ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р МЭК 62679-3-1— 2017

ДИСПЛЕИ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОННОЙ БУМАГИ

Часть 3-1

Оптические методы измерений

(IEC 62679-3-1:2014, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2017

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Научно-технический центр сертификации электрооборудования» «ИСЭП» (АНО «НТЦСЭ «ИСЭП») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 452 «Безопасность аудио-, видео-, электронной аппаратуры, оборудования информационных технологий и телекоммуникационного оборудования»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 ноября 2017 г. № 1723-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 62679-3-1:2014 «Дисплеи на основе электронной бумаги. Часть 3-1. Оптические методы измерений» (IEC 62679-3-1:2014 «Electronic paper displays — Part 3-1: Optical measurement methods», IDT).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные и межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*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

© Стандартинформ, 2017

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, определения и сокращения ... 1
3.1 Термины и определения ... 1
3.2 Сокращения ... 2
4 Стандартные условия измерений ... 2
4.1 Стандартные условия окружающей среды при измерениях ... 2
4.2 Система координат направления обзора ... 2
4.3 Стандартные условия освещения ... 3
4.4 Стандартные режимы измерительного оборудования ... 10
4.5 Рабочие стандартные образцы и эталоны ... 12
4.6 Стандартные позиции поля измерений ... 12
5 Оптические методы измерений ... 13
5.1 Измерения отражения ... 13
5.2 Фотометрическая плоскостная однородность дисплея ... 16
5.3 Контрастность ... 17
5.4 Контрастность в окружающей среде ... 18
5.5 Перекрестная помеха ... 19
5.6 Цвет дисплея, цветовая гамма и площадь цветовой гаммы ... 21
5.7 Колориметрическая плоскостная однородность дисплея ... 24
5.8 Цвет дисплея при дневном освещении ... 26
5.9 Объем цветовой гаммы при дневном освещении ... 27
5.10 Зависимость характеристик от направления обзора ... 29
5.11 Двоение изображения ... 32
Приложение А (справочное) Метод расчета объема цветовой гаммы при дневном освещении ... 34
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным и межгосударственным стандартам ... 39
Библиография ... 42

Введение к международному стандарту

1) Международная электротехническая комиссия (МЭК) является международной организацией по стандартизации, объединяющей все национальные электротехнические комитеты (национальные комитеты МЭК). Задача МЭК — продвижение международного сотрудничества во всех вопросах, касающихся стандартизации в области электротехники и электроники. Результатом этой работы и в дополнение к другой деятельности МЭК является издание международных стандартов, технических требований, технических отчетов, публично доступных технических требований (PAS) и руководств (в дальнейшем именуемых «публикации МЭК»). Их подготовка поручена Техническим комитетам. Любой национальный комитет МЭК, заинтересованный в объекте рассмотрения, с которым имеет дело, может участвовать в предварительной работе. Международные, правительственные и неправительственные организации, сотрудничающие с МЭК, также принимают участие в этой подготовке. МЭК близко сотрудничает с Международной организацией по стандартизации (ИСО) в соответствии с условиями, определенными соглашением между этими двумя организациями.

2) В формальных решениях или соглашениях МЭК выражено положительное решение технических вопросов, практически консенсус на международном уровне в соответствующих областях, так как в составе каждого Технического комитета есть представители от национальных комитетов МЭК.

3) Публикации МЭК принимаются национальными комитетами МЭК в качестве рекомендаций. Приложены максимальные усилия для того, чтобы гарантировать правильность технического содержания публикаций МЭК, однако МЭК не может отвечать за порядок их использования или за неверное толкование конечным пользователем.

4) В целях содействия международной гармонизации, национальные комитеты МЭК обязуются применять публикации МЭК в их национальных и региональных публикациях с максимальной степенью приближения к исходным. Любые расхождения между любой публикацией МЭК и соответствующей национальной или региональной публикацией должно быть четко обозначено в последней.

5) МЭК не устанавливает процедуры маркировки знаком одобрения и не берет на себя ответственность за любое оборудование, о котором заявляют, что оно соответствует публикации МЭК.

6) Все пользователи должны быть уверены, что они используют последнее издание этой публикации.

7) МЭК или его директора, служащие или агенты, включая отдельных экспертов и членов его Технических комитетов и национальных комитетов МЭК, не несут никакой ответственности за причиненные телесные повреждения, материальный ущерб или другое повреждение любой природы вообще, как прямое так и косвенное, или за затраты (включая юридические сборы) и расходы, проистекающие из использования публикации МЭК, или ее разделов, или любой другой публикации МЭК.

8) Следует обратить внимание на нормативные ссылки, указанные в настоящем стандарте. Использование ссылочных международных стандартов является обязательным для правильного применения настоящего стандарта.

9) Следует обратить внимание на то, что имеется вероятность того, что некоторые из элементов настоящего стандарта могут быть объектами патентных прав. МЭК не несет ответственности за идентификацию любых таких патентных прав.

МЭК 62679-3-1 подготовлен техническим комитетом 110 МЭК «Электронные дисплейные устройства».

Текст настоящего стандарта основан на следующих документах:

Окончательный проект международного стандарта (FDIS)	Отчет о голосовании
110/558/FDIS	110/561/RVD

Полную информацию о голосовании по одобрению настоящего стандарта можно найти в отчете о голосовании, указанном в приведенной выше таблице.

Настоящая публикация разработана в соответствии с Директивами ИСО/МЭК, часть 2.

Перечень всех частей стандартов серии МЭК 62679 под общим наименованием «Дисплеи на основе электронной бумаги» могут быть найдены на сайте МЭК.

Комитет принял решение, что содержание настоящего стандарта останется без изменений до конечной даты сохранения, указанной на сайте МЭК с адресом gost.e-ecolog.ru в данных, касающихся конкретного стандарта. На это время стандарт будет:

- подтвержден заново;
- аннулирован;
- заменен пересмотренным изданием;
- изменен.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ДИСПЛЕИ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОННОЙ БУМАГИ

Часть 3-1

Оптические методы измерений

Electronic paper displays. Part 3-1. Optical measurement methods

Дата введения — 2018—09—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает стандартные условия измерений и методы измерений для определения оптических характеристик дисплея на основе электронной бумаги (EPDs). Настоящий стандарт распространяется на EPDs с использованием сегментной, пассивной, либо активной матрицы с дисплеями монохромного или цветного типа. Методы измерения предназначены для EPDs, работающих в режиме отражения. EPDs могут включать встроенное осветительное устройство (ILU), но при применении установленных настоящим стандартом методов измерения ILU должно находиться в выключенном состоянии. Настоящий стандарт не распространяется на цветные системы, имеющие более трех основных цветов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание ссылочного стандарта (включая все изменения к нему).

IEC 60050 (all parts), International electrotechnical vocabulary (available at gost.e-ecolog.ru) [(все части), Международный электротехнический словарь (доступен на сайте www.electropedia.org)]

IEC 62679-1-1, Electronic paper displays — Part 1-1: Terminology (Дисплеи на основе электронной бумаги. Часть 1-1. Терминология)

IEC 61966-2-1, Multimedia systems and equipment — Colour measurement and management — Part 2-1: Colour management — Default RGB colour space — sRGB (Мультимедийные системы и оборудование. Измерение цвета и управление. Часть 2-1: Управление цветом. Цветовое пространство RGB, используемое по умолчанию — sRGB)

CIE 15, Colorimetry (Колориметрия)

CIE 38, Radiometric and photometric characteristics of materials and their measurement (Радиометрические и фотометрические характеристики материалов и их измерение)

3 Термины, определения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины и определения по МЭК 62679-1-1, МЭК 60050, а также следующие термины с соответствующими определениями:

Издание официальное

3.1.1 **контрастность в окружающей среде** (ambient contrast ratio): Контрастность дисплея при диффузном освещении полусферой и/или при направленном освещении, падающем на его поверхность, которые используют для моделирования реальных условий освещения

3.1.2 **цвет изображения при дневном освещении** (daylight display colour): Цвет изображения при диффузном освещении полусферой и/или при направленном освещении, падающем на его поверхность, при указанной геометрической конфигурации, спектрах и уровнях освещенности, моделирующих реальные условия дневного освещения

3.1.3 **объем цветовой гаммы** (colour gamut volume): Единственное число, соответствующее наибольшему возможному диапазону цветов отображения (включая все возможные сочетания основных цветов, белого W и черного K), описываемое как объем в трехмерном цветовом пространстве, например в стандартизованном цветовом пространстве (CIELAB)

3.1.4 **объем цветовой гаммы при дневном освещении** (daylight colour gamut volume): Объем цветовой гаммы дисплея при диффузном освещении полусферой и/или при направленном освещении, падающем на его поверхность, при указанной геометрической конфигурации, спектрах и уровнях освещенности, моделирующих реальные условия дневного освещения.

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте использованы следующие сокращения:

- CCT — коррелированная цветовая температура;
- CIE — Международная комиссия по освещению (МКО);
- CIELAB — цветовое пространство МКО 1976 (L*a*b*) (координаты колориметрической цветовой модели L*a*b* для самосветящихся объектов);
- DUT — испытуемое устройство;
- EPD — электронный дисплей на основе электронной бумаги;
- ILU — встроенное осветительное устройство (например, панель с фронтальной направляющей и подсветкой с кромки);
- ISO — Международная организация по стандартизации (ИСО);
- LED — светодиод;
- LMD — прибор для измерения света;
- RGB — красный, зеленый, синий;
- SDCM — стандартное отклонение от атласа цветов;
- sRGB — стандартное цветовое пространство RGB по МЭК 61966-2-1.

4 Стандартные условия измерений

4.1 Стандартные условия окружающей среды при измерениях

Оптические и электрооптические измерения должны проводиться в стандартных условиях окружающей среды, при температуре (25 ± 3) °C, относительной влажности от 25 % до 85 % и давлении от 86 до 106 кПа. При проведении измерений в других условиях окружающей среды они должны быть указаны в протоколе испытаний.

4.2 Система координат направления обзора

Направление обзора — это направление, с которого наблюдатель смотрит в рассматриваемую точку на испытуемом устройстве (DUT). Во время измерения устройство для измерения света (LMD) имитирует наблюдателя путем направления LMD на рассматриваемую точку, находящуюся на DUT, с направления обзора. Направление обзора определяется двумя углами: углом наклона θ (относительно поверхности, нормальной по отношению к DUT) и углом поворота ϕ (также называемым азимутальным углом), как показано на рисунке 1. Азимутальный угол измеряют в направлении против часовой стрелки, но его относят к направлениям на часах следующим образом: $\phi = 0$ °— направление стрелки на циферблате на «3» («направо»), $\phi = 90$ °— направление стрелки на циферблате на «12» («вверх»), $\phi = 180$ ° — направление на девять («налево») и $\phi = 270$ °— направление стрелки на циферблате на «6» («вниз»).

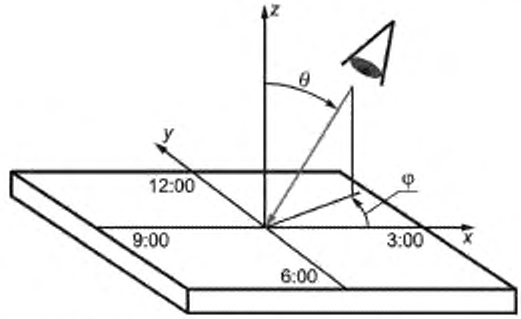


Рисунок 1 — Представление направления обзора или направления измерения, определяемого углом наклона и углом поворота (азимутальным углом) в полярной системе координат

4.3 Стандартные условия освещения

4.3.1 Общие замечания и пояснения относительно измерений дисплеев на основе электронной бумаги

В настоящем стандарте дисплеи на основе электронной бумаги (EPD) рассматривают как отражательные дисплеи. Отражательный информационный дисплей — это дисплей, который модулирует отраженный свет, так что информация передается посредством отраженного света. Отражательные дисплеи не излучают свет, и для наблюдения такой информации требуется свет окружающей среды. Поэтому в технических требованиях по проведению измерений отражательных дисплеев следует включать указания условий освещения во время измерения. Освещение при измерении включает один или более источников света, для каждого из которых должно быть установлено спектральное распределение и геометрия освещенности. Таким образом, чтобы обеспечить повторяемость результатов, измерение рабочих характеристик дисплея должно проводиться при указанных и четко определенных условиях освещенности и регистрации.

Для обеспечения дополнительного освещения с целью компенсации недостатка освещенности в окружающей среде в EPD встроены интегральные осветительные устройства (ILU). Методы измерения, приведенные в настоящем стандарте, выполняются при отключенных ILU.

В 4.3 описан выбор стандартных условий освещения при измерении рабочих характеристик EPD. Дополнительно к стандартной геометрической конфигурации (геометрии) можно измерять EPD при другой освещенности и другой геометрической конфигурации регистрации.

Может потребоваться некоторое время на разогрев. Источник света в ходе всего измерения должен сохранять стабильность в пределах ± 5 %.

4.3.2 Условия темной комнаты

Считается, что EPD необходимо измерять в условиях управляемого освещения. Необходимо минимизировать нежелательное фоновое освещение, обычно за счет освещения дисплея в темной комнате. Вклад спектральной плотности энергетической яркости в темной комнате от фонового освещения, т.е. измеренной спектральной плотности яркости, отраженной от DUT, должен быть не более 1/100 спектральной плотности энергетической яркости от устройства в режиме черного при включенном источнике освещения. В случае невыполнения этого условия, необходимо произвести вычитание «фона», и это следует указать в протоколе испытаний. Помимо этого, если чувствительность устройства измерения света (LMD) недостаточна для измерения при таких низких уровнях, то в протоколе испытаний необходимо указать нижний предел LMD.

Если не указано иное, то условиями стандартного фонового освещения должны быть условия темной комнаты.

4.3.3 Стандартные спектры окружающего освещения

Для проведения оптических и электрооптических измерений отражательных дисплеев при окружающем освещении установлены следующие условия освещенности. Окружающее освещение должно имитировать условия освещения в помещении или снаружи. Для имитации окружающего освещения внутри помещения или освещения вне помещения в условиях дневного света при ясном небе обычно используют комбинацию двух геометрий освещения [1,2]. Для моделирования фонового освещения в комнате с направленным источником света, например, со светильником в закрытой комнате,

или с полусферическим верхним освещением, падающим на дисплей при закрытом солнце, используют однородное полусферическое диффузное освещение. Направленный источник света в темной комнате будет имитировать эффект направленного освещения дисплея от источника в комнате или от прямого солнечного освещения.

Для моделирования условий обзора дисплея в помещении и вне помещения необходимо использовать следующие условия освещения:

a) условия освещения в помещении:

1) однородное диффузное освещение полусферой — используют источник света, хорошо соответствующий CIE стандартному источнику света типа A, CIE стандартному источнику света типа D65 или стандартному источнику света типа D50, указанным в МКО 15. При спектральных измерениях должен быть использован широкополосный источник света с гладким спектром (такой как при аппроксимации CIE стандартного источника света типа A). Измерение коэффициента спектрального отражения при использовании широкого источника света (например, источника света типа A) позволяет рассчитать фотопические и цветовые характеристики в помещении для нужных опорных спектров (например, CIE источник света типа D65). Характеристику производительности следует рассчитать при 300 лк для условий чтения в помещении [3]. При реальном измерении коэффициента отражения при полусферическом диффузном освещении для большей точности измерения могут потребоваться более высокие уровни освещенности. Затем результаты измерений уменьшают в масштабе до необходимых уровней освещения.

2) направленное освещение — следует использовать такой же спектр источника, как при диффузном освещении полусферой. Фотопические и цветовые характеристики в помещении должны быть рассчитаны с помощью направленного освещения 200 лк, падающего на поверхность дисплея при условиях чтения в помещении, когда дисплей ориентирован вертикально. При реальном измерении коэффициента отражения для большей точности измерения могут потребоваться более высокие уровни освещения. Затем результаты измерений уменьшают в масштабе до необходимых уровней освещения. Направленный источник должен находиться под углом 45 ° над нормальной поверхностью (θ_s = 45 °) и иметь стягиваемый угол не более 5 °. Стягиваемый угол определяют, как полное угловое раскрытие источника света от центра области измерения дисплея.

Для расчета контрастности в окружающей среде в условиях освещения в помещении помимо указанных уровней освещения можно использовать другие уровни освещения. Однако полное освещение должно состоять приблизительно из 60 % диффузного освещения полусферой и 40 % направленного освещения.

b) условия освещения при дневном свете:

1) однородное диффузное освещение полусферой — используют источник света, хорошо аппроксимирующий верхний свет со спектральным распределением CIE источника света типа D75 [4]. В зависимости от назначенного применения также можно использовать дополнительные источники дневного света (например, D65). При спектральных измерениях измерения коэффициента спектрального отражения можно выполнять с использованием широкополосного источника света с гладким спектром (такого как при аппроксимации CIE стандартного источника света типа A). Затем можно рассчитать фотопические и цветовые характеристики при верхнем освещении при спектрах CIE источника света D75. Фотопические и цветовые характеристики при верхнем освещении должны рассчитываться при использовании диффузного освещения полусферой 15000 лк (с учетом зеркального отражения), падающего на поверхность дисплея с вертикальной ориентацией [4,5]. При реальном измерении коэффициента отражения при диффузном полусферическом освещении могут потребоваться более низкие уровни освещения. Затем результаты измерений увеличивают в масштабе до необходимых уровней освещения.

2) направленное освещение — источник направленного света должен аппроксимировать CIE источник дневного света D50 [4]. В зависимости от назначенного применения также можно использовать дополнительные источники дневного света (например, D65). При измерении коэффициента отражения можно использовать широкополосный источник света с гладким спектром (такой как при аппроксимации CIE стандартного источника света типа A CIE). Затем можно рассчитать фотопические и цветовые характеристики при солнечном свете со спектрами источника света D50. Контрастность при дневном свете или цвет следует рассчитывать при 65000 лк направленного источника при угле наклона θ_s = 45 ° относительно поверхности дисплея, а устройство измерения света (LMD) должно быть установлено перпендикулярно поверхности дисплея при θ_d = 0°. [4,5]. Реальные измерения коэффициента отражения можно проводить при более низких уровнях освещения. Затем результаты измерений увеличивают

в масштабе до необходимых уровней освещения. Контрастность и цвет рассчитывают при увеличенных уровнях освещенности. Стягиваемый угол направленного источника должен быть приблизительно 0,5 °.

При расчетах фотопической и цветовой характеристик при дневном свете по измерениям коэффициента спектрального отражения необходимо использовать относительные спектральные распределения CEI источников света типа A, D50, D65 и D75, приведенные в таблице в МКО 15. Дополнительные источники дневного света CEI следует определять с помощью соответствующих собственных функций, указанных в МКО 15.

Область ультрафиолетового (UV) (< 380 нм) излучения источника света должна вырезаться UV-заграждающим фильтром. При использовании высоких уровней освещения источника света для минимизации нагревания устройства рекомендуется применять фильтры, блокирующие излучение в инфракрасной области.

4.3.4 Стандартная геометрическая конфигурация освещения

4.3.4.1 Общие положения

Для определения рабочих характеристик EPD необходимо использовать три вида геометрических конфигураций освещения. В 4.3.4 приведены стандартные конфигурации для обеспечения такой геометрии освещения. Также можно использовать дополнительные геометрические конфигурации освещения. В протоколе испытаний должна быть указана подробная информация о геометрической конфигурации освещения, используемая для конкретного измерения. Дополнительные рекомендации относительно должного применения таких конфигураций освещения приведены в стандарте на измерение дисплеев Международного дисплейного общества (SID) [1].

4.3.4.2 Направленное освещение

Направленное освещение получают, когда падающие на DUT лучи, формируемые источником света, почти параллельны. Максимальные отклонения лучей от оптической оси зависят как от диаметра источника, так и от диаметра пятна измерения. Максимальный угол отклонения от оптической оси задается формулой

$$\arctan\left([r_{ms} + r_s]/|d|\right) < 5°, \quad (1)$$

где r_s — радиус источника;

d — расстояние до пятна измерения;

r_{ms} — радиус пятна измерения.

Освещенность на поперечном сечении пучка должна быть однородной с отклонением не более 5 %. Направленное освещение может обеспечить источник света, находящийся на достаточном расстоянии от DUT (например, солнце и луна). При моделировании внешнего направленного освещения в окружающей среде, например солнца или луны, стягивание источника (наблюдаемое со стороны DUT) должно быть ≤ 0,5 °.

Направленное освещение можно реализовать с тремя разными типами источников, когда размеры источников достаточно малы по сравнению с расстоянием между источником и пятном измерения на образце. Соответствующие геометрические конфигурации приведены на рисунке 2:

- плоский ламбертовский источник, например, выходная прорезь на фотометрическом шаре (шаре Ульбрихта) (верхняя конфигурация),
- сферический изотропный источник (например, лампа накаливания в рассеивающей стеклянной сфере) (средняя конфигурация),
- проекционная система с линзами или зеркалами (нижняя конфигурация).

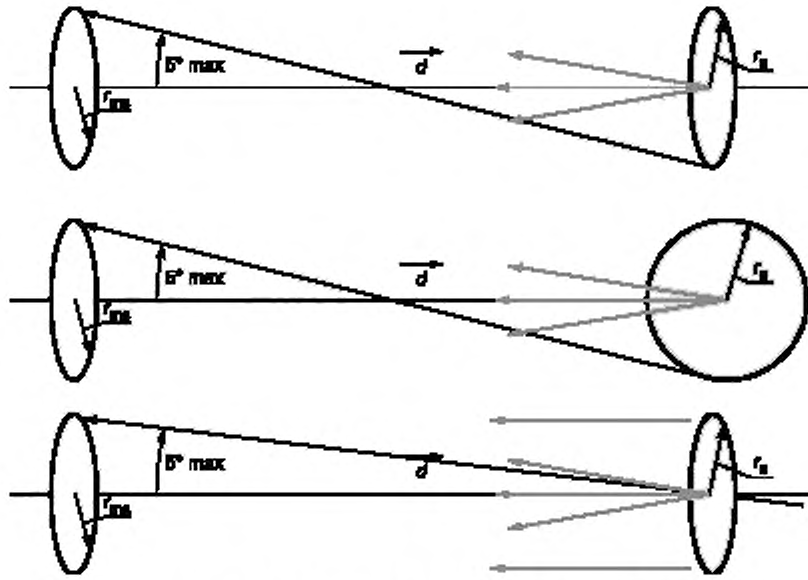


Рисунок 2 — Примеры направленного освещения

Направленное освещение реализуется за счет использования источника света с малым диаметром (по сравнению с расстоянием до пятна измерения), ориентированного так, чтобы образовался угол наклона θ_S относительно поверхности, перпендикулярной к DUT. Такой направленный источник света создает на DUT пятно освещения. Устройство измерения света (LMD) устанавливают под углом наклона θ_R в плоскости падающего луча, а его поле измерения концентрируется в рамках пятна освещения. Источник света и LMD могут устанавливаться в некоторой области углов наклона, но LMD должно оставаться в плоскости падения (т.е. $\phi_S = \phi_R + 180°$). Такая конфигурация приведена на рисунке 3 (слева) вместе с представлением в полярной системе координат (справа). Поле измерения на DUT определяется элементом площади DUT, который отображается на детекторе/приемном устройстве в LMD.

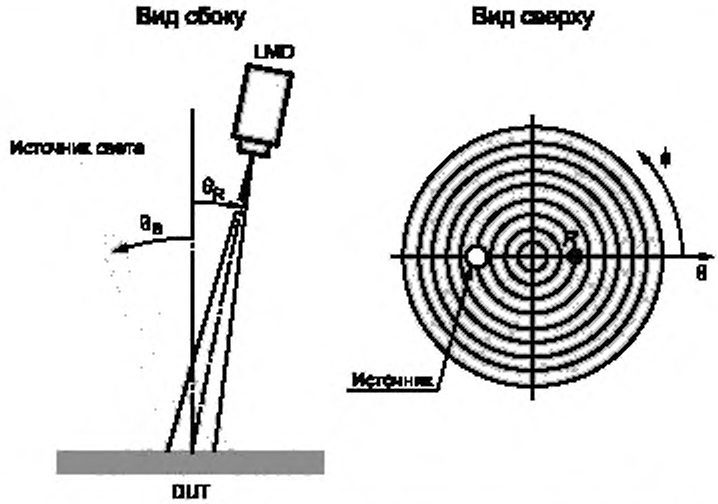


Рисунок 3 — Пример измерительной установки при использовании направленного освещения при $\theta_S = 40°$ и $\theta_R = 30°$

Стандартными условиями являются θ_S = 45 ° и θ_R = 0 °. Для обеспечения погрешности измерения в пределах ± 5% рекомендуемая погрешность установки должна быть не более ± 0,4 °.

4.3.4.3 Освещение кольцевым светильником

Освещение кольцевым светильником можно рассматривать как особый случай направленного освещения. Кольцевой светильник обеспечивает направленное освещение с вращательной симметрией относительно поверхности дисплея, перпендикулярное ей и сконцентрированное на пятне измерения. Освещение кольцевым светильником можно реализовать посредством использования:

- волоконно-оптического кольцевого светильника;
- фотометрического шара с кольцеобразной апертурой (кольцо);
- оптических систем с линзами и зеркалами, например, с вогнутым зеркалом в виде кольца.

Кольцеобразный источник света, центрированный относительно поверхности, перпендикулярной к DUT, освещает его с угла наклона $\theta_S \pm \Delta$ при всех азимутальных углах ϕ_S от 0 до 360°. LMD устанавливают так, чтобы образовался угол $\theta_R < \theta_S - \Delta$ относительно поверхности, перпендикулярной DUT. На рисунке 4 представлен вид сбоку измерительной установки (левый рисунок) и ее представление в полярной системе координат (правый рисунок). Более подробная информация по характеристикам кольцевого светильника приведена на рисунке 5. Должно быть установлено стягивание кольцевого светильника (в данном случае 2Δ). Источник света и детектор должны быть установлены при указанной геометрической конфигурации с точностью в пределах ± 3°. Освещение пятна измерения на DUT должно быть однородным в пределах 5%. Такая установка используется при фиксированном источнике света, а LMD может быть отрегулирован в пределах открытия кольцевого светильника. Стандартными условиями являются θ_R = 0° и угол наклона источника $\theta_S \pm \Delta$ = 45 °± 3°.

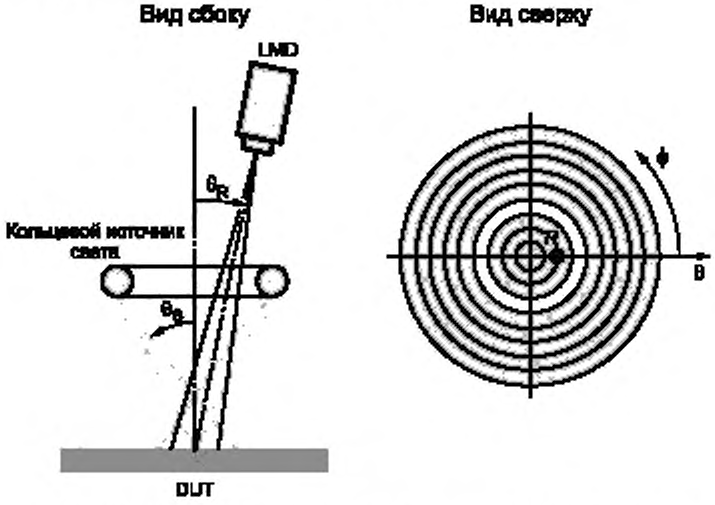
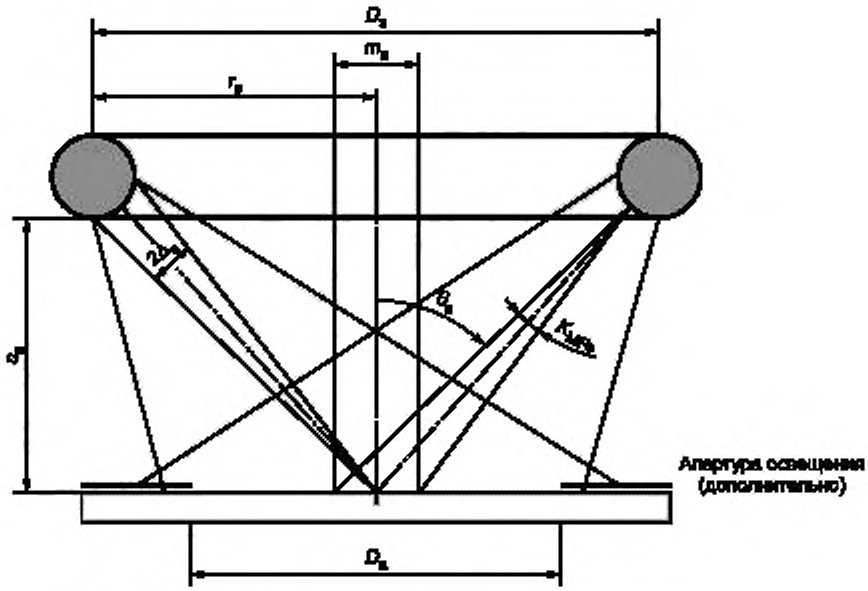


Рисунок 4 — Пример измерительной установки с освещением кольцевым светильником при $\theta_S \pm \Delta$ = 35° ±5 ° и θ_R = 20 °

Для обеспечения погрешности измерения в пределах ± 5% рекомендуется, чтобы кольцевой светильник и LMD имели точность установки ± 0,7°. При моделировании направленного освещения во внешней окружающей среде с использованием кольцевого светильника стягивание 2Δ источника (наблюдаемое со стороны DUT) должно быть ≤ 0,5°. В данном случае рекомендуется использовать волоконно-оптический кольцевой светильник.



$2\Delta_s$ — стягивание кольцевого светильника, θ_s - наклон кольцевого светильника;
c_s — расстояние до кольцевого светильника, r_s — радиус светильника, D_s — ширина кольцевого светильника.
m_a — поле измерения, D_a — поле освещения (апертура) K_{MFs} — стягивание подсветки поля измерений

Рисунок 5 — Подробная схема представления характеристик кольцевого светильника

Максимальный угол отклонения от оптической оси задается формулой

$$\arctan\left(\frac{c_s}{r_s}\right) - \arctan\left(\frac{c_s}{r_s - \frac{m_a}{2}}\right) < 5^\circ. \qquad (2)$$

Следовательно, диаметр кольцевого светильника, D_s, должен быть, по крайней мере, в шесть раз больше диаметра поля измерения, m_a.

Диаметр площади освещения, D_a, должен быть, по крайней мере, в полтора раза больше диаметра поля измерения, m_a.

Если дисплей состоит из тонких слоев, расположенных на отражательной поверхности, необходимо тщательно измерять расстояние от кольцевого светильника, c_s, до самого дальнего видимого слоя дисплея, а не до фронтальной поверхности дисплея.

Если свет, отраженный от дисплея, дает асимметричную диаграмму рассеяния (например, матричное рассеяние), то при измерениях с направленным освещением необходимо использовать источник в виде кольцевого светильника [8]. Если при асимметричном рассеянии используют направленный источник, результаты могут быть невоспроизводимыми.

4.3.4.4 Полусферическое освещение

Полусферическое освещение — это всенаправленный/ненаправленный свет, равномерно падающий на поверхность дисплея. Его можно использовать для моделирования фонового диффузного освещения в условиях помещения или диффузного освещения верхним наружным светом (при блокировке прямого солнечного света). В случае реальной полусферы падающие лучи света постоянной яркости равномерно распределены по всем углам падения на пятно измерения. На рисунке 6 приведены два примера возможных конфигураций измерения. Хорошую аппроксимацию идеального полусферического освещения (т.е. постоянную яркость со всех направлений, вплоть до угла падения 90°) можно обеспечить только с помощью фотометрических шаров, когда диаметр измерительной прорези (рисунок 6, конфигурация А) или эталонного отверстия (конфигурация В) мал по сравнению с диаметром сферы. Если имеется фотометрический шар, размеры которого, по крайней мере, в семь раз больше

физической внешней диагонали дисплея, дисплей можно установить в центр шара (рисунок 6, конфигурация А). Для больших дисплеев более подходит образцовый шар/эталонная сфера (рисунок 6, конфигурация В) или полусфера (см. МКО 38). Во всех случаях конфигурация должна отвечать стандартной геометрии освещения/регистрации от *di*=8° до *di*=10°, где *di* — стандартное обозначение диффузии. При выполнении измерений с полусферическим освещением необходимо следовать следующей процедуре:

a) установить дисплей в центр фотометрического шара/полусферы или напротив эталонного отверстия эталонной сферы;

b) установить необходимое освещение на пятне измерения. Цветовую температуру и спектры освещения можно измерить по отраженному свету от стандартного образца с коэффициентом диффузного отражения белого, установленного вблизи площади измерения дисплея (рисунок 6, конфигурация А), или от стенки эталонной сферы, соседней с эталонным отверстием (рисунок 6, конфигурация В). В протоколе испытаний должны быть указаны тип используемого источника света и его коррелированная цветовая температура (CCT);



Рисунок 6 — Пример геометрической конфигурации измерения при полусферическом освещении с использованием фотометрического шара (слева) и эталонной сферы (справа)

c) установить LMD так, чтобы наблюдался центр дисплея через измерительную прорезь в стенке сферы при угле падения $8°\begin{pmatrix}-2\\0\end{pmatrix}°$ относительно нормали к дисплею. Также можно реализовать необходимый угол наклона LMD за счет наклона дисплея в рамках фотометрического шара. LMD фокусируют на поверхность дисплея;

d) диаметр пятна измерения должен быть больше эффективной апертуры линз LMD в пределах от 20 % до 30 %. Чтобы минимизировать негативное воздействие вуалирующей блесткости на измерение отраженной яркости необходимо позаботиться о том, чтобы не допустить прямого света от источников или ярких отражений от какой-либо поверхности (не являющейся самим экраном), от воздействия на линзы LMD. LMD необходимо убрать из пятна измерения, чтобы яркие стенки сферы были для него невидимы. Кроме того, обычно требуется, чтобы диаметр эталонного отверстия был больше 25 мм, чтобы поле обзора LMD полностью входило в эталонное отверстие;

e) измерительная прорезь не должна находиться на линзах. Малый диаметр находится вблизи LMD, а большой диаметр — внутри сферы;

f) спектральная облученность или освещенность на дисплее может быть измерена с помощью стандартного образца с коэффициентом диффузного отражения белого при известном коэффициенте спектрального отражения при полусферическом диффузном освещении $R(\lambda)$ или коэффициента отражения с фотопическим взвешиванием (или света) при полусферическом диффузном освещении R. Стандартный образец с коэффициентом диффузного отражения белого должен калиброваться при однородном полусферическом диффузном освещении в фотометрическом шаре. При использовании фотометрического шара (конфигурация А) или полусферы этот стандартный образец необходимо установить на поверхности дисплея. Если t — толщина эталона с коэффициентом диффузного отражения белого, то его необходимо поместить на поверхность на расстоянии от $5t$ до $7t$ от площади измерения.

Также рядом и в той же плоскости, что и дисплей, можно поместить стандартный образец с коэффициентом отражения белого, если освещение сферы на этом расстоянии однородное. В случае эталонной сферы спектральная облученность может определяться путем измерения внутренней стенки сферы рядом с эталонным отверстием [6]. Коэффициент полусферического диффузного спектрального отражения при полусферическом диффузном освещении или коэффициент отражения света от внутренней стенки сферы при полусферическом диффузном освещении можно определить путем сравнения спектральной плотности энергетической яркости (или яркости) стенки с этими же параметрами калиброванного стандартного образца с коэффициентом диффузного отражения белого, находящегося в эталонном отверстии [т.е $R_{wall} = R_{std}\ (L_{wall}/L_{std})$];

g) при использовании эталонной сферы, площадь измерения дисплея должна состоять из более чем пятисот пикселей изображения. Рекомендуется, чтобы эталонная сфера была, по крайней мере, в шесть раз больше диаметра эталонного отверстия. Если между излучающей поверхностью дисплея и раскрытием эталонного отверстия расстояние довольно существенное, то может потребоваться увеличить размер эталонного отверстия [7].

Стандартными условиями являются $\theta_R = 8\ °$ и стягивание источника $2\theta_{S\text{-}max} \geq 170\ °$. Освещение пятна измерения на DUT должно быть однородным в пределах 5 %.

4.4 Стандартные режимы измерительного оборудования

4.4.1 Общие положения

Стандартные режимы оборудования приведены ниже. Любые отклонения от этих режимов должны быть указаны в протоколе испытания.

Измерения должны начинаться после того, как EPD, источник освещения и измерительные приборы войдут в устойчивый режим.

4.4.2 Настройка EPD

EPD необходимо установить на номинальные значения данной конструкции изделия, и они должны быть точно указаны в протоколе испытания. Если уровни не определены, необходимо использовать максимальный уровень контрастности, и установки следует привести в протоколе испытания. Эти настройки необходимо сохранять постоянными при всех измерениях, если не указано иное.

4.4.3 Режимы измерительного оборудования

Свет, отраженный от EPD, обычно измеряют в фотометрических или колориметрических единицах: яркости для фотометра или координатах цвета (X, Y, Z) стандартного колориметрического наблюдателя МКО 1931 для колориметра. Спектрорадиометр также может получать фотометрические и колориметрические значения посредством цифрового преобразования измеренных данных спектральной плотности энергетической яркости (пример приведен в [9]). Обычно это неконтактные приборы без источника освещения. Для таких приборов существуют следующие требования:

a) стандартная измерительная установка приведена на рисунке 7. Устройство измерения света должно быть измерителем яркости, колориметром или спектрорадиометром. Спектрорадиометр должен быть способен измерять спектральную плотность энергетической яркости, по крайней мере, в диапазоне длин волн от 380 до 780 нм с максимальной шириной полосы 10 нм при гладких широкополосных спектрах. Для источников света с резкими спектральными характеристиками, таких как светодиоды и люминесцентные лампы, максимальная полоса должна быть ≤ 5 нм. Спектральная ширина полосы спектрорадиометра должна иметь значение, равное целому числу, умноженному на интервал выборки. Например, для ширины полосы 5 или 10 нм можно использовать интервал выборки 5 нм.

Необходимо обеспечить, чтобы LMD имело достаточную чувствительность и динамический диапазон для выполнения необходимой задачи. Измеряемый сигнал LMD должен быть, по крайней мере, в десять раз больше уровня темного (порог шума) LMD и не больше 85 % уровня насыщения;

b) LMD должен быть сфокусирован на плоскость изображения дисплея и устанавливать перпендикулярно его поверхности, если не указано иное;

c) относительная неопределенность и повторяемость всех измерительных устройств должна обеспечиваться за счет выполнения схемы калибровки, рекомендованной поставщиком прибора.

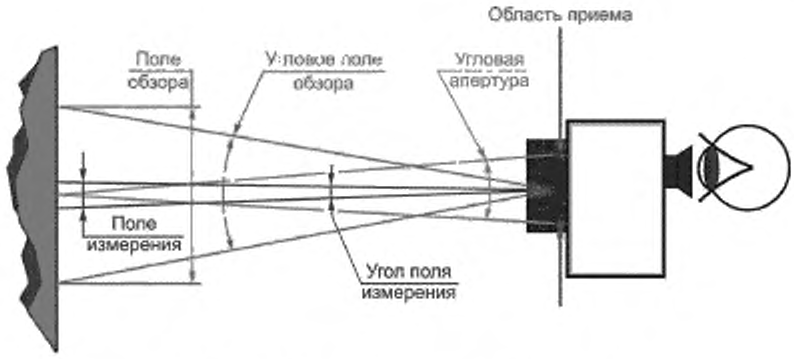


Рисунок 7 — Схема измерительной установки

d) время накопления/интегрирования LMD должно равняться целому числу периодов кадровой развертки при синхронизации с частотой кадров/скоростью сканирования/частотой воспроизведения кадров на экране дисплея или время накопления/интегрирования должно быть более двухсот периодов кадровой развертки;

e) при измерении матричных дисплеев LMD необходимо направить на поле измерения, включающее более пятисот пикселей. Если требуются более маленькие площади измерения, необходимо подтвердить соответствие при пятистах пикселях;

f) рекомендуемое измерительное расстояние составляет от 20 до 50 см. Измерительное расстояние должно быть указано в протоколе испытаний;

g) угловая апертура должна быть ≤ 5 °, а угол поля измерения ≤ 2 ° (рисунок 7). Если установить указанный угол апертуры затруднительно, то для обеспечения поля измерения более пятисот пикселей можно настроить измерительное расстояние и угол апертуры;

h) поле измерения LMD должно быть центрировано и полностью входить в освещенное пятно измерения на DUT;

i) дисплей должен работать при его проектной частоте полей. Если для управления панелью используют отдельное устройство сигнала запуска, условия запуска должны быть указаны в протоколе испытаний.

Помимо LMD, формирующих среднее значение измеряемой величины по всему рассматриваемому пятну (т.е. апертурных фотометров с полем или пятном измерения), существует класс формирующих изображение LMD, которые выдают значение (или матрицу значений, например, R, G и B) для каждого отдельного элемента-площадки на DUT. Каждое LMD может заменить последовательное механическое сканирование поверхности дисплея за счет изображения всей активной площади DUT и последующей оценки данных.

При использовании LMD, формирующих сигналы изображения, следует рассмотреть следующие аспекты:

- рассеянный свет в LMD (например, блик в объективе, вуалирующую блесткость);
- неравномерность чувствительности в зоне детектора;
- изменение освещения детектора по $\cos^4\theta$.

Помимо класса LMD, формирующих изображение поля измерения на детекторе, также есть класс LMD, которые непосредственно создают изображение направленного распределения излучения света от поля измерения на DUT. Такие устройства формирования изображения включают «коноскопические LMD» [10] и сферы изображения («parousiameter») [11].

4.4.4 Контактные измерения с интегрированными приборами освещения/регистрации

Для измерений света также можно использовать некоторые контактные спектрофотометры, в которых есть как источник кольцевого света, так и LMD. При использовании таких приборов для получения точных результатов их геометрия освещения и рекомендации относительно LMD должны отвечать требованиям, сформулированным в 4.3.4 и 4.4.3. Критичными параметрами являются размер площади освещения, площадь измерения и геометрия источника освещения. Контактные приборы могут быть устройствами, не спроектированными для работы со сложными многослойными структурами в EPD, и должны использоваться с осторожностью. Многие интегральные устройства не отвечают требованиям

такой работы и не должны использоваться. Возможность использования контактных приборов должна подтверждаться неконтактным прибором (например, спектрорадиометром с подсветкой).

Наряду с результатами в протоколе испытания всегда должны быть указаны изготовитель, модель и опции конфигураций устройств.

4.5 Рабочие стандартные образцы и эталоны

4.5.1 Стандартный образец диффузного отражения

Стандартный образец диффузного отражения белого может быть получен при диффузном отражении 98 % или более. Они также доступны в разных уровнях яркости. Измерение яркости L_{std} по таким стандартным образцам отражения может быть использовано для определения освещенности E на стандартном образце при определенной геометрии детектора и спектра освещенности, и конфигурации, задаваемое формулой

$$E = \frac{\pi L_{std}}{R_{std}}, \quad (3)$$

где R_{std} — калиброванный коэффициент отражения света для данной конфигурации измерения.

Когда конфигурация освещения представляет собой однородное полусферическое освещение, тогда R_{std} эквивалентен коэффициенту отражения света ρ_{std}. Значение коэффициента отражения света, относящееся к стандартному образцу, справедливо только при полусферическом освещении, при котором он был откалиброван. Если его используют с направленным источником при любом угле, то нет оснований ожидать, что значение коэффициента отражения будет корректным значением коэффициента отражения света для такой конфигурации освещения или спектров.

Термины «отражение света» и «коэффициент отражения света» сокращают до «отражения» и «коэффициента отражения» соответственно.

4.5.2 Стандартный образец зеркального отражения

Яркость источника L_s определяют по измеренному значению яркости L_{std} изображения мнимого источника в виде отражения от черного стекла и зеркальному отражению света ζ_{std} черного стекла при используемой конфигурации измерения может быть использовано черное стекло (например, BG-1000) или абсорбционный светофильтр очень высокой концентрации нейтральных частиц (плотность четыре или выше) из формулы

$$L_s = \frac{L_{std}}{\zeta_{std}}. \quad (4)$$

При выполнении зеркальных измерений детектор фокусируют на мнимое изображение источника. Черное стекло можно рассматривать как переднюю поверхность зеркала, имеющего низкий коэффициент зеркального преломления от 4 % до 5 %. Если конфигурация измерения не позволяет измерять яркость источника напрямую, а только с помощью зеркала, может быть полезен стандартный образец черного стекла. Низкий коэффициент зеркального отражения черного стекла позволяет провести измерение яркости источника приблизительно при величине того же порядка, что и при измерении отражения.

Коэффициент зеркального отражения черного стекла зависит от зеркального угла, спектра освещения и от чистоты его поверхности. При изменении конфигурации измерения калибровку необходимо повторить [1].

4.6 Стандартные позиции поля измерений

4.6.1 Матричные дисплеи

Измерения яркости, спектрального распределения и/или трех основных цветов можно выполнять в нескольких указанных позициях на поверхности DUT. С этой целью лицевую поверхность дисплея делят на двадцать пять идентичных воображаемых прямоугольников (см. рисунок 8). Измерения проводят в центре каждого прямоугольника, если не указано иное. Прямоугольники нумеруют, начиная от центра к краям спирально по часовой стрелке. Необходимо позаботиться, чтобы поля измерения на дисплее не пересекались. Размещение поля измерения в установленные позиции в горизонтальном, H, и вертикальном, *V*, направлении должно быть в пределах 7 % от *H* и *V* соответственно. Дисплей или детектор должны перемещаться в горизонтальном и вертикальном направлении для выполнения измерений в нужных позициях дисплея, при этом все измерения выполняют на направлении, перпендикулярном к экрану. Любое отклонение от указанных выше стандартных позиций необходимо указать в протоколе испытаний.

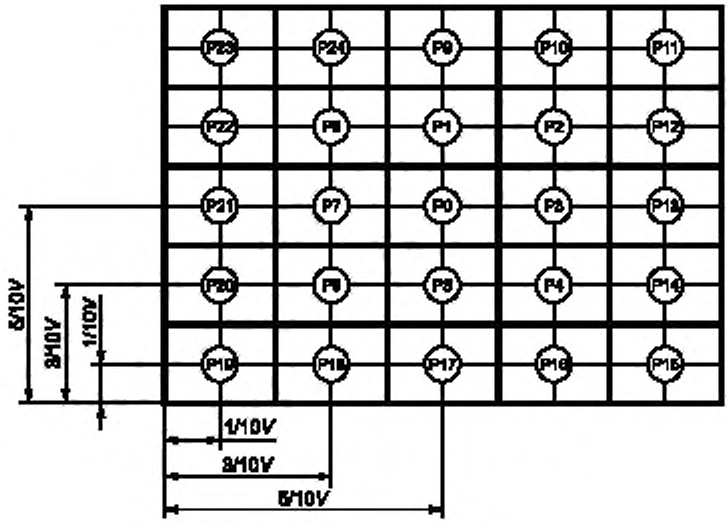


Рисунок 8 — Стандартные позиции измерений

4.6.2 Сегментные дисплеи

Стандартные измерительные позиции у таких дисплеев аналогичны тем, что установлены для указанных выше матричным дисплеям. Однако для сегментных дисплеев все измерения должны выполняться в центре сегмента, а выбранный сегмент должен быть как можно ближе к центру назначенного прямоугольника. Таким образом, если необходимо выполнить измерение в позиции P_i (i = 0 до 24), для позиционирования детектора следует использовать геометрический центр сегмента самого близкого к центру прямоугольника P_i. Любое отклонение от указанных выше стандартных позиций необходимо указать в технических условиях на конкретную продукцию.

Поле измерения должно полностью входить в сегмент.

5 Оптические методы измерений

5.1 Измерения отражения

5.1.1 Цель

Цель настоящего метода состоит в определении коэффициента отражения EPD при определенных условиях освещения.

5.1.2 Условия измерения

a) аппаратура:

Источник мощности сигнала запуска; оборудование сигнала запуска; фотометрический шар, эталонная сфера или полусфера; и направленный источник света. Для спектральных измерений требуется спектрорадиометр, который может измерять яркость и спектральную плотность энергетической яркости, а также эталон с коэффициентом диффузного отражения белого с известным коэффициентом спектрального отражения при полусферическом диффузном освещении и коэффициентом спектрального отражения при направленном освещении, откалиброванным для назначенной конфигурации измерения. Для фотометрических измерений требуется детектор, способный измерять яркость, и необходим эталон с коэффициентом диффузного отражения белого с известным коэффициентом отражения света при полусферическом диффузном освещении и коэффициентом отражения при направленном освещении, откалиброванным для назначенной конфигурации измерения и назначенных спектров источника. Также можно использовать контактный спектрофотометр, если доказана возможность его применения при сравнении с откалиброванным неконтактным спектрорадиометром или фотометром;

b) условия освещения:

Необходимо обеспечить условия, создаваемые стандартным направленным кольцевым светильником, или полусферическое освещение. Спектры освещения должны аппроксимироваться CIE

источником света D50 или D65. В ином случае необходимо использовать широкополосный источник видимого света с гладким спектром в устойчивом режиме (например, лампу накаливания). В протоколе испытаний должна быть указана используемая конфигурация освещения/регистрации и ССТ источника света;

c) за исключением стандартных условий освещения окружающей среды все другие условия являются стандартными условиями измерений.

5.1.3 Измерение коэффициента спектрального отражения при полусферическом диффузном освещении

a) поместить дисплей в фотометрический шар или эталонную сферу согласно рисунку 6. Установить полусферическое диффузное освещение фотометрического шара или эталонной сферы на нужную ССТ. Подождать, пока источник света стабилизируется.

Примечание — Изменение освещения в шаре/сфере можно наблюдать с помощью фотопического детектора, установленного на шаре/сфере;

b) установить на DUT полный экран нужного цвета *Q* (обычно красного, зеленого, синего или белого) при наибольшем уровне отражения, где *Q* — переменная от используемого цвета;

c) сфокусировать LMD через измерительную прорезь на поверхность дисплея при нужной позиции дисплея и при угле от 8 ° до 10 ° относительно нормали к поверхности дисплея. Измерить спектральную плотность энергетической яркости $L_{Q,hemi}(\lambda)$ или яркость $L_{Q,hemi}$ в нужной позиции измерения на дисплее, когда для колориметра $L_{hemi} = Y_{hemi}$. При спектральных измерениях яркость дисплея $L_{Q,hemi}$ можно рассчитать с помощью следующего уравнения

$$L = 683\int_{\lambda} L(\lambda)V(\lambda)d\lambda, \tag{5}$$

где $V(\lambda)$ — функция фотопической относительной световой эффективности, указанная в МКО 15.

Примечание — В настоящем стандарте спектральные измерения, например, спектральной плотности энергетической яркости, будут конкретно определяться их зависимостью от длины волны [например, $L_{Q,hemi}(\lambda)$], тогда как их фотометрическая эквивалентная яркость не будет иметь отчетливой зависимости от длины волны (например, $L_{Q,hemi}$);

d) направить LMD в центр калиброванного стандартного образца с коэффициентом диффузного отражения белого и измерить его спектральную яркость $L_{std,hemi}(\lambda)$ или яркость $L_{std,hemi}$, когда дисплей имеет нужный цветовой режим *Q*. В случае эталонной сферы $L_{std.hemi}(\lambda)$ и $L_{std,hemi}$ являются спектральной яркостью и яркостью соответственно, которые измерены от стенки сферы соседней с эталонным отверстием;

e) рассчитать коэффициент спектрального отражения дисплея $\rho_Q(\lambda)$ при полусферическом диффузном освещении или коэффициент отражения света дисплея ρ_Q при том же освещении для нужного цвета *Q* при конфигурации освещения/регистрации, используемой в измерении.

При спектральных измерениях используют следующее уравнение

$$\rho_Q(\lambda) = \rho_{std}(\lambda)\frac{L_{Q,hemi}(\lambda)}{L_{std,hemi}(\lambda)}, \tag{6}$$

где $\rho_{std}(\lambda)$ — известный коэффициент спектрального отражения стандартного образца с коэффициентом диффузного отражения белого при полусферическом освещении или стенки эталонной сферы при той же геометрии измерения.

Коэффициент отражения света дисплея при полусферическом диффузном освещении при нужных спектрах полусферического диффузного освещения $E_{hemi}(\lambda)$, определенный с помощью коэффициента спектрального отражения $\rho_Q(\lambda)$ при использовании следующего уравнения

$$\rho_Q = \frac{\int_{\lambda}\rho_Q(\lambda)E_{hemi}(\lambda)V(\lambda)d\lambda}{\int_{\lambda}E_{hemi}(\lambda)V(\lambda)d\lambda}. \tag{7}$$

Для моделирования полусферического диффузного освещения вне помещения следует использовать CIE источник света D75, а для моделирования диффузного освещения в помещении — источники света D50 и D65. Необходимо применять относительные спектральные распределения CIE источников

света D50, D65 и D75 типа A, указанные в таблице, приведенной в МКО 15. При использовании дополнительных источников дневного света должно быть применено следующее уравнение, приведенное в CIE 15:

$$E(\lambda) = E_0(\lambda) + M_1E_1(\lambda) + M_2E_2(\lambda), \quad (8)$$

где E_0, E_1 и E_2 — собственные функции, указанные в таблице, приведенной в МКО 15,
M_1 и M_2 — собственные функции, определенные в том же документе.

Например, в таблице 1 приведены M_1 и M_2 для случая использования источников света D50 и D75.

Таблица 1 — Собственные функции M_1 и M_2 для CIE источников дневного света D50 и D75

Собственные функции	Коррелированная цветовая температура, К	
	5000	7500
M_1	– 1,0401	0,14358
M_2	0,36666	– 0,75993

При измерениях яркости используют фотометрический эквивалент уравнения (6)

$$\rho_Q = \rho_{std}\frac{L_{Q,hemi}}{L_{std,hemi}}. \quad (9)$$

Это соотношение справедливо только когда измерение проводят при той же геометрической конфигурации и спектральном распределении, которые использовались при калибровке стандартного образца диффузного отражения белого ρ_{std}. Дополнительно, любой расчет рабочих характеристик дисплея использующий диффузное отражение света при полусферическом диффузном освещении при применении фотометрического метода с использованием уравнения (9) справедлив только при источниках света с аналогичными спектрами и геометрией;

f) зарегистрировать в протоколе испытаний ССТ испытательного освещения дисплея, конфигурацию испытания, ρ_Q, и освещенность E_{hemi} на стандартном образце диффузного отражения белого. При спектральных измерениях сначала определяют спектральную облученность $E_{hemi}(\lambda)$ с использованием $L_{std,hemi}(\lambda)$ в виде зависимого от длины волны уравнения (3). Затем можно определить освещенность E_{hemi} по общей формуле

$$E = 683\int_{\lambda} E(\lambda)V(\lambda)d\lambda. \quad (10)$$

Для измерений освещенности, яркость E_{hemi} определяют непосредственно из уравнения (3) с использованием освещенности стандартного образца отражения белого $L_{std,hemi}$.

5.1.4 Измерение коэффициента отражения для направленного источника света

a) установить LMD на нужный угол обзора дисплея;

b) сориентировать направленный источник в нужной геометрической конфигурации освещения. В общем случае следует использовать геометрию отдельного направленного источника, если у дисплея нет сильного матричного рассеяния. Для дисплеев с матричным рассеянием следует использовать источник кольцевого света. Включить направленный источник света на нужную ССТ и выдержать его до стабилизации. Отрегулировать интенсивность источника так, чтобы свет, отраженный от дисплея, создавал на LMD сильный сигнал;

c) установить на DUT на полный экран нужного цвета Q при наибольшем уровне отражения;

d) измерить спектральную плотность энергетической яркости $L_{Q,dir}(\lambda)$ или яркость $L_{Q,dir}$ в нужной позиции измерения на дисплее, где для колориметра $L_{Q,dir} = Y_{Q,dir}$. При спектральных измерениях яркость $L_{Q,dir}$ дисплея с направленным освещением можно рассчитать с помощью уравнения (5);

e) удалить дисплей и поместить стандартный образец диффузного отражения белого в ту же плоскость измерения, что и LMD;

f) измерить спектральную плотность энергетической яркости $L_{std,dir}(\lambda)$ или яркость $L_{std,dir}$ калиброванного стандартного образца диффузного отражения белого. При спектральных измерениях спектральную облученность $E_{dir}(\lambda)$ на стандартном образце диффузного отражения белого и дисплее можно определить в виде зависимого от длины волны уравнения (3), где $R(\lambda) = R_{std,dir}(\lambda)$ — известный коэффи-

циент спектрального отражения для стандартного образца диффузного отражения белого при той же конфигурации. Освещение E_{dir} на дисплее можно рассчитать по уравнению (10). При фотометрических измерениях освещение E_{dir} рассчитывают непосредственно по уравнению (3);

g) рассчитать коэффициент спектрального отражения $R_{dir}(\lambda)$ или коэффициент отражения света R_{dir} для цвета дисплея при направленном освещении для геометрии освещения/регистрации, в которой проводились измерения.

При спектральных измерениях коэффициент спектрального отражения $R_{dir}(\lambda)$ определяют с помощью следующего уравнения

$$R_{Q,dir}(\lambda) \triangleq R_{std,dir}(\lambda)\frac{L_{Q,dir}(\lambda)}{L_{std,dir}(\lambda)}. \quad (11)$$

Для расчета коэффициента отражения света $R_{Q,dir}$ для дисплея с цветом Q при направленном освещении с нужным спектральным распределением можно использовать следующее уравнение

$$R_{Q,dir} \triangleq \frac{\int_{\lambda} R_{Q,dir}(\lambda)E_{dir}(\lambda)V(\lambda)d\lambda}{\int_{\lambda} E_{dir}(\lambda)V(\lambda)d\lambda}, \quad (12)$$

где $E_{dir}(\lambda)$ — относительное спектральное распределение при нужных спектрах освещения.

Для имитации среды освещения в помещении в данном расчете следует использовать те же спектры освещения, что и для коэффициента отражения при полусферическом диффузном освещении [уравнение (7)]. При имитации среды освещения вне помещения с прямым солнечным светом для $E_{dir}(\lambda)$ должен быть использован CIE источник света D50.

При фотометрических измерениях для определения R_{dir} используют уравнение, аналогичное уравнению (11). Такое уравнение справедливо только при проведении измерения при той же геометрической конфигурации и с тем же спектральным распределением, которые использовались при калибровке стандартного образца диффузного отражения белого $R_{std,dir}$;

h) зарегистрировать в протоколе испытаний ССТ освещения дисплея при испытании, параметры детектора (угол обзора, угол поля измерения, расстояние до образца), параметры источника освещения (угол падения, стягиваемый угол, расстояние до образца, дивергенция пучка/луча), $R_{Q,dir}$ и уровень измеренного освещения E_{dir}.

5.2 Фотометрическая плоскостная однородность дисплея

5.2.1 Цель

Цель настоящего метода состоит в определении фотометрической плоскостной однородности EPD при использовании стандартных условий полусферического диффузного освещения.

5.2.2 Измерительное оборудование

a) аппаратура:

Измеритель яркости, колориметр или спектрорадиометр, источник мощности сигнала запуска, оборудование сигнала запуска, приспособление для перевода дисплея или детектора/источника в вертикальное или горизонтальное положение и стандартный образец диффузного отражения белого, калиброванный для используемой геометрии освещения/регистрации. Также можно использовать контактный спектрофотометр, если было продемонстрировано, что его результаты справедливы при сравнении с калиброванным неконтактным спектрорадиометром, колориметром или фотометром;

b) условия освещения:

Должно быть использовано стандартное направленное кольцевое освещение или полусферическое освещение. Спектры освещения должны аппроксимировать CIE источник света D50 или D65. В ином случае можно использовать стабильный широкополосный источник видимого света с гладким спектром (например, лампу накаливания). В протоколе испытаний должны быть указаны используемая геометрическая конфигурация освещения/регистрации и ССТ источника света.

5.2.3 Метод измерения

5.2.3.1 Полусферическое освещение

a) установить стандартную конфигурацию полусферического освещения/регистрации;

b) поместить дисплей в плоскость измерения источника света и детектора. Установить на дисплее полный экран нужного цвета Q при наибольшем уровне отражения. Выдержать источник света, детектор и дисплей до состояния стабилизации;

c) если дисплей маленького размера и находится в фотометрическом шаре, повернуть его боком в плоскости измерения и выполнить последовательные измерения в пяти местах (позиции P_0, P_{11}, P_{15}, P_{19} и P_{23}) или в девяти местах (позиции P_0, P_9, P_{11}, P_{13}, P_{15}, P_{17}, P_{19}, P_{21} и P_{23}), указанных на рисунке 8. Если дисплей имеет большие размеры и используется эталонная сфера или полусфера, повернуть сферу или полусферу в сторону каждой из тех же пяти или девяти позиций на дисплее. В каждой позиции P_i. Измерить отражение света $\rho_{Q,Pi}$. При измерениях спектрорадиометром в каждой позиции определить спектральное отражение $\rho_{Q,Pi}(\lambda)$. Затем рассчитать эквивалентное отражение света для CIE источников света D50 или D65 в каждой позиции.

5.2.3.2 Направленное освещение

a) установить стандартную конфигурацию направленного освещения/регистрации;

b) разместить дисплей в плоскость измерения источника света и детектора. Установить на дисплее полный экран нужного цвета *Q* при наибольшем уровне отражения. Выдержать источник света, детектор и дисплей до состояния стабилизации;

c) повернуть дисплей боком в плоскости измерения и выполнить последовательные измерения в пяти местах (позиции P_0, P_{11}, P_{15}, P_{19} и P_{23}) или в девяти местах (позиции P_0, P_9, P_{11}, P_{13}, P_{15}, P_{17}, P_{19}, P_{21} и P_{23}), указанных на рисунке 8. Определить в каждой позиции P_i коэффициент отражения света $\rho_{Q,Pi}$. При измерениях спектрорадиометром определить в каждой позиции коэффициент спектрального отражения $\rho_{Q,Pi}(\lambda)$. Затем рассчитать эквивалентное отражение света для CIE источников света D50 или D65 в каждой позиции.

5.2.4 Определения и оценки

Фотометрическая неоднородность дисплея в процентах при цвете *Q* и при полусферическом освещении задается уравнением

$$NU_{Q,hemi}(\lambda) = 100\% \frac{\rho_{Q,max} - \rho_{Q,min}}{\rho_{Q,max}}, \quad (13)$$

где $\rho_{Q,max}$ и $\rho_{Q,min}$ — максимальная и минимальная оценка отражения света в измеренных позициях.

При направленном освещении фотометрическая неоднородность дисплея в процентах при цвете *Q* задается уравнением

$$NU_{Q,dir}(\lambda) = 100\% \frac{R_{Q,max} - R_{Q,min}}{R_{Q,max}}, \quad (14)$$

где $R_{Q,max}$ и $R_{Q,min}$ — максимальное и минимальное значение коэффициента отражения света в измеренных позициях.

Фотометрическую оценку неоднородности необходимо привести в протоколе испытания вместе с описанием геометрической конфигурации освещения/регистрации и ССТ источника света, при которой она была измерена или рассчитана (например, в отношении CIE источника света D65).

5.3 Контрастность

5.3.1 Цель

Цель настоящего метода состоит в определении контрастности EPD при использовании указанных условий направленного или полусферического диффузного освещения.

5.3.2 Измерительное оборудование

a) аппаратура:

Измеритель яркости, колориметр или спектрорадиометр, способный измерять яркость, источник мощности сигнала запуска, оборудование сигнала запуска. Также можно использовать контактный спектрофотометр, если было показано, что его результаты справедливы при сравнении с калиброванным неконтактным спектрорадиометром, колориметром или фотометром;

b) условия освещения:

Должно быть использовано стандартное направленное кольцевое освещение или полусферическое освещение. Спектры освещения должны аппроксимировать CIE источник света D50 или D65. В ином случае следует использовать стабильный широкополосный источник видимого света с гладким спектром (например, лампу накаливания). В протоколе испытаний должны быть указаны используемая геометрическая конфигурация освещения/регистрации и ССТ источника света.

5.3.3 Метод измерения

a) собрать установку для измерения освещения/регистрации при использовании одной из стандартных геометрических конфигураций освещения и детектора/регистратора. Следует использовать

рекомендуемые условия. В протоколе испытаний должна быть указана используемая геометрическая конфигурация освещения/регистрации;

b) установить на DUT полный экран нужного цвета *Q* при наибольшем уровне отражения. Рекомендуется использовать белый экран. Направить LMD на центр экрана (позиция P_0) при стандартном угле обзора;

c) измерить яркость дисплея $L_{Q,high}$ при наибольшем уровне отражения.

При использовании спектрорадиометра сначала измерить коэффициент спектрального отражения с использованием метода, приведенного в 5.1. Затем определить коэффициент отражения света $R_{Q,high}$ с помощью уравнений (5) и (6) для полусферического освещения или уравнений (10) и (11) для направленного освещения, когда $E(\lambda)$ — относительное спектральное распределение для CIE источников света D50 или D65;

d) установить DUT на самый низкий уровень отражения;

e) измерить яркость дисплея $L_{Q,low}$ при наименьшем уровне отражения.

Для расчета коэффициента отражения света $R_{Q,low}$ при наименьшем уровне отражения необходимо использовать те же спектры освещения, которые использовались при наибольшем уровне отражения.

5.3.4 Определения и оценки

Контрастность *CR* определяют из формулы

$$CR = \frac{L_{Q,hig}}{L_{Q,low}}. \quad (15)$$

Если для измерения коэффициентов отражения света DUT при освещении CIE источниками света D50 или D65 CIE используют спектрорадиометр, то контрастность можно определить по формуле

$$CR = \frac{R_{Q,high}}{R_{Q,low}}. \quad (16)$$

Примечание — Если измерение выполняют при полусферическом освещении, результат можно обозначить как $CR_{Q,hemi}$; если используют направленное освещение, то результат измерения можно обозначить как $CR_{Q,dir}$.

В протоколе испытания должны быть указаны спектры освещения, используемые при измерении контрастности.

5.4 Контрастность в окружающей среде

5.4.1 Цель

Цель настоящего метода состоит в определении контрастности дисплея на основе электронной бумаги (EPD) при указанных условиях освещения в помещении или дневного освещения. Ее рассчитывают на основании предварительных измерений отражения.

5.4.2 Условия измерения

a) условия освещения:

Необходимо использовать стандартные условия освещения в окружающей среде помещения или естественное освещение при ясном небе. В зависимости от применения также можно использовать дополнительное освещение (например, источники света D50 или D65);

b) За исключением стандартных условий освещения в окружающей среде все другие условия являются стандартными условиями измерений.

5.4.3 Метод измерения

Контрастность в окружающей среде определяют из измерений отражения дисплея в условиях полусферического диффузного освещения или освещения направленным источником. Метод измерения коэффициента отражения дисплея при диффузном полусферическом освещении и при направленном освещении для требуемых спектров освещения определен в 5.1.3 и 5.1.4. Эти параметры отражения используют для расчета суммарной яркости дисплея по отражению при наименьшем уровне отражения серого (цвет K) и при наибольшем уровне отражения серого (цвет W) при требуемых уровнях освещения. Контрастность в окружающей среде — это отношение суммарной яркости при верхнем уровне к суммарной яркости при нижнем уровне.

Контрастность при дневном свете или при освещении в помещении рассчитывают, используя следующее уравнение:

$$ACR = \frac{\left(R_{W,dir} + \rho_W \frac{E_{hemi}}{E_{dir}\cos\theta_S}\right)}{\left(R_{K,dir} + \rho_K \frac{E_{hemi}}{E_{dir}\cos\theta_S}\right)}, \quad (17)$$

где E_{hemi} = 300 лк — параметр по умолчанию в условиях помещения/читального зала;

E_{hemi} = 15000 лк — параметр по умолчанию при дневном свете вне помещения;

θ_S = 45 ° — параметр по умолчанию в условиях помещения/читального зала и при дневном свете вне помещения;

$E_{dir}\cos\theta_S$ = 200 лк — параметр по умолчанию в условиях помещения/читального зала;

$E_{dir}\cos\theta_S$ = 65000 лк — параметр по умолчанию при дневном свете вне помещения.

При использовании дополнительных конфигураций или уровней освещения их необходимо указать в протоколе испытания. Все параметры, используемые для расчета контрастности в окружающей среде, должны быть внесены в протокол испытания.

5.5 Перекрестная помеха

5.5.1 Цель

Цель настоящего метода состоит в определении фотометрических перекрестных помех EPD при использовании стандартных условий направленного или полусферического диффузного освещения.

5.5.2 Измерительное оборудование

a) аппаратура:

измеритель яркости, колориметр или спектрорадиометр, способный измерять яркость, источник мощности сигнала запуска, оборудование сигнала запуска. Также можно использовать контактный спектрофотометр, если было показано, что его результаты справедливы при сравнении с калиброванным неконтактным спектрорадиометром, колориметром или фотометром.

b) условия освещения:

Должно быть использовано стандартное направленное кольцевое освещение или полусферическое освещение. Спектры освещения должны аппроксимировать CIE источник света D50 или D65. В ином случае следует использовать стабильный широкополосный источник видимого света с гладким спектром (например, лампу накаливания). В протоколе испытаний должны быть указаны используемая геометрическая конфигурация освещения/регистрации и CCT источника света.

5.5.3 Матричные дисплеи со шкалой яркости

5.5.3.1 Метод измерения

a) запустить дисплей с полным экраном цвета Q при уровне входного сигнала, равном 50 % от полной шкалы. Например, в 8-битной системе RGB основной цвет устанавливают при уровне сигнала 128. При этом измерении рекомендуется использовать, по крайней мере, серый цвет. Экран должен стабилизироваться как минимум в течение 3 с. Затем измерить отражение или коэффициент отражения в позициях P_9, P_{13}, P_{17} и P_{21} на нормали к экрану (или конфигурация di:8° при полусферическом освещении). Измеряемый коэффициент отражения в каждой позиции P_i обозначают как $R_{ref}[i]$;

b) запустить дисплей для создания черного прямоугольника (наименьший уровень отражения) поверх предыдущего изображения с углами, определяемыми центрами позиции P_2, P_4, P_6 и P_8 (см. рисунок 9). Экран должен стабилизироваться как минимум в течение трех секунд. Повторно измерить коэффициент отражения $R_K[i]$ в позициях P_9, P_{13}, P_{17} и P_{21};

c) в заключение изменить данные изображения в указанном выше прямоугольнике на полный белый цвет (наибольший уровень отражения). Экран должен стабилизироваться как минимум в течение 3 с, затем измерить коэффициент отражения $R_W[i]$ в позициях P_9, P_{13}, P_{17} и P_{21}.

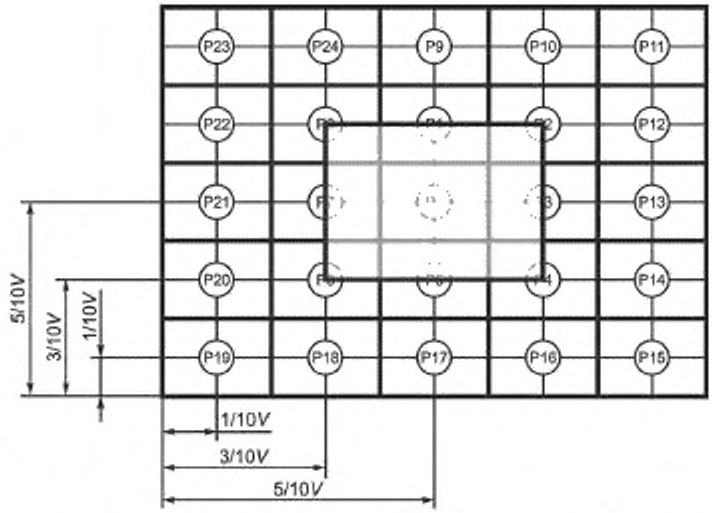


Рисунок 9 — Прямоугольное окно при измерении перекрестной помехи

5.5.3.2 Определения и оценки

Перекрестная помеха белого по горизонтали HXT_W.%, определяется по формуле

$$HXT_W = 100 \cdot \max\left(\left|\frac{R_W[21]-R_{ref}[21]}{R_{ref}[21]}\right| \vee \left|\frac{R_W[13]-R_{ref}[13]}{R_{ref}[13]}\right|\right), \quad (18)$$

где максимальный оператор (|A|∨|B|) определяет максимальное абсолютное значение в интервале от A до B.

Перекрестная помеха черного по горизонтали HXT_K, %, определяется по формуле

$$HXT_K = 100 \cdot \max\left(\left|\frac{R_K[21]-R_{ref}[21]}{R_{ref}[21]}\right| \vee \left|\frac{R_K[13]-R_{ref}[13]}{R_{ref}[13]}\right|\right). \quad (19)$$

Перекрестная помеха (суммарная) по горизонтали HXT теперь определяется по формуле

$$HXT = \max(HXT_W \vee HXT_K). \quad (20)$$

Аналогично перекрестная помеха белого по вертикали VXT_W, %, определяется по формуле

$$VXT_W = 100 \cdot \max\left(\left|\frac{R_W[9]-R_{ref}[9]}{R_{ref}[9]}\right| \vee \left|\frac{R_W[17]-R_{ref}[17]}{R_{ref}[17]}\right|\right). \quad (21)$$

Перекрестная помеха черного по вертикали VXT_K, %, определяется по формуле

$$VXT_K = 100 \ \max\left(\left|\frac{R_K[9]-R_{ref}[9]}{R_{ref}[9]}\right| \vee \left|\frac{R_K[17]-R_{ref}[17]}{R_{ref}[17]}\right|\right), \quad (22)$$

и перекрестная помеха (суммарная) по вертикали VXT определяется по формуле

$$VXT = \max(VXT_W \vee VXT_K). \quad (23)$$

5.5.4 Черно-белые (двухуровневые) матричные дисплеи

5.5.4.1 Метод измерения

a) подать полноэкранный сигнал на устройство, обеспечивающее режим максимального отражения. Затем измерить коэффициент отражения в позициях P_9, P_{13}, P_{17} и P_{21} на нормали к экрану. Обозначить измеренный коэффициент отражения в позиции P_i как $R_{max,ref}[i]$;

b) изменить уровень запуска в пределах прямоугольника, определенного центрами позиций P_2, P_4, P_6 и P_8 (см. рисунок 9), до состояния наименьшего отражения и повторно измерить коэффициент отражения в позициях P_9, P_{13}, P_{17} и P_{21}, обозначив его как $R_{min}[i]$;

c) подать полноэкранный сигнал на устройство, обеспечивающее режим минимального отражения. Затем измерить коэффициент отражения в позициях P_9, P_{13}, P_{17} и P_{21} на нормали к экрану. Обозначить измеренный коэффициент отражения в позиции P_i как $R_{min,ref}[i]$;

d) изменить уровень запуска в пределах прямоугольника, определенного центрами позиций P_2, P_4, P_6 и P_8 (см. рисунок 9), до состояния наибольшего отражения и повторно измерить коэффициент отражения в позициях P_9, P_{13}, P_{17} и P_{21}, обозначив его как $R_{max}[i]$.

5.5.4.2 Определения и оценки

Перекрестная помеха между минимумом и максимумом $XT_{min/max}$, %, определяется по формуле

$$XT_{min/max} = 100 \cdot \max\left(\left|\frac{R_{min}[i] - R_{max\ ref}[i]}{R_{max\ ref}[i]}\right|;\ \text{при } i = 9,13,17,21\right). \quad (24)$$

Перекрестная помеха между максимумом и минимумом $XT_{max/min}$, %, определяется по формуле

$$XT_{max/min} = 100 \cdot \max\left(\left|\frac{R_{max}[i] - R_{min\ ref}[i]}{R_{min\ ref}[i]}\right|;\ \text{при } i = 9,13,17,21\right). \quad (25)$$

Результат такого измерения может существенно зависеть от чувствительности LMD. Условия измерения должны быть указаны в протоколе испытания.

5.6 Цвет дисплея, цветовая гамма и площадь цветовой гаммы

5.6.1 Цель

Цель настоящего метода состоит в определении цветности и цветовой гаммы EPD при заданном цвете *Q* в указанных условиях направленного или полусферического диффузного освещения.

5.6.2 Измерительное оборудование

a) аппаратура:

Спектрорадиометр, источник мощности сигнала запуска, оборудование сигнала запуска, стандартный образец диффузного отражения белого, калиброванный для используемой конфигурации освещения/регистрации. Также можно использовать контактный спектрофотометр, если было показано, что его результаты справедливы при сравнении с калиброванным неконтактным спектрорадиометром.

b) условия освещения:

Необходимо использовать стандартное направленное кольцевое освещение или полусферическое освещение. Следует использовать стабильный широкополосный источник света с гладким спектром, например, лампу накаливания в устойчивом режиме. В зависимости от применения также можно использовать дополнительное освещение. В протоколе испытаний должны быть указаны используемая геометрическая конфигурация освещения/регистрации и ССТ источника света.

5.6.3 Метод измерения

a) Собрать установку для измерения освещения/регистрации при использовании одной из стандартных конфигураций освещения и детектора/регистратора. Необходимо использовать рекомендуемые условия. Указать используемую геометрическую конфигурацию освещения/регистрации в протоколе испытания.

b) Установить на DUT полный экран нужного цвета *Q* при наибольшем уровне отражения. Направить LMD на центр экрана (позиция P_0) при стандартном направлении обзора.

c) Измерить коэффициент спектрального отражения [$\rho_{Q,high}(\lambda)$ или $R_{Q,high}(\lambda)$] при цвете дисплея *Q*. Затем определить отражение света $\rho_{Q,high}$ с помощью уравнений (6) и (7) для полусферического освещения или коэффициент отражения света $R_{Q,high}$ с помощью уравнений (11) и (12) для направленного освещения, когда $E(\lambda)$ — относительное спектральное распределение для CIE источников света D50 или D65.

5.6.4 Определения и оценки

Нормализованные значения основных цветов дисплея при цветовом состоянии *Q*, при полусферическом освещении, при спектральном распределении $E_D(\lambda)$ для CIE источников света D50 или D65 определяют из уравнений

$$X'_Q = k\int_\lambda \rho_{Q,high}(\lambda) E_D(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda, \quad (26)$$

$$Y'_Q = k\int_\lambda \rho_{Q,high}(\lambda)E_D(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda, \quad (27)$$

$$Z'_Q = k\int_\lambda \rho_{Q,high}(\lambda)E_D(\lambda)\bar{z}(\lambda)d\lambda, \quad (28)$$

$$k = 100/\int_\lambda E_D(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda, \quad (29)$$

где $\bar{x}(\lambda)$ $\bar{y}(\lambda)$ и $\bar{z}(\lambda)$ — функции сложения цветов (МКО 15).

Для определения нормализованных значений основных цветов при направленном освещении с заменой $\rho_{Q,high}$ на $R_{Q,high}$ используют аналогичное исследование. В цветовом пространстве *XYZ* стандарта МКО 1931 определены координаты цветности (*x*, *y*) дисплея при нужном цветовом состоянии/режиме *Q* в указанных условиях освещения

$$x_Q = \frac{X'_Q}{X'_Q + Y'_Q + Z'_Q}, \quad (30)$$

$$y_Q = \frac{Y'_Q}{X'_Q + Y'_Q + Z'_Q}. \quad (31)$$

Поскольку цветовое пространство *XYZ* не воспринимается однородным, рекомендуется выражать цвет дисплея в однородном цветовом пространстве МКО 1976 (МКО 1976 UCS) с координатами цветности (*u'*, *v'*)

$$u'_Q = \frac{4X'_Q}{X'_Q + 15Y'_Q + 3Z'_Q} = \frac{4x_Q}{-2x_Q + 12y_Q + 3}, \quad (32)$$

$$v'_Q = \frac{9Y'_Q}{X'_Q + 15Y'_Q + 3Z_Q} = \frac{9y_Q}{-2x_Q + 12y_Q + 3}. \quad (33)$$

5.6.5 Цветовая гамма дисплея

Цветовую гамму дисплея определяют путем измерения координат цветности (*x*, *y*) стандарта CIE 1931 у каждого основного цвета последовательно при их наибольшем уровне отражения. Также необходимо измерить координаты цветности белого цвета при заданном источнике освещения, когда все основные цвета имеют наибольший уровень отражения. В протоколе испытаний все основные цвета и точка белого должны быть сведены в таблицу. Цветовая гамма иллюстрируется треугольником на графике цветностей стандарта МКО 1931 (*x*, *y*), сформированном измеренными цветностями основных цветов (x_R, y_R), (x_G, y_G) и (x_B, y_B) в качестве угловых точек (см. рисунок 10). Для определения цветовой гаммы используют следующие исходные параметры: площадь цветовой гаммы на двухмерном графике цветности и объем цветовой гаммы в трехмерном цветовом пространстве. Для определения таких параметров цветовой гаммы необходимо использовать однородные цветовые пространства, например CIELUV и CIELAB.

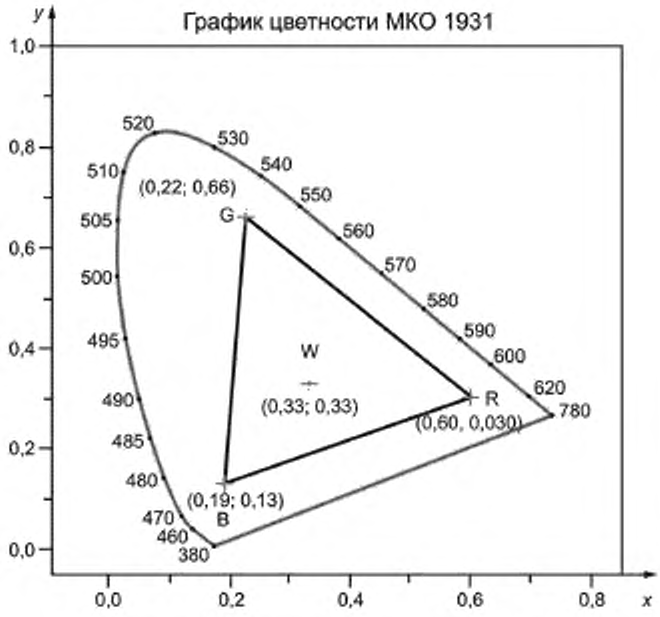


Рисунок 10 — Пример цветовой гаммы дисплея

5.6.6 Площадь цветовой гаммы дисплея

5.6.6.1 Площадь цветовой гаммы на графике цветности (u', v') МКО 1976

Площадь цветовой гаммы дисплея можно определить путем измерения координат цветности (u', v') МКО 1976 каждого основного цвета последовательно при их наибольшем уровне отражения. Если данными измерения являются координаты цветности (x, y) МКО 1931, используют преобразования в уравнениях (32) и (33). Площадь цветовой гаммы рассчитывают как площадь треугольника, стягиваемого координатами цветности (u'_R, v'_R), (u'_G, v'_G) и (u'_B, v'_B) МКО 1976 UCS основных цветов дисплея, и указывают в процентах относительно площади в пределах линии спектральных цветностей: $A = 256{,}1|(u'_R - u'_B)(v'_G - v'_B) - (u'_G - u'_B)(v'_R - v'_B)|$, где нижние индексы R,G, и B относятся к основным цветам: красному, зеленому и синему. Например, площадь цветовой гаммы в примере, приведенном на рисунке 10, была бы 25 %, а площадь основных цветов цветового пространства sRGB (МЭК 61966-2-1) с координатами цветности (x, y): красный цвет (0,64, 0,33), зеленый цвет (0,30, 0,60) и синий цвет (0,15, 0,06) была бы 33 %.

5.6.6.2 Площадь цветовой гаммы в CIELAB 1976

Площадь воспринимаемой цветовой гаммы можно также рассчитать в плоскости a^*b^* цветового пространства CIELAB 1976. Первоначально измеряют коэффициенты спектрального отражения из [уравнения (6) или (11)] цветов полного экрана, указанных в таблице 2. Затем определяют нормализованные значения основных цветов для эталона белого при использовании источников света D50 или D65 с помощью уравнений с (26) по (29). В заключение рассчитывают значения L^*, a^* и b^* CIELAB для каждого цвета Q с помощью следующих уравнений

$$L^* = 116\, f(Y/Y_n) - 16, \tag{34}$$

$$a^* = 500\, [f(X/X_n) - f(Y/Y_n)], \tag{35}$$

$$b^* = 200\, [f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)], \tag{36}$$

где $f(t) = \begin{cases} t^{1/3} & \text{при } t > (6/29)^3 \\ \frac{1}{3}\left(\frac{29}{6}\right)^2 t + \frac{16}{116} & \text{в иных случаях,} \end{cases}$ (37)

когда X_n, Y_n, Z_n представляют значения основных цветов абсолютно белого ламбертовского диффузора, а X, Y, Z — другие цвета, приведенные в таблице 2. Табулированные значения основных цветов для абсолютно белого ламбертовского диффузора, освещаемого разными светильниками CIE, приведены в МЭК 61966-2-1, включая CIE источники света D50 (X_n = 96,43, Y_n = 100 и Z_n = 82,51) и D65 (X_n = 95,046, Y_n = 100 и Z_n = 108,906).

Таблица 2 — Входные сигналы при измерениях площади цветовой гаммы CIELAB и CIE USC $u'v'$

Цвет Q	Уровень 8-битного сигнала		
	R (красный)	G (зеленый)	B (синий)
Красный	255	0	0
Зеленый	0	255	0
Синий	0	0	255
Желтый	255	255	0
Пурпурный	255	0	255
Голубой	0	255	255
Белый	255	255	255
Примечание — Для оценки площади цветовой гаммы «белый» цвет необязателен. Белый цвет включен в данную таблицу только для представления точки «белого» на графике CIE UCS $u'v'$.			

Значения a^* и b^* насыщенных цветов из таблицы 2 представлены на графике в плоскости a^*b^* цветового пространства CIELAB. Пример приведен на рисунке 11.

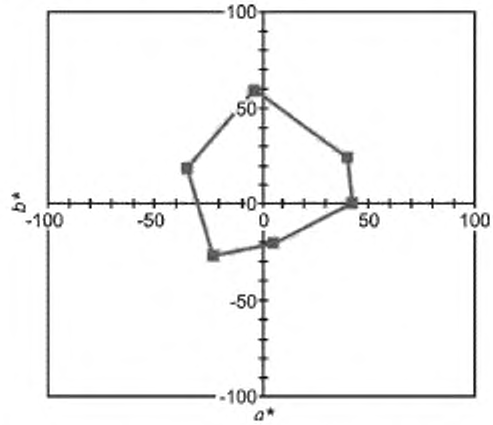


Рисунок 11 — Пример результатов оценки площади цветовой гаммы на плоскости a^*b^* цветового пространства CIELAB

Граница площади цветовой гаммы устройства представлена измеренными насыщенными цветами. Приближенное значение площади цветовой гаммы (A) можно рассчитать по формуле

$$A = \left|\frac{1}{2}\left\{\left(a_1^* - a_2^*\right)\left(b_1^* + b_2^*\right) + \left(a_2^* - a_3^*\right)\left(b_2^* + b_3^*\right) + \ldots + \left(a_5^* - a_6^*\right)\left(b_5^* + b_6^*\right) + \left(a_6^* - a_6^*\right)\left(b_6^* + b_1^*\right)\right\}\right|, \quad (38)$$

где a_i^*, b_i^* — значение координат i-го цвета на плоскости a^*b^*.

5.7 Колориметрическая плоскостная однородность дисплея

5.7.1 Цель

Цель настоящего метода состоит в определении колориметрической плоскостной однородности EPD в стандартных условиях направленного или полусферического диффузного освещения.

5.7.2 Измерительное оборудование

а) аппаратура:

Спектрорадиометр, источник мощности сигнала запуска, оборудование сигнала запуска, приспособления для перемещения дисплея или детектора/источника в вертикальном и горизонтальном направлении, стандартный образец диффузного отражения белого, калиброванный для используемой геометрической конфигурации освещения/регистрации. Также можно использовать контактный спектрофотометр, если было показано, что его результаты справедливы при сравнении с калиброванным неконтактным спектрорадиометром;

b) условия освещения:

Необходимо использовать стандартное направленное кольцевое освещение или полусферическое освещение. Следует использовать стабильный широкополосный источник света с гладким спектром, например, лампу накаливания в устойчивом режиме. В протоколе испытаний должны быть указаны используемая геометрическая конфигурация освещения/регистрации и ССТ источника света.

5.7.3 Метод измерения

5.7.3.1 Полусферическое освещение

a) обеспечить стандартную конфигурацию полусферического освещения/регистрации;

b) поместить дисплей в плоскость измерения источника света и детектора. Установить на дисплее полный экран нужного цвета *Q* при наибольшем уровне отражения. Выдержать источник, детектор и дисплей до стабилизации их состояния;

c) если дисплей маленького размера и находится в фотометрическом шаре, повернуть его боком в плоскости измерения и выполнить последовательные измерения в пяти (позиции P_0, P_{11}, P_{15}, P_{19} и P_{23}) или в девяти (позиции P_0, P_9, P_{11}, P_{13}, P_{15}, P_{17}, P_{19}, P_{21} и P_{23}) положениях, указанных на рисунке 8. Если дисплей имеет большие размеры и используется эталонная сфера или полусфера, повернуть сферу или полусферу в сторону каждой из тех же пяти или девяти позиций на дисплее. Спектральное отражение $\rho_{Q,Pi}(\lambda)$ измерить в каждой позиции P_i. Затем рассчитать координаты цветности отраженного света МКО 1976 ($u'_{Q,Pi}$, $v'_{Q,Pi}$) для CIE источников света D50 или D65 в каждой позиции с помощью уравнений с (26) по (33).

5.7.3.2 Направленное освещение

a) установить стандартную конфигурацию направленного освещения/регистрации;

b) поместить дисплей в плоскость измерения источника света и детектора. Установить на дисплее полный экран нужного цвета *Q* при наибольшем уровне отражения. Выдержать источник, детектор и дисплей до стабилизации их состояния;

c) поворачивать дисплей боком в плоскости измерения и выполнить последовательные измерения в пяти (позиции P_0, P_{11}, P_{15}, P_{19} и P_{23}) или в девяти (позиции P_0, P_9, P_{11}, P_{13}, P_{15}, P_{17}, P_{19}, P_{21} и P_{23}), положениях, указанных на рисунке 8. Измерить коэффициент спектрального отражения $R_{Q,Pi}(\lambda)$ в каждой позиции P_i. Затем рассчитать координаты цветности отраженного света МКО 1976 ($u'_{Q,Pi}$, $v'_{Q,Pi}$) для CIE источника света D50 или D65 для каждой позиции с помощью уравнений с (26) по (33).

5.7.4 Определения и оценки

Разницу в цвете между парами выбранных цветов определяют с помощью приведенного ниже уравнения цветовой разности используя координаты цветности МКО 1976 ($u'_{Q,Pi}$, $v'_{Q,Pi}$)

$$\Delta u'v' = \sqrt{\left(u'_k - u'_l\right)^2 + \left(v'_k - v'_l\right)^2}, \qquad (39)$$

где k, l = от 0 до 4 или 8, при $k \neq l$.

Цветовую неоднородность определяют как наибольшую выбранную цветовую разность $(\Delta u'v')_{max}$ между любыми двумя позициями измерения. Пример измерения в девяти точках приведен в таблице 3. Наибольшую цветовую разность можно снизить за счет вычерчивания девяти координат ($u'_{Q,Pi}$, $v'_{Q,Pi}$), а не расчета всех пар (u',v'). Указать наибольшую цветовую разность с точностью до трех десятичных знаков.

Таблица 3 — Примеры данных колориметрической плоскостной неоднородности

Точка измерения	x_i	y_i	u'_i	v'_i	$\Delta u'v'$								
					P_0	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
P_0	0,311	0,325	0,198	0,466	0,000								
P_1	0,330	0,320	0,214	0,466	0,016	0,000							
P_2	0,307	0,323	0,196	0,464	0,003	0,018	0,000						

Окончание таблицы 3

Точка измерения	x_i	y_i	u'_i	v'_i	$\Delta u' v'$								
					P_0	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
P_3	0,309	0,328	0,196	0,467	0,002	0,018	0,003	0,000					
P_4	0,310	0,326	0,197	0,466	0,001	0,017	0,002	0,001	0,000				
P_5	0,303	0,319	0,195	0,461	0,006	**0,020**	0,003	0,006	0,005	0,000			
P_6	0,311	0,324	0,199	0,465	0,001	0,015	0,003	0,004	0,002	0,006	0,000		
P_7	0,315	0,320	0,203	0,464	0,005	0,011	0,007	0,008	0,006	0,009	0,004	0,000	
P_8	0,314	0,327	0,199	0,467	0,001	0,015	0,004	0,003	0,002	0,007	0,002	0,005	0,000
Максимум $\Delta u' v'$ = 0,020.													

Значение колориметрической неоднородности должно быть указано вместе с описанием геометрической конфигурацией освещения/регистрации и ССТ источника света, при которых оно было измерено и рассчитано (например, относительно CIE источника света D50 или D65).

5.8 Цвет дисплея при дневном освещении

5.8.1 Цель

Цель настоящего метода состоит в определении цвета EPD в условиях дневного освещения. Цвета EPD рассчитывают на основе предварительных измерений отражения.

5.8.2 Условия измерения

a) условие освещения:

Необходимо использовать стандартные условия дневного освещения при ясном небе. В зависимости от применения также можно использовать дополнительное освещение (например, источники света D50 или D65);

b) за исключением стандартных условий дневного освещения все другие условия — это стандартные условия измерений.

5.8.3 Метод измерения

Цветность дисплея в условиях полусферического диффузного и направленного освещения при заданном цветовом состоянии/режиме Q (например, белый, черный, красный, зеленый или синий экран) определяют по эквивалентным значениям основных цветов при дневном освещении. Эти значения можно получить из измерений отражения дисплея в условиях источника полусферического диффузного и направленного освещения при этом цвете. Методы измерения коэффициента спектрального отражения при полусферическом диффузном и направленном освещении дисплея приведены в 5.1.3 и 5.1.4.

Полная спектральная плотность энергетической яркости при дневном освещении $L_{Q,day}(\lambda)$, измеренная детектором вблизи нормали к дисплею с учетом отражений от полусферического диффузного и направленного источников рассчитывают по формуле

$$L_{Q,day}(\lambda) = \frac{\rho_{Q,hemi}(\lambda) E_{hemi}(\lambda)}{\pi} + \frac{R_{Q,dir}(\lambda) E_{dir}(\lambda) \cos\theta_S}{\pi}, \quad (40)$$

где $E_{hemi}(\lambda)$ и $E_{dir}(\lambda)$ — спектры излучения для стандартного полусферического диффузного источника и стандартного направленного источника соответственно.

Относительные спектры излучения источников света D75 или D50 дневного освещения определены в МКО 15. $E_{hemi}(\lambda)$ и $E_{dir}(\lambda)$ получают путем умножения относительных спектров на соответствующий масштабный коэффициент, который обеспечивает стандартные уровни освещения E_{hemi} = 15000 лк и $E_{dir}\cos\theta_S$ = 65000 лк при θ_S = 45 ° для условий дневного освещения вне помещения при ясном небе, когда для интегрирования используют уравнение (10). При использовании дополнительных конфигураций или уровней освещения их необходимо указать в протоколе испытания. Эффективные значения основных цветов дисплея при дневном освещении при таких условиях освещения рассчитывают по формулам

$$X_{Q,day} = 683 \int_{\lambda} L_{Q,day}(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda, \quad (41)$$

$$Y_{Q,day} = 683\int_{\lambda} L_{Q,day}(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda\,, \quad (42)$$

$$Z_{Q,day} = 683\int_{\lambda} L_{Q,day}(\lambda)\bar{z}(\lambda)d\lambda\,, \quad (43)$$

где $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ и $\bar{z}(\lambda)$ — функции сложения цветов (МКО 15).

Координаты цветности дисплея при дневном освещении МКО 1931 и МКО 1976 при нужном цветовом состоянии/режиме Q в условиях указанного дневного освещения можно рассчитать с помощью уравнений, аналогичных уравнениям с (30) по (33).

5.9 Объем цветовой гаммы при дневном освещении

5.9.1 Цель

Цель настоящего метода состоит в определении объема цветовой гаммы EPD в стандартных условиях дневного освещения. Данный объем цветовой гаммы должен быть сравним со стандартным объемом цветовой гаммы sRGB стандарта (МЭК 61966-2-1) с точкой белого источника света D65. Настоящий метод ограничивается EPD с основными цветами RGB (красный-зеленый-синий).

5.9.2 Условия измерения

a) условия освещения:

Следует использовать стандартные условия дневного освещения при ясном небе. В зависимости от применения также можно использовать дополнительное освещение (например, источник света D50 или D65);

b) за исключением стандартных условий дневного освещения все другие условия являются стандартными условиями измерений.

5.9.3 Метод измерения

Объем цветовой гаммы при дневном освещении можно рассчитать по коэффициенту отражения и значениям основных цветов, измеренным при каждом воспроизведенном цвете в соответствии с процедурой, указанной в 5.1.3 и 5.1.4. Измерения и расчеты необходимо последовательно выполнять с полноэкранным испытательным изображением.

Цветовая гамма при дневном освещении будет представлена в виде выпуклости из цветов дисплея, измеренных в цветовом пространстве CIELAB при указанных условиях дневного освещения. Объем цветового пространства при дневном освещении определяют, используя следующую процедуру:

a) подать испытательное изображение на весь экран, по крайней мере, при восьми определенных цветах. Цвета должны равномерно показать цветовые возможности образца. Например, дисплей с тремя основными цветами (красным, зеленым и синим) должен быть измерен не менее чем при трех основных цветах (красным, зеленым и синим), всех сочетаниях пар основных цветов (голубом, пурпурном, желтом), черном цвете и при 100 % уровне белого (см. таблицу 4). Каждый цвет (за исключением черного) отображается при максимальном уровне его сигнала.

b) каждый из восьми или более цветов измеряют последовательно при указанных условиях освещения с использованием метода, приведенного в 5.8.

Таблица 4 — Пример минимального количества цветов, необходимого для расчета объема цветовой гаммы 8-битного дисплея с тремя основными цветами

Цвет Q	Уровень 8-битного сигнала		
	R (красный)	G (зеленый)	B (синий)
Красный	255	0	0
Зеленый	0	255	0
Синий	0	0	255
Желтый	255	255	0
Пурпурный	255	0	255
Голубой	0	255	255
Белый	255	255	255
Черный	0	0	0

Значения основных цветов при дневном освещении, которые рассчитывают для всех указанных цветов и уровней сигнала дисплея, необходимо перевести в трехмерное цветовое пространство CIELAB (см. МКО 15). Также можно использовать дополнительные трехмерные однородные цветовые пространства, которые необходимо указать в протоколе испытаний. Каждую цветовую точку можно представить на графике в системе координат L^*, a^*, b^* цветового пространства CIELAB за счет приведения эффективных значений основных цветов при дневном освещении $X_{Q,day}$, $Y_{Q,day}$, $Z_{Q,day}$ [уравнения с (41) по (43)] к значениям основных цветов абсолютно белого ламбертовского диффузора ($X_{n,day}$, $Y_{n\,day}$, $Z_{n,day}$) с помощью следующих уравнений

$$L^* = 116f(Y_{Q\,day}/Y_{n\,day}) - 16, \tag{44}$$

$$a^* = 500\,[f(X_{Q,day}/X_{n,day}) - f(Y_{Q,day}/Y_{n,day})], \tag{45}$$

$$b^* = 200\,[f(Y_{Q,day}/Y_{n,day}) - f(Z_{Q,day}/Z_{n,day})], \tag{46}$$

где $f(t) = \begin{cases} t^{1/3} & \text{при } t > (6/29)^3 \\ \frac{1}{3}\left(\frac{29}{6}\right)^2 t + \frac{16}{116} & \text{в иных случаях.} \end{cases}$ (47)

Значения основных цветов абсолютно белого ламбертовского диффузора можно получить при $\rho = R = 1$ в уравнении (40).

Пример цветовых данных при дневном освещении в однородном цветовом пространстве CIELAB приведен на рисунке 12.

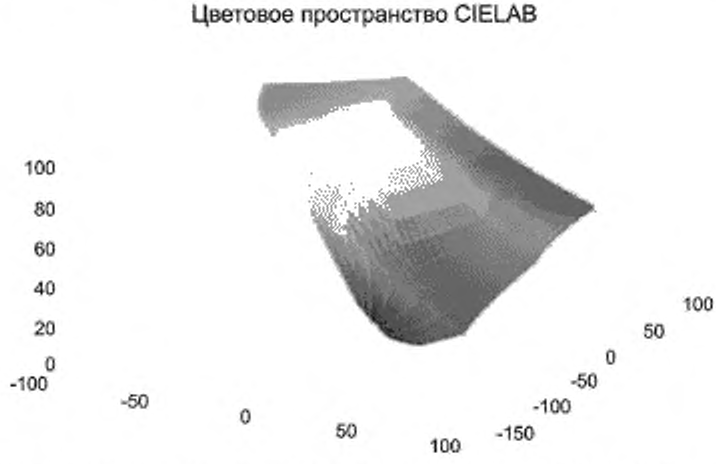


Рисунок 12 — Пример диапазона цветов, создаваемых конкретным дисплеем, с представлением в цветовом пространстве CIELAB

Рассчитать объем цветовой гаммы, соответствующий возможному диапазону цветов при дневном освещении в однородном цветовом пространстве CIELAB. Относительно более подробного описания анализа, рекомендуемого для расчета объема цветовой гаммы смотри приложение А. Можно использовать и другие методы расчета при условии, что они обеспечивают те же результаты, что и эталонный метод, приведенный в приложении А.

5.9.4 Составление протокола испытания

В протоколе испытаний совместно с характеристиками используемого дневного освещения должен быть указан объем цветовой гаммы CIELAB. При использовании дополнительных цветовых пространств их также необходимо указать в протоколе испытания. В протоколе должны быть приведены коэффициенты спектрального отражения. Помимо этого, необходимо указать измеренные значения основных цветов при дневном освещении как исходные эффективные значения основных цветов, т.е. они не должны быть приведены к 100 (см. таблицу 5). Для каждого дополнительного условия дневного освещения требуется отдельная таблица. Также необходимо привести ССТ и координаты цветности

белого в условиях внешней среды. Объем цветовой гаммы в процентах относительно цветового пространства IEC sRGB стандарта цветового пространства (МЭК 61966-2-1) с точкой белого D65 следует представить в виде приведенной ниже таблицы 6.

Таблица 5 — Форма для измеренных значений координат цветности для минимального набора цветов (см. таблицу 4), требуемых для расчета объема гаммы в условиях установленного дневного освещения

Цвет Q	$X_{Q,amb}$	$Y_{Q,amb}$	$Z_{Q,amb}$
Красный			
Зеленый			
Синий			
Желтый			
Пурпурный			
Голубой			
Белый			
Черный			

Таблица 6 — Объем цветовой гаммы в цветовом пространстве CIELAB

Освещение	Объем цветовой гаммы
Условия освещения	Процент относительно sRGB ($8{,}20 \cdot 10^5$)
Условия дневного освещения	%

5.10 Зависимость характеристик от направления обзора

5.10.1 Цель

Цель настоящего метода состоит в измерении фотометрических и колориметрических свойств EPD во всей области направлений обзора в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

5.10.2 Условия измерений

a) аппаратура:

Спектрорадиометр, способный измерять спектральную плотность энергетической яркости, источник мощности сигнала запуска, приспособление для изменения направления обзора детектора и поворота дисплея и оборудование сигнала запуска. Для обеспечения соответствующего аналогового или цифрового выходного сигнала для EPD с целью создания требуемого цветного испытательного изображения необходимо оборудование формирования сигнала.

b) условия освещения:

Для освещения центра дисплея при стягиваемом угле θ_S = 45 ° и азимутальном угле ϕ_S = 90 ° необходимо использовать стандартный направленный источник. Спектры освещения должны аппроксимировать CIE источник света D50 или D65. В ином случае следует использовать широкополосный источник света с гладким спектром, например, лампу накаливания в устойчивом/установившемся режиме.

5.10.3 Метод измерения

a) разместить стандартный образец отражения белого в центре указанной позиции измерения;

b) установить направленный источник при стягиваемом угле θ_S = 45 ° и азимутальном угле ϕ_S = 90 ° относительно центра позиции измерения (см. рисунок 13). Установить детектор перпендикулярно к стандартному образцу отражения и разместить поле измерения в центр освещаемой площади;

c) измерить спектральную плотность энергетической яркости $L_{std,0°}(\lambda)$ стандартного образца отражения при падении света по нормали;

d) заменить стандартный образец отражения на дисплей на основе электронной бумаги (EPD) в той же плоскости измерения с центрированием на площадь освещения. Запустить дисплей на полный экран нужного цвета Q при наибольшем уровне отражения;

e) измерить спектральную плотность энергетической яркости $L_{Q,0°}(\lambda)$ EPD при нормальном падении света. Рассчитать коэффициент отражения света $R_{Q,0°}$ с помощью уравнений (11) и (12) и значения основных цветов и координаты цветности с помощью уравнений с (26) по (33) для освещения CIE источниками света D50 или D65, наблюдаемого при перпендикулярном падении света;

f) при сохранении расстояния между детектором и EPD переместить детектор в горизонтальной плоскости в следующее направление наблюдения. Рекомендуется, чтобы измерения обзора выполнялись при следующих направлениях: θ_D = от 75 ° до минус 75 ° с приращением не более 15°. Пятно измерения должно находиться в однородной зоне освещаемого пятна на экране при всех направлениях обзора.

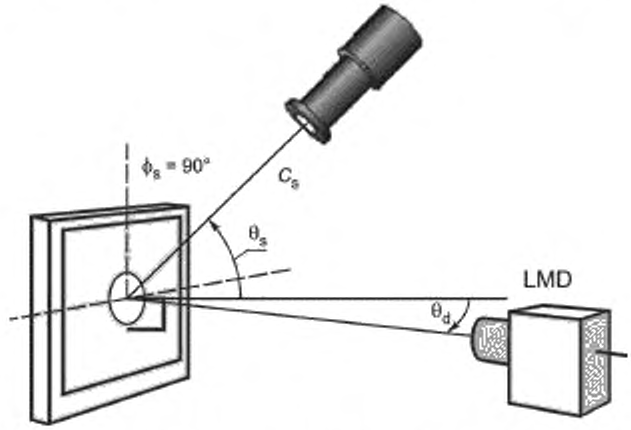


Рисунок 13 — Конфигурация освещения при измерении характеристик направления обзора спектрального отражающего дисплея

$$R_{Q,\theta d}(\lambda) = R_{std,0^\circ}(\lambda)\frac{L_{Q,\theta d}(\lambda)}{L_{std,0^\circ}(\lambda)}, \quad (48)$$

где $R_{std,0^\circ}$ — калиброванный коэффициент стандартного образца отражения при данной геометрической конфигурации и направлении обзора с падением света по нормали.

Рассчитать коэффициент отражения света $R_{Q,\theta d}$ для данного направления обзора с помощью уравнения (12) и значения основных цветов и координаты цветности с помощью уравнений с (26) по (33) для освещения источниками света D50 или D65.

При каждом направлении обзора можно рассчитать L^* a^* и b^* CIELAB для данного цвета с помощью следующих уравнений

$$L^*_{\theta d} = 116f(Y_{Q,\theta d}/Y_{n,0^\circ}) - 16, \quad (49)$$

$$a^*_{\theta d} = 500\,[f(X_{Q,\theta d}/X_{n,0^\circ}) - f(Y_{Q,\theta d}/Y_{n,0^\circ})], \quad (50)$$

$$b^*_{\theta d} = 200\,[f(Y_{Q,\theta d}/Y_{n,0^\circ}) - f(Z_{Q,\theta d}/Z_{n,0^\circ})], \quad (51)$$

где $f(t) = \begin{cases} t^{1/3} & \text{при } t > (6/29)^3 \\ \frac{1}{3}\left(\frac{29}{6}\right)^2 t + \frac{16}{116} & \text{в иных случаях,} \end{cases}$ (52)

когда $X_{n,0^\circ}$, $Y_{n,0^\circ}$, $Z_{n,0^\circ}$ представляют значения основных цветов абсолютно белого ламбертовского диффузора при направлении обзора с падением по нормали, а $X_{Q,\theta d}$, $Y_{Q,\theta d}$, $Z_{Q,\theta d}$ — сигнал цвета Q, измеренный в направлении обзора θ_d.

Табулированные значения основных цветов для абсолютно белого ламбертовского диффузора, освещаемого разными светильниками CIE, приведены в МЭК 61966-2-1, включая CIE источник света D50 ($X_{n,0^\circ}$ = 96,43, $Y_{n,0^\circ}$ = 100 и $Z_{n,0^\circ}$ = 82,51) и D65 ($X_{n,0^\circ}$ = 95,046, $Y_{n,0^\circ}$ = 100 и $Z_{n,0^\circ}$ = 108,906).

g) повернуть EPD на 90 °относительно плоскости измерения и повторить измерения направления обзора в вертикальной плоскости.

h) зарегистрировать в протоколе испытания коэффициенты отражения света и координаты цветности при всех измерениях в горизонтальной и вертикальной плоскости. Геометрическая конфигурация освещения и детектора должна быть представлена подробно.

5.10.4 Определения и оценки

Зависимость характеристик EPD от направления фотометрического обзора можно охарактеризовать для белого экрана (или любого цвета *Q*) отношением направления обзора, которое определяет количественно изменение в коэффициенте отражения света, к значению при перпендикулярном падении света рассчитывают по формуле

$$VDR_{W,\theta d} = \frac{R_{W,\theta d}}{R_{W,0^\circ}} \tag{53}$$

или контрастностью (коэффициенты отражения от белого до черного) в функции от направления обзора

$$VDCR_{W,\theta d} = \frac{R_{W,\theta d}}{R_{K,\theta d}}. \tag{54}$$

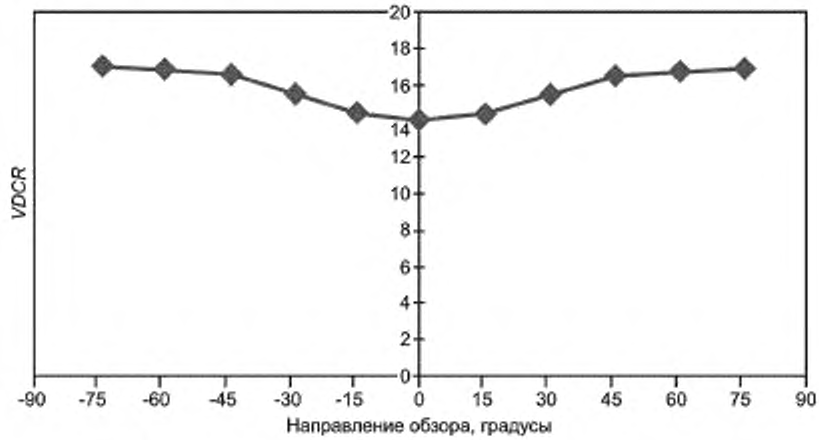


Рисунок 14 — Пример зависимости контрастности от направления обзора

Примерный график контрастности устройства в зависимости от направления обзора приведен на рисунке 14. Аналогичный график можно построить для яркостного различия относительно значения при перпендикулярном падении света.

Изменение коэффициента спектрального отражения $R_{Q,\theta d}(\lambda)$ с направлением обзора θ_d можно охарактеризовать как цветовой сдвиг, представляемый изменением в угле оттенков a^*, b^* или в насыщенности цвета. Колориметрические изменения с направлением обзора можно увеличить на цветовую разницу ΔE^*_{ab} в цветовом пространстве CIELAB. В данном анализе значения CIELAB на каждом направлении обзора ($L^*_{Q,\theta d}$, $a^*_{Q,\theta d}$ и $b^*_{Q,\theta d}$) использованы для расчета цветовой разницы CIELAB относительно значений при перпендикулярном падении света в формуле

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{\left(L^*_{Q,\theta d} - L^*_{Q,0^\circ}\right)^2 + \left(a^*_{Q,\theta d} - a^*_{Q,0^\circ}\right)^2 + \left(b^*_{Q,\theta d} - b^*_{Q,0^\circ}\right)^2}. \tag{55}$$

Формула цветовой разницы [уравнение (55)] предназначена для применения при сравнении соседних цветов с небольшим пространственным разнесением между образцами или без разнесения. В случае пространственного или временного разнесения, как в случае направления обзора относительно цветовой разницы, необходимо уменьшить вес, придаваемый элементу яркости в цветовой разнице.

Также может быть полезным проводить различие между элементами цветовой разницы с точки зрения корреляции интенсивности цвета или оттенка. Это можно обеспечить при использовании интенсивности цвета C^* МКО 1976 и оттеночного угла h МКО 1976 и выражении цветовой разницы в единицах разницы интенсивности цвета ΔC^* CIE 1976 и разницы в оттенках ΔH^* МКО 1976:

$$\Delta L^* = (L^*_{Q,\theta d} - L^*_{Q,0^\circ}), \tag{56}$$

$$\Delta C^*_{ab} = \sqrt{\left(a^*_{Q,0}\right)^2 + \left(b^*_{Q,0}\right)^2} - \sqrt{\left(a^*_{Q,\theta d}\right)^2 + \left(b^*_{Q,\theta d}\right)^2}, \quad (57)$$

$$\Delta H^*_{ab} = \sqrt{\Delta E^{*2}_{ab} - \Delta L^{*2} - \Delta C^{*2}_{ab}}. \quad (58)$$

Зависимость направления обзора должна суммироваться (по крайней мере, в диапазоне θ_d от 0 ° до 75 °) для необходимых рабочих характеристик в формате, рекомендуемом в таблице 7.

Таблица 7 — Пример формы, используемой для представления характеристик направления обзора

Параметр	Направление обзора					
	0°	15°	30°	45°	60°	75°
$R_{Q,\theta d}$						
VDCR						
ΔE^*_{ab}						

5.11 Двоение изображения

5.11.1 Цель

Цель настоящего метода состоит в определении суммы фотометрических повторных изображений в EPD при использовании стандартных условий направленного или полусферического диффузного освещения.

5.11.2 Измерительное оборудование

a) аппаратура:

Измеритель яркости, колориметр или спектрорадиометр, источник мощности сигнала запуска, оборудование сигнала запуска, приспособление для перемещения детектора или дисплея в вертикальном или горизонтальном направлении, стандартный образец диффузного отражения белого, калиброванный для используемой геометрической конфигурации освещения/регистрации. Также можно использовать контактный спектрофотометр, если было показано, что его результаты справедливы при сравнении с калиброванным неконтактным спектрорадиометром;

b) условия освещения:

Необходимо использовать стандартное направленное кольцевое освещение или полусферическое освещение. Спектры освещения должны аппроксимировать CIE источники света D50 или D65. В ином случае следует использовать широкополосный источник света с гладким спектром (например, лампу накаливания в режиме стабилизации). В протоколе испытаний должны быть указаны геометрическая конфигурация освещения/регистрации и ССТ источника света.

5.11.3 Метод измерения

a) обеспечить стабилизацию экрана в начальном состоянии без повторных изображений/двоения изображения. Например, при установке на дисплее изображения белого в полный экран при наибольшем уровне отражения и выдержать в этом состоянии не менее 3 с и повторить этот процесс три раза;

b) установить детектор перпендикулярно экрану и поддерживать эту ортогональность при всех последующих измерениях. Измерить исходную яркость полного экрана белого $L_{pre}[P_i]$ в позициях P_0, P_1, P_3, P_5 и P_7 (см. рисунок 8);

c) установить и удерживать на экране испытательное изображение с 4 % окном белого (как показано на рисунке 15) при наибольшем уровне отражения в течение 3 с. Оставшаяся часть экрана должна устанавливаться на наименьший уровень отражения;

d) установить повторно изображение белого на весь экран при наибольшем уровне отражения и как можно быстрее еще раз измерить яркость $L_{post}[P_i]$ в позициях P_0, P_1, P_3, P_5 и P_7.

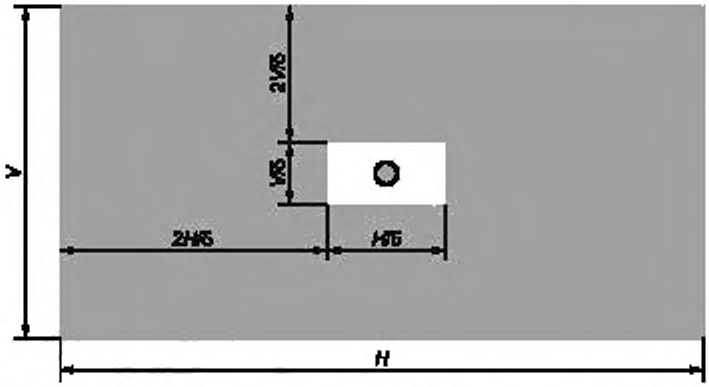


Рисунок 15 — Таблица дисплея, используемая для снятия характеристик двоения

5.11.4 Определения и оценки

Яркость $L_{post}[P_i]$ во всех позициях, измеренная после изображения с 4 %-ным окном, корректируется при неоднородности экрана путем следующего масштабирования

$$L^{*}_{post}[P_i] = L_{post}[P_i]\frac{L_{pre}[P_0]}{L_{pre}[P_i]}, \tag{59}$$

где $L_{pre}[P_0]$ — яркость в позиции P_0 до таблицы с 4% окном, а $L_{pre}[P_i]$ — яркость во всех позициях. Высветленность CIELAB для каждой позиции после таблицы с 4 %-ным окном определяют путем нормирования к яркости $L_{post}[P_i]$ в позиции P_0 и использования следующих соотношений

$$L^{*}(P_i) = 116f\left(\frac{L^{*}_{post}[P_i]}{L_{post}[P_0]}\right) - 16, \tag{60}$$

где

$$f\left(\frac{L'_{post}[P_i]}{L_{post}[P_0]}\right) = \begin{cases} \left(\dfrac{L'_{post}[P_i]}{L_{post}[P_0]}\right)^{1/3} & \text{при } \left(\dfrac{L'_{post}[P_i]}{L_{post}[P_0]}\right) > (6/29)^3, \\ \dfrac{1}{3}\left(\dfrac{29}{6}\right)^2\left(\dfrac{L'_{post}[P_i]}{L_{post}[P_0]}\right) + \dfrac{16}{116} & \text{в иных случаях.} \end{cases} \tag{61}$$

Затем вычисляют показатель двоения как наибольшую разницу в высветленности между центральной позицией P_0 и четырьмя краевыми позициями P_i по формуле

$$GI = \max\left\{\sqrt{\left(L^{*}[P_i] - L^{*}[P_0]\right)^2}\right\}. \tag{62}$$

Приложение А
(справочное)

Метод расчета объема цветовой гаммы при дневном освещении

А.1 Цель

Целью настоящего метода является описание методики расчета объема цветовой гаммы отдельных цветовых точек в трехмерном цветовом пространстве CIELAB.

А.2 Методика расчета объема цветовой гаммы

Методика расчета объема цветовой гаммы представлена алгоритмом, приведенным на рисунке А.1.

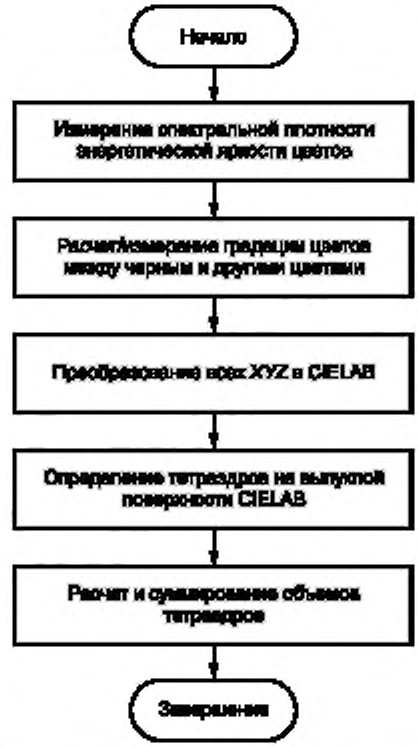


Рисунок А.1 — Алгоритм анализа расчета объема цветовой гаммы

Провести измерения дисплея как минимум при красном, зеленом, синем, голубом, пурпурном, желтом, черном и белом цветах в указанных условиях дневного освещения. В таблице А.1 приведен пример с использованием основных цветов sRGB при использовании белой точки CIE источника света D65 CIE и яркости белого (*Y*) приведенной к 100 %:

Таблица А.1 — Значения координат основных цветов sRGB

Цвет	x_Q	y_Q	$X_{Q,amb}$	$Y_{Q,amb}$	$Z_{Q,amb}$
Красный	0,640	0,330	41,239	21,264	1,933
Зеленый	0,300	0,600	35,758	71,517	11,919
Синий	0,150	0,060	18,048	7,219	95,053
Голубой	0,225	0,329	53,806	78,736	106,973

Окончание таблицы А.1

Цвет	x_Q	y_Q	$X_{Q,amb}$	$Y_{Q,amb}$	$Z_{Q,amb}$
Пурпурный	0,321	0,154	59,287	28,483	96,986
Желтый	0,419	0,505	76,998	92,781	13,853
Черный	—	—	0,000	0,000	0,000
Белый	0,3127	0,3290	95,046	100,000	108,906

Привести все цветовые точки в цветовое пространство CIELAB, используя уравнения с (30) по (33). Пример установки цветов sRGB в цветовом пространстве CIELAB приведен в таблице А.2 и на рисунок А.2.

Таблица А.2 — Пример набора цветов sRGB с представлением в цветовом пространстве CIELAB

Цвет	a^*	b^*	L^*
Красный	80,105	67,223	53,233
Зеленый	-86,188	83,186	87,737
Синий	79,194	-107,854	32,303
Голубой	-48,084	-14,128	91,117
Пурпурный	98,250	-60,833	60,320
Желтый	-21,561	94,488	97,138
Черный	0	0	0
Белый	0	0	100

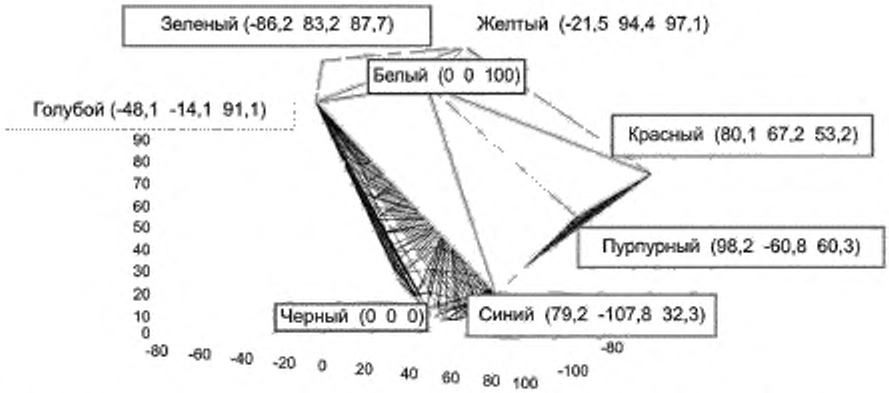


Рисунок А.2 — Графическое представление объема цветовой гаммы для sRGB в цветовом пространстве CIELAB

Рассчитать объем цветовой гаммы путем сложения всех тетраэдров, находящихся в пределах отображенных цветовых точек и указать его в процентах объема по сравнению с объемом цветовой гаммы для sRGB. Пример для дисплея с объемом цветовой гаммы sRGB, рассчитанным в цветовом пространстве CIELAB, приведен в таблице А.3.

Таблица А.3 — Пример объема цветовой гаммы sRGB в цветовом пространстве CIELAB

Параметр	Объем цветовой гаммы
Полный	$8,20 \cdot 10^5$
Процент относительно sRGB	100%

А.3 Метод деления поверхности при расчете объема гаммы CIELAB

А.3.1 Цель

В настоящем алгоритме принимается произвольный набор случаев углов гаммы, указанных в значениях основных цветов *XYZ* в МКО 1931. Минимальный набор цветов будут включать такие цвета как красный, зеленый, синий, голубой, пурпурный, желтый, черный и белый. Значения *XYZ* ранжированы в ряды входной переменной *P* при минимально восьми вариантах требуемых цветовых углов. Выходное значение будет расчетным значением объема цветовой гаммы.

А.3.2 Допущения

Считается, что цветовая гамма в цветовом пространстве *XYZ* CIE будет определяться в виде выпуклости заданных вариантов углов. Цветовая гамма в цветовом пространстве CIELAB будет представлена этой выпуклостью, приведенной к пространству *XYZ* CIE через случай угла с максимальной яркостью (взятой как точка белого) и приведенной в цветовое пространство CIELAB, где она уже не будет полностью выпуклой.

А.3.3 Алгоритм

1) получить выпуклую поверхность точек цветовых угловых в *P*. Сохранить текстуру поверхности этой выпуклости в *T*. Откалибровать полный объем *v* к 0;

Примечание 1 — В данном случае угловые точки — это стандартные цвета: красный, зеленый, синий, голубой, пурпурный, желтый, черный, белый (RGBCMYKW).

2) рассчитать среднее значение точек *P*, используемое в качестве средней точки гаммы, и сохранить его в P_m;

3) для каждого треугольного элемента поверхности в *T*:

i) пусть *s* равно количеству граней, имеющих протяженность в координатах L^*, a^*, b^* больше десяти;

Примечание 2 — Используют протяженность, а не длину, так как ее можно рассчитать быстрее.

ii) если *s* = 0, рассчитать объем между вершинами элемента поверхности и P_m. Прибавить полученный объем к объему *v*;

iii) если *s* = 3, рассчитать средние точки в пространстве *XYZ* CIE и поделить треугольный элемент на четыре под-элемента, каждый из которых определяется вершиной угла при двух соседних средних точках и трех средних точках. Повторить операцию 3) для каждого под-элемента треугольника;

iv) если *s* = 1 или 2, рассчитать среднюю точку в пространстве *XYZ* CIE грани с наибольшей протяженностью в CIELAB и поделить треугольный элемент на два под-элемента вдоль линии между средней точкой и противоположной вершиной. Повторить операцию 3) для каждого под-элемента треугольника.

4) вернуться к полному объему, находящемуся после проведения предыдущих операций в *v*.

А.3.4 Пример программного обеспечения

Пример реализации программного обеспечения в расчете объема цветовой гаммы обеспечивается кодом MATLAB. Код выполняется двумя основными модулями, обозначенными ниже двумя прямоугольниками. Для выполнения программы Matlab выполняется следующая команда с соответствующими данными sRGB, загруженными в память:

>> *P*=GetGamutCorners('sRGB')

Используемый белый по умолчанию — источник света D65.

P =

0	0	0
0,412 4	0,212 6	0,019 3
0,770 0	0,927 8	0,138 5
0,357 6	0,715 2	0,119 2
0,538 1	0,787 4	1,069 7
0,180 5	0,072 2	0,950 5
0,592 9	0,284 8	0,969 9
0,950 5	1,000 0	1,089 1

где матрица данных соответствует приведенным ниже следующим координатам основных цветов:

X_K	Y_K	Z_K
X_R	Y_R	Z_R
X_Y	Y_Y	Z_Y
X_G	Y_G	Z_G
X_K	Y_K	Z_K
X_C	Y_C	Z_C
X_B	Y_B	Z_B
X_M	Y_M	Z_M
X_W	Y_W	Z_W

Затем получают объем цветовой гаммы CIELAB путем выполнения следующей команды:

```
>> CIELabVol_subd(P)
ans =
    8,201 3 × 10^5
```

CIELabVol_subd.m

```
function [v] = CIELabVol_subd(P)
%Each row of P contains XYZ tri-stimulus values of gamut corner points.
%The 3D gamut is defined as the convex hull of these points in XYZ space.
%The surface is recursively subdivided down to a threshold scale in CIELAB
%and the volume made by each surface tile to a central point is summed
thresh=10; %CIELab subdivision threshold
%Get the hull defined by the points
T=convhulln(P);
%Get the white point (taken as the primary with the maximum Y)
[W,i]=max(P(:,2));
W=P(i,:);
%Normalise the gamut to the white point
Pn=P./(repmat(W,size(P,1),1));
%get the mid-point
Pm=mean(Pn);
%add-on the CIELab points
Pn=[Pn, XYZ2Lab(Pn)];
Pm=[Pm, XYZ2Lab(Pm)];
%calculate and sum the Lab volume of each surface tile to the mid-point
v=0;
for n=1:size(T,1),
v=v+SubDLabVol(Pn(T(n,:),:),Pm,thresh);
end
% % sub-functions
% XYZ2Lab converts XYZ values arranged in columns to L* a* b*
function [ t ] = XYZ2Lab(t)
i=(t>0.008856);
t(i)=t(i).^(1/3);
t(~i)=7.787*t(~i)+16/116;
t=[116*t(:,2)-16, 500*(t(:,1)-t(:,2)), 200*(t(:,2)-t(:,3))];
end
%Recursive function to devide up the surface tile then return the volume
function [ v ] = SubDLabVol(vp,c,th)
    %Get the max extent of each edge (quicker than length calculation)
m=max(abs(vp-circshift(vp,1)),[],2);
    %Count how many edges have extents larger than the threshold
s=sum(m>th);
if (s==0), %no edges larger: return the volume
    v=abs(det(vp(:,4:6) - repmat(c(1,4:6),3,1))/6);
elseif (s==3), %all edges larger: divide tile in four
    %get edge mid-points
    ip=(vp(:,1:3)+circshift(vp(:,1:3),1))/2;
    %calculate CIELab points of the mid-points
    ip=[ip,XYZ2Lab(ip)];
    %and call recursively for each sub-tile
    v=SubDLabVol([vp(1,:);ip(1:2,:)],c,th);
    v=v+SubDLabVol([vp(2,:);ip(2:3,:)],c,th);
    v=v+SubDLabVol([vp(3,:);ip(1:2:3,:)],c,th);
    v=v+SubDLabVol(ip,c,th);
else %one or two edges larger: split the tile on the largest edge
    %shift the order so 1-2 has the largest extent
    [m,i]=max(m);
    vp=circshift(vp,2-i);
%calculate the mid-point of 1-2 and the CIELab point
    ip=(vp(1,1:3)+vp(2,1:3))/2;
    ip=[ip,XYZ2Lab(ip)];
```

```
    %and call recursively for the two sub-tiles
        v=SubDLabVol([vp([1 3],:);ip],c,th);
        v=v+SubDLabVol([vp(2:3,:);ip],c,th);
        end
    end
end
```

GetGamutCorners.m

```
function [ P ] = GetGamutCorners(P ,wh)
%GET PRIM returns a set of colour corner points based on a standard gamut
%    input string must contain one of:
%       'sRGB', 'Rec709', 'EBU', 'NTSC'
%        optionally one of
%        'D50', 'D55', 'D65', 'D75', 'IIIA', 'IIIE'
    if ischar(P)
    if nargin<2
        wh=P;
end
if strfind(P,'sRGB') || strfind(P,'Rec709')
    prim=[0.64,0.33;0.3,0.6;0.15,0.06];
elseif strfind(P,'EBU')
    prim=[0.64,0.33;0.29,0.6;0.15,0.06];
elseif strfind(P,'NTSC')
    prim=[0.67,0.33;0.21,0.71;0.14,0.08];
else
    error('non-valid colour primary specification');
end
P=prim;
end
if ischar(wh)
    if strfind(wh,'D50')
        wh=[0.3457,0.3585];
    elseif strfind(wh,'D55')
        wh=[0.3324,0.3474];
    elseif strfind(wh,'D65')
        wh=[0.3127,0.3290];
    elseif strfind(wh,'D75')
        wh=[0.2990,0.3149];
    elseif strfind(wh,'IIIA')
        wh=[0.44757,0.40745];
    elseif strfind(wh,'IIIE')
        wh=[0.3333,0.3333];
    else
        wh=[0.3127,0.3290];
        display('Default D65 white used');
        end
    end
    wh=[wh, 1-sum(wh)]/wh(2);
    P=[P, 1-sum(P,2)];
    P=P.*repmat((wh/P)',1,3);
%P=[KRYGCBMW]'
    P=[0 0 0;P(1,:);sum(P(1:2,:));P(2,:);sum(P(2:3,:));...
        P(3,:);sum(P([1 3],:)); sum(P)];
end
```

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным и межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального, межгосударственного стандарта
IEC 60050-101	—	*
IEC 60050-102	—	*
IEC 60050-103	—	*
IEC 60050-112	—	*
IEC 60050 -113	IDT	ГОСТ IEC 60050-113—2015 «Международный электротехнический словарь. Часть 113. Физика в электротехнике»
IEC 60050-114	—	*
IEC 60050-121	—	*
IEC 60050-131	—	*
IEC 60050-141	—	*
IEC 60050-151	IDT	ГОСТ IEC 60050-151—2014 «Международный электротехнический словарь. Часть 151. Электрические и магнитные устройства»
IEC 60050-161	—	*
IEC 60050-191	—	*
IEC 60050-192	—	*
IEC 60050-195	IDT	ГОСТ Р МЭК 60050-195—2005 «Заземление и защита от поражения электрическим током. Термины и определения»
IEC 60050-212	—	*
IEC 60050-221	—	*
IEC 60050-311	IDT	ГОСТ IEC 60050-311—2015 «Международный электротехнический словарь. Электрические и электронные измерения и измерительные приборы. Часть 311. Общие термины, относящиеся к измерениям.»
IEC 60050-312	IDT	ГОСТ IEC 60050-312—2015 «Международный электротехнический словарь. Электрические и электронные измерения и измерительные приборы. Часть 312. Общие термины, относящиеся к электрическим измерениям.»
IEC 60050-313	IDT	ГОСТ IEC 60050-313—2015 «Международный электротехнический словарь. Электрические и электронные измерения и измерительные приборы. Часть 313. Типы электрических приборов»
IEC 60050-314	IDT	ГОСТ IEC 60050-314—2015 «Международный электротехнический словарь. Электрические и электронные измерения и измерительные приборы. Часть 314. Специальные термины, соответствующие типу прибора»
IEC 60050-321	IDT	ГОСТ IEC 60050-321—2014 «Международный электротехнический словарь. Часть 321. Измерительные трансформаторы»
IEC 60050-351	—	*
IEC 60050-371	—	*
IEC 60050-395	—	*
IEC 60050-411	IDT	ГОСТ IEC 60050-411—2015 «Международный электротехнический словарь. Часть 411. Машины вращающиеся»

Продолжение таблицы ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального, межгосударственного стандарта
IEC 60050-415	—	*
IEC 60050-421	—	*
IEC 60050-426	IDT	ГОСТ Р МЭК 60050-426—2006 «Международный электротехнический словарь. Часть 426. Электрооборудование для взрывоопасных сред»
IEC 60050-431	—	*
IEC 60050-436	IDT	ГОСТ IEC 60050-436—2014 «Международный электротехнический словарь. Глава 436. Силовые конденсаторы»
IEC 60050-441	IDT	ГОСТ IEC 60050-441—2015 «Международный электротехнический словарь. Часть 441. Аппаратура коммутационная, аппаратура управления и плавкие предохранители»
IEC 60050-442	IDT	ГОСТ IEC 60050-442—2015 «Международный электротехнический словарь. Часть 442. Электрические аксессуары»
IEC 60050-444	IDT	ГОСТ IEC 60050-444—2014 «Международный электротехнический словарь. Часть 444. Элементарные реле»
IEC 60050-445	IDT	ГОСТ IEC 60050-445—2014 «Международный электротехнический словарь. Часть 445. Реле времени»
IEC 60050-447	IDT	ГОСТ IEC 60050-447—2014 «Международный электротехнический словарь. Часть 447. Измерительные реле»
IEC 60050-448	—	*
IEC 60050-461	—	*
IEC 60050-466	—	*
IEC 60050-471	—	*
IEC 60050-482	IDT	ГОСТ Р МЭК 60050-482—2011 «Международный электротехнический словарь. Источники тока химические. Термины и определения»
IEC 60050-521	—	*
IEC 60050-531	—	*
IEC 60050-541	—	*
IEC 60050-551	—	*
IEC 60050-561	—	*
IEC 60050-581	IDT	ГОСТ IEC 60050-581—2015 «Международный электротехнический словарь. Часть 581. Электромеханические компоненты для электронного оборудования»
IEC 60050-601	—	*
IEC 60050-602	—	*
IEC 60050-603	—	*
IEC 60050-605	—	*
IEC 60050-614	—	*
IEC 60050-617	—	*
IEC 60050-651	IDT	ГОСТ IEC 60050-651—2014 «Международный электротехнический словарь. Часть 651. Работа под напряжением»
IEC 60050-691	—	*
IEC 60050-701	—	*
IEC 60050-702	—	*
IEC 60050-704	—	*
IEC 60050-705	—	*
IEC 60050-712	—	*

Окончание таблицы ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального, межгосударственного стандарта
IEC 60050-713	—	*
IEC 60050-714	—	*
IEC 60050-715	—	*
IEC 60050-716	—	*
IEC 60050-721	—	*
IEC 60050-722	—	*
IEC 60050-723	—	*
IEC 60050-725	—	*
IEC 60050-726	—	*
IEC 60050-731	—	*
IEC 60050-732	—	*
IEC 60050-801	—	*
IEC 60050-802	—	*
IEC 60050-806	—	*
IEC 60050-807	—	*
IEC 60050-808	—	*
IEC 60050-811	—	*
IEC 60050-815	—	*
IEC 60050-821	—	*
IEC 60050-826	IDT	ГОСТ Р МЭК 60050-826—2009 «Установки электрические. Термины и определения»
IEC 60050-841	—	*
IEC 60050-845	—	*
IEC 60050-851	—	*
IEC 60050-881	IDT	ГОСТ Р МЭК 60050-881—2008 «Международный электротехнический словарь. Глава 881. Радиология и радиологическая физика»
IEC 60050-891	—	*
IEC 60050-901	IDT	ГОСТ IEC 60050-901—2016 «Международный электротехнический словарь. Глава 901. Стандартизация»
IEC 60050-902	IDT	ГОСТ IEC 60050-902—2016 «Международный электротехнический словарь. Глава 902. Оценка соответствия»
IEC 60050-903	—	*
IEC 60050-904	—	*
IEC 62679-1-1	IDT	ГОСТ Р МЭК 62679-1-1 «Дисплеи на основе электронной бумаги. Часть 1-1. Терминология»
IEC 61966-2-1	—	*
CIE 15	—	*
CIE 38	—	*

* 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 стандартов.

Примечание —В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты.

Библиография

[1]	International Committee for Display Metrology, Version 1.03, 2012	Internat Information display measurements standard, ver.1.03, 2012 (Стандарт на измерения информационных дисплеев. Версия 1.03, 2012)
[2]	E.F.Kelley, M.Lindfors and J.Penczek, J. Soc. Information Display, V 14, p.1019-1030 (2006)	Display daylight ambient contrast measurement methods and daylight readability (Методы измерения контрастности дисплеев при дневном свете окружающей среды и разборчивость изображения при дневном свете)
[3]	ANSI/IESNA RP-1-04 (IESNA), (2004)	American national standard practice for office lighting (Установленная американская национальная практика для освещения служебных помещений)
[4]	Using model in ASTM G.197, (2008)	«Standard table for reference solar spectral distributions: direct and diffuse on 20° tilted and vertical surfaces» (Стандартная таблица эталонных спектральных распределений при солнечном освещении: направленное и диффузное освещение на вертикальных поверхностях и при наклоне 20°)
[5]	IESNA Lighting Handbook, 9 ed.(2002)	Reference and application (Рекомендации и применения)
[6]	CIE Publication No 44,1979 переиздание 1990	Absolute methods for reflection measurement, for example of sampling sphere, see the Sharp-little method (Абсолютные методы измерения отражения, на примере эталонной сферы показанной в методе Sharp-Little)
[7]	E.F.Kelley, Proc. Third Americas Display Engineering and Applications Conf. (ADEAC 2006), Soc. Information Display, Atlanta, GA, USA, pp.1-5, Oct. 24-26 (2006)	Diffuse reflectance and ambient contrast measurements using a sampling sphere (Измерения коэффициента диффузного отражения и контрастности в окружающей среде)
[8]	B.P.Dehmlow and K.A.Brostad, Proc. of the SPIE, vol. 3363 (Cockpit Display V), pp.217-224 (1998)	Reflection-mode diffraction and matrix displays (Дифракционные и матричные дисплеи в режиме отражения)
[9]	R.S.Berns, 3rd ed, Wiley-Interscience, New York (2000)	Billmeyer and Saltzman's principles of color technology (Принципы Billmeyer и Saltzman по технологии цвета)
[10]	M.E.Becker, SID 1996, San Diego, Application Seminar A-4	Measuring LCD optical performance (Измерение оптической характеристики LCD)
[11]	Veronique Collomb-Patton, Pierre Boher and Thierry Leroux, SID 09 Digest 17.4, pp.220-223 (2009)	Comprehensive survey on viewing angle measurement devices: a theoretical study (Полный обзор устройств для измерения углов обзора: теоретическое исследование)

УДК 621.377.006.354 ОКС 31.120, 31.280 ОКПД2 26.70.23

Ключевые слова: дисплей на основе электронной бумаги, сегментные дисплеи, матричные дисплеи, цветовая гамма, направление обзора, фотометрическая плоскостная неоднородность, колориметрическая плоскостная неоднородность, источник света, контрастность, объем цветовой гаммы, конфигурация, яркость, двоение, цветовое пространство, основные цвета

БЗ 12—2017/138

Редактор *Е.А. Моисеева*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *С.И. Фирсова*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 14.11.2017. Подписано в печать 05.12.2017. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 5,12. Уч.-изд. л. 4,63 Тираж 25 экз. Зак. 2620.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123001 Москва. Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru