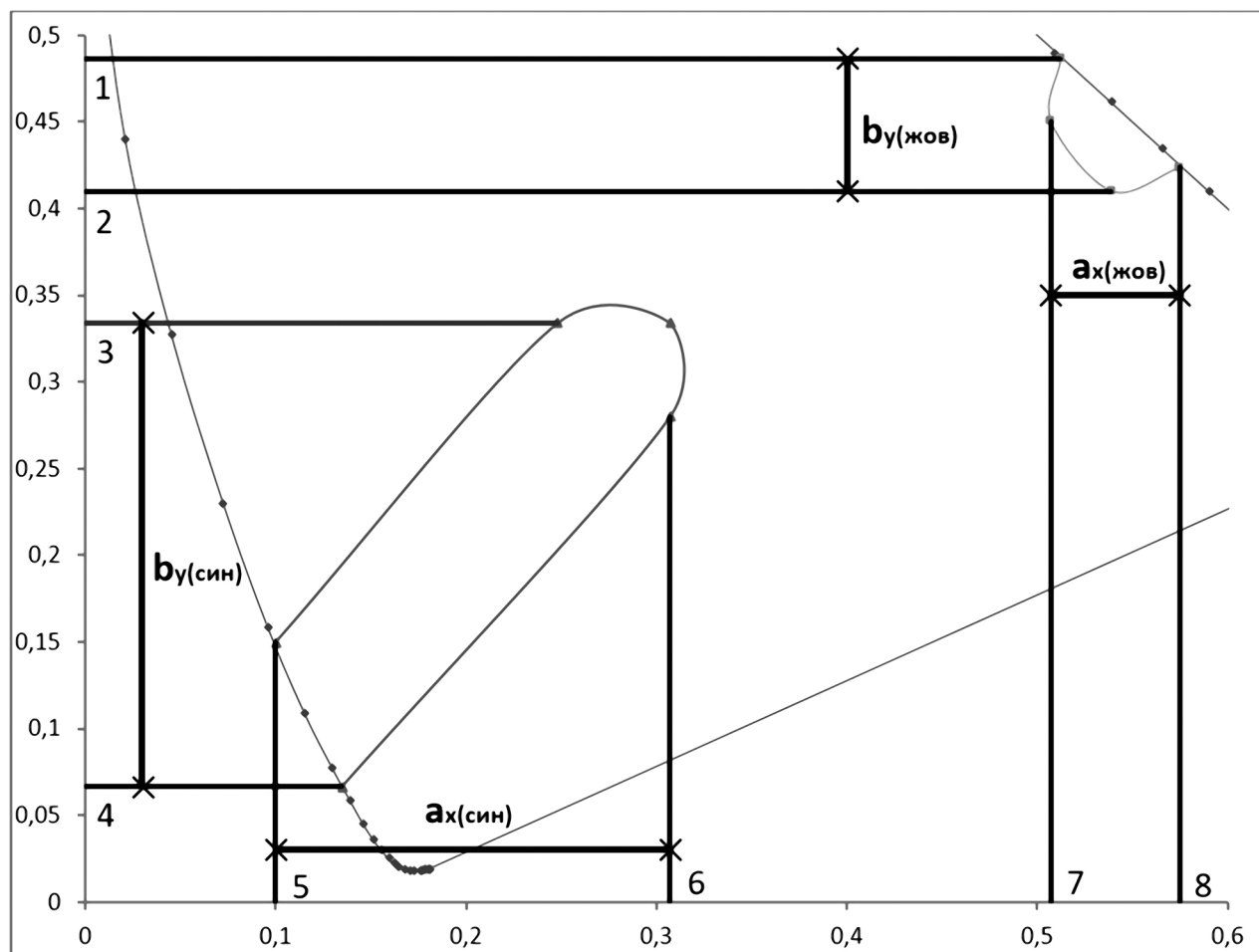


Рис. 3. Графічне визначення "країв" площин припустимих значень координат синього і жовтого кольорів Прапора України, встановлених ДСТУ 4512, де: 1 – $L_{y2(жов)}^*$; 2 – $L_{y1(жов)}^*$; 3 – $L_{y2(син)}^*$; 4 – $L_{y1(син)}^*$; 5 – $L_{x1(син)}^*$; 6 – $L_{x2(син)}^*$; 7 – $L_{x1(жов)}^*$; 8 – $L_{x2(жов)}^*$

Використання вищенаведеного способу задавання допуску може дещо знизити вимоги до припустимої невизначеності результатів контролю кольору тканин Прапора внаслідок визначення завищеної максимально можливої довжини обраних у такий спосіб інтервалів припустимих значень координат x і y через існуючу нерівномірність ширини зони площини на кінцях обраних у такий спосіб інтервалів (тому що основна частина припустимих значень на кожній із цих осей знаходиться у більш вузькому інтервалі).

Характерною тенденцією розвитку сучасної практичної метрології є прагнення максимально зменшити невизначеність результатів вимірювань, але так, щоб вона при цьому залишалася в імовірнісному сенсі "оцінкою зверху" [9]. Тому як оцінку вимог до ширини інтервалів значень координат кольору і кольоровості, в яких мають знаходитися результати вимірювань поточних зразків тканин виготовлюваних та використовуваних прапорів, обрано з деяким завищенням обґрунтовані більш вузькі перетини a_x і b_y площин встановлених ДСТУ 4512 областей припустимих значень координат синього і жовтого кольорів України між обраними характерними точками $L_{x1(син)}^*$, $L_{x2(син)}^*$ та $L_{y1(син)}^*$, $L_{y2(син)}^*$ для

синього кольору і $L_{x1(жов)}^*$, $L_{x2(жов)}^*$ та $L_{y1(жов)}^*$, $L_{y2(жов)}^*$ для жовтого кольору (позначені на рис. 4).

Допуски, задані відстанями між точками $a_{x(син)}$ і $b_{y(син)}$ та $a_{x(жов)}$ і $b_{y(жов)}$ на обмежувальних лініях цих інтервалів (рис. 4), залишаються більш-менш сталими при їх переміщенні вздовж осей x і y в межах встановлених ДСТУ 4512 областей припустимих значень координат синього і жовтого кольорів Прапора України. Отже, застосування цього способу задавання допуску на контрольовані значення координат кольоровості x і y забезпечує встановлення таких інтервалів їх припустимих значень, які більш достовірно відтворюють задані ДСТУ 4512 вимоги до областей їх припустимих значень (за будь-яких значень цих координат у межах цих областей із деяким завищенням таких вимог у нижній і верхній зонах значень цих областей). Допуски були розраховані за формулами (1–4):

$$a_{x(син)} = L_{x2(син)}^* - L_{x1(син)}; \quad (1)$$

$$b_{y(син)} = L_{y2(син)}^* - L_{y1(син)}; \quad (2)$$

$$a_{x(жов)} = L_{x2(жов)}^* - L_{x1(жов)}; \quad (3)$$

$$b_{y(жов)} = L_{y2(жов)}^* - L_{y1(жов)}. \quad (4)$$

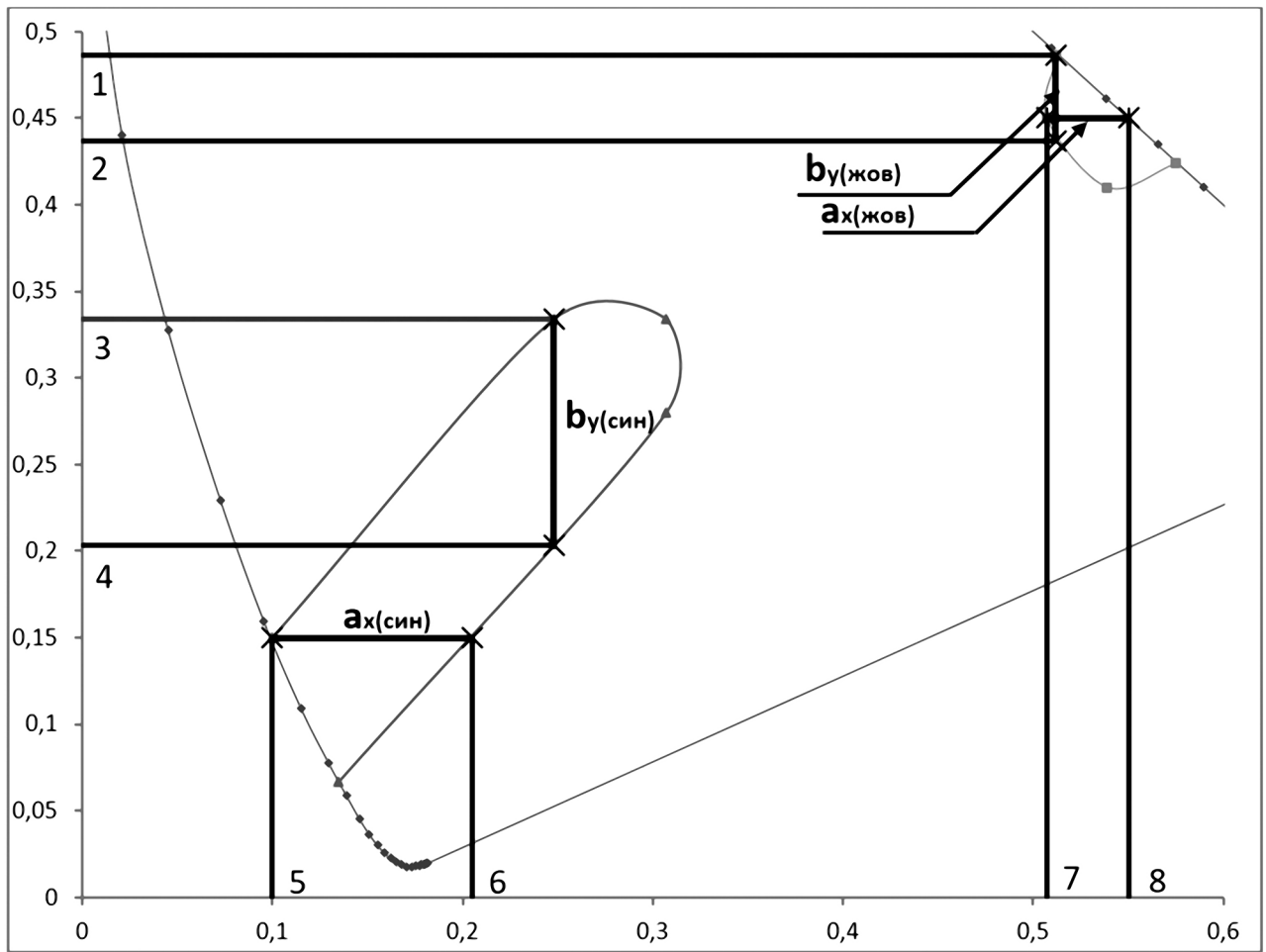


Рис. 4. Оцінювання ширини інтервалів припустимих значень координат кольорів прапора за відстанню між межами областей припустимих значень вздовж осей (x, y), де: 1 – $L_{y2(жов)}^*$; 2 – $L_{y1(жов)}^*$; 3 – $L_{y2(син)}^*$; 4 – $L_{y1(син)}^*$; 5 – $L_{x1(син)}^*$; 6 – $L_{x2(син)}^*$; 7 – $L_{x1(жов)}^*$; 8 – $L_{x2(жов)}^*$

Згідно з вимогами до координат кольорів синьої та жовтої смуг Прапора України за ДСТУ 4512, координати обраних нами характерних точок визначено як $L_{x1(син)}^*$, $L_{x2(син)}^*$ і $L_{y1(син)}^*$, $L_{y2(син)}^*$ та $L_{x1(жов)}^*$, $L_{x2(жов)}^*$ і $L_{y1(жов)}^*$, $L_{y2(жов)}^*$ і утворені ними ширини інтервалів допусків $a_{x(син)}$, $b_{y(син)}$, $a_{x(жов)}$, $b_{y(жов)}$. Отримані результати наведено в табл. 1.

Враховуючи у зазначений спосіб вимоги ДСТУ 4512, було визначено за цими даними вихідні значення вимог до припустимої невизначеності $U_{пот.вим}$ поточних (робочих) вимірювань автоматичними спектрофотометрами координат x та y синього $U_{пот.вим.син}$ і жовтого $U_{пот.вим.жов}$ кольорів при поточному контролі зразків Державного Прапора України в рутинних (серійних) вимірюваннях за формулами (5–8).

$$U_{пот.вим.син(x)} \leq \frac{(L_{x2(син)}^* - L_{x1(син)}^*)}{3} = 0,035; \quad (5)$$

$$U_{пот.вим.син(y)} \leq \frac{(L_{y2(син)}^* - L_{y1(син)}^*)}{3} = 0,043; \quad (6)$$

$$U_{пот.вим.жов(x)} \leq \frac{(L_{x2(жов)}^* - L_{x1(жов)}^*)}{3} = 0,014; \quad (7)$$

$$U_{пот.вим.жов(y)} \leq \frac{(L_{y2(жов)}^* - L_{y1(жов)}^*)}{3} = 0,005. \quad (8)$$

Отримані значення вимог до вимірювань при контролі характеристик кольорів зразків Державного Прапора України дозволили оцінити вимоги до створюваного референтного матеріалу. Невизна-

Таблиця 1

Координати хроматичних точок на осях xу і допуски a, b на контрольовані параметри

Координати xу і відповідні допуски a, b за пропонуваним способом їх задавання					
для синього кольору			для жовтого кольору		
x	y	a, b	x	y	a, b
0,1	0,203	$a_{x(син)} = 0,105$	0,507	0,47	$a_{x(жов)} = 0,043$
0,205	0,334	$b_{y(син)} = 0,131$	0,55	0,486	$b_{y(жов)} = 0,016$

ченості $U_{СРМ, син}$ і $U_{СРМ, жов}$ сертифікованих значень референтного матеріалу (робочого еталона), призначеного для калібрування автоматичного спектрофотометра, в цих зазначених вище рутинних (серійних, поточних) вимірюваннях мають задовольняти вимоги, що розраховуються за формулами (9–12).

$$U_{СРМ, син(x)} \leq \frac{U_{пот.вим.син(x)}}{3} = 0,0116; \quad (9)$$

$$U_{СРМ, син(y)} \leq \frac{U_{пот.вим.син(y)}}{3} = 0,0143; \quad (10)$$

$$U_{СРМ, жов(x)} \leq \frac{U_{пот.вим.жов(x)}}{3} = 0,0046; \quad (11)$$

$$U_{СРМ, жов(y)} \leq \frac{U_{пот.вим.жов(y)}}{3} = 0,0016. \quad (12)$$

Ці вимоги необхідно забезпечити при проведенні вимірювань, призначених для присвоєння значень властивостей створюваного референтного матеріалу координат кольоровості Державного Прапора України, тому вони мають бути покладені в основу валідації методики вимірювань значень цих характеристик, призначеної для характеризування і сертифікації створюваного референтного матеріалу.

Необхідну простежуваність результатів сертифікаційних вимірювань забезпечено використанням відповідної методики вимірювань, що спирається на Державний первинний еталон одиниць координат кольору та координат кольоровості, який зберігається в ННЦ “Інститут метрології”.

Зважаючи на особливості просторового характеру відображеної на рис. 1 хроматичної діаграми, пропонується встановлення симетричного допуску на контрольовані параметри кольорів прапора у вигляді круга, обмеженого колом гранично допустимих значень координат кольорів прапора. В цьому випадку оцінювання припустимого значення невизначеності результатів вимірювань виконується для координат точок, які мають належати до заданого круга. Було розглянуто варіант кола з радіусом r , вписаного в межі заданих ДСТУ 4512 площин обмежень: для синього кольору коло радіусом $r_{син} = 0,034$ і з центром з координатами $x = 0,2$ і $y = 0,21$ та для жовтого кольору круг радіусом $r_{жов} = 0,0198$ і з центром з координатами $x = 0,52$ і $y = 0,44$ (позначено на рис. 5).

Допуск на контрольовані параметри кольорів прапора визначає радіус (“обертаючись” навколо центра кола у просторі площини обмеженого ним круга, подібно до переміщення допусків $a_{x(син)}$, $b_{y(син)}$, $a_{x(жов)}$, $b_{y(жов)}$ уздовж граничних ліній,

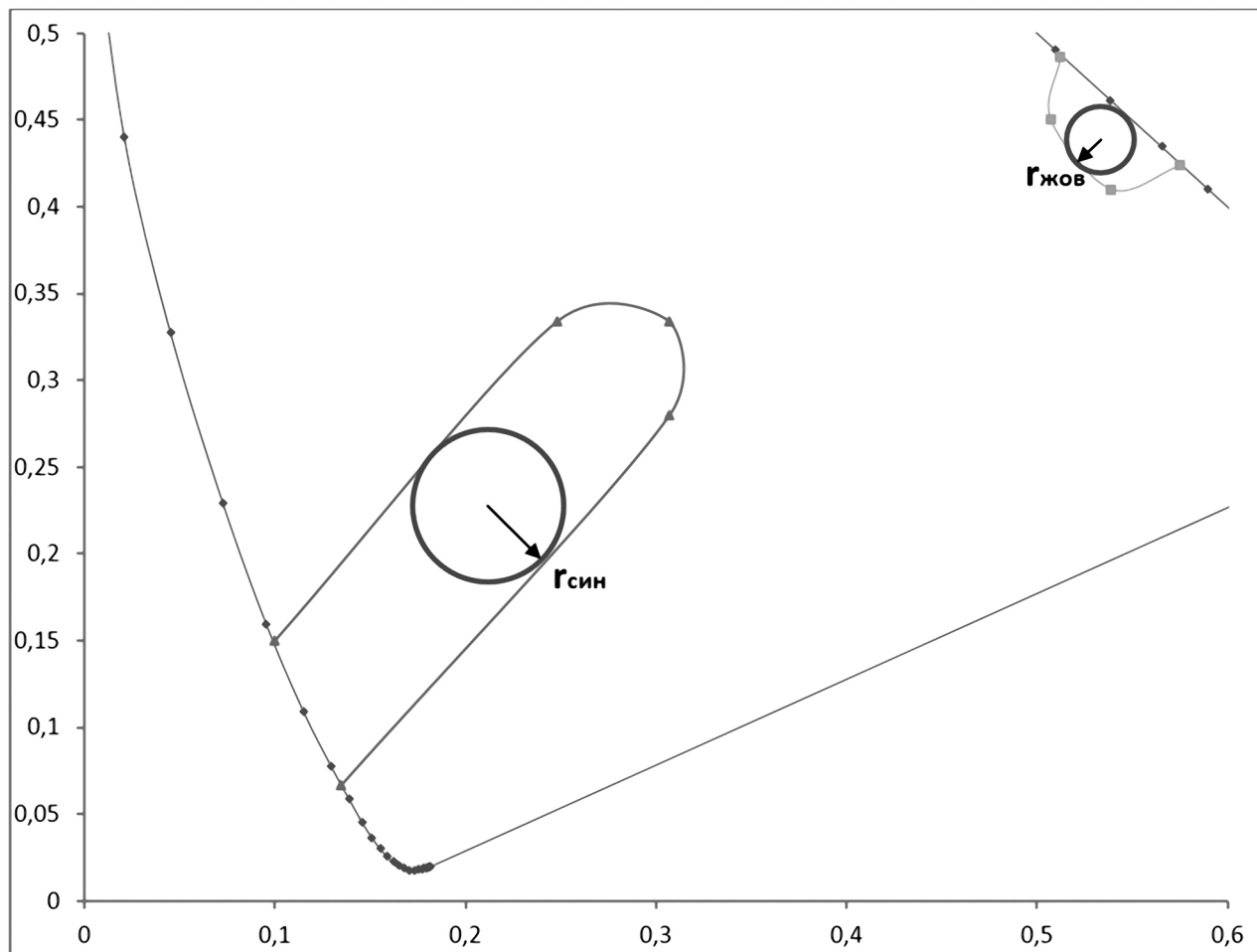


Рис. 5. Коло з радіусом r , вписане в межі заданих ДСТУ 4512 площин кольорів

що обмежують встановлені ДСТУ 4512 площини областей припустимих значень координат синього і жовтого кольорів Прапора України).

Аналогічно вищенаведеному, зазначеним способом можна визначити окремо для кожної з координат x та y синього $U_{\text{пот.вим.син}}$ і жовтого $U_{\text{пот.вим.жов}}$ вимоги до заданих у вигляді кола значень припустимої невизначеності $U_{\text{пот.вим}}$ поточних (робочих) вимірювань автоматичними спектрофотометрами. Очевидно, що при такому підході $a_{x(\text{син})} = b_{y(\text{син})} = r_{\text{син}}$ та $a_{x(\text{жов})} = b_{y(\text{жов})} = r_{\text{жов}}$, тому для поточних (робочих) вимірювань автоматичними спектрофотометрами отримуємо однакові значення вимог до припустимої невизначеності $U_{\text{пот.вим}}$ обох координат x та y у синього $U_{\text{пот.вим.син}}$ та у жовтого $U_{\text{пот.вим.жов}}$ кольорів, це наведено у формулах (13–14):

$$U_{\text{пот.вим.син}(x)} = U_{\text{пот.вим.син}(y)} \leq \frac{r_{\text{син}}}{3} = 0,01129; \quad (13)$$

$$U_{\text{пот.вим.жов}(x)} = U_{\text{пот.вим.жов}(y)} \leq \frac{r_{\text{жов}}}{3} = 0,00666. \quad (14)$$

Звідси невизначеності $U_{\text{СРМ, син}}$ і $U_{\text{СРМ, жов}}$ сертифікованих значень референтного матеріалу (робочого еталона), відповідно до критерію незначущих похибок, мають задовольняти вимоги (формули 15–16):

$$U_{\text{СРМ,син}(x)} = U_{\text{СРМ,син}(y)} \leq \frac{0,1129}{3} = 0,00376; \quad (15)$$

$$U_{\text{СРМ,жов}(x)} = U_{\text{СРМ,жов}(y)} \leq \frac{0,0066}{3} = 0,0022. \quad (16)$$

При задаванні допуску у вигляді круга припустимі відхилення значень координат x та y досягають значень радіусу тільки вздовж осей x та y , тому такий підхід встановлює дещо занижені вимоги до точності вимірювань. Подолання цієї невідповідності можливо здійснити задаванням комплексного (об'єданого для координат x і y) допуску, відповідно вирішуючи відносно змінних x і y , загальне рівняння круга з радіусом r та центром у точці з координатами a , b , яке має вигляд:

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 \leq r^2, \quad (17)$$

де r – радіус кола, що обмежує обраний круг; точки (a, b) – координати центру круга. Очевидно, що належного дослідження і обґрунтування потребує також задання положення координат центрів встановлених у такий спосіб припустимих значень кольорів Державного Прапора України на хроматичній діаграмі.

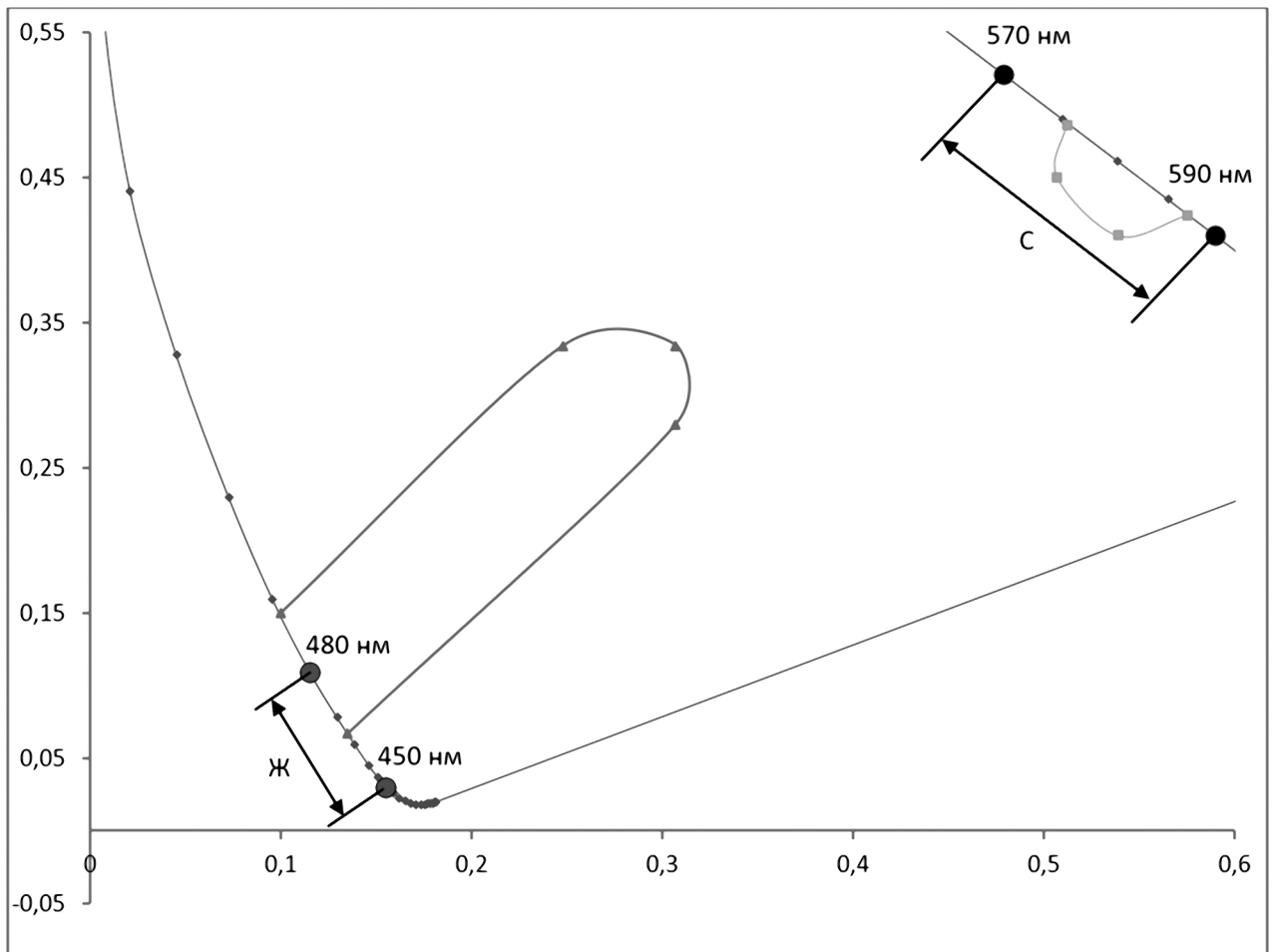


Рис. 6. Графік кольорних ділянок для смуг Державного Прапора України з довжинами хвиль синього та жовтого кольорів, де: Ж — ділянка довжин хвиль, що відповідають жовтому кольору; С — ділянка довжин хвиль, що відповідають синьому кольору

Таблиця 2

Значення хроматичних координат x , y для кожної довжини хвилі та кольори, що відповідають їм

Довжина хвилі, λ , нм	Значення координати x	Значення координати y	Колір
450	0,15664	0,0177	Синій
455	0,15099	0,02274	
460	0,14396	0,0297	
465	0,1355	0,03988	
470	0,12412	0,0578	
475	0,10959	0,08684	
480	0,09129	0,1327	
570	0,44406	0,55471	Жовтий
575	0,47877	0,52020	
580	0,51249	0,48659	
585	0,54479	0,45443	
590	0,57515	0,42423	

З урахуванням даних, наведених у ДСТУ 4512, було проаналізовано задані обмеження. На графік, наведений на рис. 1, нанесено довжини хвиль для синього та жовтого кольорів відповідно за встановленими їх координатами (див. рис. 6) [5].

В табл. 2 наведено хроматичні координати x , y для кожної довжини хвилі та кольори, що належать до цих довжин хвиль, наведені в [5].

З отриманих результатів видно, що колірні ділянки для смуг Державного Прапора України, наведені в ДСТУ 4512, не співпадають із зазначеними в табл. 2 довжинами хвиль, що відповідають синьому та жовтому кольорам, хоча у випадку жовтого кольору наведена ділянка входить до меж відрізка довжин хвиль жовтого кольору, чого не можна сказати про синій, котрий стосовно ділянки довжин хвиль синього кольору трохи зміщений в область блакитного кольору. Існуюча невідповідність засвідчує необхідність перегляду характеристик основних величин,

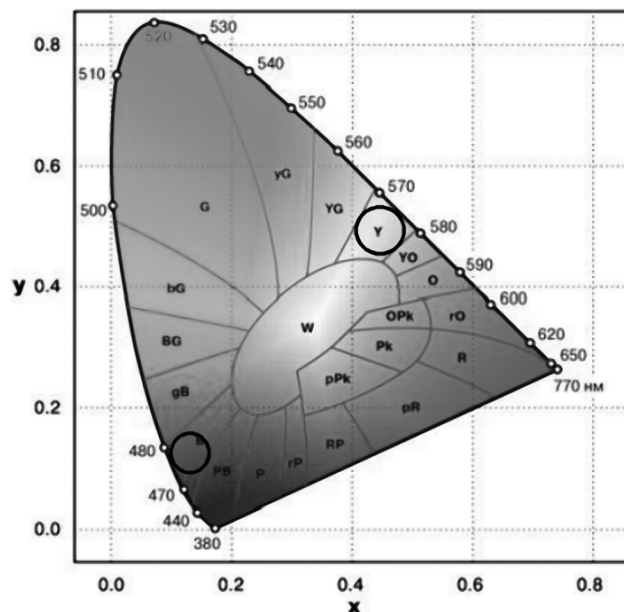


Рис. 8. Межі кольорів на діаграмі CIE 1931 р., де: R – червоний, гО — червоно-помаранчевий, О — помаранчевий, YO — жовто-помаранчевий, Y – жовтий, YG — жовто-зелений, уG — жовтувато-зелений, G – зелений, bG — блакитно-зелений, BG — синьо-зелений, gB — зеленувато-синій, B – синій, PB – синьо-фіолетовий, P – фіолетовий, гP – червоно-фіолетовий, pR – фіолетово-червоний, pPk – фіолетово-рожевий, Pk – рожевий, OPk — помаранчево-рожевий, W — білий

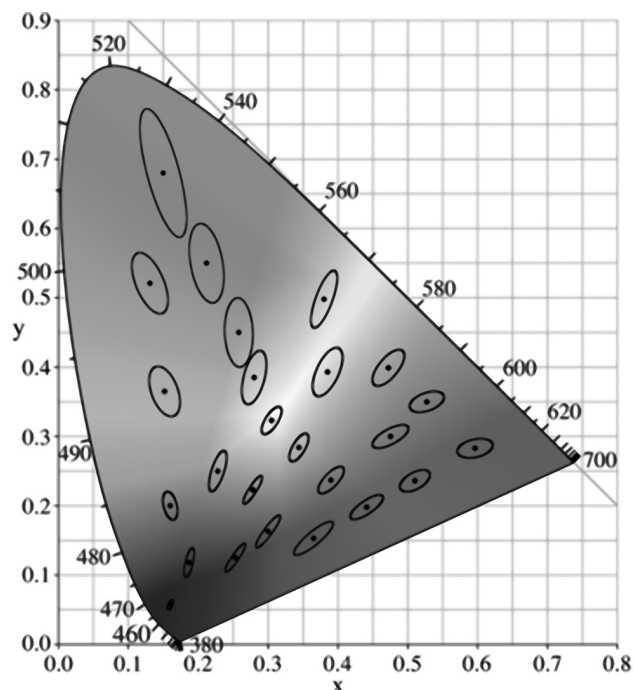


Рис. 7. Еліпси МакАдама на хроматичній діаграмі CIE 1931 (x , y) [10]

наведених у ДСТУ 4512. Нижче наведено декілька методів, на основі яких можливо це виконати.

Враховуючи особливості просторового характеру хроматичної діаграми CIE 1931 (x , y), було розглянуто можливість встановлення допусків у межах незначущих для спостерігача змін хроматичних координат. У [10] наведено приклад меж порогової чутливості ока до змін кольору, які описують за допомогою еліпсів МакАдама (див. рис. 7), де кожна обрана точка кольоровості обмежена еліпсом, що містить усі кольори, які неможливо відрізнити середньостатистичним людським оком від кольору в центрі еліпса.

На рис. 6 для наочності еліпси збільшені в 10 разів, тому для звичайних засобів вимірювальної техніки (колориметрів) така точність може ви-

явитися недосяжною, як і виготовлення тканини з такою колірною точністю.

Відомо також [6] позначення положення областей кольоровості різних кольорів (див. рис. 8), де хроматична діаграма поділяється на сектори, що відповідають певному кольору.

Цей метод задавання площин кольорів є більш практичним і дає змогу вписати обрані нами попередньо межі припустимих значень кольорів Прапора України як кола, що ми і зробили на рис. 8.

Висновки

На основі заданих ДСТУ 4512:2006 [4] допусків на контрольовані параметри координат кольоровості синьої та жовтої смуг прапора досліджено й обґрунтовано вимоги до референтного матеріалу (робочого еталона) координат кольоровості тканини Державного Прапора України, призначеного для калібрування і перевіряння калібрувань автоматичних спектрофотометрів у рутинних (серійних, поточних) вимірюваннях. Встановлено такі значення вимог до невизначеностей $U_{\text{СРМ, син}}$ і $U_{\text{СРМ, жов}}$ сертифікованих значень створюваного референтного матеріалу (робочого еталона), призначеного для калібрування автоматичного спектрофотометра в рутинних (серій-

них, поточних) вимірюваннях координат кольорів зразків Державного Прапора України:

$$U_{\text{СРМ, син}(x)} \leq \frac{U_{\text{пот.вим.син}(x)}}{3} = 0,0116;$$

$$U_{\text{СРМ, син}(y)} \leq \frac{U_{\text{пот.вим.син}(y)}}{3} = 0,0143;$$

$$U_{\text{СРМ, жов}(x)} \leq \frac{U_{\text{пот.вим.жов}(x)}}{3} = 0,0046;$$

$$U_{\text{СРМ, жов}(y)} \leq \frac{U_{\text{пот.вим.жов}(y)}}{3} = 0,0016.$$

Пропонується змінити форми областей жовтого та синього кольорів, наведених у ДСТУ 4512, встановивши симетричні допуски на припустимі значення координат x та y кольорів Державного Прапора України у вигляді кола чи квадрата. Більш обґрунтованого регламентування потребують як вибір положення цих областей на хроматичній діаграмі, так і встановлення їх заданих розмірів (у тому числі, ймовірно, із залученням також результатів необхідних додаткових досліджень особливостей психофізіологічного сприйняття цих кольорів).

Об оценивании требований к границам допустимой неопределенности измерений координат цветов Государственного Флага Украины

А.Г. Ивков, П.И. Неержмаков, Е.В. Говорова

Национальный научный центр "Институт метрологии", ул. Мироносицкая, 42, Харьков, Украина
a_ivkov@ukr.net

Аннотация

Цвет флага отражает цветовые предпочтения народа и является конститутивным символом нации и государства, его устойчивость слишком важна в борьбе за их существование и выживание. В Украине сейчас действует стандарт ДСТУ 4512:2006 "Государственный Флаг Украины. Общие технические условия", в котором приведены условия по изготовлению флага, а также требования к цветовым характеристикам желтого и синего цветов с установлением ограничения для координат цветности в виде плоскости на графике. В статье показана необходимость создания соответствующего средства сравнения, пригодного для контроля соответствия цветов флагов, что изготавливаются и проверяются на предприятиях, с обоснованной точностью, и который бы соответствовал нормам, указанным в стандарте ДСТУ 4512:2006. Также рассмотрены обоснованные в результате проведенных исследований значения требований к неопределенности сертифицированных значений референтного материала (рабочего эталона), необходимого для калибровки автоматического спектрофотометра, что используется в рутинных (серийных, текущих) измерениях для определения и проверки координат цветов образцов Государственного Флага Украины на предприятиях. Сертифицированный референтный материал должен быть использован для получения единиц координат цветности в измерительных процессах определения координат цвета тканей, из которых изготовлены или изготавливаются Флаги Украины. Согласно ключевому требованию, установленному руководством по референтным материалам, референтный материал (стандартный образец) должен быть "создан таким образом, чтобы быть пригодным к назначенному применению в измерительном процессе". В статье приведены обоснованные варианты референтных материалов, соответствующих данному требованию.

Ключевые слова: цвет; Государственный Флаг; референтный материал; неопределенность; хроматические координаты.

Concerning the assessment of requirements for the permissible limits of measurement uncertainty for color coordinates of the State Flag of Ukraine

A. Ivkov, P. Neyezhnikov, K. Hovorova

National Scientific Centre "Institute of Metrology", Myronosytska Str., 42, Kharkiv, Ukraine
a_ivkov@ukr.net

Abstract

The color of the flag reflects the color preferences of the people and is a constitutive symbol of the nation and state; its stability is too important in the struggle for their existence and survival. In Ukraine, the standard DSTU 4512:2006 "The State Flag of Ukraine. General Technical Specifications" is currently in force, which sets out the conditions for the manufacturing of the flag, as well as the requirements for the color characteristics of yellow and blue colors with a limit for the color coordinates in the form of a plane on the graph. The article shows the need to create an appropriate means of comparison, suitable for monitoring the colors of flags, which are manufactured and checked at the enterprises, with reasonable accuracy, and which would meet the requirements specified in the standard DSTU 4512:2006 "The State Flag of Ukraine. General Technical Specifications". As a result of the studies, the substantiated requirements for the uncertainty of certified values of the reference material (working standard) necessary for calibrating an automatic spectrophotometer, which is used in routine (serial, ongoing) measurements to determine and verify the color coordinates of the samples of the State Flag of Ukraine at enterprises, are also considered. A certified reference material should be used to obtain color coordinate units in the measurement processes for determining the color coordinates of the fabrics from which the Flags of Ukraine have been or are being made. According to the key requirement established by the Guidance on reference materials, the reference material (standard sample) must be "created in such a way as to be suitable for the intended use in the measuring process". The article provides reasonable options of reference materials that meet this requirement. A possible option is also proposed for improving the requirements for standardizing the characteristics of colors given in DSTU 4512:2006 "The State Flag of Ukraine. General Technical Specifications", based on the study and comparison of several possible options.

Keywords: color; State Flag; reference material; accuracy; chromatic coordinates.

Список літератури

1. Smith W., Isenbart H.-H., Bühner E. *Flags Through the Ages and Across the World*. New York (United States), McGraw-Hill Book Co, 1975. 361 p.
2. Серов Н.В. Эстетика цвета. Методологические аспекты хроматизма. СПб: ФПБ – ТОО "БИОНТ", 1997. 64 с.
3. Crozier W.R. The meanings of colour: preferences among hues. *Pigment & Resin Technology*, 1999, vol. 28(1), pp. 6–14.
4. ДСТУ 4512:2006. Державний Прапор України. Загальні технічні умови [Чинний від 01.09.2006]. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 13 с.
5. CIE 15:2004. CIE 15: Technical Report: Colorimetry. 3rd edition, 2004. 82 p.
6. Гвоздев В.Д. Допустимая погрешность измерений: выбор значения. *Законодательная и прикладная метрология*. 2013. № 2(123). С. 44–48.
7. ISO Guide 30:2015. Reference materials – Selected terms and definitions. Geneva: International Organization for Standardization. 2015. 8 p.
8. Міжнародний словник з метрології – Основні й загальні поняття та пов'язані з ним терміни

(VIM). Видання 3-тє: переклад ННЦ "Інститут метрології". 2008. 69 с.

9. Пронкин Н.С. Основы метрологии: практикум по метрологии и измерениям: учеб. пособие для вузов. Москва: Логос; Университетская книга, 2007. 392 с.
10. MacAdam ellipses for one of MacAdam's test participants, Perley G. Nutting (observer "PGN"), plotted on the CIE 1931 xy chromaticity diagram. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/MacAdam_ellipse#/media/File:CIExy1931_MacAdam.png

References

1. Smith W., Isenbart H.-H., Bühner E. *Flags Through the Ages and Across the World*. New York (United States), McGraw-Hill Book Co, 1975. 361 p.
2. Serov N.V. *Estetika tsveta. Metodologicheskie aspektyi hromatizma* [Aesthetics of color. Methodological aspects of chromatism]. SPb, FPB – TОО "BIONT" Publ., 1997. 64 p. (in Russian).
3. Crozier W.R. The meanings of colour: preferences among hues. *Pigment & Resin Technology*, 1999, vol. 28(1), pp. 6–14.
4. State standard of Ukraine. *Derzhavnyi Prapor Ukrainy. Zahalni tekhnichni umovy* [State Flag

- of Ukraine. General specifications]. Kyiv, 2006. 13 p. (in Ukrainian).
5. CIE 15:2004. CIE 15: Technical Report: Colorimetry, 3rd edition, 2004. 82 p.
 6. Gvozdev V.D. Dopustimaya pogreshnost izmereniy: vyibor znacheniya [Permissible measurement uncertainty: choice of value]. *Zakonodatelnaya i prikladnaya metrologiya – Legal and applied metrology*, 2013, no. 2(123), pp. 44–48 (in Russian).
 7. ISO Guide 30:2015. Reference materials – Selected terms and definitions. Geneva, International Organization for Standardization. 2015. 8 p.
 8. Mizhnarodnyi slovnyk z metrolohii — Osnovni y zahalni poniattia ta poviazani z nym terminy (VIM) vydannia 3-tie [International Vocabulary of Metrology — Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM 3rd edition)]. NSC “Institute of metrology”. 2008. 69 p. (in Ukrainian).
 9. Pronkin N.S. Osnovyi metrologii: praktikum po metrologii i izmereniyam [Fundamentals of metrology: workshop on metrology and measurement]. Moscow, Logos; Universitetskaya kniga, 2007. 392 p. (in Russian).
 10. MacAdam ellipses for one of MacAdam’s test participants, Perley G. Nutting (observer “PGN”), plotted on the CIE 1931 xy chromaticity diagram. Available at: [https://en.wikipedia.org/wiki/MacAdam_ellipse#/media/File: CIExy1931_MacAdam.png](https://en.wikipedia.org/wiki/MacAdam_ellipse#/media/File:CIExy1931_MacAdam.png)