ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 9241-8 — 2007

ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОФИСНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИДЕОДИСПЛЕЙНЫХ ТЕРМИНАЛОВ (ВДТ)

Часть 8

Требования к отображаемым цветам

ISO 9241-8:1997
Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 8: Requirements for displayed colours (IDT)

Издание официальное

БЗ 12—2007/458

Москва
Стандартинформ
2008

1—1556

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0 — 2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Научно-технический центр сертификации электрооборудования «ИСЭП» на основе собственного аутентичного перевода стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартам ТК 452 «Безопасность аудио-, видео-, электронной аппаратуры, оборудования информационных технологий и телекоммуникационного оборудования. Устройства отображения информации»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2007 г. № 529-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 9241-8 : 1997 «Эргономические требования при выполнении офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (ВДТ). Часть 8. Требования к отображаемым цветам» (ISO 9241-8:1997 «Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 8: Requirements for displayed colours»).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации, сведения о которых приведены в дополнительном приложении С

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом указателе «Национальные стандарты», а текст этих изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «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

© Стандартинформ, 2008

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 1
4 Руководящие принципы 8
5 Визуальные характеристики объектов 9
6 Конструктивные требования и рекомендации 9
7 Условия измерений и соглашения 12
8 Оценка соответствия 18
Приложение А (справочное) Расчет разности цветов 19
Приложение В (справочное) Статус метода испытания визуальных характеристик 22
Приложение С (обязательное) Сведения о соответствии национальных стандартов Российской Федерации ссылочным международным стандартам 23
Библиография 24

Введение

Целью настоящего стандарта является установление основных технических требований к цветам на экранах видеодисплейных терминалов (ВДТ) для обеспечения их различимости, идентификации и разрешающей способности.

В настоящем стандарте также подробно изложены особенности цветов изображений (световые «стимулы»), их появление (визуальное «восприятие») и идентификация («наименование цвета»), подробно описаны компоненты восприятия цвета (такие как «выявление чистоты цвета и светлоты площадки») и некоторые познавательные компоненты (такие как «наименование определенных цветов»). Другие познавательные компоненты будут установлены в [1].

Способность обнаруживать, идентифицировать и различать цвета на экране ВДТ определяют полноценность восприятия цветов и интерпретацию создаваемого компьютером изображения. Цветовое восприятие отображаемых изображений зависит от ряда факторов, таких как:

- аппаратные и программные средства системы отображения;
- физические характеристики выводимого изображения;
- способность наблюдателя воспринимать цвета;
- освещенность от источников окружающей среды.

Основные характеристики данных факторов (ВДТ, изображение, наблюдатель и окружающая среда), воздействующих на появление цветов, представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Примеры факторов, влияющих на появление цвета

Источник	Фактор, влияющий на появление цвета
Дисплей	Яркость, спектральное распределение и диапазон, тип фосфора, обработка экрана для контроля отражений, разрешение
Изображение	Настраиваемые цвета, размер, содержание пространственных частот
Наблюдатель	Состояние визуальной адаптации, способность цветоразличения
Помещение	Уровень освещенности, цветовая температура освещенности

Интерпретация цвета зависит от способности наблюдателя ассоциировать цвет с определенным значением, функцией или воздействием. Поэтому важно, чтобы цвета, заданные для отображения на экране ВДТ, были тщательно выбраны для достижения необходимого результата или передачи намеченного значения. Однако цвета могут меняться на ВДТ различных компаний-поставщиков. Например, синий на одном ВДТ может казаться более темным и ближе к фиолетовому цвету, чем на другом, а красный цвет может казаться ближе к оранжевому.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОФИСНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИДЕОДИСПЛЕЙНЫХ ТЕРМИНАЛОВ (ВДТ)

Часть 8

Требования к отображаемым цветам

Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs).
Part 8. Requirements for displayed colors

Дата введения — 2009—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает минимум эргономических требований и рекомендаций, чтобы применять их в текстовых и графических отображениях и в изображениях, цвета которых устанавливаются дискретно. Требования настоящего стандарта не распространяются на изображения и графики, получаемые фотографическим способом.

Настоящий стандарт применяют к аппаратным средствам и программному обеспечению ВДТ потому, что эти устройства контролируют представление и воспроизведение цвета на экране дисплея.

Требования, методы измерения и порядок испытаний, представленные в настоящем стандарте, применяют для ВДТ, выводящих цветные изображения и независимых от технологии изготовления дисплея (если иное не установлено дополнительно).

Требования настоящего стандарта к изображениям на ВДТ соответствуют минимальным требованиям для пользователей с нормальным цветовым зрением. Дисплеи, соответствующие требованиям настоящего стандарта, могут оптимально использоваться лицами с дефектами цветового зрения.

Настоящий стандарт дополняет ИСО 9241-3. Задачи проектирования и условия эксплуатации в настоящем стандарте аналогичны ИСО 9241-3 (если иное не установлено дополнительно). Настоящий стандарт не предназначен для выполнения требований по цветовому кодированию.

Настоящий стандарт предназначен для разработчиков и производителей аппаратных средств и программного обеспечения, он будет также полезен специалистам, устанавливающим и оценивающим цвет в интерфейсе компьютерных систем.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие международные стандарты:

ИСО 9241-3:1992 Эргономические требования при выполнении офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (ВДТ). Часть 3. Требования к визуальному отображению информации

ИСО 9241-5:1998 Эргономические требования для офисных задач визуальных дисплейных терминалов (ВДТ). Часть 3. Требования к рабочему месту

3 Термины и определения

В настоящем стандарте использованы следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **ахроматическое цветовое ощущение** [achromatic (perceived) colour]: Воспринимаемое ощущение — восприятие цвета, исключающее цветовой тон. Обычно используются такие названия цветов, как «белый», «серый» и «черный» или, в случае объектов, пропускающих свет, бесцветный и нейтраль-

Издание официальное

ный. Психофизическое ощущение — стимул, вызывающий ощущение воспринимаемого ахроматического цвета.

3.2 **адаптация (визуальная)** [adaptation (visual)]: Процесс изменения органа зрения под воздействием световых стимулов, экспозиция которых осуществляется в данное время или несколько раньше, и которые имеют различную яркость, спектральный состав и угловые размеры.

3.3 **аддитивное смешение**: Метод смешения цветовых стимулов на сетчатке глаза, когда воздействие различных цветовых стимулов не может восприниматься глазом раздельно.

3.4 **светлота** (brightness): Характерный признак зрительного ощущения, в соответствии с которым какая-либо поверхность воспринимается как излучающая больше или меньше света.

3.5 **насыщенность** (chroma): Ощущение цветности от стимула, которое позволяет оценить долю светлоты объекта, также освещенного и воспринимаемого белым или хорошо пропускающим свет.

3.6 **цветность** (chromaticity): Характеристика цветового стимула, определяемая его координатами цветности или его доминирующей, или дополнительной длиной волны и чистотой цвета.

3.7 **координаты цветности** (chromaticity coordinates): Отношение каждого из трех координат цвета к их сумме.

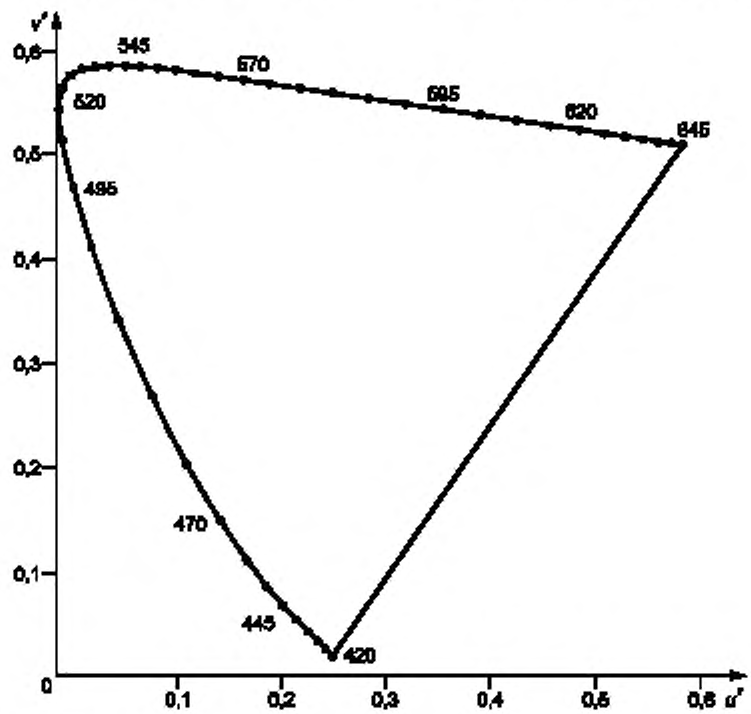
Примечания

1 Если сумма данных трех координат цветности равняется единице, то для определения цветности достаточно двух координат цветности.

2 В стандартных колометрических системах МКО (Международная комиссия по освещению) координаты цветности обозначаются символами x, y, z и x_{10}, y_{10}, z_{10}.

3.8 **график цветностей** (chromaticity diagram): Графическое изображение на плоскости, где точки, определяемые координатами цветности, однозначно соответствуют цветности цветовых стимулов.

Примечание — В стандартной колориметрической системе МКО 1931 г. (X Y Z) для получения графика цветностей по x и y обычно за y принимают ось ординат, а за x — ось абсцисс, которые можно пересчитать в прямоугольный равноконтрастный цветовой график МКО 1976 г. с координатами u', v' (см. рисунок 1 и 3.10).



Примечание — Числа на кривой — длины волн света, нм.

Рисунок 1 — Равноконтрастный цветовой график МКО 1976 г.

3.9 **стереохроматизм** (chromostereopsis): Явление, при котором два визуальных объекта, различающихся доминирующей длиной волны и/или светлотой, кажутся находящимися на разных расстояниях от наблюдателя.

3.10 **равноконтрастный цветовой график МКО 1976 г.** (CIE 1976 uniform-chromaticity-scale diagram): Равноконтрастный цветовой график в прямоугольной системе координат v', u', которые определяют по формуле

$$\begin{cases} u' = \dfrac{4X}{X + 15Y + 3Z} = \dfrac{4x}{-2x + 12y + 3}; \\ v' = \dfrac{9Y}{X + 15Y + 3Z} = \dfrac{9y}{-2x + 12y + 3}, \end{cases} \quad (1)$$

где X, Y, Z — координаты цвета в стандартных колориметрических системах МКО 1931 г. и 1964 г., а x, y — соответствующие координаты цветности рассматриваемого цветового стимула.

Примечание — Этот график является модификацией равноконтрастного цветового графика МКО 1960 г., в котором на плоскости прямоугольной системы координат откладывались координаты v и u. Соотношение между двумя парами координат следующее: $u' = u$; $v' = 1{,}5\,v$.

3.11 **цветовое пространство МКО 1976 г. $L^*u^*v^*$** (CIE $L^*u^*v^*$ colour space): Трехмерное, приблизительно равноконтрастное цветовое пространство, заключенное в прямоугольной системе координат L^*, u^*, v^*, которые определяют по формуле

$$\begin{cases} L^* = 116\,(Y / Y_n)^{\frac{1}{3}} - 16; \quad Y / Y_n > 0{,}008856 \\ u^* = 13\,L^*\,(u' - u'_n); \\ v^* = 13\,L^*\,(v' - v'_n), \end{cases} \quad (2)$$

где Y, u', v' — рассматриваемый цветовой стимул и Y_n, u'_n, v'_n — стандартный ахроматический стимул.

Примечание — Приближенные корреляты коэффициента яркости, чистоты цвета, насыщенности, цветового тона рассчитывают:

- коэффициент яркости u, v МКО 1976 г.: $L^* = 116\,(Y / Y_n)^{\frac{1}{3}} - 16$; $Y / Y_n > 0{,}008856$,

- чистота цвета u, v МКО 1976 г.: $s_{uv} = 13\left[(u' - u'_n)^2 + (v' - v'_n)^2\right]^{\frac{1}{2}}$,

- насыщенность u, v МКО 1976 г.: $C^*_{uv} = \left[u^{*2} + v^{*2}\right]^{\frac{1}{2}} = L^* s_{uv}$,

- цветовой тон u, v МКО 1976 г.: $h_{uv} = \arctan[(v' - v'_n) / (u' - u'_n)] = \arctan(v^* / u^*)$.

3.12 **разность цветов МКО 1976 г. $L^*u^*v^*$** (CIE $L^*u^*v^*$ colour difference), ΔE^*_{uv}: Разность двух цветовых стимулов, которая определяется как Евклидово расстояние между координатами $L^*u^*v^*$ и рассчитывается по формуле

$$\Delta E^*_{uv} = \left[(\Delta L^*)^2 + (\Delta u^*)^2 + (\Delta v^*)^2\right]^{1/2}. \quad (3)$$

Примечание — Разность цветовых тонов u, v МКО 1976 г. рассчитывают по формуле

$$\Delta H^*_{uv} = \left[(\Delta E^*_{uv})^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*_{uv})^2\right]^{1/2}.$$

3.13 **стандартные излучения МКО** (CIE standard illuminants): Излучения A, B, C и D_{65} и другие излучения D, относительное спектральное распределение энергии которых стандартизовано МКО.

Примечание — Данные излучения представляют собой:
A — излучение излучателя Планка при температуре, равной приблизительно 2856 K;
B — прямое солнечное излучение (старое понятие);
C — усредненный дневной свет;
D_{65} — дневной свет, включая ультрафиолетовый диапазон.

3.14 **обнаружение цвета** (colour detection): Ощущение наличия цвета при визуально шумовом фоне.

3.15 **различение цветов** (colour discrimination): Обнаружение разности цветов между стимулами.

3.16 **идентификация цвета** (colour identification): Способность распознавания цвета по его наименованию.

3.17 **интерпретация цвета** (colour interpretation): Близость конкретного цвета его значению или функции.

3.18 **цветовая температура** (colour temperature): Температура излучателя Планка $T_{цв}$ [K], излучение которого имеет ту же цветность, что и данный стимул.

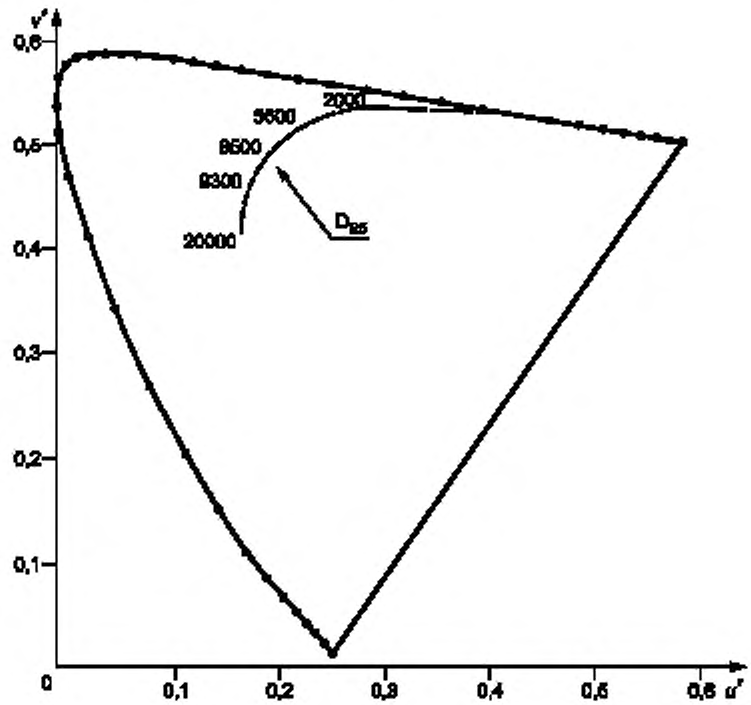


Рисунок 2 — Положение иллюминанта МКО D_{65} и цветовых температур на равноконтрастном цветовом графике МКО 1976 г.

3.19 **разность цветности в равноконтрастном пространстве** (chromaticity uniformity difference): Расстояние на равноконтрастном цветовом графике МКО 1976 г.:

$$\Delta u'v' = \sqrt{(u'_1 - u'_2)^2 + (v'_1 - v'_2)^2} ,$$

где u'_1, v'_1 и u'_2, v'_2 — координаты некоторого цвета, находящегося в положениях 1 и 2.

3.20 **дополнительная длина волны** (цветовых стимулов) [complementary wavelength (of a colour stimulus)] λ_c: Длина волны монохроматического стимула, который при аддитивном смешении в определен-

ных пропорциях с рассматриваемым цветовым стимулом дает цветовое равенство с излучением стандартного ахроматического стимула.

3.21 **сходимость** (convergence): Точное пересечение электронных пучков цветной электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) в определенной точке на плоскости ее люминофорного экрана (см. рисунок 3).

Нарушение сходимости — отклонение от сходимости (см. рисунок 4).

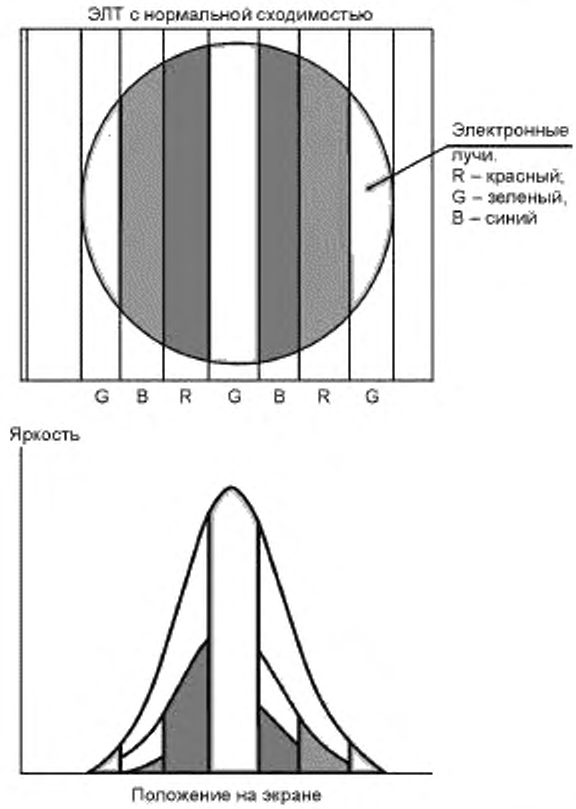


Рисунок 3 — ЭЛТ с нормальной сходимостью R, G, B электронных лучей

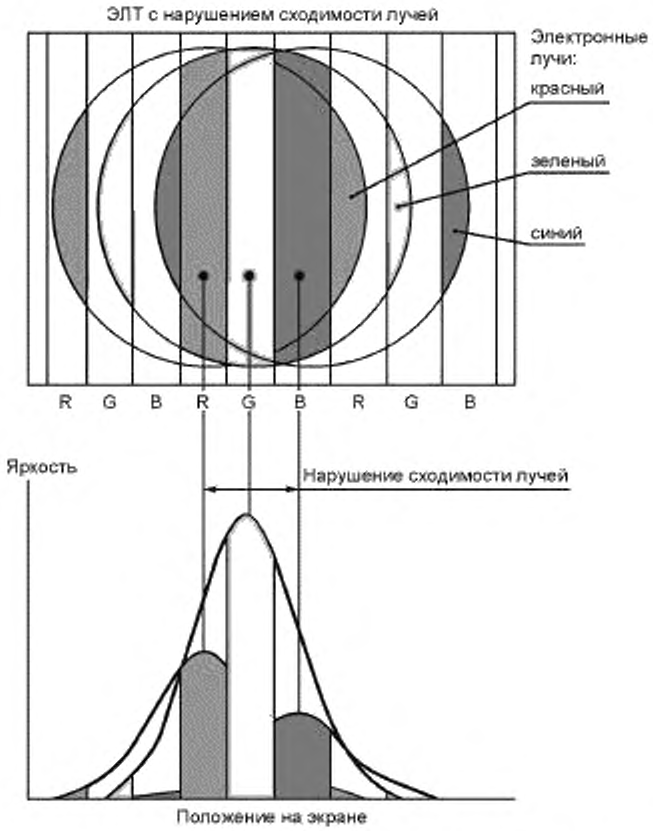


Рисунок 4 — ЭЛТ с нарушением сходимости R, G, B электронных лучей

3.22 **установка цветов по умолчанию** (default colour set): Заранее установленная группа цветов, заданная программным приложением или операционной системой.

3.23 **нарушение цветового зрения** (defective colour vision): Аномальное зрение, при котором уменьшается способность отличать несколько или все цвета.

3.24 **глубина резкости** (depth-of-field): Диапазон смещения фокуса изображения, при котором резкость изображения сохраняется.

3.25 **проектное расстояние наблюдения** (design viewing distance): Расстояние или диапазон расстояний (нормируемые поставщиком) между экраном и глазами оператора, при которых изображение на дисплее соответствует требованиям настоящего стандарта (см. ИСО 9241-3, пункт 2.12).

3.26 **доминирующая длина волны** (dominant wavelength) λ_d: Длина волны излучения монохроматического стимула, который при аддитивном смешении в определенных пропорциях с излучением стандартного ахроматического стимула дает цветовое равенство с излучением рассматриваемого цветового стимула.

Примечание — Для пурпурных цветов доминирующая длина волны заменяется дополнительной длиной волны.

3.27 **цветовой тон** (hue): Характеристика зрительного чувственного восприятия такая же, как и при восприятии одного из воспринимаемых цветов: красного, желтого, зеленого и синего или комбинации двух цветов.

3.28 **минимально заметное различие** (just-noticeable difference): Перцепциональный элемент, точно определяющий минимальное физическое изменение в изображении.

3.29 **светлота площадки** (lightness): Светлота площадки, оцениваемая по отношению к светлоте так же освещенной площадки, кажущейся белой или сильно пропускающей.

3.30 **яркостный контраст** (luminance contrast) C_m: Соотношение между наибольшей L_H и наименьшей L_L яркостями, которое определяет способность распознавать элементы изображения и измерять его модуляционным контрастом, определяемым как

$$C_m = \frac{L_H - L_L}{L_H + L_L}$$

или контрастным отношением CR, определяемым как

$$CR = \frac{L_H}{L_L}.$$

3.31 **показатель яркости (элемента поверхности среды в определенном направлении, при определенных условиях облучения)** [luminance coefficient (at a surface element, in a given direction, under specified conditions of illumination)] q_v, q: Частное от деления яркости элемента поверхности в данном направлении на освещенность среды, $ср^{-1}$.

3.32 **колориметрическая чистота цвета** (colorimetric purity) p_c: Величина, определяемая отношением

$$p_c = \frac{L_d}{(L_n + L_d)},$$

где L_d и L_n — яркости монохроматического стимула и заданного ахроматического стимула соответственно, которые при аддитивном смешении дают цвет рассматриваемого цветового стимула.

3.33 **образцовый белый цвет** (reference white): Определенный белый ахроматический стимул Y_n, u'_n, v'_n.

3.34 **насыщенный цвет** (saturated colour): Цвет с колориметрической чистотой, равной единице (1).

3.35 **чистота цвета** (saturation): Характеристика ощущения цветности площадки, позволяющая оценить долю светлоты в общем цветовом ощущении.

3.36 **простая графика** (simple graphics): Создаваемые компьютером графики, диаграммы, значки и изображения, состоящие из линий или заполненной области, которые не являются непрерывно заштрихованными, полутоновыми или имеющими несколько уровней серого.

3.37 **линия спектральных цветностей** (spectrum locus): Геометрическое место точек на графике цветностей, определяющее монохроматические стимулы.

3.38 **спектральное ограничение цветов** (spectrally extreme colours): Граница синего (любой цвет с $v' < 0{,}2$) и граница красного цвета (любой цвет с $u' > 0{,}4$). Ограниченные области выделены на графике, приведенном на рисунке 5.

Примечание — Выделенные области показывают спектральное ограничение цветов электронно-лучевой трубки (показаны как треугольные контуры).

3.39 **стереопсис** (stereopsis): Бинокулярное визуальное восприятие глубины или трехмерного пространства.

3.40 **малопольная тританопия** (tritanopia, small-field): Нормальное уменьшение разности цветов изображений для коротковолновой части спектра (воспринимаемой как синяя) с малыми стягиваемыми углами (менее или равно 20'), возбуждающее центральную фовеа глаза.

3.41 **координаты цвета** (tristimulus values): Количество трех основных цветовых стимулов в данной трехцветной колориметрической системе, необходимое для уравнивания по цвету с измеряемым стимулом.

3.42 **равноконтрастный цветовой график** (uniform-chromaticity-scale (UCS) diagram): Двумерный график, координатная система которого выбрана так, чтобы равным расстояниям соответствовало равное число порогов цветоразличения для цветовых стимулов одинаковой яркости по всему графику.

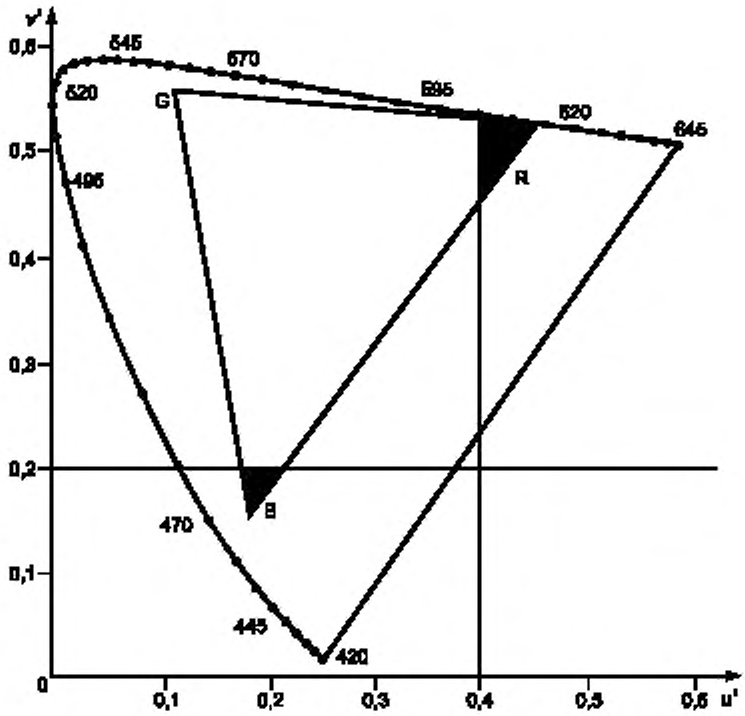


Рисунок 5 — Спектральное ограничение цветов

4 Руководящие принципы

Цвет может улучшать визуальный и познавательный процесс получения информации с экрана дисплея. Например, цвет может помогать расположить, классифицировать и анализировать изображение (то есть показать соотношения информации).

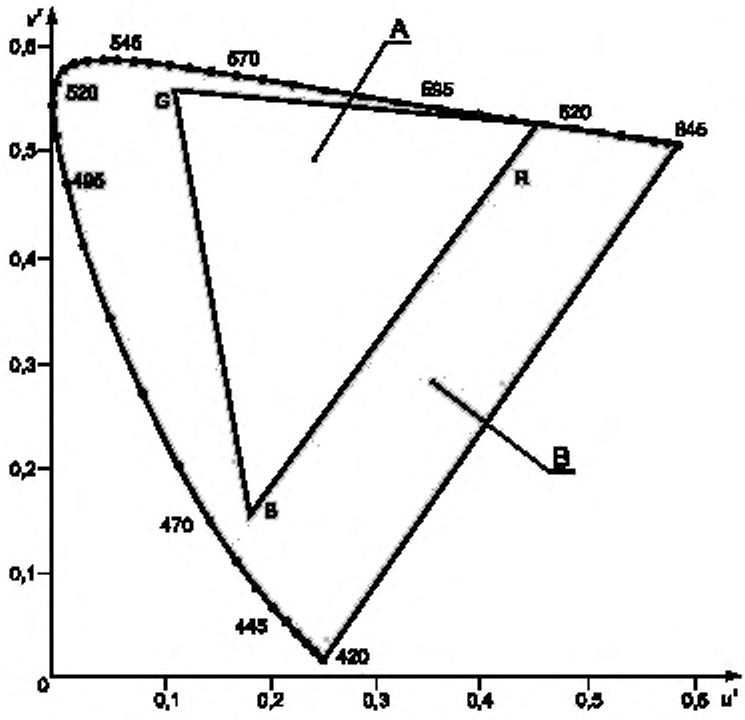
Применение цвета к изображениям на дисплее и их фонам облегчает правильное восприятие, распознавание и интерпретацию изображений и информации. Цветовое распределение должно быть согласовано с особенностями человеческого зрения при проектировании (эргономики) и учитываться в практической деятельности. Неправильное использование цвета может ухудшить восприятие информации, отображаемой на экране.

Примечания

1 В настоящее время компьютерные дисплеи не воспроизводят все цвета, которые могут восприниматься зрительным аппаратом человека (см. рисунок 6).

2 Восприятие цветов, которые осуществляются наблюдателями с недостатком цветового зрения, важны для компьютерных приложений, когда результат идентификации цвета и значение цветовых отличий являются критичными.

Не способны воспринимать все цветовые тона менее 0,1 % людей. Однако приблизительно 8 % мужчин и 0,5 % женщин имеют неполное цветовое зрение. Наиболее часто встречающиеся недостатки цветового зрения — неспособность отличать оттенки красного, желтого и зеленого, а также другие цветовые различия, трудные для восприятия людьми с недостатками цветового зрения, например голубой и белый, а также синий и пурпурный. Обоснованное гарантированное яркостное различие между цветами устраняет путаницу между ними. Таким образом, если желтый имеет большую, зеленый — среднюю, а красный — малую яркость, все пользователи будут в состоянии обнаружить различия между ними.



A — цвета, созданные ЭЛТ; B — видимый цветовой диапазон

Примечание — Треугольник, наложенный на график цветности МКО 1976 г., показывает ограничение области цветностей, создаваемой ЭЛТ в сравнении со зрительно воспринимаемыми цветностями (заливка)

Рисунок 6 — Цветовой охват ЭЛТ

5 Визуальные характеристики объектов

Главная цель представления информации в цвете на экране дисплея состоит в том, чтобы увеличить способность пользователя переработать информацию. Эта цель достигается, если цвета могут быть легко обнаружены, опознаны и различены и если установленное значение цвета соответствует заданному. Если цвет используется для оценки цветовых ощущений, то выбор цветов при этом не должен мешать визуальному восприятию и обработке информации.

Физические характеристики изображений (например размер) влияют на способность опознавать и различать цвета. Влияние этих физических характеристик на цветовое восприятие должно быть проанализировано и учтено при выборе цвета изображений и фона на экране дисплея. Цвета и сочетания цветов, которые являются причиной непреднамеренных визуальных явлений, не должны использоваться.

6 Конструктивные требования и рекомендации

Способность различать пары цветов зависит от различий в цветности и яркости. Требования к расчету разности цветов в настоящем стандарте основаны на цветовом пространстве МКО 1976 г. (см. раздел 3 и приложение А) для использования информации по цветовому пространству МКО.

6.1 Установка цветов по умолчанию

Заранее определенную группу цветов задают в приложении или в операционной системе.

Если приложение требует от пользователя различения или идентификации цветов, то это учитывают установкой цветов по умолчанию (число цветов см. 6.9.1) в соответствии с требованиями настоящего стан-

дарта. Если цвет может быть изменен пользователем, то установка цветов по умолчанию должна быть восстанавливаемой.

6.2 Равномерность цвета

Для появления предусмотренной равномерности цвета в разных местах экрана разность цветностей должна соответствовать указанной в таблице 2.

Таблица 2 — Равномерность цвета

Отношение диагонали активной области экрана к проектному расстоянию наблюдения, мм	Максимум разности цветностей $\Delta u'v'$
< 0,75	0,02
≥ 0,75	0,03

Примечание — Разность цветов $\Delta E'_{uv}$ не используют в расчетах равномерности цветности, так как она применяется непосредственно к смежным цветам. Допустимые значения таблицы 2 базируются на уменьшении разности цветов, так как цвета пространственно разделены.

6.3 Нарушение сходимости цветов

Уровень нарушения сходимости цветов в любом положении многоцветного изображения экрана ЭЛТ не должен превышать 3,4′ и быть по возможности менее 2,3′ при проектном расстоянии наблюдения.

Примечания

1 Сходимость электронных лучей — важный компонент качества изображения и разрешения ЭЛТ. Сходимость особенно важна, если разрешение критично, например, если считываются алфавитно-цифровые символы.

2 Если электронные лучи неправильно выровнены (нарушение сходимости) на триадах люминофора, то они вызывают появление цветных окантовок или двойных изображений вдоль границ изображения. Так как данные визуальные эффекты уменьшают разрешение изображения, они могут снижать работоспособность пользователя.

3 Наименьшее значение нарушения сходимости (например 2,3′) можно не учитывать, так как эффект визуально не заметен.

4 Если расстояние между наблюдателем и дисплеем уменьшается, то способность обнаружить нарушение сходимости увеличивается. Несходимость красно-зеленой комбинации наиболее различима из всех цветных комбинаций лучей. Несходимость красно-зеленой комбинации лучей обнаруживается у линий шириной от 1′ до 2′ и менее 0,5′. Нарушение сходимости сине-зеленой комбинации является наименее различимой из всех комбинаций лучей и при ширине линий 1,0′ едва заметна.

6.4 Высота символа и размер объекта

6.4.1 Цепочка символов и данные по полю

В случае, если требуется точно опознавать цвета цепочки алфавитно-цифровых символов и данных внутри поля, высота символа должна равняться 20′ при проектном расстоянии наблюдения.

6.4.2 Изолированные изображения

В случае, если требуется точно опознавать цвета изолированного изображения (например буквы или символы), изображение должно быть равно 30′, при проектном расстоянии наблюдения предпочтительней — 45′.

6.4.3 Малые изображения

Для изображений < 2° следует избегать использования спектрального ограничения синего цвета ($v' < 0,2$).

Примечания

1 Многоцветные дисплеи воспроизводят не только яркостный контраст между символами и фоном, но также создают цветовой контраст, который улучшает полный пороговый контраст, четкость и удобочитаемость текста и символов.

2 Цветные изображения, составленные из тонких линий, часто трудны для опознавания и различения, особенно на светоизлучающих дисплеях. Цвета отдельных знаков, составленные простыми штрихами, такими как |, \, / и символами, такими как (< , не точно воспринимаются, если их угловой размер менее 30′ (необходимый размер изображения на сетчатке глаза человека для безошибочного опознавания цвета излучения) при проектном расстоянии наблюдения.

Легко перепутать из-за малого углового размера знака цветовые тона следующих цветовых пар: красный и оранжевый, синий и пурпурный, зеленый и голубой. Такие комбинации цветов в знаках особенно трудно различить, если они являются яркими или схожими по светлоте с белым и желтым. Эмиссионные дисплеи с белым фоном уменьшают способность различать такие цветовые пары.

6.5 Разность цветов

Цветовые пары, которые необходимо различить, должны иметь значения разности цветов в системе u', v' $\Delta E^{*}_{u'v'} > 20$.

Примечания

1 Если наблюдатели безошибочно различают цвета при значении $\Delta E^{*}_{u'v'}$ существенно более 20, то нет необходимости гарантировать удовлетворительное восприятие цвета, нарушаемое эффектами смежности и размера цветного объекта.

2 Разность светлоты площадки ΔL^{*}, разность красного и зеленого $\Delta u'$ и разность желтого и синего $\Delta v'$ предсказывают разное ощущение в разных условиях. Например, для цветных протяженных изображений ΔL^{*} завышает оценку разности воспринимаемых цветов. Для малых изображений $\Delta v'$ завышает оценку разности воспринимаемых цветов по сравнению со значением $\Delta u'$, от 5 до 1.

3 Малые изображения, составленные из цветов сине-зеленой области видимого спектра, очень трудно опознать и различить из-за малопольной тританопии. Так, лучше устанавливать синий цвет по большому изображению (более 20) и следует избегать установки синего цвета по маленькому изображению (менее 20).

6.6 Контраст для четкости символов и знаков

Яркостный контраст многоцветного изображения дисплея должен соответствовать ИСО 9241-3, пункт 5.16.

Примечание — См. 7.2.7 для случаев, для которых применимы методы по ИСО 9241-3.

6.7 Спектральное ограничение цветов

6.7.1 Отрицательная полярность

Для текстов, буквенно-цифровых знаков и символов, используемых в задачах считывания и представленных в отрицательной полярности, не должен использоваться синий цвет ($v' < 0,2$) на темном фоне.

Примечание — Синий цвет ($v' < 0,2$) на темном фоне (особенно на черном фоне ЭЛТ) обычно не соответствует требованиям по яркостному контрасту, установленному в ИСО 9241-3, пункт 5.16. Кроме того, если представлены другие цвета, синий цвет может иногда превышать «глубину резкости» глаза наблюдателя.

Следует избегать красного цвета ($u' > 0,4$) на темном фоне и красный цвет не должен использоваться на фоне спектрального ограничения синего цвета ($v' < 0,2$).

6.7.2 Положительная полярность

Для текстов, буквенно-цифровых знаков и символов, используемых в задачах считывания и представленных в положительной полярности, не должен использоваться спектрально ограниченный синий цвет ($v' < 0,2$) на фоне спектрально ограниченного красного цвета ($u' > 0,4$).

Примечание — Визуальные эффекты спектрально ограниченных цветов более наглядны при небольшой внешней освещенности (например 250 лк или менее).

6.7.3 Эффекты глубины

Эффекты глубины присущи спектрально ограниченным цветам, которые не должны быть представлены в изображении для продолжительного наблюдения и чтения.

Примечание — Феномен эффекта глубины состоит в том, что два визуальных объекта, отличающихся по насыщенности (светлоты и доминирующие длины волн), кажутся находящимися на разных расстояниях от наблюдателя.

6.8 Эффекты фона и окружения изображения

Для того, чтобы лучше различать и опознавать цвета, в аппаратных средствах и программном обеспечении компьютера следует использовать ахроматический фон за хроматическим передним изображением или ахроматическое переднее изображение на хроматическом фоне.

Примечания

1 Темный ахроматический фон (например черный или темно-серый) увеличивает видимость переднего плана эмиссионных дисплеев.

2 Цвета, оцениваемые на ахроматическом фоне, лучше приближаются по цветовым различиям, рассчитанным в соответствии с $L^{*}u^{*}v^{*}$ МКО.

3 Ахроматические цвета переднего плана, например белый, черный или темно-серый, сохраняют установленный цвет лучше, чем светлый или средне-серый цвета ахроматического переднего плана на хроматическом фоне. Промежуточные ахроматические значения (например светлые или средне-серые) таких изображений (например алфавитно-цифровые знаки и линии) обычно проявляются как ненасыщенные цветовые фона; те же промежуточные ахроматические значения полужирных шрифтов и толстых линий обычно проявляются как ненасыщенные с дополнением их цветового фона.

6.9 Число цветов

6.9.1 Совместное представление цветов

Число цветов, совместно представленных на экране ВДТ, должно базироваться на требованиях решаемой задачи. Число совместно представленных цветов должно быть минимальным. Для правильного опознавания установка цветов по умолчанию должна состоять не более чем из 11 цветов.

6.9.2 Визуальный поиск при цветных изображениях

Если требуется быстрый визуальный поиск, основанный на различении цветов, то используют не больше шести цветов.

6.9.3 Интерпретация цвета, вызываемого из памяти компьютера

Если значение каждого цвета из набора цветов по умолчанию должно быть выбрано из памяти компьютера, следует использовать не более шести цветов. Программные приложения, требующие определения каждого цвета, который будет выбираться из памяти компьютера, из набора, состоящего более чем из шести цветов, должны однозначно определять соответствие для каждого цвета.

7 Условия измерений и соглашения

7.1 Условия измерений

При испытании ВДТ руководствуются методом измерений и требованиями, изложенными в ИСО 9241-3 (например расстояние наблюдения), если в настоящем стандарте не оговорено иное.

7.1.1 Оборудование для испытания

Испытуемый ВДТ должен быть подготовлен к началу работы. ВДТ ориентируют в направлении измерений и прогревают в течение, по крайней мере, 20 мин. Испытания проводят при номинальных значениях входного напряжения, тока и т.д. После включения должно быть использовано размагничивающее устройство, чтобы не сбивалась настройка команд.

Если испытуемый ВДТ имеет возможность регулировки сведения лучей и/или фокусировки пользователем, необходимо провести регулировку до оптимального уровня, так как необходимо обеспечить взаимодействие между фокусировкой и сведением лучей на экране дисплея.

Яркость переднего или заднего фона полезной информации экрана должна быть установлена в соответствии с ИСО 9241-3. Эта яркость должна превышать 35 кд/м^2 в образцовом белом цвете и не изменяться в течение измерений.

Совокупность X_n Y_n Z_n и соответственно u'_n v'_n определяет образцовый белый стимул цветового объекта (см. 3.33).

Примеры обычно устанавливаемых образцовых белых цветов см. в таблице 3.

Таблица 3 — Координаты типичного образцового белого цвета

Цветовая температура, К	u'_n	v'_n
5600	0,204	0,478
6500	0,198	0,468
9300	0,181	0,454

Поставщик должен установить образцовый белый цвет для того, чтобы использовать его в фотометрических и колориметрических вычислениях. Если электронная схема предлагает выбор образцового белого цвета, то в течение испытания его не меняют.

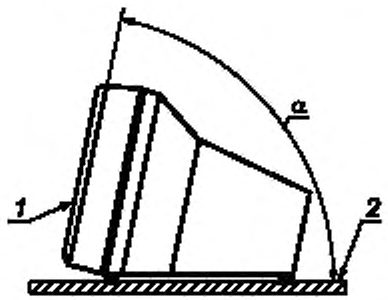
7.1.2 Условия освещения

Для определения соответствия дисплея ВДТ требованиям настоящего стандарта расчетный уровень отражающей способности должен быть алгебраически суммирован с измеренным уровнем излучаемой яркости в условиях темной комнаты.

Фотометрические и колориметрические измерения эмиссионных дисплеев проводят в условиях темной комнаты. Во время регистрации данных освещенность на горизонтальной опорной поверхности не должна превышать 5 лк.

При измерении показателя яркости применяют метод замещения, сравнивая яркости отраженного излучения от экрана ВДТ и образцового отражателя в виде толстого (не менее 5 мм) рассеивающего материала с диффузно отражающей поверхностью. Падающий свет должен быть или диффузным, или направлен под углом 45°. Уровни отраженной яркости рассчитывают на основе полученного уровня внешнего света, как если бы они были измерены в центре дисплея при 250 + 250 cos(α), лк, где α — угол, образованный пересечением плоскости, касательной к центру экрана, с горизонтальной плоскостью (см. рисунок 7).

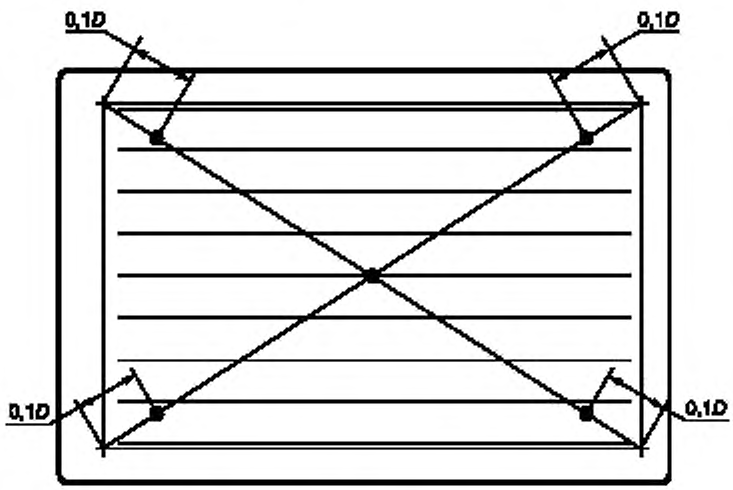
Примечание — Угол наклона экрана α равен углу A по ИСО 9241-3.



1 — сторона наблюдения; *2* — горизонтальная опорная плоскость

Рисунок 7 — Угол наклона экрана

7.1.3 Расположение мест измерения



Примечание — На рисунке показаны пять мест измерений: в центре экрана в точке пересечения диагоналей (длина диагонали *D*) области адресации дисплея и в точках на диагоналях, удаленных на 0,1*D* длины диагоналей от углов области адресации дисплея.

Рисунок 8 — Расположение мест измерений

7.1.4 Окружающая среда

В помещении при испытаниях ВДТ комнатная температура должна быть 19 °С — 27 °С, относительная влажность — достаточно низкой, чтобы не образовывался конденсат. Значения температуры и относительной влажности должны быть зарегистрированы в протоколе испытаний.

7.2 Измерения и расчеты

Поле измерения фотометра или колориметра должно быть не менее 10 пикселей в диаметре при измерениях по 7.2.1 и 7.2.6. Размер места измерения должен в два раза превышать диаметр поля измерения фотометра с тем, чтобы исключить эффекты на краю получаемого изображения.

7.2.1 Измерение показателя яркости

Показатель яркости необходим для оценки яркостного контраста по 6.5 и 6.6, см. также 3.31.

Последовательность операций при измерениях:

1 Освещают темный неработающий экран дисплея стандартным иллюминантом (например D_{65} или F2).

2 Регистрируют отраженную яркость и координаты цветности $Y_{STEP\,2}$, u'_R, v'_R.

3 При той же самой освещенности размещают эталонный образец с известным значением q_{STD} приблизительно в той же позиции, где находится центр экрана.

4 Регистрируют отраженную яркость от эталонного образца $Y_{STEP\,4}$.

5 Показатель яркости экрана q определяется соотношением:

$$q = \frac{q_{STD} Y_{STEP\,2}}{Y_{STEP\,4}} = \frac{\rho_{STD} Y_{STEP\,2}}{\pi Y_{STEP\,4}},$$

где $Y_{STEP\,2}$ и $Y_{STEP\,4}$ — яркости, измеренные по перечислениям 2 и 4 соответственно. Коэффициент отражения эталонного образца определяют по коэффициенту диффузного отражения ρ. В этом случае можно использовать правую часть выражения.

7.2.2 Оценка набора цветов, установленных по умолчанию

Определяют, требует ли программное приложение ВДТ различать и распознавать цвета. Если да, проверяют весь набор цветов, установленных по умолчанию, и определение способа показа каждого элемента набора. Если цвета могут быть изменены пользователем, проверяют, чтобы набор цветов, установленных по умолчанию, был восстанавливаемым.

7.2.3 Измерение равномерности цвета

Измеряют u', v' каждого основного цвета, каждой пары смешения двух основных цветов и образованного образцового белого цвета в каждом из пяти стандартных мест измерения в условиях темной комнаты. Для каждого цвета определяют максимальное значение $\Delta u'v'$ на любых двух из пяти мест измерения. Для расчета см. 3.19.

7.2.4 Измерение нарушения сходимости цветов

7.2.4.1 Оборудование

Устройство для измерения нарушения сходимости цветов должно работать так, чтобы одновременно определять центры красного, зеленого и синего электронных лучей на белом поле испытательной таблицы.

Примечание — Измерительные приборы, последовательно измеряющие положение каждого пучка, не должны уменьшать нарушение сходимости пучков из-за эффекта воздействия пространственного заряда одного луча на положение других лучей. Кроме того, следует учесть, что обнаружению нарушения сходимости может мешать дрожание изображения, что уменьшает точность измерения.

7.2.4.2 Протокол измерения

Для того, чтобы определить нарушение сходимости каждой из трех пар (красный — синий, красный — зеленый и синий — зеленый) электронных пучков, ее определяют в пяти местах, установленных в 7.1.3. Наибольшее значение расходимости регистрируют как факт нарушения сходимости в одном месте измерения. Наибольшее значение из 15 измерений признают как нарушение сходимости по полю экрана в целом (см. рисунок 8).

Испытательная таблица (белая сетка пересекающихся линий) должна быть отображена в пяти местах экрана в соответствии с 7.1.3. Испытательная таблица должна состоять из линий шириной в три пикселя, причем яркости боковых пикселей должны составлять 0,5 значения яркости центрального пикселя (см. рисунок 9). Если такая таблица не может быть отображена, используют простую пиксельную линию или знак «+».

Примечание — Использование такой структуры линии уменьшает погрешность, которая может возникать из-за муара неравномерной яркости. Также уменьшаются различия, возникающие от использования разных алгоритмов нахождения центров трех пучков.

Нарушение сходимости каждой пары цветов (красный — зеленый, синий — зеленый и красный — синий) в каждом из пяти мест экрана (см. рисунок 10) измеряют в соответствии с инструкцией производителя испытуемого прибора. Расстояние (среднеквадратическое значение от расстояний по горизонтали и вертикали) между центрами пучков измеряют с погрешностью ± 0,05 мм.

Результаты измерений сравнивают с требованиями таблицы 4 при проектном расстоянии наблюдения.

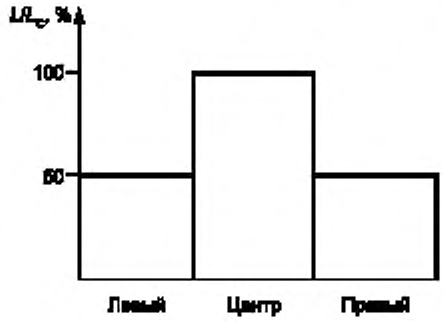


Рисунок 9 — Соотношение яркостей испытательной таблицы



Рисунок 10 — Среднеквадратическое значение нарушения сходимости

Таблица 4 — Требования к нарушению сходимости

Проектное расстояние наблюдения, мм	Максимальное значение нарушения сходимости (среднеквадратическое значение), мм	
	Рекомендованное	Требуемое
400	0,27	0,40
450	0,30	0,45
500	0,33	0,49

Окончание таблицы 4

Проектное расстояние наблюдения, мм	Максимальное значение нарушения сходимости (среднеквадратическое значение), мм	
	Рекомендованное	Требуемое
550	0,37	0,54
600	0,40	0,59
650	0,43	0,64
700	0,47	0,69
750	0,50	0,74
800	0,54	0,79

Если полученные данные измерения несходимости показывают, что превышение требования к нарушению сходимости составляет не более 10 %, то для подтверждения соответствия измеряют нарушение сходимости в местах, отстоящих от начального места измерения не менее чем на два пикселя, но не более чем на одно положение символа. Проводят четыре измерения и за результирующее значение принимают усредненное значение, которое сравнивают с требуемым значением таблицы 4, и положительный или отрицательный результат фиксируют в протоколе.

Примечания

1 Для определения нарушения сходимости используют несколько методов, но ни по одному из них нет международного соглашения. Кроме того, имеются технические трудности в реализации любого метода измерений.

2 Одна из трудностей заключается в том, что излучающие фосфорные точки не имеют наблюдаемого центра. Поэтому измерительный прибор должен определять центры фосфорных точек.

3 Некоторые приборы годятся для подобных измерений. Кривая линия может быть плавной или по распределению Гаусса. Центр пучка определяют как максимальное значение, установленное по соответствующей кривой. Другие приборы находят центральное положение пучка, третьи оптические приборы используют преломляющую призму. Нарушение сходимости наблюдают через прибор и регулируют до тех пор, пока изображения цветных линий в поле зрения прибора не сойдутся. Нарушение сходимости — величина, значение которой регулируется за счет электронного сведения лучей в плоскости люминофоров экрана.

7.2.5 Измерение высоты знака и размера объекта

Оценку пригодности размеров изображения осуществляют по таблице 5. Размер символа относится к обязательным требованиям. Два других положения — к рекомендуемым.

Таблица 5 — Размеры многоцветных объектов

Вид изображения	Минимальный размер		Примечание
	Угловой размер знака, объекта	Отношение проектного расстояния и расстояния наблюдения	
Последовательность символов и зон объекта	20′	VD/172	Приложение требует точного опознания цвета последовательности цифро-буквенных символов и вводимых полей данных
Изолированные изображения	45′	VD/76	Приложение требует точной идентификации цвета изолированного изображения (например буквы или символа)
Малые изображения	2°	VD/29	Приложение использует изображения в спектрально ограниченном синем цвете ($v' < 0,2$)
Примечание — VD — проектное расстояние наблюдения, установленное поставщиком (см. 3.25).			

7.2.6 Измерение разности цветов

В центре экрана измеряют показатель яркости q и значения координат цвета Y, u', v' для каждого цвета из набора цветов по умолчанию. Если образцовый белый цвет не входит в набор цветов по умолчанию, также измеряют значения координат белого цвета Y_n, u'_n, v'_n. По результатам этих измерений вычисляют светлоту площадки L^* и насыщенность в плоскости u^*, v^* для всех цветов из набора цветов по умолчанию. Учитывают эффект отраженного света. Рассчитывают значения разности цветов ΔE^*_{uv} для всех цветов из набора цветов по умолчанию.

Все измеряемые цвета устанавливают в центре экрана. Каждое измеряемое цветное изображение должно быть больше апертуры колориметра. См. пример расчета разности цветов в приложении А.

Последовательность операций при измерении разности цветов:

1 В темной комнате измеряют координаты цвета Y, u', v' для каждого цвета из набора цветов по умолчанию. Если образцовый белый цвет не входит в набор цветов по умолчанию, его также измеряют.

2 Корректируют координаты для каждого результирующего цвета из набора цветов по умолчанию Y, u', v' (и образцового белого цвета, если он не входит в набор цветов по умолчанию), используя рекомендации пункта 7.2.1.

3 Рассчитывают значения L^*, u^*, v^* для каждого цвета из набора цветов по умолчанию (см. 3.11).

4 Рассчитывают D(D–1)/2 ΔE^*_{uv} для всех возможных пар «D» из набора цветов по умолчанию (см. 3.12).

5 Проверяют, чтобы значение ΔE^*_{uv} было не менее 20.

Расчетная коррекция координат для шага 2:

$$Y_R = q[250+250\cos(\alpha)],\ \text{кд/м}^2,$$

где q, u'_R и v'_R определены в соответствии с 7.2.1, α — установленный угол наклона экрана:

$$Y_{Illuminated} = Y + Y_R;$$

$$u'_{Illuminated} = \frac{Yu'v'_R + v'u'_R Y_R}{Yv'_R + v'Y_R};$$

$$v'_{Illuminated} = \frac{(Y + Y_R)v' - v'_R}{Yv'_R + v'Y_R}.$$

7.2.7 Измерение контраста и четкости символов

Проверяют, чтобы контрастная модуляция превышала 0,5 или была эквивалентна контрастному отношению, не превышающему 3 (см. 3.30). При необходимости данное измерение проводят по ИСО 9241-3, подпункт 6.2.1.2.

Яркостный контраст измеряют методом по ИСО 9241-3, подпункт 6.2.1.2, и проводят коррекцию, применяя одно из следующих условий:

а) наибольшая L_H и наименьшая яркость L_L должны иметь приблизительно одинаковую цветность;

б) каждая наибольшая и наименьшая яркость должна состоять только из отраженного света.

7.2.8 Оценка использования спектрально ограниченных цветов

Еще раз проверяют программное приложение ВДТ по установке цветов по умолчанию для подтверждения использования спектрально ограниченных цветов в соответствии с 6.7.1 — 6.7.3.

7.2.9 Эффекты фона и окружения изображения

Еще раз проверяют программное приложение ВДТ по установке цветов по умолчанию для подтверждения соответствия с 6.8.

7.2.10 Оценка числа цветов

Еще раз проверяют программное приложение ВДТ по установке цветов по умолчанию в соответствии с 6.9.1 и 6.9.2. Если в приложении рекомендуется устанавливать из памяти компьютера более шести цветов, то контролируют дополнительные установки цвета компьютера, заданные изготовителем.

8 Оценка соответствия

8.1 Соответствие ВДТ требованиям настоящего стандарта может быть достигнуто:

а) если полученные характеристики соответствуют требованиям раздела 6 и измерены методами раздела 7;

б) если получены положительные результаты с использованием методов испытания на соответствие обязательным требованиям, которые установлены в поправках к настоящему стандарту, сделанных на момент испытаний ВДТ.

Примечания

1 Впоследствии могут быть созданы методы измерений, утвержденные в установленном порядке, которые будут внесены в виде поправок к настоящему стандарту. Приложение В имеет статус доклада. До опубликования разработанных и утвержденных поправок оценка соответствия осуществляется по 8.1, перечисление а).

2 Не для всех ВДТ требования раздела 6 следует выполнять полностью (например дисплеи, работающие не на основе ЭЛТ).

Соответствие ВДТ требованиям настоящего стандарта определяют с использованием параметров по умолчанию, например, набора (наборов) знаков, цвета(ов), конфигурации(й), системных опций и установок, выполняемых оператором.

Соответствие требованиям настоящего стандарта зависит от комбинации элементов аппаратных средств, программного обеспечения (полярность) и рабочего места. Индивидуальное соответствие каждой комбинации указывает поставщик, однако партии ВДТ, в которых применены любые комбинации таких элементов, должны соответствовать требованиям в выбранной комбинации.

8.2 Протокол соответствия должен содержать, по меньшей мере, следующую информацию:

а) сведения о поставщиках (наименование и адрес, тип модели и т.д.);

б) полные сведения об оборудовании для испытаний, его установках и конфигурации, постоянных и программно устанавливаемых параметрах;

в) условия и результаты испытаний;

г) условия использования;

д) специальные требования;

е) полные сведения о критерии, используемом для выбора контрольных объектов и их существенных характеристиках, если применяют вариант проверки соответствия по примечанию 8.1, перечисление б).

Приложение А
(справочное)

Расчет разности цветов

А.1 Цветовое пространство МКО 1976 г. $L^*u^*v^*$

Различимость пар цветов зависит от их разности цветности и яркости. Требования для расчета разности цветов в настоящем приложении основаны на цветовом пространстве МКО 1976 г. $L^*u^*v^*$ (см. 3.10 — 3.12). Такое цветовое пространство — трехмерное, приблизительно равноконтрастное пространство, образованное построением цветовых величин $L^*u^*v^*$ в прямоугольных координатах. Модель такого цветового пространства получена из выравнивания разности цветов в разных его точках.

В таком цветовом пространстве L^* (светлота) зависит от яркостей каждого цвета и образцового белого цвета. Плоскость насыщенности (представлена координатами u^* и v^*) ортогональна направлению светлоты L^*. Расстояние от образцового белого цвета до цветного изображения в этой плоскости называют насыщенностью цвета. Если пара цветных изображений отличается по координате положения u^*, то их разница цветности преимущественно красно-зеленая; если они отличаются по координате положения v^*, то их разница цветности преимущественно желто-синяя.

Цветовое пространство МКО 1976 г. $L^*u^*v^*$ не объединяет наборы значений координат цвета X, Y, Z в точную линейную модель для предсказания психофизических результатов на дисплее. Цветовое пространство МКО 1976 г. $L^*u^*v^*$ отличает значение пары цветов, у которых предсказывается различие (их значение превышает порог) от пар цветов, у которых предсказания не точные (их значение не превышает порога). Так как цветовое пространство МКО 1976 г. $L^*u^*v^*$ нелинейно, различие в два порога не обязательно лучше различия в один порог. Тем не менее обе цветовые пары могут быть отличимы.

Параметр ΔE^*_{uv} — разница цвета, к которой стремятся, чтобы представить воспринимаемое различие между двумя цветовыми стимулами (см. 3.12). Этот параметр часто неадекватен для анализа компьютерных дисплейных стимулов, потому что параметр разности цветов определяется по большому визуальному объекту (см. таблицу А.1).

Необходимые условия измерений, на которых основана колориметрическая система МКО, показаны в таблице А.1.

Таблица А.1 — Условия измерений колориметрических характеристик МКО

Условия измерений	Значение
Значение разности цветов	От 1 до 10 ед.
Поле зрения	4° или больше
Характер окружения	Равномерное
Яркость окружения	От 100 до 1000 кд/м^2
Цветность окружения	Соответствует источнику D МКО — от D_{55} до D_{75}
Яркость образца	От 5 % до 500 % окружающей яркости
Линия раздела	Приблизительно равна нулю
Наблюдатели	Восприимчивость экспертов без видимых отклонений

Цветовое пространство МКО 1976 г. $L^*u^*v^*$ может применяться для стандартного колориметрического наблюдателя МКО 1931 г. с полем зрения 2° или для колориметрического стандартного дополнительного наблюдателя МКО 1964 г. с полем зрения 10°. Рекомендации по использованию колориметрической системы в настоящем стандарте применимы к центральному полю зрения с углами от 1° до 4° (0,017 и 0,07 рад).

При измерении цветности важно, чтобы объект был больше (в два раза) апертуры колориметра. Применение результатов измерения к объектам менее 1° (например одиночные знаки, линии или символы) могут иногда привести к ошибке.

Полученные значения разности цветов ΔE^*_{uv} имеют ряд ограничений, относящихся к визуальным дисплеям, включая:

а) видимые объекты на компьютерных дисплеях различаются по размеру (от 10′ до 5° и более). Для малых объектов разница цветности $\Delta u'$ может быть в пять раз больше разности четности $\Delta v'$ по сравнению с измерениями при большом поле зрения. Чувствительность желто-синей пары $\Delta v'$ в пять раз превышает чувствительность красно-зеленой пары $\Delta u'$;

б) не очевидны и неоднозначны требования к расположению точки белого. Например светлота Y_n часто настраивается пользователем и зависит от размера и цветовой температуры излучения экрана, имеющего свойство отражать излучение независимо от угла наблюдения;

в) все технологии визуальных дисплеев имеют небольшую пространственную неравномерность яркости; так ИСО 9241-3 допускает значение неравномерности 1,7 : 1. Градационные изменения яркости от центра к углам экрана не воспринимаются, потому что недостаточна чувствительность зрительного аппарата человека к малым изменениям яркости на низких пространственных частотах. До сих пор величина ΔE^*_{uv} не предназначалась для оценки разности цветов объектов, далеко разделенных в цветовом пространстве, и не было необходимости конструировать модель цветового восприятия при данных обстоятельствах. Однако величиной ΔE^*_{uv} допускается пользоваться, так как зрительная система человека приспосабливается к неравномерности яркости ЭЛТ за счет малой чувствительности глаза к частоте изменения строк на экране;

г) так как цветовое пространство МКО 1976 г. $L^*u^*v^*$ не охватывает все возможные факторы изменения цвета, то невозможно определить большие различия цветности излучения в полном пространстве цветов. Требование в достижении разности цветов ΔE_{uv} = 20 основано на визуальных психофизических оценках и обеспечивает надежную гарантию того, что цвета могут быть заметны;

д) цветовое пространство МКО 1976 г. $L^*u^*v^*$ непригодно для импульсных и проблесковых объектов.

А.2 Пример обработки результатов измерений

Для расчета разности цветов в пространстве МКО 1976 г. $L^*u^*v^*$ между двумя цветовыми стимулами необходимо определить координаты цветности и координаты цвета цветного и белого излучения при учете влияния комнатного освещения.

Данные, полученные при испытании дисплея, коэффициент отражения которого измерен при диффузном освещении (интегрирующая сфера или ее эквивалент), а цвет измерен в условиях темной комнаты, приведены в таблице А.2.

Таблица А.2 — Координаты цвета и цветности

Наименование цвета	Система XYZ 1931 г.					Координаты цветности равноконтрастного графика МКО 1976 г.	
	Координаты цвета			Координаты цветности			
	X	Y	Z	x	y	u'	v'
Оранжево-красный	54,18	41,50	30,61	0,429	0,329	0,282	0,486
Желтый	69,85	78,20	25,04	0,404	0,452	0,212	0,534
Зеленый	49,04	74,80	13,25	0,358	0,546	0,162	0,556
Голубой	56,69	62,70	97,06	0,262	0,290	0,176	0,438
Пурпурный	37,18	31,40	91,55	0,232	0,196	0,190	0,361
Пурпурно-красный	56,87	27,40	89,42	0,327	0,158	0,309	0,335
Опорный белый	76,15	80,00	87,44	0,313	0,328	0,198	0,468
Отраженный свет	9,60	10,00	9,56	0,329	0,343	0,204	0,478

Данные по измерению координат цвета, полученные с использованием коррекционных расчетов по 7.2.6, пункт 5, приведены в таблице А.3.

Таблица А.3 — Значения координат с учетом их коррекции для разных условий освещения

Наименование цвета	Координаты цвета			Равноконтрастный цветовой график МКО 1976 г.	
	$X_{illuminated}$	$Y_{illuminated}$	$Z_{illuminated}$	$u'_{illuminated}$	$v'_{illuminated}$
Оранжево-красный	63,78	51,50	40,17	0,267	0,484
Желтый	79,45	88,20	34,60	0,211	0,527
Зеленый	58,64	84,80	22,81	0,168	0,546

Окончание таблицы А.3

Наименование цвета	Координаты цвета			Равноконтрастный цветовой график МКО 1976 г.	
	$X_{illuminated}$	$Y_{illuminated}$	$Z_{illuminated}$	$u'_{illuminated}$	$v'_{illuminated}$
Голубой	66,29	72,70	106,62	0,180	0,443
Пурпурный	46,78	41,40	101,11	0,193	0,384
Пурпурно-красный	66,47	37,40	98,98	0,288	0,364
Опорный белый	85,75	90,00	97,00	0,199	0,469
Примечание — $X_{illuminated}$, $Y_{illuminated}$ и $Z_{illuminated}$ для каждого цвета являются суммой измеренных значений X, Y и Z в условиях темной комнаты для каждого цвета из набора цветов по умолчанию плюс значения X, Y, Z, измеренные при отраженном свете.					

В каждой измеренной точке рассчитывают значения L^*, u^* и v^*:

$$\begin{aligned} L^* &= 116\,(Y/Y_n)^{1/3} - 16; \quad Y/Y_n > 0{,}008856 \\ u^* &= 13\,L^*\,(u' - u'_n); \\ v^* &= 13\,L^*\,(v' - v'_n). \end{aligned} \tag{A.1}$$

Результаты окончательного расчета координат цвета приведены в таблице А.4.

Таблица А.4 — Координаты цвета в цветовом пространстве МКО 1976 г. $L^*u^*v^*$

Наименование цвета	L^*	u^*	v^*
Оранжево-красный	80,30	70,99	16,02
Желтый	99,22	15,93	74,70
Зеленый	97,72	−39,36	97,08
Голубой	92,03	−22,82	−31,10
Пурпурный	73,55	−5,69	−81,65
Пурпурно-красный	70,56	81,63	−96,29
Опорный белый	100,00	0,00	0,00

После определения значения D/(D – 1) по 7.2.6, подпункт 4: 7(7–1)/2 = 21, рассчитывают разницу цветов ΔE^*_{uv} в цветовом пространстве МКО 1976 г. $L^*u^*v^*$:

$$\Delta E^*_{uv} = \left[(\Delta L^*)^2 + (\Delta u^*)^2 + (\Delta v^*)^2\right]^{1/2}. \tag{A.2}$$

Результаты расчета разности цветов ΔE^*_{uv} приведены в таблице А.5.

Таблица А.5 — Разность цветов в цветовом пространстве МКО 1976 г. $L^*u^*v^*$

Наименование цвета	Желтый	Зеленый	Голубой	Пурпурный	Пурпурно-красный	Опорный белый
Оранжево-красный	82,67	138,03	105,63	124,36	113,23	75,39
Желтый		59,66	112,90	159,92	185,41	76,39
Зеленый			129,36	183,48	229,71	104,78
Голубой				56,49	124,98	39,38
Пурпурный					88,58	86,02
Пурпурно-красный						129,62

Приложение В
(справочное)

Статус метода испытания визуальных характеристик

Работа в нахождении альтернативных признанных способов определения цветовых параметров ВДТ на соответствие ИСО 9241-3 продолжается. Эта работа, как ожидается, поможет разрешить проблемы измерения разности цветов во всем поле цветности, создаваемой ВДТ. В будущем планируются дальнейшие разработки, направленные на закрытие проблем, связанных со спецификой цвета.

Приложение С
(обязательное)

Сведения о соответствии национальных стандартов Российской Федерации ссылочным международным стандартам

Таблица С.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ИСО 9241-3 : 1992	ГОСТ Р ИСО 9241-3 — 2003 Эргономические требования при выполнении офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (ВДТ). Часть 3. Требования к визуальному отображению информации
ИСО 9241 - 5 : 1998	*
* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.	

Библиография

[1] ИСО 9241-12 : 1998 Эргономические требования при выполнении офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (ВДТ). Часть 12. Представление информации

УДК 681.3:331.4:006.354 ОКС 13.180 Э65 ОКП 40 0000

Ключевые слова: видеодисплейные терминалы, эргономические требования, требования к отображаемым цветам

Редактор *В. Н. Копысов*
Технический редактор *В. Н. Прусакова*
Корректор *М. В. Бучная*
Компьютерная верстка *Т. Ф. Кузнецовой*

Сдано в набор 23.06.2008. Подписано в печать 29.10.2008. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,60 Тираж 231 экз. Зак. 1556.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru
Набрано и отпечатано в Калужской типографии стандартов, 248021 Калуга, ул. Московская, 256.

gost.e-ecolog.ru