ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ГОСТ Р 71216— 2024**

# МАТЕРИАЛЫ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ

## Колориметрия. Измерение цвета. Расчет цветовых различий и индекса метамерии

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Закрытым акционерным обществом «Научно-производственная компания ЯрЛИ» (ЗАО «НПК ЯрЛИ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 195 «Материалы и покрытия лакокрасочные»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 января 2024 г. № 54-ст

4 ВЗАМЕН ГОСТ Р 52489—2005 (ИСО 7724—1:1984), ГОСТ Р 52662—2006 (ИСО 7724—2:1984), ГОСТ Р 52490—2005 (ИСО 7724—3:1984)

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

## Содержание

1 Область применения . . . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . . . 1
3 Термины и определения . . . . . 2
4 Координаты цвета . . . . . 3
4.1 Основные положения . . . . . 3
4.2 Координаты цвета $X_{10}$, $Y_{10}$, $Z_{10}$ в дополнительной стандартной колориметрической системе МКО 1964 г. . . . . 3
4.3 Координаты цвета в цветовом пространстве МКО 1976 г. $L^*$, $a^*$, $b^*$ . . . . . 4
5 Стандартные источники освещения . . . . . 5
6 Спектральные характеристики отражения . . . . . 5
6.1 Основные положения . . . . . 5
6.2 Геометрия измерения . . . . . 6
7 Измерение цвета . . . . . 6
7.1 Основные положения . . . . . 6
7.2 Выбор освещения и условий наблюдения . . . . . 7
7.3 Выбор стандартного наблюдателя и стандартного источника освещения . . . . . 7
7.4 Аппаратура . . . . . 8
7.5 Эталоны отражения . . . . . 9
7.6 Отбор проб и подготовка образцов для испытаний . . . . . 10
7.7 Проведение измерений . . . . . 11
8 Расчет цветовых различий . . . . . 11
8.1 Основные положения . . . . . 11
8.2 Вычисление полного цветового различия $\Delta E^*_{ab}$ с применением формул CIELAB . . . . . 12
8.3 Различия в светлоте цвета . . . . . 12
8.4 Различия в чистоте цвета . . . . . 12
8.5 Различия в цветовом тоне . . . . . 13
8.6 Цветовые различия испытуемых образцов, близких к белым . . . . . 13
8.7 Вычисление цветового различия $\Delta E^*_{CMC(l:c)}$ с применением формул CIELAB . . . . . 13
8.8 Вычисление цветового различия $\Delta E^*_{2000}$ с применением формул CIELAB . . . . . 15
8.9 Выбор формулы для расчета цветового различия . . . . . 17
9 Допустимые отклонения по цвету . . . . . 17
10 Расчет индекса метамерии . . . . . 18
11 Арбитражный метод . . . . . 18
12 Протокол испытаний . . . . . 19
Приложение А (справочное) Краткая характеристика колористических систем . . . . . 20
Приложение Б (обязательное) Удельные координаты цвета для стандартного наблюдателя МКО 1964 г. . . . . 21
Приложение В (обязательное) Числовые величины спектрального распределения энергии для стандартных источников освещения . . . . . 23
Библиография . . . . . 26

**ОКС 87.040**

**Поправка к ГОСТ Р 71216—2024 Материалы лакокрасочные. Колориметрия. Измерение цвета. Расчет цветовых различий и индекса метамерии**

| В каком месте | Напечатано | Должно быть |
|---|---|---|
| Подраздел 7.7. Пример | $S_{ап} = 3,14*25/4 = 490,6$ мм$^2$ | $S_{ап} = 3,14*25^2/4 = 490,6$ мм$^2$ |

(ИУС № 12 2024 г.)

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

# МАТЕРИАЛЫ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ

## Колориметрия. Измерение цвета. Расчет цветовых различий и индекса метамерии

Coating materials. Colorimetry. Color measurement. Calculation of color differences and metamerism index

**Дата введения — 2024—04—01**

## 1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на материалы лакокрасочные и колориметрию и устанавливает методы определения цветовых характеристик и цветовых различий пигментов, пигментированных лакокрасочных материалов и лакокрасочных покрытий.

Настоящие методы основаны на инструментальном измерении цвета, определении цветовых различий и индекса метамерии.

Данные методы применимы только для лакокрасочных покрытий с явной цветовой однородностью. Лакокрасочные покрытия, которые полностью укрывают непрозрачную подложку, представляют собой непрозрачную систему, и их цвет может быть измерен с использованием методов, приведенных в настоящем стандарте.

Методы инструментального определения координат цвета и цветовых различий предназначены для:

а) объективной оценки цветовых различий между образцами;

б) объективной оценки цвета;

в) определения отклонений в цвете при изготовлении окрашенных изделий;

г) объективного описания цветовых изменений, вызванных влиянием атмосферных условий, а также других химических или физических воздействий.

Допускается по согласованию сторон использовать методы, описанные в настоящем стандарте, для определения цветовых характеристик текстурированных лакокрасочных покрытий (молотковых, «муар», «шагрень», «мороз»), лакокрасочных покрытий с эффектом «металлик», «перламутр», люминесцентных, флуоресцентных, лессирующих (полупрозрачных), прозрачных и световозвращающих.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 7721 Источники света для измерения цвета. Типы. Технические требования. Маркировка

ГОСТ 8832—76 (ИСО 1514—84) Материалы лакокрасочные. Методы получения лакокрасочного покрытия для испытания

ГОСТ 9980.2 (ISO 1513:2010, ISO 15528:2013) Материалы лакокрасочные и сырье для них. Отбор проб, контроль и подготовка образцов для испытаний

ГОСТ 29319 (ИСО 3668—76) Материалы лакокрасочные. Метод визуального сравнения цвета

ГОСТ 31993 (ISO 2808:2007) Материалы лакокрасочные. Определение толщины покрытия

ГОСТ Р ИСО 5725-1 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения

ГОСТ Р ИСО 5725-2 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений

ГОСТ Р ИСО 5725-3 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 3. Промежуточные показатели прецизионности стандартного метода измерений

**Издание официальное**

ГОСТ Р ИСО 5725-4 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 4. Основные методы определения правильности стандартного метода измерений

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

## 3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **колориметрия:** Методы измерения цвета и количественного определения цветовых характеристик и цветовых различий.

3.2 **цвет:** Свойство излучаемого, прошедшего через объект, рассеянного или отраженного света вызывать определенные зрительные ощущения в соответствии с его спектральным составом.

3.3 **цветовой стимул:** Видимое излучение, исходящее от какого-либо внешнего объекта, на котором фокусируется внимание наблюдателя.

3.4 **цветовой тон:** Характеристика цвета, определяемая доминирующей длиной волны монохроматического цветового стимула, при сложении которого с ахроматическим стимулом может быть воспроизведен данный цвет.

3.5 **доминирующая длина волны:** Длина волны монохроматического цветового стимула, к которому ближе всего измеряемый цвет.

Примечание — Для пурпурных цветов за доминирующую принимают дополнительную длину волны.

3.6 **чистота цвета (насыщенность):** Величина, характеризующая долю монохроматического цветового стимула в данном цвете.

3.7 **светлота:** Уровень зрительного ощущения, производимого цветовым стимулом в зависимости от условий наблюдения.

3.8 **цветовое пространство:** Форма геометрического представления множества цветов в цветовой координатной системе.

3.9 **координаты цвета:** Модули векторной суммы координат, определяющих данный цвет в цветовом пространстве.

3.10 **коэффициент яркости:** Отношение яркости тела (покрытия) к яркости идеального рассеивателя, измеренных в одинаковых условиях освещения и наблюдения под углом освещения 45°.

3.11 **идеальный рассеиватель:** Теоретически идеально белая поверхность со 100 %-ной отражательной способностью и одинаковой яркостью под любым углом зрения.

3.12 **координаты цветности:** Отношение каждой из трех координат цвета к их сумме.

3.13 **полное цветовое различие (между двумя цветами):** Геометрическое расстояние между двумя точками цветового пространства.

3.14 **инструментальное цветовое различие $\Delta E$:** Различие между двумя цветами, определенное инструментальным методом геометрическое расстояние между двумя точками цветового пространства.

Примечание — Описывает величину (размер, степень, количество в порогах) различия между цветами.

3.15 **метамерия (между двумя цветами):** Свойство зрения, при котором свет различного спектрального состава может вызывать ощущение одинакового цвета.

3.16 **индекс метамерии:** Однозначный индекс, который показывает, насколько хорошо два материала, сочетающиеся под одним источником света, сочетаются при другом освещении.

Примечание — Обычно эталонным источником света по стандарту CIE служит источник $D_{65}$.

## 4 Координаты цвета

### 4.1 Основные положения

Цвет характеризуется координатами точки в цветовом пространстве, образованном тремя векторами, для определенного стандартного наблюдателя и определенного стандартного источника освещения. Краткая характеристика колориметрических систем в соответствии с рекомендациями Международной комиссии по освещению (МКО) приведена в приложении А. Для измерения цвета лакокрасочных покрытий используют координаты, вычисляемые по формулам, приведенным в 4.2.

### 4.2 Координаты цвета $X_{10}$, $Y_{10}$, $Z_{10}$ в дополнительной стандартной колориметрической системе МКО 1964 г.

При измерениях с угловой апертурой более 4° (10° — наблюдатель) координаты цвета определяют в соответствии с [1].

Координаты цвета численного интегрирования в пределах длин волн от 380 нм до 760 нм вычисляют по формулам:

$$X_{10} = k_{10} \cdot \sum_{\lambda=380}^{\lambda=760} \phi(\lambda) \cdot \bar{x}_{10}(\lambda) \cdot \Delta\lambda, \quad (1)$$

$$Y_{10} = k_{10} \cdot \sum_{\lambda=380}^{\lambda=760} \phi(\lambda) \cdot \bar{y}_{10}(\lambda) \cdot \Delta\lambda, \quad (2)$$

$$Z_{10} = k_{10} \cdot \sum_{\lambda=380}^{\lambda=760} \phi(\lambda) \cdot \bar{z}_{10}(\lambda) \cdot \Delta\lambda, \quad (3)$$

где $k_{10}$ — нормирующий коэффициент, значение которого рассчитывают по формуле

$$k_{10} = \frac{100}{\sum_{\lambda=380}^{\lambda=760} S(\lambda) \cdot \bar{y}_{10}(\lambda) \cdot \Delta\lambda}, \quad (4)$$

полученной при условии $Y_{10}$ = 100, что соответствует идеальному рассеивателю;

$\varphi(\lambda)$ — спектральный лучистый поток, являющийся произведением относительного спектрального распределения энергии стандартного источника освещения $S(\lambda)$ и спектрального коэффициента яркости $\beta(\lambda)$ или спектрального коэффициента отражения $\rho(\lambda)$ в соответствии с разделом 6.

$\varphi(\lambda)$ рассчитывают по формуле

$$\varphi(\lambda) = S(\lambda) \cdot \beta(\lambda) \text{ или } \varphi(\lambda) = S(\lambda) \cdot \rho(\lambda), \quad (5)$$

$\bar{x}_{10}(\lambda)$, $\bar{y}_{10}(\lambda)$, $\bar{z}_{10}(\lambda)$ — удельные координаты цвета для стандартного наблюдателя, принятого в системе МКО 1964 г. Значения $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$ в зависимости от длины волны установлены в соответствии с приложением Б;

$\Delta\lambda$ — интервал длин волн, нм.

Коэффициентом яркости в этой системе является координата цвета $Y_{10}$.

Координатами цветности в этой системе являются $x_{10}$ и $y_{10}$, которые определяют по формулам:

$$x_{10} = \frac{X_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}}, \quad (6)$$

$$y_{10} = \frac{Y_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}}. \quad (7)$$

Координаты цвета и цветности стандартной колориметрической системы МКО 1931 г. определяют по аналогичным формулам. При этом используются значения удельных координат $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$, вычисленных на основе измерений с угловой апертурой 2° (МКО 1931 г.).

Примечание — Использование угловой апертуры 10° (МКО 1964 г.) более практично и соответствует условиям, рекомендованным ГОСТ 29319 для визуального сравнения цветов пигментов, пигментированных лакокрасочных материалов и покрытий.

### 4.3 Координаты цвета в цветовом пространстве МКО 1976 г. $L^*$, $a^*$, $b^*$[1)]

В цветовом пространстве МКО 1976 г. каждому цвету соответствует точка, положение которой определяется тремя независимыми координатами: светлотой — $L^*$ и двумя хроматическими координатами — $a^*$ и $b^*$, связанными с координатами цвета $X$, $Y$, $Z$.

Координаты цвета в более равноконтрастном цветовом пространстве МКО 1976 г. $L^*$, $a^*$, $b^*$ также предназначены для определения цветовых различий.

Координаты цвета $L^*$, $a^*$, $b^*$ рассчитывают по следующим формулам:

$$L^* = 116 \cdot (Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad \text{для } Y/Y_n > 0{,}008856, \tag{8}$$

$$L^* = 903{,}3 \cdot (Y/Y_n) \quad \text{для } Y/Y_n \le 0{,}008856, \tag{9}$$

$$a^* = 500 \cdot [f(X/X_n) - f(Y/Y_n)], \tag{10}$$

$$b^* = 200 \cdot [f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)], \tag{11}$$

где $f(X/X_n) = (X/X_n)^{1/3}$ для $X/X_n > 0{,}008856$,

$f(X/X_n) = 7{,}787 \cdot (X/X_n) + 16/116$ для $X/X_n \le 0{,}008856$,

$f(Y/Y_n) = (Y/Y_n)^{1/3}$ для $Y/Y_n > 0{,}008856$,

$f(Y/Y_n) = 7{,}787 \cdot (Y/Y_n) + 16/116$ для $Y/Y_n \le 0{,}008856$,

$f(Z/Z_n) = (Z/Z_n)^{1/3}$ для $Z/Z_n > 0{,}008856$,

$f(Z/Z_n) = 7{,}787 \cdot (Z/Z_n) + 16/116$ для $Z/Z_n \le 0{,}008856$,

$X_n$, $Y_n$, $Z_n$ — координаты цвета идеального рассеивателя для выбранного стандартного источника освещения в соответствии с таблицей 1;

$f$ — знак функции.

Примечание — При использовании координат цвета в системе МКО 1931 г. (2°) будут получены и координаты $L^*$, $a^*$, $b^*$ для наблюдателя с угловой апертурой 2°. Соответствующие значения для $X_n$ и $Z_n$ можно рассчитать с помощью координат цветности для стандартных источников освещения $D_{65}$, $A$, $C$, $F_{11}$ в соответствии с [2] при $Y_n = 100$.

Таблица 1 — Координаты цвета идеального рассеивателя при разных стандартных источниках освещения в системе МКО 1964 г. и МКО 1931 г. ($Y_n = 100$)

| Координаты | Стандартный источник освещения | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $A$ | $C$ | $D_{65}$ | $F_{11}$ |
| $X_n$ (10° — наблюдатель) | 111,144 | 97,296 | 94,811 | 108,866 |
| $Z_n$ (10° — наблюдатель) | 35,200 | 116,137 | 107,304 | 65,837 |
| $X_n$ (2° — наблюдатель) | 109,832 | 98,048 | 95,020 | — |
| $Z_n$ (2° — наблюдатель) | 35,547 | 118,106 | 108,828 | — |

Иногда выражают цвет не прямоугольными координатами $L^*$, $a^*$ и $b^*$, а координатой $L^*$ и полярными координатами чистоты цвета (насыщенности) и цветового тона в соответствии с [1]. Полярные координаты рассчитывают из координат $L^*$, $a^*$, $b^*$, используя психометрическую светлоту $L^*$ по МКО 1976 г.

[1)] Надстрочная звездочка у координат $L^*$, $a^*$, $b^*$ означает, что эти величины вычисляют по координатам $X$, $Y$, $Z$, приведенным к координатам идеального рассеивателя для избранного источника освещения.

Чистоту цвета по МКО 1976 г. рассчитывают по формуле

$$C^*_{ab} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}. \quad (12)$$

Цветовой тон по МКО 1976 г. рассчитывают по формуле

$$h_{ab} = \arctan (b^*/a^*) \text{ между } 0° \text{ и } 360°. \quad (13)$$

## 5 Стандартные источники освещения

Для сравнения между собой результатов различных цветовых измерений МКО рекомендован ряд стандартных излучений и воспроизводящих их источников освещения.

Стандартный источник освещения *A*, соответствующий свету вольфрамовой лампы накаливания с коррелированной цветовой температурой T = 2856 К, предназначен для колориметрического определения индекса метамерии.

Основным стандартным источником освещения для колориметрических измерений МКО принят источник освещения $D_{65}$, соответствующий естественному дневному свету с коррелированной цветовой температурой T = 6500 К.

Стандартный источник освещения *C* соответствует естественному (природному) рассеянному дневному свету с коррелированной цветовой температурой T = 6774 К.

Источник освещения $F_{11}$ воспроизводит свет узкополосной белой флуоресцентной лампы с коррелированной цветовой температурой 4000 К.

Числовые величины спектрального распределения энергии $S(\lambda)$ для стандартных источников освещения $D_{65}$, *A*, *C* и $F_{11}$ установлены в соответствии с приложением В.

## 6 Спектральные характеристики отражения

### 6.1 Основные положения

Для определения колориметрических свойств лакокрасочных покрытий используют характеристики, которые приведены в 6.1.1—6.1.3.

6.1.1 Спектральный коэффициент яркости $\beta(\lambda)$ — отношение яркости освещаемой поверхности к яркости идеального рассеивателя, находящегося в тех же условиях освещения.

6.1.2 Спектральный коэффициент отражения с включением зеркальной составляющей $\rho(\lambda)$ — отношение отраженного светового потока в полусферу к падающему потоку излучения при включении зеркальной составляющей.

6.1.3 Спектральный коэффициент отражения с исключением зеркальной составляющей $\rho(d)(\lambda)$ — отношение отраженного светового потока в полусферу к падающему потоку излучения при исключении зеркальной составляющей.

6.1.4 Спектральные характеристики отражения и геометрия измерения приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Спектральные характеристики отражения для колориметрии лакокрасочных покрытий и геометрия измерения

| Спектральная радиометрическая характеристика | Обозначение | Геометрия измерения | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Освещение | Наблюдение | Обозначение |
| Коэффициент яркости | $\beta 45/0\ (\lambda)$ | Направленное (45 ± 5)° | Направленное (0 ± 10)° [1)] | 45/0 |
| | $\beta 0/45\ (\lambda)$ | Направленное (0 ± 10)° [1)] | Направленное (45 ± 5)° | 0/45 |
| | $\beta d/8\ (\lambda)$ | Диффузное (интегрирующая сфера) | Направленное (8 ± 2)° [2)] | d/8 |
| | $\beta(d)\ d/8\ (\lambda)$ | Диффузное (интегрирующая сфера с ловушкой зеркальной составляющей) | Направленное (8 ± 2)° [2)] | d/8 |

*Окончание таблицы 2*

| Спектральная радиометрическая характеристика | Обозначение | Геометрия измерения | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Освещение | Наблюдение | Обозначение |
| Спектральный коэффициент отражения с включением зеркальной составляющей | ρ 8/d (λ) | Направленное (8 ± 2)° | Диффузное (интегрирующая сфера) | 8/d |
| Спектральный коэффициент отражения с исключением зеркальной составляющей | ρ(d) 8/d (λ) | Направленное (8 ± 2)° [2)] | Диффузное (интегрирующая сфера с ловушкой зеркальной составляющей) | 8/d |

[1)] Должна учитываться возможность взаимоотражения между высокоглянцевым образцом и оптикой осветителя.

[2)] Угол освещения или наблюдения с небольшим определенным отклонением от нуля исключает взаимоотражение между образцом и оптической системой для наблюдения при измерении высокоглянцевых образцов.

Примечания

1 45/0: образец освещается одним или несколькими пучками, оси которых составляют угол (45 ± 5)° относительно нормали к поверхности образца. Угол между направлением наблюдения и нормалью к образцу не должен превышать 10°.

2 0/45: образец освещается пучком, ось которого составляет с нормалью к образцу угол не более 10°. Образец наблюдается под углом (45 ± 5)° относительно нормали. Угол между осью освещающего пучка и любым его лучом не должен превышать 5°. Те же ограничения должны быть соблюдены и для наблюдаемого пучка.

3 d/8: образец освещается диффузно с помощью интегрирующей сферы. Угол между нормалью к образцу и осью пучка наблюдения не должен превышать 10°. Интегрирующая сфера может иметь любой диаметр при условии, что суммарная площадь отверстий не превышает 10 % внутренней отражающей поверхности сферы. Угол между осью наблюдаемого пучка и любым его лучом не должен превышать 5°.

4 8/d: образец освещается пучком, ось которого составляет с нормалью к образцу угол не более 10°. Отраженный поток собирается с помощью интегрирующей сферы. Угол между осью освещающего пучка и любым его лучом не должен превышать 5°. Интегрирующая сфера может иметь любой диаметр при условии, что суммарная площадь отверстий не превышает 10 % внутренней отражающей поверхности сферы.

Дополнительная информация по спектральным характеристикам отражения и геометрии измерения приведена в [1] и [3].

### 6.2 Геометрия измерения

Для измерения цвета используют различную геометрию измерения отраженного излучения.

Зеркально отраженный свет может быть частично уменьшен при помощи ловушки зеркальной составляющей. Результаты измерений зависят от размера, положения и устройства ловушки.

Отношение спектральных отражений высокоглянцевой отполированной черной поверхности, измеренных с ловушкой и без нее, должно удовлетворять следующим условиям

$$\frac{\rho(d)\ 8/d(\lambda)}{\rho\ 8/d\ (\lambda\ )} \leq 0{,}05 \text{ для любой длины волны.}$$

## 7 Измерение цвета

### 7.1 Основные положения

Определение координат цвета проводят одним из следующих методов:

а) методом измерения спектральных фотометрических характеристик (спектральных коэффициентов отражения) лакокрасочных покрытий при помощи спектрофотометра и расчета значений координат цвета;

б) методом измерения координат цвета $X_{10}$, $Y_{10}$, $Z_{10}$ при помощи трехкоординатного колориметра (компаратора цвета). Значения координат цветности $x_{10}$, $y_{10}$ и координат цвета $L^*$, $a^*$, $b^*$ в системе МКО 1976 г. рассчитывают по значениям координат цвета, указанным в разделе 4.

### 7.2 Выбор освещения и условий наблюдения

7.2.1 Освещение и условия наблюдения выбирают в соответствии с разделами 5 и 6 с учетом текстуры поверхности, свойств испытуемого образца и информации, которую необходимо получить при измерении.

#### 7.2.2 Лакокрасочные покрытия с гладкой нетекстурированной поверхностью

7.2.2.1 Все условия измерения, указанные в разделах 5 и 6, пригодны для определения координат цвета образцов с гладкой нетекстурированной поверхностью.

Для высокоглянцевых покрытий могут быть получены сравнимые значения координат цвета при измерении с помощью интегрирующей сферы без ловушки зеркальной составляющей, с учетом поверхностного отражения.

Примечание — Поверхностное отражение — это часть света, падающего на лакокрасочное покрытие, которая отражается (диффузно и зеркально) от поверхности покрытия. Другая часть падающего света рассеивается пигментами. Поверхностное отражение (отражение Френеля) для освещения с углом падения на лакокрасочные покрытия от 0° до 8° приблизительно равно 0,04.

Для всех других образцов выбор условий измерения зависит от того, включено ли зеркальное отражение в измерение или нет в соответствии с разделами 5 и 6.

7.2.2.2 Измерения, включающие зеркальную составляющую

Используют геометрии измерения 8/d или d/8 (без ловушки зеркальной составляющей для обеих геометрий).

7.2.2.3 Измерения, исключающие зеркальную составляющую

Используют геометрии измерения 8/d или d/8 (с ловушкой зеркальной составляющей для обеих геометрий) или 45/0, или 0/45.

Примечание — Если блеск лакокрасочного покрытия изменяется, диффузная часть поверхностного отражения будет изменяться и, следовательно, измеренные значения координат цвета с исключением зеркального отражения также изменятся.

#### 7.2.3 Лакокрасочные покрытия с текстурированной поверхностью

7.2.3.1 Измерения, включающие зеркальную составляющую

Для спектральной характеристики лакокрасочных покрытий с текстурированной поверхностью (например, структурированные покрытия) используют геометрии измерения 8/d или d/8 (без ловушки зеркальной составляющей для обеих геометрий измерения), если образец поворачивают во время измерения или проводят измерение в большем количестве точек.

7.2.3.2 Измерения, исключающие зеркальную составляющую

Для матовых лакокрасочных покрытий и покрытий с низким блеском используют геометрию измерения 8/d или d/8 (с ловушкой зеркальной составляющей для обеих геометрий). Выборочно можно использовать геометрию измерения 45/0 или 0/45, если образец поворачивают во время измерения, или геометрию измерения 45/0 в случае, если освещение тороидальное или под двумя пучками света под углом 90° друг к другу.

Примечание — Для лакокрасочных покрытий с высокоглянцевой текстурированной поверхностью геометрии измерения 8/d или d/8 (с ловушкой зеркальной составляющей), а также 45/0 или 0/45 не могут быть использованы, так как хаотически отраженный свет может достигнуть детектора.

### 7.3 Выбор стандартного наблюдателя и стандартного источника освещения

Рекомендуется стандартный наблюдатель МКО 1964 г. (10°-ная угловая апертура); стандартный источник освещения предпочтителен $D_{65}$ в соответствии с [2].

Использование источника освещения *C* по ГОСТ 7721 должно быть отражено в протоколе испытаний.

### 7.4 Аппаратура

#### 7.4.1 Спектрофотометр

Для высокоточной колориметрии следует использовать одно- или двухлучевые спектрофотометры, оснащенные призменным или дифракционным монохроматором и фотометрической головкой, удовлетворяющей условиям освещения и наблюдения, выбранным в соответствии с 7.2.

При использовании таких спектрофотометров относительная погрешность измерения спектральных коэффициентов отражения должна быть не более 0,2 %, а абсолютная погрешность — не более 0,001.

В течение длительного периода времени погрешность не должна увеличиваться более чем в 3 раза.

Примечание — Для настоящего стандарта предел воспроизводимости метода измерения с доверительной вероятностью 95 % не должен превышать абсолютной величины разности между результатами двух измерений, полученных для одного и того же образца лакокрасочного покрытия в одинаковых условиях испытания (тот же оператор, спектрофотометр, короткий промежуток времени).

Воспроизводимость определяют в соответствии с ГОСТ Р ИСО 5725-1 — ГОСТ Р ИСО 5725-4.

Относительная погрешность измерения должна быть меньше, чем 0,5 %, а абсолютная — 0,002.

Для объективной оценки цвета предпочтительны спектрофотометры именно этого типа.

#### 7.4.2 Упрощенный спектрофотометр

Для объективной оценки цвета и цветовых различий между образцами, а также определения отклонений в цвете при изготовлении окрашенных изделий можно использовать упрощенный спектрофотометр, снабженный фотометрической головкой, которая удовлетворяет выбранным условиям освещения и наблюдения в соответствии с 7.2, за исключением тех случаев, когда цвет характеризуется очень крутыми кривыми спектрального отражения. Этот прибор представляет собой фотометр, содержащий интерференционные светофильтры, обеспечивающие равномерное излучение в диапазоне длин волн от 400 до 700 нм с интервалом 20 нм или менее.

Для воспроизводимости с коротким и длинным временными интервалами применимы те же условия, которые определены для спектрофотометра согласно 7.4.1, относительная погрешность должна быть не более 1 %, абсолютная погрешность — не более 0,004.

#### 7.4.3 Трехкоординатный колориметр

Интегрирование можно осуществить оптически с трехкоординатными фильтрами, которые необходимо подобрать так, чтобы измерения укладывались в простое линейное соотношение с координатами цвета. Приборы такого типа, называемые трехкоординатными колориметрами (компараторами цвета), должны быть укомплектованы фотометрической головкой, обеспечивающей условия освещения и наблюдения в соответствии с 7.2.

Три фильтра должны иметь спектральные коэффициенты пропускания $\tau_x(\lambda)$, $\tau_y(\lambda)$, $\tau_z(\lambda)$, соответствующие функциям сложения цветов, относительным спектральным распределениям энергии выбранного стандартного источника освещения, источника света прибора и чувствительности фотоэлемента. Фильтр со спектральным коэффициентом пропускания $\tau_x$ полностью поглощает излучение с длиной волны до 500 нм. Координату $x_{10}$ получают пересчетом коэффициентов отражения, измеренных с фильтрами $\tau_x$ и $\tau_z$, по различным константам с последующим сложением.

Из-за сложности подгонки фильтров до необходимых параметров такие колориметры применяют главным образом для измерения различий в цвете. Существуют трудности в установлении соответствия эталону цвета, если эталон и образец метамерны. Следовательно, трехкоординатные колориметры более применимы для определения отклонений в цвете при изготовлении окрашенных изделий. Относительная погрешность измерения должна быть меньше, чем 0,2 %, а абсолютная погрешность — 0,001.

Точность может быть больше 1 % в зависимости от светлоты образца и формы кривой отражения.

#### 7.4.4 Контроль работы аппаратуры

7.4.4.1 При использовании спектрофотометра проверяют линейность фотометрической шкалы с использованием серых эталонов с известными спектральными характеристиками.

Калибруют шкалу длин волн при использовании кадмиевых или ртутных электрических газоразрядных ламп с узкими линиями спектров излучения.

Линейность фотометрической шкалы, калибровку шкалы длин волн и повторяемость необходимо периодически проверять в зависимости от времени и интенсивности использования прибора.

7.4.4.2 При использовании трехкоординатного колориметра проверяют измерительную систему, состоящую из источника света, фильтров и регистраторов света. Проверяют состояние каждого фильтра и повторяемость с использованием соответствующих рабочих эталонов.

### 7.5 Эталоны отражения

#### 7.5.1 Первичный эталон

Первичный эталон для измерения коэффициентов отражения представляет собой идеально отражающий рассеиватель, рекомендованный МКО, с коэффициентом отражения, одинаковым на всем диапазоне длин волн.

#### 7.5.2 Вторичный эталон

7.5.2.1 Первичный эталон практически не может быть использован; следовательно, необходим вторичный эталон с известными коэффициентами спектрального отражения, близкими к коэффициенту отражения первичного эталона.

7.5.2.2 Материал для вторичного эталона

В качестве вторичного эталона обычно используют прессованный сульфат бария в форме таблеток. Изготовитель порошка сульфата бария, используемого для таблеток, должен установить его спектральные коэффициенты отражения для различных длин волн. Эти длины волн должны быть выбраны таким образом, чтобы можно было интерполировать вышеприведенные коэффициенты с точностью ±0,001.

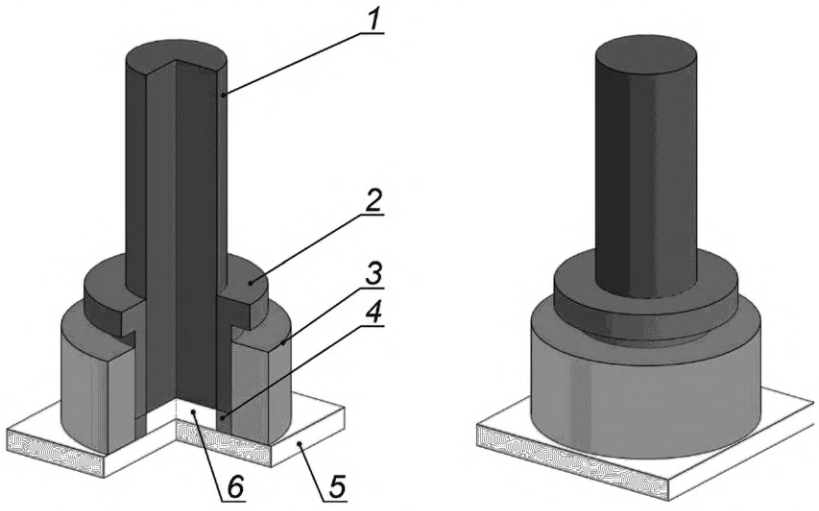
Эти требования относятся также и к таблеткам сульфата бария, подготовленным описанным ниже методом и измеренным с помощью методов, относящихся непосредственно к первичному эталону.

Порошок не должен содержать загрязнений и должен быть пригоден для прессования.

7.5.2.3 Приготовление и проверка

Прессование порошка сульфата бария можно проводить при помощи механического пресса. Таблетки должны быть толщиной не менее 5 мм и диаметром не менее 20 мм. Таблетка из сульфата бария должна иметь нетекстурированную гладкую поверхность.

На рисунке 1 приведена схема механического пресса для приготовления таблеток из сульфата бария, которые используют в качестве вторичного эталона.




*1* — плунжер из неабразивного материала; *2* — цилиндр из неабразивного материала; *3* — фиксатор; *4* — кольцо; *5* — стеклянная пластинка с матовой поверхностью; *6* — таблетка из сульфата бария

Рисунок 1 — Схема пресса для изготовления вторичного эталона

Фиксатор устанавливают на середину очищенной стеклянной пластинки с матовой поверхностью (см. примечание к настоящему пункту и рисунок 1). Кольцо, которое в дальнейшем будет служить формой для таблеток, устанавливают внутрь фиксатора. Для получения таблетки порошок сульфата бария плотностью (1,6—1,7) г/см$^3$ насыпают в цилиндр, установленный на кольцо, и прессуют плунжером таким образом, чтобы порошком было заполнено кольцо по всей толщине. Затем верхнюю часть с

плунжером и цилиндром необходимо снять. Далее удаляют фиксатор. Снимают стекло с поверхности измерения, которая должна находиться заподлицо с кромкой кольца.

Порошок прессуют так плотно, чтобы не происходило осыпания таблеток при использовании в вертикальном или перевернутом положении.

Примечание — Поверхность стеклянной пластинки, которая соприкасается с порошком, матируют шкуркой (с размером гранул около 0,3 мкм) и после этого протравливают разбавленной фтористоводородной кислотой. Стеклянную пластинку тщательно очищают хромовой смесью, промывают сначала в дистиллированной воде, а затем в этаноле и высушивают. Для грубой очистки пластинку достаточно протереть тканью из хлопка, смоченной в этаноле.

После каждой операции устройство для прессования должно быть тщательно вымыто. Качество поверхности таблеток могут ухудшить даже следы порошка. Новые таблетки не следует готовить из порошка, ранее использованного для этой же цели.

Погрешность при определении коэффициента отражения вторичного эталона, подготовленного в соответствии с настоящим стандартом, должна быть меньше 0,2 % для одного образца сульфата бария.

Подготовленные таким образом эталоны отражения хранятся в эксикаторе и могут быть использованы в течение одной недели. Следует предохранять эталоны от ультрафиолетового облучения ($\lambda < 270$ нм), так как это вызывает изменение коэффициентов отражения при длинах волн менее 450 нм.

**7.5.3 Рабочие эталоны**

Для обычных измерений можно применять эталоны, спектральные характеристики которых остаются стабильными в течение длительного периода времени.

Рабочие эталоны должны быть калиброваны по эталону сульфата бария на том же приборе, на котором будут использованы. Они должны быть выполнены из стабильных и прочных материалов, таких как матовые стекла или керамические плитки. Поверхность должна быть отполирована с целью уменьшения загрязнения и облегчения очистки.

Для проверки линейности фотометрической шкалы следует пользоваться нейтральными серыми рабочими эталонами, так как темные образцы можно измерить более точно, чем любые другие.

Для проверки повторяемости и точности метода испытания может быть использован целый ряд выбранных по спектральным показателям рабочих эталонов.

### 7.6 Отбор проб и подготовка образцов для испытаний

7.6.1 Для испытаний по 7.1 отбирают пробу лакокрасочного материала (ЛКМ) или пигмента по ГОСТ 9980.2.

7.6.2 Пробу ЛКМ подготавливают к испытанию в соответствии с требованиями документа по стандартизации на конкретную марку ЛКМ и в соответствии с ГОСТ 8832.

Подготовку пластинок осуществляют по ГОСТ 8832—76 (раздел 3).

Метод нанесения лакокрасочного материала, условия сушки/отверждения и выдержки лакокрасочного покрытия должны быть выбраны в соответствии с требованиями документа по стандартизации на конкретную марку ЛКМ, технологией или регламентом окраски изделий, или эти условия должны быть согласованы с потребителем ЛКМ.

Примечание — Если цвет лакокрасочного покрытия зависит от температуры, то испытуемый образец следует хранить при температуре (23 ± 2) °С, при этом температуру поддерживают, например с помощью термостата. Лакокрасочные покрытия, которые меняют цвет в зависимости от температуры, необходимо кондиционировать до тех пор, пока цвет не перестанет изменяться. При рассмотрении лакокрасочных покрытий, которые не полностью укрывают подложку, цвет зависит от цвета подложки и толщины покрытия, и измерение толщины следует проводить одним из методов, указанных в ГОСТ 31993.

Из окрашенных пластинок отбирают образцы для испытания, поверхность которых подходит для проведения измерений. Количество образцов должно быть согласовано между заинтересованными сторонами.

Поверхность образцов должна быть чистой и ровной. Размеры образца должны быть такими, чтобы можно было проводить измерения соответствующими приборами.

7.6.3 Подготовку образцов пигментов для колориметрических измерений проводят методом, аналогичным описанному в 7.5.2.3.

### 7.7 Проведение измерений

Прибор должен быть подготовлен к работе и использован в соответствии с прилагаемой к нему инструкцией.

Нулевую точку устанавливают не путем перекрытия пучка света, а путем использования высокоэффективной ловушки света, установленной на месте образца (присутствует в комплекте с прибором). Если в комплекте прибора ловушка света отсутствует, то нулевую точку устанавливают при открытом измерительном окне прибора.

Устанавливают верхнюю конечную точку при помощи соответствующего эталона отражения в зависимости от конфигурации прибора во всем диапазоне длин волн спектрофотометра или для каждого фильтра поочередно.

Измерения проводят в соответствии с прилагаемой инструкцией к прибору.

Для получения более достоверных результатов, в зависимости от размеров образца и выбранной апертуры прибора, проводят измерение в нескольких точках поверхности в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 — Количество необходимых измерений в зависимости от площади образца и апертуры прибора

| Соотношение площади измеряемого образца к площади измерительной апертуры прибора ($S_{обр}$/ $S_{ап}$) | Количество проводимых измерений на образце |
|---|---|
| Менее 30 | 1 |
| От 30 до 100 | Не менее 2 |
| От 100 до 200 | Не менее 3 |
| От 200 до 500 | Не менее 4 |
| Более 500 | Не менее 5 |

***Пример — Если размер образца 150 × 100 мм, а апертура прибора 25 мм, то измерение цветовых характеристик проводят не менее чем в двух точках образца:***

$S_{обр} = 150*100 = 15000$ мм$^2$,

$S_{ап} = 3,14*25/4 = 490,6$ мм$^2$,

$S_{обр}/S_{ап} = 15000/490,6 = 31 < 30$.

При измерении цвета на больших поверхностях или на сложных изделиях количество проводимых измерений цветовых характеристик согласовывают между сторонами, но измерения должны быть проведены не менее чем в пяти точках поверхности.

Результатом измерения являются спектральные коэффициенты отражения для каждой длины волны в диапазоне длин волн спектрофотометра и с шагом, заданным в приборе.

По полученным значениям спектральных коэффициентов отражения рассчитывают координаты цвета в соответствии с разделом 4.

Современные спектрофотометры оснащены программным обеспечением, производящим расчеты координат цвета, а также других колориметрических характеристик автоматически.

## 8 Расчет цветовых различий

### 8.1 Основные положения

Различия цвета, светлоты, цветового тона и чистоты цвета пигментов, пигментированных лакокрасочных материалов и лакокрасочных покрытий испытуемого образца и образца сравнения определяют по их координатам цвета $L^*$, $a^*$, $b^*$ в системе МКО 1976 г. в соответствии с разделом 4.

Координаты цвета испытуемого образца $L_T^*, a_T^*, b_T^*$ и координаты цвета образца сравнения $L_R^*, a_R^*, b_R^*$ определяют в соответствии с разделами 4 и 7.

Если необходимо определить цветовые различия между испытуемым образцом и образцом сравнения, полученные вследствие изменения цвета самого окрашенного материала (например, когда должно быть объективно отражено изменение цвета пигмента или покрытия, вызванное атмосферным воздействием), то координаты цвета $L^*$, $a^*$, $b^*$ следует рассчитывать по координатам $X$, $Y$, $Z$, полученным с учетом зеркальной составляющей в соответствии с 7.2.2.2 или 7.2.3.1.

Полученные в результате измерений величины $X_m$, $Y_m$, $Z_m$ необходимо корректировать с использованием следующих формул:

$$X = X_m - \rho_0 \cdot X_n; \quad (14)$$

$$Y = Y_m - \rho_0 \cdot Y_n; \quad (15)$$

$$Z = Z_m - \rho_0 \cdot Z_n, \quad (16)$$

где $\rho_0$ — коэффициент отражения по Френелю в соответствии с [4] принимают равным 0,04 на основании коэффициента преломления $n$ = 1,5 по 7.2.2.1 (примечание);

$X_n$, $Y_n$, $Z_n$ — координаты цвета идеального рассеивателя для выбранного стандартного источника освещения в соответствии с таблицей 1.

Корректировка весьма незначительна из-за применения для расчета координат цвета $L^*$, $a^*$, $b^*$ кубического корня величин $X/X_n$, $Y/Y_n$, $Z/Z_n$ — в соответствии с 4.3.

Если необходимо определить цветовые различия между испытуемым образцом и образцом сравнения с учетом различий в поверхностном отражении (если эти различия воспринимаются визуально в соответствии с ГОСТ 29319), координаты цвета $L^*$, $a^*$, $b^*$ следует определять с исключением зеркальной составляющей, в соответствии с 7.2.2.3 или 7.2.3.2.

Степень сравнимости цветовых различий зависит от различий в блеске между испытуемым образцом и образцом сравнения и от конструкции головки спектрофотометра.

Примечание — Если проводят измерение темных образцов или образцов очень насыщенного цвета, то возможно использование более точных значений $\rho_0$, что должно быть отражено в протоколе испытаний.

### 8.2 Вычисление полного цветового различия $\Delta E^*_{ab}$ с применением формул CIELAB

Полное цветовое различие $\Delta E^*_{ab}$ между двумя цветами — это геометрическое расстояние между двумя точками цветового пространства $L^*$, $a^*$, $b^*$ в системе МКО 1976 г., которое рассчитывают по формуле

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}, \quad (17)$$

где $\Delta L^* = L^*_T - L^*_R$; (18)

$\Delta a^* = a^*_T - a^*_R$; (19)

$\Delta b^* = b^*_T - b^*_R$; (20)

$\Delta L^*$, $\Delta a^*$, $\Delta b^*$ — различие между координатами цвета испытуемого образца и образца сравнения (эталона);

$L^*_T, a^*_T, b^*_T$ — координаты цвета испытуемого образца;

$L^*_R, a^*_R, b^*_R$ — координаты цвета образца сравнения (эталона).

### 8.3 Различия в светлоте цвета

Воспринимаемые различия в светлоте в системе МКО 1976 г. между испытуемым образцом и образцом сравнения определяют по психометрическому различию в светлоте по формуле (18).

### 8.4 Различия в чистоте цвета

Различия в чистоте цвета в системе МКО 1976 г. между испытуемым образцом и образцом сравнения определяют по формуле

$$\Delta C^*_{ab} = C^*_{ab,T} - C^*_{ab,R}, \quad (21)$$

где $C^*_{ab,T}$ — чистота цвета для испытуемого образца в системе МКО 1976 г., рассчитываемая по формуле

$$C^*_{ab,T} = \sqrt{a^{*2}_T + b^{*2}_T}, \quad (22)$$

где $C^*_{ab,R}$ — чистота цвета для образца сравнения в системе МКО 1976, рассчитываемая по формуле

$$C^*_{ab,R} = \sqrt{a^{*2}_R + b^{*2}_R}. \quad (23)$$

### 8.5 Различия в цветовом тоне

Различия в цветовом тоне $\Delta H^*_{ab}$ в системе МКО 1976 г. между испытуемым образцом и образцом сравнения определяют по формуле

$$\Delta H^*_{ab} = k_H \sqrt{(\Delta E^*_{ab})^2 - (\Delta L^*_{ab})^2 - (\Delta C^*_{ab})^2}, \quad (24)$$

где $k_H = +1$ для $(a^*_R \cdot b^*_T - a^*_T \cdot b^*_R) \geq 0$,

$k_H = -1$ для $(a^*_R \cdot b^*_T - a^*_T \cdot b^*_R) < 0$.

$k_H$ — коэффициент отклонения цветового тона по цветовому кругу;

$a^*_T, b^*_T$ — координаты цвета испытуемого образца;

$a^*_R, b^*_R$ — координаты цвета образца сравнения;

$\Delta E^*_{ab}$ — полное цветовое различие между двумя цветами;

$\Delta L^*_{ab}$ — различие между двумя цветами по светлоте;

$\Delta C^*_{ab}$ — различие между двумя цветами по чистоте цвета.

### 8.6 Цветовые различия испытуемых образцов, близких к белым

Для цветовых различий образцов, близких к белым, не используют $\Delta C^*_{ab}$ и $\Delta H^*_{ab}$, а используют только $\Delta E^*_{ab}$, $\Delta L^*$, $\Delta a^*$, $\Delta b^*$.

### 8.7 Вычисление цветового различия $\Delta E^*_{CMC(l:c)}$ с применением формул CIELAB

В 1984 г. Комитет по измерению цвета Общества лакокрасочников и колористов (SDC) определил меру цветового различия, также основанную на цветовой модели $L^*$, $C^*$, $h^*$.

Квазиметрический показатель называется *CMC(l:c)* и имеет два параметра: поправку на яркость *l* и поправку на цветность *c*, что позволяет оценивать разницу на основе соотношения *l:c*, которое считается подходящим для конкретного приложения. Обычно используются значение *l:c*, равное 2:1 для приемлемости цвета, и значение *l:c*, равное 1:1 для порога незаметности.

Оптимизированная формула цветового различия $\Delta E^*_{CMC(l:c)}$ была разработана как величина воспринимаемого цветового различия, которая определяет трехмерное пространство допусков (рисунок 2) и наименее зависима от светлоты и насыщенности цвета, чем формула CIELAB.

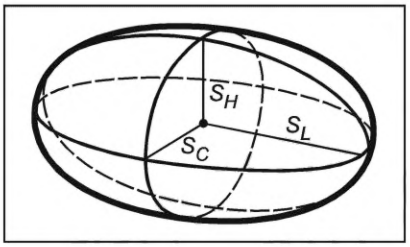



Рисунок 2 — Трехмерное пространство допусков *CMC*

В полностью равномерном пространстве границы допусков по цвету «принятие/браковка» для всех цветовых центров должны представлять эллипсоидные пространства, на плоскости границы допусков будут представлены в виде эллипса.

Эллипсоид центрирован вокруг стандарта продукта. Форма эллипсоида может быть приспособлена к промышленным параметрам установлением соотношения *l*:*c*.

Цветовое различие $\Delta E^*_{CMC(l:c)}$ рассчитывают по формуле

$$\Delta E^*_{CMC(l:c)} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{l \cdot S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*_{ab}}{c \cdot S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*_{ab}}{S_H}\right)^2}, \quad (25)$$

где $\Delta L^*$ — различие по светлоте цвета;

$\Delta C^*_{ab}$ — различие по чистоте цвета;

$\Delta H^*_{ab}$ — различие в цветовом тоне;

$l$ — поправочный коэффициент яркости;

$c$ — поправочный коэффициент насыщенности (чистоты цвета);

$S_L$ — компенсация светлоты; определяют по формуле

$$S_L = \frac{0{,}040975 \cdot L^*_S}{1 + 0{,}01765 \cdot L^*_S}, \text{ если } L^*_S \geq 16,$$

$$S_L = 0{,}511, \text{ если } L^*_S < 16; \quad (26)$$

$S_C$ — компенсация насыщенности или чистоты цвета; определяют по формуле

$$S_C = 0{,}638 + \frac{0{,}0638 \cdot C^*_{ab,S}}{1 + 0{,}0131 \cdot C^*_{ab,S}}; \quad (27)$$

$C^*_{ab,S}$ — насыщенность цвета;

$S_H$ — компенсация цветового тона; определяют по формуле

$$S_H = S_C \cdot (T \cdot F + 1 - F), \quad (28)$$

где $F$, $T$ — расчетные величины:

$$F = \sqrt{\frac{\left(C^*_{ab,S}\right)^4}{\left(C^*_{ab,S}\right)^4 + 1900}}; \quad (29)$$

$$T = k_1 + |k_2 \cdot \cos(h_{ab,S} + k_3)|; \quad (30)$$

$k_1$, $k_2$, $k_3$ — поправочные коэффициенты;

$h_{ab,S}$ — цветовой тон образца.

### 8.8 Вычисление цветового различия $\Delta E^*_{2000}$ с применением формул CIELAB

В 2000 г. CIE уточнила свое определение единообразия восприятия цвета, добавив пять исправлений:

- термин поворота оттенка $R_T$ для решения проблемной синей области (углы оттенка в окрестности 275 °);
- компенсацию нейтральных цветов (визуальные корреляты различий в $L^*$, $C^*$, $h^*$);
- компенсацию светлоты $S_L$;
- компенсацию насыщенности или чистоты цвета $S_C$;
- компенсацию цветового тона $S_H$.

Примечание — В приведенных ниже формулах следует использовать градусы, а не радианы, что важно для показателя — поворот оттенка (цветового тона) по цветовому кругу $R_T$.

Формулу цветового различия $\Delta E^*_{2000}$ рассчитывают по формуле

$$\Delta E^*_{2000} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L \cdot S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C \cdot S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H \cdot S_H}\right)^2 + R_T \cdot \left(\frac{\Delta C'}{k_C \cdot S_C}\right) \cdot \left(\frac{\Delta H'}{k_H \cdot S_H}\right)}, \quad (31)$$

где $\Delta L'$ — различие по светлоте между образцом 1 и образцом 2; определяют по формуле

$$\Delta L' = L^*_2 - L^*_1; \quad (32)$$

где $L^*_1$, $L^*_2$ — светлота образцов 1 и 2 соответственно;

$k_L$, $k_C$, $k_H$ — поправочные коэффициенты светлоты, насыщенности и цветового тона.

Примечание — Коэффициенты $k_L$, $k_C$, $k_H$ обычно равны единице;

$S_L$ — компенсация светлоты; определяют по формуле

$$S_L = 1 + \frac{0{,}015 \cdot (\bar{L} - 50)^2}{\sqrt{20 + (\bar{L} - 50)^2}}; \quad (33)$$

где $\bar{L}$ — среднее значение светлоты между образцами 1 и 2; определяют по формуле

$$\bar{L} = \frac{L^*_1 + L^*_2}{2}; \quad (34)$$

$S_C$ — компенсация насыщенности или чистоты цвета; определяют по формуле

$$S_C = 1 + 0{,}045\bar{C}'; \quad (35)$$

$\bar{C}'$ — среднее значение компенсированной насыщенности между образцами 1 и 2; определяют по формуле

$$\bar{C}' = \frac{C'_1 + C'_2}{2}, \quad (36)$$

$$C'_1 = \sqrt{a'^2_1 - b^{*2}_1}, \quad (37)$$

$$C'_2 = \sqrt{a'^2_2 - b^{*2}_2}, \quad (38)$$

$$a'_1 = a^*_1 + \frac{a^*_1}{2} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{\overline{C'}^7}{\overline{C'}^7 + 25^7}}\right), \quad (39)$$

$$a'_2 = a^*_2 + \frac{a^*_2}{2} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{\overline{C'}^7}{\overline{C'}^7 + 25^7}}\right), \quad (40)$$

$a^*_1, a^*_2$ — координата цвета $a^*$ образца 1 и образца 2 соответственно;

$b^*_1, b^*_2$ — координата цвета $b^*$ образца 1 и образца 2 соответственно;

$S_H$ — компенсация цветового тона; определяют по формуле

$$S_H = 1 + 0{,}015 \cdot \overline{C'} \cdot T; \quad (41)$$

$\overline{C'}$ — среднее значение компенсированной насыщенности между образцами 1 и 2; определяют по формуле (36),

$$T = 1 - 0{,}17 \cdot \cos(\overline{H'} - 30°) - 0{,}24 \cdot \cos(2\overline{H'}) + 0{,}32 \cdot \cos(3\overline{H'} + 6°) - 0{,}2 \cdot \cos(4\overline{H} + -63°); \quad (42)$$

$$\overline{H'} = \begin{cases} (h'_2 - h'_1)/2 & |h'_2 - h'_1| \le 180° \\ (h'_2 - h'_1 + 360°)/2 & |h'_2 - h'_1| > 180°,\ h'_2 + h'_1 < 360°; \\ (h'_2 - h'_1 - 360°)/2 & |h'_2 - h'_1| > 180°,\ h'_2 + h'_1 \ge 360° \end{cases} \quad (43)$$

$\overline{H}$ — среднее значение цветового тона между образцами 1 и 2;

$\Delta C'$ — компенсационное различие по насыщенности между образцами 1 и 2; определяют по формуле

$$\Delta C' = C'_2 - C'_1; \quad (44)$$

$C'_1$, $C'_2$ — компенсированные значения насыщенности образца 1 и образца 2, определяют по формулам (37) и (38);

$\Delta H'$ — компенсационное различие по цветовому тону между образцами 1 и 2; определяют по формуле

$$\Delta H' = 2\sqrt{C'_1 \cdot C'_2} \cdot \sin\left(\frac{\Delta h'}{2}\right). \quad (45)$$

Примечание — Если $C'_1$ или $C'_2$ равны нулю, то $\Delta h'$ не имеет значения и может быть установлено равным нулю;

$$\Delta h' = \begin{cases} h'_2 - h'_1 & |h'_2 - h'_1| \le 180° \\ h'_2 - h'_1 + 360° & |h'_2 - h'_1| > 180°,\ h'_2 \le h'_1; \\ h'_2 - h'_1 - 360° & |h'_2 - h'_1| > 180°,\ h'_2 > h'_1 \end{cases} \quad (46)$$

$$h'_1 = \arctan2(b^*_1, a'_1), \text{ mod } 360°; \quad (47)$$

$$h'_2 = \arctan2(b^*_2, a'_2), \text{ mod } 360°; \quad (48)$$

$a'_1$, $a'_2$ — компенсационные коэффициенты; определяют по формулам (39) и (40);

$b^*_1$, $b^*_2$ — координата цвета $b^*$ образца 1 и образца 2 соответственно.

Примечание — Обратный тангенс может быть вычислен с использованием обычной библиотечной процедуры arctan2($b^*$, $a'$), которая обычно имеет диапазон от π до π радиан; цветовые спецификации задают от 0° до 360°, поэтому требуется некоторая корректировка. Обратная касательная неопределенна, если оба $b^*$ и $a'$ равны нулю (это означает, что соответствующий $C'$ равен нулю), в этом случае устанавливают угол оттенка равным нулю.

$R_T$ — поворот оттенка, определяют по формуле

$$R_T = -2\sqrt{\frac{\overline{C}'^7}{\overline{C}'^7 + 25^7}}\sin\left[60° \cdot \exp\left(-\left[\frac{\overline{H}' - 275°}{25°}\right]^2\right)\right]; \quad (49)$$

$\overline{C}'$ — определяют по формуле (36);

$\overline{H}'$ — определяют по формуле (43).

Примечание — Если $C'_1$ или $C'_2$ равно нулю, то $\overline{H}' = (h'_1 + h'_2)$ (без деления на 2), то есть если один угол неопределенный, тогда используют другой угол в качестве среднего (зависит от того, что неопределенный угол установлен равным нулю).

### 8.9 Выбор формулы для расчета цветового различия

При наличии современных приборов нет необходимости вычислять координаты цвета испытуемых образцов, так как цветовое различие рассчитывается автоматически с использованием программного обеспечения для любых выбранных условий измерения.

Выбор формулы для расчета цветового различия должен быть основан на преимуществе использования конкретных формул в отрасли производства и применения окрашенных изделий, а также по согласованию между сторонами.

Общепринятой формулой для расчета цветовых различий является формула МКО 1976 г. ($\Delta E^*$).

Примечание — Для определения различий двух образцов по координатам цвета существуют различные формулы. Результаты, полученные по этим формулам, в некоторых случаях не согласовываются с результатами визуальной оценки, а также не всегда согласовываются друг с другом. МКО в 1976 г. для общего пользования рекомендованы две расчетные формулы. Одна из них в системе координат цвета $L^*$, $a^*$, $b^*$ (система CIELAB) рекомендуется для определения цветовых различий в соответствии с [2]. На практике доказана возможность ее применения для колориметрической оценки цветовых различий в лакокрасочных покрытиях.

## 9 Допустимые отклонения по цвету

Инструментальная оценка цвета является самым точным способом нормирования цвета с помощью допускаемых цветовых отклонений.

Допустимое отклонение в виде величины инструментального цветового различия $\Delta E^*$ устанавливают в зависимости от назначения ЛКМ, технологии его производства, свойств используемых в рецептуре компонентов. При необходимости величину цветового различия согласовывают между изготовителем и заказчиком ЛКМ.

Если величина допустимого отклонения по цвету не согласована, то ее устанавливают в соответствии с назначением ЛКМ:

- при предъявлении повышенных требований по цвету — $\Delta E^* \le 1$;
- при отсутствии высоких требований и по согласованию с заказчиком — $\Delta E^*$ от 1 до 5.

Примечание — Предел чувствительности человеческого глаза среднего наблюдателя принимают за инструментальное цветовое различие $\Delta E^*$, равное единице.

Инструментальное цветовое различие в зависимости от величины $\Delta E^*$ описывают в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4

| Величина $\Delta E^*$ | Описание цветового различия |
|---|---|
| $0 < \Delta E < 1$ | Незначительное, которое находится в пределах чувствительности человеческого глаза |
| $1 < \Delta E < 2$ | Очень слабое, едва различимое |
| $2 < \Delta E < 3$ | Слабое, хорошо различимое |
| $3 < \Delta E < 5$ | Умеренное, ясно видимое |
| $5 < \Delta E < 10$ | Значительное, сильно выраженное |
| $\Delta E > 10$ | Очень явное |

## 10 Расчет индекса метамерии

Оценку метамерии проводят в том случае, если стандартные и испытуемые образцы содержат разнородные смеси пигментов. Такие образцы могут соответствовать друг другу в условиях освещения стандартным источником и не будут соответствовать при другом освещении.

Измерения проводят с использованием двух стандартных осветительных устройств МКО (источник № 1 и источник № 2), указанных в разделе 5.

Рекомендуется использовать в качестве источника № 1 источник освещения $D_{65}$ (стандартный дневной свет), источника № 2 — источник освещения $A$ (вольфрамовая лампа).

Для расчета индекса метамерии используют полное цветовое различие между цветовыми различиями двух цветов, полученными при расчете для двух источников излучения (источник № 1 и источник № 2).

Индекс метамерии $MI$ рассчитывают по формуле

$$MI_{(1,2)} = \sqrt{(\Delta L_1^* - \Delta L_2^*)^2 + (\Delta a_1^* - \Delta a_2^*)^2 + (\Delta b_1^* - \Delta b_2^*)^2}, \quad (50)$$

где $\Delta L_1^*$ — различие по светлоте между образцами при источнике № 1;

$\Delta L_2^*$ — различие по светлоте между образцами при источнике № 2;

$\Delta a_1^*$ — различие по координате $a^*$ между образцами при источнике № 1;

$\Delta a_2^*$ — различие по координате $a^*$ между образцами при источнике № 2;

$\Delta b_1^*$ — различие по координате $b^*$ между образцами при источнике № 1;

$\Delta b_2^*$ — различие по координате $b^*$ между образцами при источнике № 2.

Цвет считается свободным от метамерии, если значение $MI$ по отношению к двум согласованным источникам света не превышает 0,5; для неопытных наблюдателей — не более 1,0.

При наличии современных приборов цветовые различия и индекс метамерии рассчитываются автоматически с использованием программного обеспечения.

## 11 Арбитражный метод

11.1 При разногласиях в оценке цвета лакокрасочный материал наносят методом, указанным в нормативной документации на ЛКМ, обеспечивающим наиболее ровное нанесение и минимальное отклонение по толщине высушенного покрытия. Наиболее оптимальным является метод пневматического распыления, если в нормативной документации на лакокрасочный материал не предусмотрен принципиально другой метод нанесения.

11.2 При разногласиях в оценке цвета измерение цвета проводят с выбором стандартного источника освещения МКО $D_{65}$ и 10 °-ной угловой апертуры, если по согласованию заинтересованных сторон не предусмотрен другой источник света и стандартный наблюдатель.

Используют геометрию измерения с интегрирующей сферой 8/d или d/8 (без ловушки зеркальной составляющей для обеих геометрий), если по согласованию заинтересованных сторон не предусмотрена другая геометрия.

11.3 Для оценки метамерии измерения проводят с использованием стандартных источников освещения МКО: $D_{65}$ (стандартный дневной свет) и $A$ (вольфрамовая лампа).

## 12 Протокол испытаний

Протокол испытаний должен содержать:

а) все сведения, необходимые для полной идентификации испытуемого образца и образца сравнения;

б) ссылку на настоящий стандарт;

в) подробное описание подготовки испытуемого образца и образца сравнения;

г) тип прибора, его марку, наименование предприятия-изготовителя;

д) условия измерения (геометрия измерения, источник освещения, условия наблюдения и наличия или отсутствия зеркальной составляющей, используемые интервалы длин волн);

е) особенности образца (например, неукрывающее лакокрасочное покрытие, толщина покрытия);

ж) указание на использование $\rho_0$, отличного от 0,04;

з) результаты испытания, выраженные либо в виде координат цветности $x_{10}$, $y_{10}$, координат цвета $L^*$, $a^*$, $b^*$, полярных координат $L^*$, $C^*$, $h^*$ и/или цветовых различий $\Delta E^*$, и, в случае необходимости, различий в психометрической светлоте $\Delta L^*$, различий в цветовом тоне $\Delta C^*$ и различий в чистоте цвета $\Delta H^*$ для окрашенных образцов или разницы $\Delta a^*$ и $\Delta b^*$ соответственно;

и) любые отклонения от стандартной процедуры;

к) любые особенности, наблюдаемые во время проведения испытаний;

л) дату проведения испытаний.

## Приложение А
## (справочное)

## Краткая характеристика колористических систем

В лакокрасочной отрасли в настоящее время используют две колористические системы МКО:

1) систему, использующую координаты *X*, *Y*, *Z* в трехмерном цветовом пространстве;

2) систему CIELAB 1976 г., использующую координаты цвета *L**, *a**, *b**. Система CIELAB, являясь более равноконтрастной, позволяет характеризовать полные цветовые различия, а также различия по светлоте, чистоте цвета и цветовому тону, более близко к визуальному наблюдению.

В 1931 г. был принят стандартный наблюдатель, характеризующийся угловой апертурой 2°. В 1964 г. был принят стандартный наблюдатель с угловой апертурой 10°, более приближенный к визуальному восприятию цвета.

## Приложение Б
## (обязательное)

## Удельные координаты цвета для стандартного наблюдателя МКО 1964 г.

Значения удельных координат цвета в зависимости от длины волны для расчета координат цвета (см. 4.2) приведены в таблице Б.1.

Таблица Б.1

| λ, нм | $x_{10}(\lambda)$ | $y_{10}(\lambda)$ | $z_{10}(\lambda)$ | λ, нм | $x_{10}(\lambda)$ | $y_{10}(\lambda)$ | $z_{10}(\lambda)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 350 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0007 | 530 | 0,2365 | 0,8752 | 0,0305 |
| 385 | 0,0007 | 0,0001 | 0,0029 | 535 | 0,3042 | 0,9238 | 0,0206 |
| 390 | 0,0024 | 0,0003 | 0,0105 | 540 | 0,3768 | 0,9620 | 0,0137 |
| 395 | 0,0072 | 0,0008 | 0,0323 | 545 | 0,4516 | 0,9822 | 0,0079 |
| 400 | 0,0191 | 0,0020 | 0,0860 | 550 | 0,5298 | 0,9918 | 0,0040 |
| 405 | 0,0434 | 0,0045 | 0,1971 | 555 | 0,6161 | 0,9991 | 0,0011 |
| 410 | 0,0847 | 0,0088 | 0,3894 | 560 | 0,7052 | 0,9973 | 0,0000 |
| 415 | 0,1406 | 0,0145 | 0,6568 | 565 | 0,7938 | 0,9824 | 0,0000 |
| 420 | 0,2045 | 0,0214 | 0,9425 | 570 | 0,8787 | 0,9556 | 0,0000 |
| 425 | 0,2647 | 0,0295 | 1,2825 | 575 | 0,9512 | 0,9152 | 0,0000 |
| 430 | 0,3147 | 0,0387 | 1,5535 | 580 | 1,0142 | 0,8689 | 0,0000 |
| 435 | 0,3577 | 0,0496 | 1,7985 | 585 | 1,0743 | 0,8256 | 0,0000 |
| 440 | 0,3837 | 0,0621 | 1,9673 | 590 | 1,1185 | 0,7774 | 0,0000 |
| 445 | 0,3867 | 0,0747 | 2,0273 | 595 | 1,1343 | 0,7204 | 0,0000 |
| 450 | 0,3707 | 0,0895 | 1,9948 | 600 | 1,1240 | 0,6583 | 0,0000 |
| 455 | 0,3430 | 0,1063 | 1,9007 | 605 | 1,0891 | 0,5939 | 0,0000 |
| 460 | 0,3023 | 0,1282 | 1,7457 | 610 | 1,0305 | 0,5280 | 0,0000 |
| 465 | 0,2541 | 0,1528 | 1,5549 | 615 | 0,9507 | 0,4618 | 0,0000 |
| 470 | 0,1956 | 0,1852 | 1,3176 | 620 | 0,8563 | 0,3981 | 0,0000 |
| 480 | 0,0805 | 0,2536 | 0,7721 | 625 | 0,7549 | 0,3396 | 0,0000 |
| 490 | 0,0162 | 0,3391 | 0,4153 | 630 | 0,6475 | 0,2835 | 0,0000 |
| 495 | 0,0051 | 0,3954 | 0,3024 | 635 | 0,5351 | 0,2283 | 0,0000 |
| 500 | 0,0038 | 0,4608 | 0,2185 | 640 | 0,4316 | 0,1798 | 0,0000 |
| 505 | 0,0154 | 0,5314 | 0,1592 | 645 | 0,3437 | 0,1402 | 0,0000 |
| 510 | 0,0375 | 0,6067 | 0,1120 | 650 | 0,2683 | 0,1076 | 0,0000 |
| 515 | 0,0714 | 0,6857 | 0,0822 | 655 | 0,2043 | 0,0812 | 0,0000 |
| 520 | 0,1177 | 0,7618 | 0,0607 | 660 | 0,1526 | 0,0603 | 0,0000 |
| 525 | 0,1730 | 0,8233 | 0,0431 | 665 | 0,1122 | 0,0441 | 0,0000 |

*Окончание таблицы Б.1*

| λ, нм | $x_{10}(\lambda)$ | $y_{10}(\lambda)$ | $z_{10}(\lambda)$ | λ, нм | $x_{10}(\lambda)$ | $y_{10}(\lambda)$ | $z_{10}(\lambda)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 670 | 0,0813 | 0,0318 | 0,0000 | 730 | 0,0010 | 0,0004 | 0,0000 |
| 675 | 0,0579 | 0,0226 | 0,0000 | 735 | 0,0007 | 0,0003 | 0,0000 |
| 680 | 0,0409 | 0,0159 | 0,0000 | 740 | 0,0005 | 0,0002 | 0,0000 |
| 685 | 0,0286 | 0,0111 | 0,0000 | 745 | 0,0004 | 0,0001 | 0,0000 |
| 690 | 0,0199 | 0,0077 | 0,0000 | 750 | 0,0003 | 0,0001 | 0,0000 |
| 695 | 0,0138 | 0,0054 | 0,0000 | 755 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0000 |
| 700 | 0,0096 | 0,0037 | 0,0000 | 760 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 |
| 705 | 0,0066 | 0,0026 | 0,0000 | 765 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 |
| 710 | 0,0046 | 0,0018 | 0,0000 | 770 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 |
| 715 | 0,0031 | 0,0012 | 0,0000 | 775 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 720 | 0,0022 | 0,0008 | 0,0000 | 780 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 725 | 0,0015 | 0,0006 | 0,0000 | | | | |

## Приложение В
## (обязательное)

## Числовые величины спектрального распределения энергии для стандартных источников освещения

Распределение относительной спектральной энергии $S(\lambda)$ от стандартного источника освещения $D_{65}$, $A$, $C$ и $F_{11}$ для интервала длин волн 5 нм (см. раздел 5) приведены в таблице В.1.

Таблица В.1

| λ, нм | $S(\lambda)D_{65}$ | $S(\lambda)A$ | $S(\lambda)C$ | $S(\lambda)F_{11}$ |
|---|---|---|---|---|
| 380 | 49,98 | 9,80 | 33,00 | 0,91 |
| 385 | 52,31 | 10,90 | 39,92 | 0,63 |
| 390 | 54,65 | 12,09 | 47,40 | 0,46 |
| 395 | 68,70 | 13,35 | 55,17 | 0,37 |
| 400 | 82,76 | 14,71 | 63,30 | 1,29 |
| 405 | 87,12 | 16,15 | 71,81 | 12,68 |
| 410 | 91,49 | 17,68 | 80,60 | 1,59 |
| 415 | 92,46 | 19,29 | 89,53 | 1,79 |
| 420 | 93,43 | 21,00 | 98,10 | 2,46 |
| 425 | 90,06 | 22,79 | 105,80 | 3,38 |
| 430 | 86,68 | 24,67 | 112,40 | 4,49 |
| 435 | 95,77 | 26,64 | 117,75 | 33,94 |
| 440 | 104,86 | 28,70 | 121,50 | 12,13 |
| 445 | 110,94 | 30,85 | 123,45 | 6,95 |
| 450 | 117,01 | 33,09 | 124,00 | 7,19 |
| 455 | 117,41 | 35,41 | 123,60 | 7,12 |
| 460 | 117,81 | 37,81 | 123,10 | 6,72 |
| 465 | 116,34 | 40,30 | 123,30 | 6,13 |
| 470 | 114,86 | 42,87 | 123,80 | 5,46 |
| 475 | 115,39 | 45,52 | 124,09 | 4,79 |
| 480 | 115,92 | 48,24 | 123,90 | 5,66 |
| 485 | 112,37 | 51,04 | 122,92 | 14,29 |
| 490 | 108,81 | 53,91 | 120,70 | 14,96 |
| 495 | 109,08 | 56,85 | 116,90 | 8,97 |
| 500 | 109,35 | 59,86 | 112,10 | 4,72 |
| 505 | 108,58 | 62,93 | 106,98 | 2,33 |
| 510 | 107,80 | 66,06 | 102,30 | 1,47 |
| 515 | 106,30 | 69,25 | 98,81 | 1,10 |
| 520 | 104,79 | 72,50 | 96,90 | 0,89 |
| 525 | 106,24 | 75,79 | 96,78 | 0,83 |

*Продолжение таблицы В.1*

| λ, нм | $S(\lambda)D_{65}$ | $S(\lambda)A$ | $S(\lambda)C$ | $S(\lambda)F_{11}$ |
|---|---|---|---|---|
| 530 | 107,69 | 79,13 | 98,00 | 1,18 |
| 535 | 106,05 | 82,52 | 99,94 | 4,90 |
| 540 | 104,41 | 85,96 | 102,10 | 39,49 |
| 545 | 104,23 | 89,41 | 103,95 | 72,84 |
| 550 | 104,05 | 92,91 | 105,20 | 32,61 |
| 555 | 102,02 | 96,44 | 105,67 | 7,52 |
| 560 | 100,00 | 100,00 | 105,30 | 2,83 |
| 565 | 98,17 | 103,58 | 104,11 | 1,96 |
| 570 | 96,33 | 107,18 | 102,30 | 1,67 |
| 575 | 96,06 | 110,80 | 100,15 | 4,43 |
| 580 | 95,79 | 114,44 | 97,80 | 11,28 |
| 585 | 92,24 | 118,08 | 95,43 | 14,76 |
| 590 | 88,69 | 121,73 | 93,20 | 12,73 |
| 595 | 89,35 | 125,39 | 91,22 | 9,74 |
| 600 | 90,01 | 129,04 | 89,70 | 7,33 |
| 605 | 89,80 | 132,70 | 88,83 | 9,72 |
| 610 | 89,60 | 136,35 | 88,40 | 55,27 |
| 615 | 88,65 | 139,99 | 88,19 | 42,58 |
| 620 | 87,70 | 143,62 | 88,10 | 13,18 |
| 625 | 85,49 | 147,23 | 88,06 | 13,16 |
| 630 | 83,29 | 150,84 | 88,00 | 12,26 |
| 635 | 83,49 | 154,42 | 87,86 | 5,11 |
| 640 | 83,70 | 157,98 | 87,80 | 2,07 |
| 645 | 81,86 | 161,52 | 87,99 | 2,34 |
| 650 | 80,03 | 165,03 | 88,20 | 3,58 |
| 655 | 80,12 | 168,51 | 88,20 | 3,01 |
| 660 | 80,21 | 171,96 | 87,90 | 2,48 |
| 665 | 81,25 | 175,38 | 87,22 | 2,14 |
| 670 | 82,28 | 178,77 | 86,30 | 1,54 |
| 675 | 80,28 | 182,12 | 85,30 | 1,33 |
| 680 | 78,28 | 185,43 | 84,00 | 1,46 |
| 685 | 74,00 | 188,70 | 82,21 | 1,94 |
| 690 | 69,72 | 191,93 | 80,20 | 2,00 |
| 695 | 70,67 | 195,12 | 78,24 | 1,20 |
| 700 | 71,61 | 198,26 | 76,30 | 1,35 |

*Окончание таблицы В.1*

| λ, нм | $S(\lambda)D_{65}$ | $S(\lambda)A$ | $S(\lambda)C$ | $S(\lambda)F_{11}$ |
|---|---|---|---|---|
| 705 | 72,98 | 201,36 | 74,36 | 4,10 |
| 710 | 74,35 | 204,41 | 72,40 | 5,58 |
| 715 | 67,98 | 207,41 | 70,40 | 2,51 |
| 720 | 61,60 | 210,36 | 68,30 | 0,57 |
| 725 | 65,74 | 213,27 | 66,30 | 0,27 |
| 730 | 69,89 | 216,12 | 64,40 | 0,23 |
| 735 | 72,49 | 218,92 | 62,80 | 0,21 |
| 740 | 75,09 | 221,67 | 61,50 | 0,24 |
| 745 | 69,34 | 224,36 | 60,20 | 0,24 |
| 750 | 63,54 | 227,00 | 59,20 | 0,20 |
| 755 | 55,01 | 229,59 | 58,50 | 0,24 |
| 760 | 46,42 | 232,12 | 58,10 | 0,32 |
| 765 | 56,61 | 234,59 | 58,00 | 0,26 |
| 770 | 66,81 | 237,01 | 58,20 | 0,16 |
| 775 | 65,09 | 239,37 | 58,50 | 0,11 |
| 780 | 63,38 | 241,68 | 59,10 | 0,09 |

## Библиография


[1] Джадд Д., Вышецки Г. Цвет в науке и технике — М.: Мир, 1978

[2] Публикация МКО № 15. Дополнение № 2 Рекомендации для однородных цветовых пространств. Уравнение для расчета цветовых различий. Психометрические цветовые термины

[3] Цвет в промышленности / Под ред. Р. Мак-Дональда: Пер. с англ. И.В. Пеновой, П.П. Новосельцева. — М.: Логос, 2002

[4] Публикация МКО № 38 Радиометрические и фотометрические характеристики материалов и их измерение

УДК 667-12:006.354 ОКС 87.040

Ключевые слова: материалы лакокрасочные, колориметрия, измерение цвета, цветовые различия, цветовые характеристики, индекс метамерии

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *И.Ю. Литовкиной*

Сдано в набор 26.01.2024. Подписано в печать 16.02.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,72. Уч-изд. л. 2,97.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

**ОКС 87.040**

**Поправка к ГОСТ Р 71216—2024 Материалы лакокрасочные. Колориметрия. Измерение цвета. Расчет цветовых различий и индекса метамерии**

| В каком месте | Напечатано | Должно быть |
|---|---|---|
| Подраздел 7.7. Пример | $S_{ап} = 3,14*25/4 = 490,6$ мм$^2$ | $S_{ап} = 3,14*25^2/4 = 490,6$ мм$^2$ |

(ИУС № 12 2024 г.)

gost.e-ecolog.ru