

МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС МЕЖ ОБЛАСТІ ПОВЕРХНЕВИХ КОЛЬОРІВ  
У КОЛІРНМУ ПРОСТОРИ

Карловський Д.В.

MATHEMATICAL DESCRIPTION OF SURFACE COLORS ARIA BORDERS  
IN THE COLOR SPACE

Karlovsy D.V.

ДП УНДІРТ

При вирішенні будь-якої практичної задачі, зв'язаної з колірними розрахунками, прийнято реальні кольори предметів наводити у вигляді точок у певному просторі – просторі кольорів. Треба враховувати, що всі відтворювані різними системами кольори є підпростором простору існуючих у природі кольорів, а границю цих існуючих у природі кольорів для певного рівня яскравості прийнято представляти в вигляді лінії оптимальних кольорів, точки якої відповідають кольорам із максимальним значенням насиченості кольору для певного кольорового тону та рівня яскравості. Процес безпосереднього визначення ліній оптимальних кольорів детально наведений у [1] (надалі цей метод будемо називати прямим або методом безпосереднього знаходження границь колірному тіла), але за такого підходу найбільш повільною частиною алгоритму є процес визначення граничних частот (довжин хвиль)  $\lambda_{\min}$  та  $\lambda_{\max}$  таких, що для заданого коефіцієнту яскравості  $Y$

$$Y = \frac{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} P(\lambda) \cdot C(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_{360}^{830} P(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}$$

де  $P(\lambda)$  – спектральний розподіл енергії джерела світла;

$C(\lambda)$  – АЧХ оптимального спектрального фільтра,

$V(\lambda)$  – крива видимості ока.

Для комп'ютерних розрахунків, коли усі зазначені вище функції задані у виді масивів даних, формулу (1.1) при використанні метода трапецій можна представити як:

$$Y = \frac{\sum_{\lambda_i=\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}-\Delta\lambda} \left( \frac{P(\lambda_i) \cdot C(\lambda_i) \cdot V(\lambda_i) + P(\lambda_i + \Delta\lambda) \cdot C(\lambda_i + \Delta\lambda) \cdot V(\lambda_i + \Delta\lambda)}{2} \right) \cdot \Delta\lambda}{\sum_{\lambda_i=360}^{830} \left( \frac{P(\lambda_i) \cdot C(\lambda_i) \cdot V(\lambda_i) + P(\lambda_i + \Delta\lambda) \cdot C(\lambda_i + \Delta\lambda) \cdot V(\lambda_i + \Delta\lambda)}{2} \right) \cdot \Delta\lambda}, \text{ або}$$

$$Y = \frac{\sum_{\lambda_i=\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}-\Delta\lambda} (P(\lambda_i) \cdot C(\lambda_i) \cdot V(\lambda_i) + P(\lambda_i + \Delta\lambda) \cdot C(\lambda_i + \Delta\lambda) \cdot V(\lambda_i + \Delta\lambda))}{\sum_{\lambda_i=360}^{830} (P(\lambda_i) \cdot C(\lambda_i) \cdot V(\lambda_i) + P(\lambda_i + \Delta\lambda) \cdot C(\lambda_i + \Delta\lambda) \cdot V(\lambda_i + \Delta\lambda))},$$

У реальних розрахунках  $\Delta\lambda = 0,1 \text{ нм}$ , тобто маємо близько 4700 інтервалів. Для отримання достатньо гладкої лінії оптимальних кольорів для заданого рівня яскравості потрібно близько 350 точок. Тому бачимо, що кількість розрахунків є досить значною для їх

виконання у реальному форматі часу на неспеціалізованих процесорах. Тому виникає задача знаходження нового способу побудови границь колірної тіла.

Також важливим є створення моделі для знаходження точки перетину лінії оптимальних кольорів та будь-якої лінії, заданої всередині колірної тіла. Оптимального вирішення цієї задачі за умови використання методу безпосереднього визначення ліній оптимальних кольорів на цей час не існує

У даній роботі запропоновано алгоритм, що дозволить вирішувати ці задачі значно швидше за прямий розрахунок. Він полягає у знаходженні аналітичного опису границь колірної тіла групою функцій. Для цього лінії оптимальних кольорів розбивають на декілька частин, кожен з частин апроксимують окремою безперервною на інтервалі апроксимації функцією. У роботі наведено функції для знаходження границь кожної з частин та функції для апроксимації кожної частини.

Приклад розділення колірної тіла для джерела випромінювання типу С на області наведено на рисунку 1.

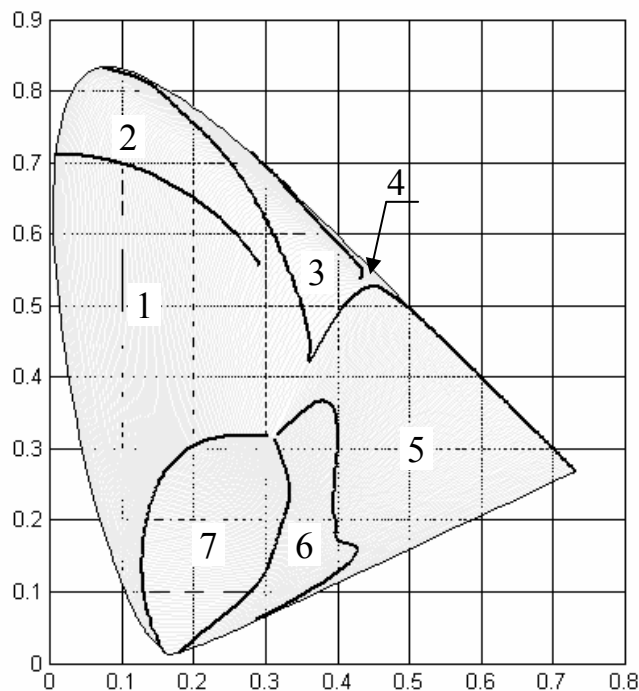


Рисунок 1 – Розділення колірної тіла на області для апроксимації для джерела випромінювання типу С

## 2 Алгоритм побудови ліній оптимальних кольорів

Побудову ліній оптимальних кольорів для заданого коефіцієнту яскравості  $Y$  необхідно виконувати у наступній послідовності:

1. Для заданого рівня яскравості  $Y$  знайти границі кожної з областей апроксимації за допомогою функцій з Таблиці 2. Слід звертати увагу на обмеження значень  $Y$ , які представлені під таблицею.
2. Знайти параметри апроксимувальних функцій за виразами з Таблиці 3, також враховуючи обмеження на значення  $Y$ .

3. Для кожної області табулюють функції з Таблиці 1 для діапазону значень  $[x_i, x_{i+1}]$  (або  $[y_i, y_{i+1}]$  для першої області) з бажаним кроком, і таким чином отримують множину точок границі оптимальних кольорів для заданого коефіцієнту яскравості  $Y$ .

Нижче представлено реалізацію цього алгоритму на псевдокодi:

```
#define Points 50 //кількість точок на кожному інтервалі

enum {x01=1, y01, x02, y02, x03, k4, k5, x06, k7} functParam;

READ Y; // ввід значення коефіцієнту яскравості
FOR i = 1 TO 7 // знаходження границь кожної області за формулами з таблиці 2
    BEGIN
        x[i] = FXi(Y);
        y[i] = FYi(Y);
    END FOR;
FOR functParam = x01 TO k7 // знаходження коефіцієнтів для параметрів функцій
    BEGIN
        Koeff[functParam] = FKoeffi(Y, functParam); // за формулами з таблиці 3
    END FOR
FOR i = 1 TO 7 // побудова локусу
    BEGIN
        IF (i ==1)
            BEGIN
                Ymin = y[i];
                Ymax = y[i+1];
                Step = (Ymax - Ymin)/(Points - 1);
                FOR j = 1 TO Points
                    BEGIN
                        locusY [i][j] = Ymin + Step*(j - 1);
                        locusX[i][j]=FXlocus(i,locusY[i][j]);//за формулами з таблиці 1
                    END FOR
                END IF
            ELSE
                BEGIN
                    Xmin = x[i];
                    IF (i ==7)
                        Xmax = x[i+1];
                    ELSE
                        Xmax = x[1];
                    END IF
                    Step = (Xmax - Xmin)/(Points - 1);
                    FOR j = 1 TO Points
                        BEGIN
                            locusX [i][j] = Xmin + Step*(j - 1);
```

```

        locusY [i][j] = FYlocusi (i, locusX [i][j]); // за формулами з таблиці 1
    END FOR
END ELSE IF
END FOR

```

**Примітка:** вираз виду  $(f(\dots))^{k_i}$  ( $k_i$  – певний параметр, а не конкретне зазначене у функції число) слід розуміти як  $\text{sign}(f(\dots)) \cdot |f(\dots)|^{k_i}$ , тобто необхідно зберігати знак значення функції  $f(\dots)$ , а змінювати тільки її модуль.

### 3 Приклад роботи розробленого алгоритму.

На рисунку 2 наведено приклад використання моделі для побудови ліній оптимальних кольорів для джерела випромінювання типу С та коефіцієнтів яскравості  $\{0.05, 0.15, 0.25, 0.35, 0.45, 0.55, 0.65, 0.75, 0.85, 0.95\}$

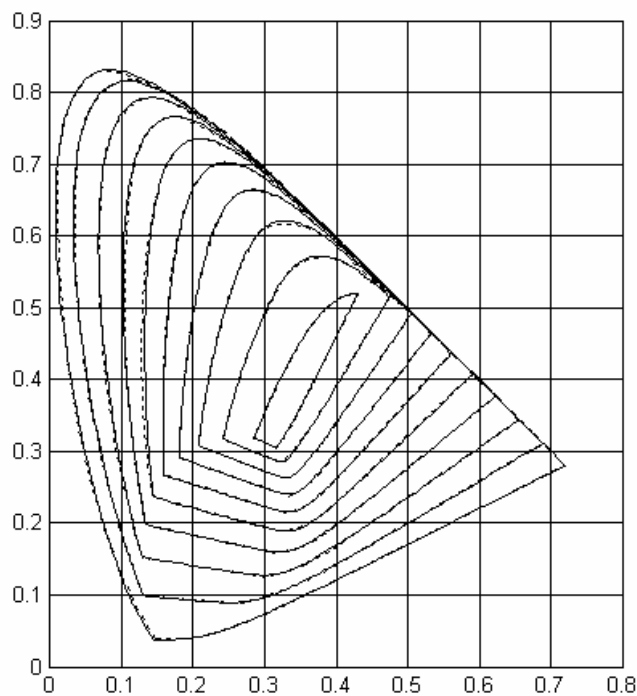


Рисунок 2 – Приклад апроксимації ліній оптимальних кольорів для джерела випромінювання типу С

Таблиця 1 – Апроксимувальні функції для визначення границь оптимальних кольорів колірної тіла для довільних коефіцієнтів яскравості

№ області у відповідності до рисунку 1	Апроксимувальна крива
<b>1</b>	<p>Еліпс</p> $x(y, Y) = -a_1 \cdot \sqrt{1 - \frac{(y - y_{01}(Y))^2}{b_1^2}} + x_{01}(Y)$ $a_1^2 = \frac{(x_1 - x_{01}(Y))^2 \cdot (y_2 - y_{01}(Y))^2 - (x_2 - x_{01}(Y))^2 \cdot (y_1 - y_{01}(Y))^2}{(x_1 - x_{01}(Y))^2 - (x_2 - x_{01}(Y))^2}$ $b_1 = \sqrt{\frac{(x_1 - x_{01}(Y))^2}{1 - \frac{(y_1 - y_{01}(Y))^2}{b_1^2}}}$
<b>2</b>	<p>Еліпс</p> $y(x, Y) = b_2 \cdot \sqrt{1 - \frac{(x - x_{02}(Y))^2}{a_2^2}} + y_{02}(Y)$ $a_2^2 = \frac{(y_2 - y_{02}(Y))^2 \cdot (x_3 - x_{02}(Y))^2 - (y_3 - y_{02}(Y))^2 \cdot (x_2 - x_{02}(Y))^2}{(y_2 - y_{02}(Y))^2 - (y_3 - y_{02}(Y))^2}$ $b_2 = \sqrt{\frac{(y_2 - y_{02}(Y))^2}{1 - \frac{(x_2 - x_{02}(Y))^2}{a_2^2}}}$

Кінець таблиці 1

3	Парабола $y(x, Y) = \frac{(y_4 - y_3) \cdot (x - x_3) \cdot (x + x_3 - 2x_{03}(Y))}{(x_4 - x_3) \cdot (x_4 + x_3 - 2x_{03}(Y))} + y_3$
4	Пряма $y(x, Y) = k_4(Y) \cdot (x - x_5) + y_5,$
5	Пряма $y(x, Y) = k_5(Y) \cdot (x - x_5) + y_5,$
6	Парабола $y(x, Y) = \frac{(y_7 - y_6) \cdot (x - x_6) \cdot (x + x_6 - 2x_{06}(Y))}{(x_7 - x_6) \cdot (x_7 + x_6 - 2x_{06}(Y))} + y_6$
7	Пряма $y(x, Y) = k_7(Y) \cdot (x - x_1) + y_1,$

Таблиця 2 – Функції для визначення границь між двома сусідніми областями тіла кольорів

Номери областей для границі	Апроксимувальні функції
7-1	$x_1(Y) = k_1 + k_2 \cdot \frac{(Y + k_3) \cdot (Y + k_4)}{Y + k_5} + k_6 \cdot \sin(k_7 \cdot (Y + k_8))$ $y_1(Y) = k_1 + k_2 \cdot \cos(k_3 \cdot (Y - k_4))$
1-2	$x_2(Y) = \begin{cases} k_1 + k_2 \cdot Y + (k_3 \cdot (Y - k_4))^3 + k_5 \cdot \text{sinc}(k_6 \cdot (Y - k_7)), Y \leq Y_{12\max}, \\ x_1(Y), Y > Y_{12\max}, \end{cases}$ $y_2(Y) = \begin{cases} k_1 + k_2 \cdot \cos^{k_5}(k_3 \cdot (Y - k_4)), Y \leq Y_{12\max}, \\ y_1(Y), Y > Y_{12\max} \end{cases}$
2-3	$x_3(Y) = k_1 + k_2 \cdot Y + \frac{k_3}{(Y - k_4)^{k_5}} + k_6 \cdot \text{sinc}^3(k_7 \cdot (Y - k_8))$ $y_3(Y) = k_1 + k_2 \cdot \cos^{k_5}(k_3 \cdot (Y - k_4)) + k_6 \cdot \text{sinc}^2(k_7 \cdot (Y - k_8))$
3-4	$x_4(Y) = \begin{cases} k_1 + k_2 \cdot \exp(k_3 \cdot (Y - k_4)) + k_5 \cdot \text{sinc}(k_6 \cdot (Y - k_7)) + k_8 \cdot \cos(k_9 \cdot (Y - k_{10})), Y \leq Y_{34\max}, \\ x_5(Y), Y > Y_{34\max}, \end{cases}$ $y_4(Y) = \begin{cases} k_4(Y) \cdot (x_4(Y) - x_5) + y_5, Y \leq Y_{34\max}, \\ y_5(Y), Y > Y_{34\max}, \end{cases}$

Кінець таблиці 2

4-5	$x_5(Y) = k_1 + k_2 \cdot Y + \frac{k_3}{(Y - k_4)^{k_5}} + k_6 \cdot \sin(k_7 \cdot (Y - k_8)),$ $y_5(Y) = k_1 + k_2 \cdot Y + \frac{k_3}{(Y - k_4)^{k_5}} + k_6 \cdot \sin(k_7 \cdot (Y - k_8)),$
5-6	$x_6(Y) = k_1 + k_2 \cdot \cos(k_3 \cdot (Y - k_4)) + k_2 \cdot k_5 \cdot \cos(3k_3 \cdot (Y - k_4)) + (k_6 \cdot \text{sinc}(k_7 \cdot (Y - k_8)))^{k_9}$ $y_6(Y) = k_5(Y) \cdot (x_6(Y) - x_5) + y_5,$
6-7	$x_7(Y) = k_1 + k_2 \cdot  k_3 \cdot (Y - k_4) ^{k_5} + k_6 \cdot \cos(k_7 \cdot (Y - k_8))$ $y_7(Y) = k_7(Y) \cdot (x_7(Y) - x_1) + y_1,$

Джерело випромінювання	$Y_{12\max}$	$Y_{34\max}$
С	79	92
D <sub>65</sub>	79	85
Е	69	89



Таблиця 3 – Функції для знаходження параметрів апроксимувальних функцій з таблиці 1

№ області у відповідності до рисунка 1	Параметри апроксимувальних функцій
1	$x_{01}(Y) = k_1 + k_2 \cdot \exp\left(-\left(\frac{Y - k_3}{k_4}\right)^2\right) + k_5 \cdot \exp\left(-\left(\frac{Y - k_6}{k_7}\right)^2\right) + k_8 \cdot \exp\left(-\left(\frac{Y - k_9}{k_{10}}\right)^2\right),$ $y_{01}(Y) = k_1 + \frac{k_2}{(Y - k_3)^{k_4}} + k_5 \cdot \cos^{k_8}(k_6 \cdot (Y - k_7)) + k_9 \cdot \text{sinc}(k_{10} \cdot (Y - k_{11})) + k_{12} \cdot \text{sinc}^{k_{15}}(k_{13} \cdot (Y - k_{14})),$
2	$x_{02}(Y) = k_1 + k_2 \cdot Y + k_3 \cdot \cos(k_4 \cdot (Y - k_5)) + k_6 \cdot \cos(k_7 \cdot (Y - k_8)) + k_9 \cdot \exp(k_{10} \cdot (Y - k_{11}))$ $y_{02}(Y) = k_1 + k_3 \cdot \cos^{k_9}(k_2 \cdot (Y - k_4)) + k_3 \cdot k_5 \cdot \cos(2 \cdot k_2 \cdot (Y - k_6)) + k_3 \cdot k_7 \cdot \cos(3 \cdot k_2 \cdot (Y - k_8)) + k_{10} \cdot \cos(k_{11} \cdot (Y - k_{12}))$
3	$x_{03}(Y) = k_1 + k_2 \cdot \left(\frac{\text{atan}(k_3 \cdot (Y - k_4))}{\pi/2}\right)^{k_5} + k_6 \cdot \text{sinc}^{k_9}(k_7 \cdot (Y - k_8)) + k_{10} \cdot \exp\left(-\left(\frac{Y - k_{11}}{k_{12}}\right)^2\right)$
4	$k_4(Y) = k_1 + \frac{k_2}{Y - k_3} + k_4 \cdot \cos(k_5 \cdot Y - k_6) + k_7 \cdot \text{sinc}(k_8 \cdot (Y - k_9))$
5	$k_5(Y) = k_1 + k_2 \cdot Y + \frac{k_3}{(Y - k_4)^{k_5}} + k_6 \cdot \text{sinc}^{k_9}(k_7 \cdot (Y - k_8))$
6	$x_{06}(Y) = k_1 + k_2 \cdot  k_3 \cdot (Y - k_4) ^{k_5 \cdot \cos(k_6 \cdot (Y - k_4))} + k_7 \cdot \text{sinc}^3(k_8 \cdot (Y - k_9))$
7	$k_7(Y) = k_1 + k_2 \cdot  k_3 \cdot (Y - k_4) ^{k_5} + \frac{k_6}{Y - k_7} + \frac{k_8}{Y - k_9}$

Таблиця 4 – Коефіцієнти для джерела випромінювання типу С

	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$k_8$	$k_9$	$k_{10}$
$x_1(Y)$	-1,63615	0,006728	44,46896	188,5759	33,82675	0,153743	0,023864	87,50834		
$y_1(Y)$	-33,2973	33,61594	0,001481	92,27168						
$x_2(Y)$	-0,06654	0,004738	-0,00845	49,73316	0,014871	0,038029	29,59309			
$y_2(Y)$	-40,9789	41,68991	0,015353	9,058013	0,005036					
$x_3(Y)$	0,094657	0,002798	148013,8	110,1831	6,743039	-0,0264	0,046826	3,252595		
$y_3(Y)$	0,263775	0,533619	0,014949	-0,00076	0,513381	0,034985	0,023367	-0,00133		
$x_4(Y)$	-0,49875	0,566362	0,001619	-210,859	0,054002	0,047301	18,77188	0,010954	0,148701	6,036558
$x_5(Y)$	0,731678	-0,00305	744,9388	-107,743	4,275896	-0,00349	0,079336	-25,8515		

Продовження таблиці 4

$y_5(Y)$	0,269206	0,003016	2,830165	-102,994	2,154762	0,004083	0,073747	-25,9453		
$x_6(Y)$	-0,01065	0,470625	0,021967	54,56455	-0,13513	0,300991	0,043812	9,744201	1,960792	
$x_7(Y)$	0,329274	-0,35748	0,011596	66,83275	3,26001	0,004741	0,128535	66,02867		
$x_{01}(Y)$	0,321903	27,13126	25,15114	8,372413	-0,2652	30,54483	24,76613	-0,551	40,74739	2,531943
$x_{03}(Y)$	-0,12735	0,006019	0,030008	0,114475	69,04228	0,228138	0,042849	-10,816		
$k_4(Y)$	-1,48405	-44,3025	131,3238	0,227537	0,025034	-5,22985	1,700113	-0,00441	-220,54	
$k_5(Y)$	-1,05199	0,012679	-2,48176	103,0975	0,140731	1,482138	0,004349	-157,358	2,034735	
$x_{06}(Y)$	0,323923	-0,05904	3,54E-05	48,2822	0,280217	0,06435	0,34405	0,022649	104,166	
$k_7(Y)$	-0,39218	0,022333	0,061173	88,06351	1,677413	0,710143	-2,53497	0,287368	100,6132	

Продовження таблиці 4

	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$k_8$
$y_{01}(Y)$	-0,08962	0,348727	79,00006	0,304108	0,680564	0,024557	11,06605	0,491736
$x_{02}(Y)$ $Y \leq Y_{12\max}$	0,147727	0,001472	0,003154	-0,17577	20,16034	0,096135	0,021003	121,3451
$x_{02}(Y)$ $Y > Y_{12\max}$	-0,93363	0,018225	0,006113	0,460011	78,93628	0	0	0
$y_{02}(Y)$ $Y \leq Y_{12\max}$	-0,25801	0,021918	1,100607	73,17721	0,709768	-2,10514	0,219324	-30,8179
$y_{02}(Y)$ $Y > Y_{12\max}$	-0,07632	0,337618	0,078334	73,40283	0	0	0	0

Кінець таблиці 4

	$k_9$	$k_{10}$	$k_{11}$	$k_{12}$	$k_{13}$	$k_{14}$	$k_{15}$
$y_{01}(Y)$	0,24 0994	0,02102	103,7398	-0,01846	0,163228	10,77868	0,650574
$x_{02}(Y) Y \leq Y_{12 \max}$	2,08 E-12	1,14796	57,78193				
$x_{02}(Y) Y > Y_{12 \max}$	0	0	0				
$y_{02}(Y) Y \leq Y_{12 \max}$	0,92 832	0,288868	0,000965	355,6544			
$y_{02}(Y) Y > Y_{12 \max}$	0	0	0	0			

Таблиця 5 – Коефіцієнти для джерела випромінювання типу D<sub>65</sub>

	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$k_8$	$k_9$	$k_{10}$
$x_1(Y)$	-1,64682	0,007628	26,55552	186,7458	23,01056	0,309311	0,017938	143,078		
$y_1(Y)$	-103,467	103,8002	0,000882	89,90756						
$x_2(Y)$	-0,44338	0,009632	-0,01131	54,52323	0,246597	0,017541	15,81086			
$y_2(Y)$	-40,0749	40,79934	0,012427	0,607565	0,008					
$x_3(Y)$	0,139617	0,002334	2,35E+16	128,7146	12,27473	-0,08509	0,033529	4,225126		
$y_3(Y)$	-1,3584	2,26213	0,005729	-168,597	0,074683	0,030509	0,046059	9,261545		
$x_4(Y)$	-0,73569	0,353663	0,00696	-94,7155	0,028225	0,061451	49,45987	-0,36577	0,02003	-162,16
$x_5(Y)$	0,730995	-0,0031	147,2057	-106,329	3,891479	-0,00346	0,076506	-25,9847		

Продовження таблиці 5

$y_5(Y)$	0,270648	0,003028	1,934405	-102,597	2,105391	0,004786	0,066536	-25,9109		
$x_6(Y)$	-1,33096	1,960647	0,014645	55,44924	-0,11613	0,331501	0,035224	9,353501	1,99449	
$x_7(Y)$	0,333343	-0,71366	0,010553	64,40482	3,70338	0,005336	0,13236	66,34057		
$x_{01}(Y)$	1,670323	235,2359	25,00354	7,22681	-1,51661	33,29895	118,2848	-0,76163	41,71371	1,973636
$x_{03}(Y)$	1,188071	-0,02032	-1,31585	0,027426	227,8805	0,288391	0,048515	10,90671		
$k_4(Y)$	-1,20715	-6,94504	101,8567	0,011377	0,072673	-6,37016	1,11148	-0,00531	-461,927	
$k_5(Y)$	-0,35821	0,023561	-1,90258	103,2085	1,0365	6,251199	0,002424	-333,755	1,367516	
$x_{06}(Y)$	0,337093	-0,07429	1,16E-07	46,23542	0,122572	0,067834	0,39839	0,012048	121,0919	
$k_7(Y)$	-0,39784	0,021966	0,070085	83,42463	1,663935	0,371548	-5,13614	0,477422	102,5317	

Продовження Таблиці 5

	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$k_8$
$y_{01}(Y)$	0,094762	1,290877	237,3937	0,250884	1,044751	0,022832	13,56106	1,696523
$x_{02}(Y) Y \leq Y_{12\max}$	0,058915	0,003311	-0,00197	0,149253	9,784359	0,001184	0,24277	24,47769
$x_{02}(Y) Y > Y_{12\max}$	-0,84857	0,017202	0,013043	0,301474	73,22339	0	0	0
$y_{02}(Y) Y \leq Y_{12\max}$	-0,0175	0,039279	0,4208	40,37093	0,456169	-19,7405	-0,10991	1,821473
$y_{02}(Y) Y > Y_{12\max}$	-0,03437	0,312461	0,084198	74,0979	0	0	0	0



Кінець Таблиці 5

	$k_9$	$k_{10}$	$k_{11}$	$k_{12}$	$k_{13}$	$k_{14}$	$k_{15}$
$y_{01}(Y)$	2,283125	0,017844	209,9366	0,039402	0,109622	-2,61589	0,969775
$x_{02}(Y) Y \leq Y_{12 \max}$	0,298236	0,510774	86,02223				
$x_{02}(Y) Y > Y_{12 \max}$	0	0	0				
$y_{02}(Y) Y \leq Y_{12 \max}$	0,239376	0,311115	0,043865	-5,92365			
$y_{02}(Y) Y > Y_{12 \max}$	0	0	0	0			

Таблиця 6 – Коефіцієнти для джерела випромінювання типу E

	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$k_8$	$k_9$	$k_{10}$
$x_1(Y)$	-1,36415	0,007065	11,81199	213,9648	11,16869	0,548942	0,012021	271,5599		
$y_1(Y)$	-344,316	344,6552	0,000511	85,78895						
$x_2(Y)$	-0,26385	0,007768	-0,01086	51,73469	0,123329	0,021824	19,37923			
$y_2(Y)$	-40,1098	40,79946	0,014051	6,310618	0,005745					
$x_3(Y)$	0,067421	0,003127	2,89E+10	124,9764	8,86094	-0,01553	0,044691	7,263208		
$y_3(Y)$	-3,2287	4,080307	0,00955	-24,8691	0,119507	-0,02664	0,033599	-16,8726		
$x_4(Y)$	0,326326	0,00742	0,02971	2,248273	-0,05707	0,058612	-9,70817	-0,00229	0,479562	11,84209
$x_5(Y)$	0,735849	-0,00288	0,521424	-102,066	1,938256	-0,00179	0,09383	-35,1221		

Продовження Таблиці 6

$y_5(Y)$	0,265389	0,002846	0,700048	-101,76	1,89177	0,00238	0,082676	-35,1738		
$x_6(Y)$	-1,74235	2,42681	0,01439	61,04815	-0,10948	0,429772	0,026602	9,288234	1,933708	
$x_7(Y)$	0,353106	-0,47501	0,01334	62,57358	4,555855	0,004178	0,140457	70,26405		
$x_{01}(Y)$	0,305361	85,69649	25,10391	7,553453	-0,23766	29,77353	23,56925	-0,59027	41,54233	1,740904
$x_{03}(Y)$	2,610543	-0,03683	4,725742	0,009023	237,3847	-0,02913	0,043023	27,65912		
$k_4(Y)$	-0,99478	-3,32421	97,29841	0,003812	0,209429	-1,65437	0,64137	-0,00311	-995,268	
$k_5(Y)$	-0,2156	0,020968	-806,427	108,572	3,317671	5,730342	0,002558	-318,925	1,384753	
$x_{06}(Y)$	0,345049	-0,04728	7,71E-12	49,58059	0,075419	0,075309	4,239871	0,003148	325,8463	
$k_7(Y)$	-0,46594	0,137016	0,023687	92,80893	1,729511	-0,14618	0,028878	-0,0612	99,05412	

Продовження Таблиці 6

	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$k_8$
$y_{01}(Y)$	-0,21383	0,957773	71,56393	1,223126	0,864806	0,02133	10,88913	0,951535
$x_{02}(Y) Y \leq Y_{12\max}$	0,032099	0,00445	-0,04855	0,052407	55,41142	0,022284	0,089103	44,89501
$x_{02}(Y) Y > Y_{12\max}$	-0,39641	0,013232	0,01564	0,182556	93,69426	0	0	0
$y_{02}(Y) Y \leq Y_{12\max}$	-0,51637	0,044319	0,111849	21,57729	-14,0739	28,91454	-2,05229	52,74831
$y_{02}(Y) Y > Y_{12\max}$	-0,15586	0,446353	0,050809	62,80155	0	0	0	0

Кінець Таблиці 6

	$k_9$	$k_{10}$	$k_{11}$	$k_{12}$	$k_{13}$	$k_{14}$	$k_{15}$
$y_{01}(Y)$	0,051078	0,058109	61,30205	0,052801	0,151572	2,685892	1,763943
$x_{02}(Y) Y \leq Y_{12\max}$	-0,06127	1,51E-05	197199,4				
$x_{02}(Y) Y > Y_{12\max}$	0	0	0				
$y_{02}(Y) Y \leq Y_{12\max}$	0,197322	1,870141	0,065951	28,93367			
$y_{02}(Y) Y > Y_{12\max}$	0	0	0	0			

Література

- 1 E. Perales, T. Mora, and other. "A new algorithm for calculating the MacAdam limits for any luminance factor, hue angle and illuminant", AIC Colour 05 – 10<sup>th</sup> Congress of International Colour Association. p. 737-740
- 2 Джадд Д, Вышецки Г., Цвет в науке и технике, перевод с английского, М.: Мир, 1978. – 592 с.
- 3 Бронштейн И. Н., Семендяев К. А., Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. М.: Наука, 1981 – 721 с.
- 4 Wyszecki G., Stiles W., Color Science, Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae, Second Edition, Wiley Classic Library, New York, 2000. – 950 p.
- 5 Fairchild, Mark D. Color Appearance Models, Addison-Wesley, Inc. 1997. – 417 p.
- 6 Phil Green, Lindsay MacDonald, Color Engineering Achieving Device Independent Color. John Wiley & Sons, Ltd, 2003. – 458 p.