МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

**ГОСТ
23198—
2021**

ИСТОЧНИКИ СВЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

Методы измерений спектральных и цветовых характеристик

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2021

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт источников света имени А.Н. Лодыгина» (ООО «НИИИС имени А.Н. Лодыгина»)

2 ВНЕСЕН Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 332 «Светотехнические изделия, освещение искусственное»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 22 октября 2021 г. № 144-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004 – 97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004 – 97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 октября 2021 г. № 1272-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 23198—2021 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 марта 2022 г.

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 Настоящий стандарт подготовлен на основе применения ГОСТ Р 55703—2013*

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

* Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 октября 2021 г. № 1272-ст ГОСТ Р 55703—2013 отменен с 1 марта 2022 г.

© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2021

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Общие требования к проведению измерений 3
4.1 Условия проведения измерений 3
4.2 Средства измерений и испытательное оборудование 3
4.3 Подготовка к измерениям 4
5 Методы измерений для определения абсолютных значений спектральных характеристик 5
5.1 Общие положения 5
5.2 Методы измерений с использованием измерительной установки, включающей радиометр 5
5.3 Метод измерения с использованием спектрорадиометра 10
5.4 Метод перехода от относительного значения спектральной характеристики к абсолютному определением абсолютирующего множителя 10
6 Методы измерений для определения относительных значений спектральных характеристик 11
6.1 Общие положения 11
6.2 Метод измерения с использованием измерительной установки, включающей радиометр 11
6.3 Метод перехода от абсолютного значения спектральной характеристики к относительному 12
7 Методы определения координат цвета и координат цветности 13
7.1 Общие положения 13
7.2 Спектрорадиометрический метод определения координат цвета и цветности 13
7.3 Измерение колориметром или спектрорадиометром-колориметром 15
8 Метод контрольных цветов для определения индекса цветопередачи 15
8.1 Общие положения 15
8.2 Средства измерений и испытательное оборудование 15
8.3 Подготовка к измерениям 16
8.4 Проведение измерений 16
8.5 Обработка результатов 16
9 Спектрозональный метод определения цветопередачи 16
9.1 Общие положения 16
9.2 Средства измерений и испытательное оборудование 16
9.3 Подготовка к измерениям 16
9.4 Проведение измерений 16
9.5 Обработка результатов 16
10 Метод определения содержания красного излучения 17
10.1 Общие положения 17
10.2 Средства измерений и испытательное оборудование 17
10.3 Подготовка к измерениям 17
10.4 Проведение измерений 18
10.5 Обработка результатов 18
11 Методы определения коррелированной цветовой температуры 18
11.1 Общие положения 18
11.2 Метод определения коррелированной цветовой температуры по графику цветностей МКО 1931 г. 18
11.3 Метод определения наименьших различий координат цветности испытуемого источника света и линии абсолютно черного тела 19
12 Метод определения доминирующей и дополнительной длин волн по диаграмме цветности 21
12.1 Общие положения 21
12.2 Проведение измерений 21
12.3 Обработка результатов 21
13 Метод определения условной чистоты цвета 22

13.1 Общие положения 22
13.2 Проведение измерений 22
13.3 Обработка результатов 23
14 Неопределенность измерений 23
14.1 Общие положения 23
14.2 Общие факторы 23
14.3 Специфические факторы при измерении спектральных характеристик 24
14.4 Специфические факторы при измерении цветовых характеристик 24
15 Представление результатов измерений 24
15.1 Общая информация 24
15.2 Информация об испытуемом источнике света 24
15.3 Информация о методе измерений 25
15.4 Данные о спектральных и/или цветовых характеристиках 25
Приложение А (рекомендуемое) Метод проверки линейности радиометра 26
Приложение Б (рекомендуемое) Метод определения доли постороннего рассеянного света 27
Приложение В (рекомендуемое) Данные для расчета коррелированной цветовой температуры 28
Приложение Г (справочное) Таблица координат цветности четырехугольников допустимых отклонений коррелированной цветовой температуры 29
Библиография 30

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

ИСТОЧНИКИ СВЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

Методы измерений спектральных и цветовых характеристик

Electric light sources. Methods of measuring spectral and colour characteristics

Дата введения — 2022—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на электрические источники света (ИС): лампы накаливания, разрядные лампы и светодиодные ИС, имеющие сплошной, линейчатый или смешанный спектры излучения, и устанавливает методы измерений спектральных и цветовых характеристик.

Настоящий стандарт не распространяется на ИС, применяемые в качестве рабочих средств измерения (СИ), и лампы-фары.

Допускается применять настоящий стандарт для определения характеристик ИС других типов, предназначенных для целей освещения.

Настоящий стандарт устанавливает методы измерений для определения следующих спектральных характеристик ИС:

- спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ);
- спектральной плотности энергетической освещенности (СПЭО);
- спектральной плотности силы излучения (СПСИ);
- спектральной плотности потока излучения (СППИ).

Настоящий стандарт устанавливает методы измерений для определения следующих цветовых характеристик ИС:

- координат цвета и координат цветности;
- цветопередачи;
- содержания красного излучения в спектре ртутных ламп высокого давления;
- коррелированной цветовой температуры (КЦТ);
- доминирующей длины волны;
- условной чистоты цвета.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.195 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения, спектральной плотности энергетической освещенности, силы излучения и энергетической освещенности в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм

ГОСТ 8.197 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности потока излучения, спектральной плотности энергетической освещенности, спектральной плотности силы излучения, потока и силы излучения в диапазоне длин волн от 0,001—1,600 мкм

ГОСТ 8.205 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений координат цвета и цветности, показателей белизны и блеска

Издание официальное

ГОСТ 8.332 Государственная система обеспечения единства измерений. Световые измерения. Значения относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения. Общие положения

ГОСТ 8.654 Государственная система обеспечения единства измерений. Фотометрия. Термины и определения

ГОСТ 7601 Физическая оптика. Термины, буквенные обозначения и определения основных величин

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

ГОСТ 9411 Стекло оптическое цветное. Технические условия

ГОСТ 18953 Источники питания электрические ГСП. Общие технические условия

ГОСТ 22261 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия

ГОСТ 27176 Приборы спектральные оптические. Термины и определения

ГОСТ 34100.3/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (gost.e-ecolog.ru казателям национальных стандартов, издаваемым в государствах, указанных в предисловии, или на официальных сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации. Если на документ дана недатированная ссылка, то следует использовать документ, действующий на текущий момент, с учетом всех внесенных в него изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то следует использовать указанную версию этого документа. Если после принятия настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение применяется без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 7601, ГОСТ 8.654, ГОСТ 27176, [1]*, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **цветовой стимул:** Видимое излучение, попадающее в глаз и вызывающее ощущение хроматического или ахроматического цвета.

3.2 **цветовое пространство:** Трехмерная координатная система для количественного выражения цветовых стимулов объекта с помощью координат цвета.

3.3 **цветовое пространство *XYZ*:** Цветовое пространство, координатами которого являются три мнимых цвета, близких к красному, зеленому и синему.

3.4 **цветовое пространство *L*a*b**:** Цветовое пространство, координатами которого являются светлота L^* и хроматические координаты a^*b^*.

3.5 **координаты цвета:** Числовые значения трех цветовых стимулов, определяющие цвет объекта в выбранном цветовом пространстве.

3.6 **координаты цвета *X, Y, Z*:** Координаты цвета в цветовом пространстве *XYZ*.

3.7 **координаты цвета *L*, a*, b**:** Координаты цвета в цветовом пространстве $L^*a^*b^*$.

Примечание — Координаты цвета L^*, a^*, b^* являются производными от координат цвета *X, Y, Z*.

3.8 **координаты цветности *x, y, z*:** Отношение каждой из координат цвета *X, Y, Z* к их сумме.

Примечание — Сумма координат цветности *x, y, z* равна единице.

3.9 **индекс цветопередачи R_a:** Мера степени отклонения цвета объекта при освещении источником излучения по сравнению с цветом объекта при освещении эталонным источником излучения.

3.10 **специальный индекс цветопередачи R_i:** Индекс цветопередачи *i*-го образца цвета.

3.11 **цветность**: Характеристика цветового стимула, определяемая его координатами цветности.

3.12 **цветовая температура:** Температура абсолютно черного тела, при которой его излучение имеет ту же цветность, что и излучение испытуемого источника света.

Примечание — Цветовая температура ИС определяется точкой, соответствующей его цветности на линии абсолютно черного тела, нанесенной на равноконтрастном цветовом графике Международной комиссии по освещению (МКО) 1960 г.

3.13 **линия абсолютно черного тела:** Линия на равноконтрастном цветовом графике МКО 1960 г., соответствующая цветности излучения абсолютно черного тела при различной температуре.

---

* В Российской Федерации действуют ГОСТ Р 55704—2013 «Источники света электрические. Термины и определения» и ГОСТ Р 56228—2014 «Освещение искусственное. Термины и определения».

3.14 **коррелированная цветовая температура;** КЦТ, $T_{кц}$: Температура излучателя Планка (абсолютно черного тела), имеющего координаты цветности, наиболее близкие к координатам цветности, соответствующим спектральному распределению испытуемого объекта.

3.15 **линия постоянной КЦТ**: Прямая линия, пересекающая линию абсолютно черного тела на равноконтрастном графике Международной комиссии по освещению 1960 г. и перпендикулярная к ней.

3.16 **доминирующая длина волны λ_d:** Длина волны монохроматического стимула, на которой при аддитивном смешивании в определенных пропорциях со стандартным ахроматическим стимулом может быть получено цветовое равенство с цветовым стимулом испытуемого источника света, наблюдаемое на графике цветности Международной комиссии по освещению 1931 г. и 1964 г.

3.17 **дополнительная доминирующая длина волны λ_c:** Доминирующая длина волны, наблюдаемая на графике цветности Международной комиссии по освещению 1931 г. в виде прямой, которая продолжается от цветового стимула испытуемого источника света через опорный белый в обратном направлении.

3.18 **условная чистота цвета p_e:** Величина, характеризующая долю монохроматического цветового стимула в конкретном цвете.

Примечание — Условную чистоту цвета ИС определяют отношением двух коллинеарных отрезков NC/ND на диаграмме цветности МКО 1931 г. и 1964 г. (см. раздел 13).

4 Общие требования к проведению измерений

4.1 Условия проведения измерений

4.1.1 Измерения проводят с использованием оборудования, обеспечивающего стандартные условия испытаний, которые соответствуют заданным условиям эксплуатации испытуемого ИС.

4.1.2 Измерения проводят в помещении с неподвижным воздухом, при отсутствии дыма и пыли при условиях, установленных в стандартах и технических условиях (ТУ) на ИС конкретных типов.

4.1.3 Измерения проводят в затемненных помещениях, исключающих внешние засветки, стены, пол и потолок которых имеют глубоко-матовое черное покрытие (за исключением измерений с использованием фотометрического шара). Отсутствие внешних засветок может быть обеспечено конструкцией СИ или измерительной установки. Оборудование должно быть размещено так, чтобы минимизировать влияние постороннего и рассеянного света.

4.1.4 Все параметры стандартных условий испытаний должны находиться в пределах интервала допуска. Отклонение какого-либо параметра стандартных условий испытаний за пределы интервала допуска учитывают при расчете неопределенности измерений.

4.1.5 Температуру окружающей среды измеряют в определенных точках вблизи испытуемого ИС. При проведении измерений с применением фотометрического шара датчик температуры располагают внутри шара на той же высоте, что и испытуемый ИС, или на близкой к нему высоте. Датчик температуры должен быть экранирован от попадания прямого излучения от ИС. Следует исключить влияние кондиционера или нагревательных приборов на ИС и датчик температуры.

4.2 Средства измерений и испытательное оборудование

4.2.1 Для измерений применяют СИ и испытательное оборудование, требования к которым установлены в стандартах и ТУ на ИС конкретных типов. СИ должны быть поверены или калиброваны, испытательное оборудование должно быть аттестовано в установленном порядке.

4.2.2 Электроизмерительные приборы должны соответствовать требованиям ГОСТ 22261.

4.2.3 СИ должны обеспечивать возможность измерения в диапазоне длин волн от 380 до 780 нм.

4.2.4 При определении СПЭО, СПСИ, СППИ применяют СИ и рабочие ИС по ГОСТ 8.195 и ГОСТ 8.197, при определении СПЭЯ, СПЭО и СПСИ допускается применять СИ, поверенные в соответствии с нормативным документом государства, принявшего настоящий стандарт*.

4.2.5 При измерении координат цветности и координат цвета ИС применяют СИ по ГОСТ 8.205 и нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт**, которые должны быть поверены или калиброваны по координатам цветности.

---

* В Российской Федерации действует ГОСТ Р 8.861—2013 «Средства измерений спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения и спектральной плотности энергетической освещенности непрерывного оптического излучения в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм. Методика поверки».

** В Российской Федерации действует ГОСТ Р 8.971—2019 «Государственная система обеспечения единства измерений. Лампы, светильники и модули светодиодные. Методы измерения фотометрических и колориметрических характеристик».

4.2.6 При определении индекса цветопередачи рабочее СИ (источник излучения) должно соответствовать требованиям ГОСТ 7721.

Для источника излучения должны быть установлены данные спектрального распределения энергии излучения в пределах длин волн видимого спектра с интервалом не более 10 нм.

4.2.7 Допускается применять другие СИ, в т. ч. трап-детекторы, фильтровые радиометры, трехстимульные колориметры и др., обеспечивающие требуемую точность измерений.

4.2.8 При определении характеристик ИС для измерений применяют фотометрический шар по нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт*, при измерениях характеристик светодиодных ИС — по нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт**.

4.3 Подготовка к измерениям

4.3.1 Для проведения измерений ИС устанавливают так, чтобы направление излучения совпадало с осью используемого СИ.

Центр поверхности приемного окна используемого СИ и световой центр светящейся поверхности ИС должны находиться на оптической оси СИ по нормали.

Положение ИС при измерении должно быть определено в стандартах и ТУ на ИС конкретных типов.

4.3.2 Электрические системы питания ИС должны соответствовать требованиям ГОСТ 18953.

4.3.3 Перед проведением измерений ИС подвергают предварительному отжигу в соответствии со стандартами и ТУ на ИС конкретного типа.

4.3.4 Применяемые при измерениях рабочие ИС и СИ должны быть чистыми. При обращении с рабочими ИС в процессе измерений используют хлопчатобумажные перчатки.

Перед началом измерений СИ стабилизируют при напряжении или токе, значения которых указаны в их свидетельстве о поверке или сертификате о калибровке.

4.3.5 При измерении СПСИ ИС устанавливают с учетом закона квадратов расстояний.

При отклонении от закона квадратов расстояний рассчитывают коэффициент α, характеризующий значение этого отклонения, по формуле

$$\alpha = f\left(\frac{L}{l}\right), \qquad (1)$$

где L — расстояние от центра ИС до точки измерения, мм;

l — длина светящегося столба, мм.

Кривая зависимости $\alpha = f\left(\frac{L}{l}\right)$ приведена на рисунке 1.

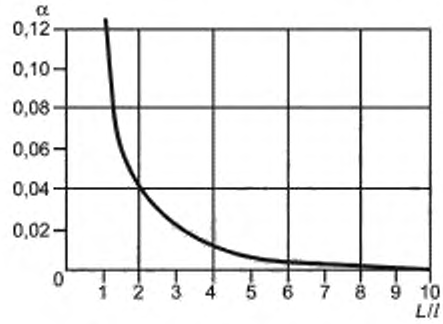


Рисунок 1

* В Российской Федерации действует ГОСТ Р 55702—2020 «Источники света электрические. Методы измерений электрических и световых параметров».

** В Российской Федерации действует ГОСТ Р 8.971—2019 «Государственная система обеспечения единства измерений. Лампы, светильники и модули светодиодные. Методы измерения фотометрических и колориметрических характеристик».

4.3.6 ИС и рабочий ИС при проведении измерений устанавливают так, чтобы поверхность приемного окна радиометра или спектрорадиометра была полностью освещена и было обеспечено ее заполнение.

4.3.7 При испытаниях светодиодных ИС дополнительно учитывают требования [2] и [3].

5 Методы измерений для определения абсолютных значений спектральных характеристик

5.1 Общие положения

5.1.1 Абсолютные значения спектральных характеристик (СПЭЯ, СПЭО, СПСИ и СППИ) определяют следующими методами:

- с использованием измерительной установки, включающей радиометр;
- с использованием спектрорадиометра,
- путем перехода спектральной характеристики от относительного к абсолютному значению определением абсолютирующего множителя;
- путем перехода от относительного значения спектральной характеристики к абсолютному определением абсолютирующего множителя.

Допускается применять другие методы измерений для определения абсолютных значений спектральных характеристик ИС, указанные в стандартах и ТУ на ИС конкретных типов, обеспечивающие достоверность результатов и заданную точность измерений, в т. ч. гониоспектрорадиометрию по [4].

5.1.2 Методы измерений, установленные в настоящем разделе, основаны на сравнении спектральных характеристик рабочего и измеряемого ИС.

5.1.3 Шаг сканирования $\Delta\lambda$ при измерении спектральных характеристик по длинам волн должен составлять не более:

- 10 нм — для ИС со сплошным спектром;
- 5 нм — для ИС с линейчатым спектром;
- 1 нм — для светодиодных ИС.

5.2 Методы измерений с использованием измерительной установки, включающей радиометр

Измерение с использованием измерительной установки, включающей радиометр, проводят:

- методом с применением светофильтров;
- методом с применением монохроматора (измерение СПЭО).

5.2.1 Средства измерений и испытательное оборудование

5.2.1.1 СИ и испытательное оборудование должны соответствовать 4.2.

5.2.1.2 Измерения проводят с применением радиометра, который должен удовлетворять следующим требованиям:

- отклонение от линейности световой характеристики — не более 2 %. Если линейность не указана в сертификате о калибровке или свидетельстве о поверке, то проверку линейности световой характеристики проводят в соответствии с приложением А;
- стабильность радиометра должна быть такой, чтобы в течение 1—2 мин значение фототока изменялось не более чем на 0,5 % при проведении измерений на установленной длине волны;
- спектральная чувствительность по поверхности приемного окна радиометра должна быть равномерной.

Если спектральная чувствительность радиометра неизвестна, то допускается ее определять по [5].

5.2.1.3 При измерении СППИ и СПЭО на поверхности приемного окна радиометра должны быть обеспечены косинусная коррекция и равномерное рассеивание излучения по его поверхности.

При измерении СПЭЯ угол поля зрения радиометра должен обеспечивать измерение СПЭЯ в требуемом телесном угле.

При измерении СПСИ должно быть соблюдено требование 4.3.5.

При измерении СПЭЯ с использованием измерительной установки, включающей радиометр и светофильтры, фокусное расстояние объектива и его диаметр подбирают исходя из телесного угла, в котором измеряют СПЭЯ.

5.2.1.4 Светофильтры должны пропускать излучение в спектральном диапазоне от 380 до 780 нм с полной шириной на уровне половинной амплитуды не более 5 нм для сплошного спектра, для ИС с линейчатым и смешанным спектрами — не более 1 нм. При измерении характеристик ИС с линейчатым или смешанным спектром излучения, содержащим большое число достаточно интенсивных линий или острых пиков фона, например металлогалогенных ламп, люминесцентных ламп с узкополосным спектром излучения, светофильтры подбирают так, чтобы шаг сканирования совпадал с полной шириной на уровне половинной амплитуды.

5.2.1.5 Монохроматор, используемый при измерении, должен быть юстирован согласно эксплуатационной документации. Посторонний рассеянный свет монохроматора в измеряемом диапазоне спектра не должен превышать 1 %. Для его устранения перед входной щелью монохроматора устанавливают избирательные светофильтры, полоса пропускания которых лежит в измеряемой области спектра, или применяют двойной монохроматор.

Метод определения доли постороннего рассеянного света в монохроматоре приведен в приложении Б.

5.2.1.6 Спектральный интервал, выделяемый монохроматором, не должен превышать 1 нм для ИС с линейчатым и смешанным спектрами, 5 нм — для ИС со сплошным спектром.

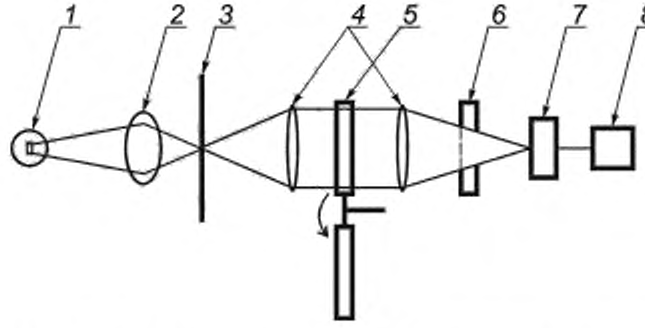
5.2.2 Подготовка к измерениям

Подготовка к измерениям — по 4.3.

5.2.3 Проведение измерений с использованием измерительной установки, включающей радиометр и светофильтры

Измерения с использованием измерительной установки, включающей радиометр и светофильтры, проводят по схеме, приведенной на рисунке 2.

Если абсолютная спектральная чувствительность радиометра неизвестна, то испытуемый ИС замещают рабочим ИС со сплошным спектром с известным абсолютным значением спектральной характеристики.



1 — источник света, *2* — объектив; *3* — апертурный ограничитель; *4* — конденсоры, *5* — светофильтры; *6* — затвор; *7* — радиометр; *8* — система, регистрирующая фототоки

Рисунок 2 — Схема измерений с использованием измерительной установки, включающей радиометр и светофильтры

5.2.4 Проведение измерений с использованием измерительной установки, включающей радиометр и монохроматор

5.2.4.1 Измерения с использованием измерительной установки, включающей радиометр и монохроматор, проводят по схеме, приведенной на рисунке 3.



Рисунок 3 — Блок-схема для измерения СПЭО с использованием измерительной установки, включающей радиометр и монохроматор

Измерения характеристик испытуемого ИС и рабочего ИС проводят последовательным прохождением всего спектрального диапазона или чередованием на каждой установленной длине волны ИС и рабочего ИС.

5.2.4.2 Излучение ИС направляют на входную щель монохроматора, обеспечивая полное ее освещение и заполнение входной апертуры монохроматора, соблюдая условия 4.3.

Для полного, одинакового и неизменного во всех измерениях заполнения входной апертуры монохроматора используют диффузные отражатели с коэффициентом отражения не менее 0,8. В качестве диффузных отражателей применяют белые пластины, фотометрические шары, оптоволоконные кабели и др. Диффузные отражатели устанавливают перед входной щелью монохроматора под углом 45° к оптической оси прибора (если иное не предусмотрено конструкцией диффузного отражателя). Излучение ИС должно падать на диффузные отражатели по нормали к поверхности.

При измерении СПЭЯ диффузные отражатели заменяют сферическим зеркалом или собирающей линзой. Фокусное расстояние зеркала (линзы) и его (ее) диаметр подбирают исходя из телесного угла, в котором измеряют СПЭЯ.

Примечание — Допускаются иные способы освещения входной щели монохроматора при условии полного заполнения его входной апертуры.

5.2.4.3 Ширину раскрытия щелей монохроматора выбирают в зависимости от спектра излучения ИС (непрерывного, линейчатого, смешанного) и освещения диффузного отражателя ИС.

Ширину входной щели $l_{вх}$, мм, монохроматора выбирают с учетом соотношения

$$l_{вх} \le \Delta\lambda / D, \qquad (2)$$

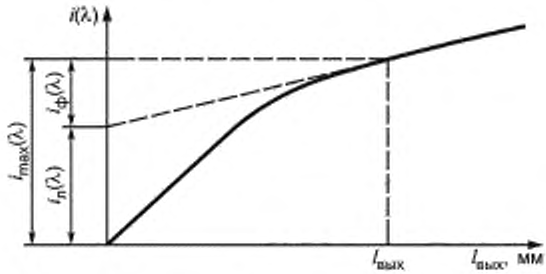
где $\Delta\lambda$ — интервал длин волн измерения, нм,

D — обратная линейная дисперсия монохроматора, нм/мм.

При измерении характеристик ИС со сплошным спектром излучения входная и выходная щели монохроматора должны быть открыты на одинаковую ширину, у двойного монохроматора средняя щель должна быть шире.

При измерении характеристик ИС с линейчатым или смешанным спектром излучения ширину выходной щели монохроматора устанавливают больше ширины входной настолько, чтобы из выходной щели полностью выходил поток излучения.

Ширину выходной щели монохроматора при установленной входной щели выбирают на основании кривой зависимости значения фототока радиометра от ширины выходной щели $i(\lambda) = f(l_{вых})$ по рисунку 4.



$i_л(\lambda)$ — доля фототока радиометра, обусловленная излучением линии; $i_ф(\lambda)$ — доля фототока радиометра, обусловленная излучением фона в месте излучения линии при ширине выходной щели $l_{вых}$

Рисунок 4

Допускается обратное действие, при котором входную щель монохроматора устанавливают шире выходной настолько, чтобы при дальнейшем ее расширении не увеличивался выходящий из прибора поток.

При измерении характеристик ИС со смешанным спектром излучения, если необходимо детально представить сплошной спектр и накладывающиеся на него линии, узкие входную и выходную щели

монохроматора устанавливают на одинаковую ширину, при этом у двойного монохроматора средняя щель должна быть шире.

При использовании монохроматоров с переменной дисперсией ширину выходной щели $l_{вых}$, мм, для каждого спектрального интервала вычисляют по формуле

$$l_{вых} = \Delta\lambda / D(\lambda), \quad (3)$$

где $D(\lambda)$ — обратная линейная дисперсия, нм/мм.

Соотношение ширины входной и выходной щелей монохроматора не должно превышать 1:10 во всем спектральном диапазоне измерений.

5.2.4.4 Радиометр за выходной щелью располагают так, чтобы его приемная поверхность была полностью освещена выходящим из монохроматора излучением и было обеспечено освещение большей части его поверхности. Положение радиометра в процессе измерений не изменяют.

5.2.4.5 Измерения характеристик ИС с линейчатым или смешанным спектром излучения, содержащим большое число достаточно интенсивных линий или острых пиков фона, например металлогалогенных ламп, люминесцентных ламп с узкополосным спектром излучения, проводят ступенчатым методом.

Спектр разбивают на интервалы-ступени $\Delta\lambda$, которые перемещают по отношению к выходной щели монохроматора на расстояния, равные ее ширине. В пределах ступеней $\Delta\lambda$ измеряют среднее значение спектральной характеристики, выбирают узкую входную и широкую выходную щели монохроматора, определяющие спектральный интервал измерения.

5.2.4.6 При измерении характеристик ИС со смешанным спектром излучения, если необходимо детально представить сплошной спектр и накладывающиеся на него линии, испытуемый ИС устанавливают, как и при измерении сплошного спектра, узкие входную и выходную щели монохроматора и измерения проводят через небольшие спектральные интервалы таким образом, чтобы получить полные контуры изображения линии.

5.2.5 Обработка результатов

5.2.5.1 Абсолютное значение спектральной характеристики испытуемого ИС $p_{\lambda,абс}(\lambda)$ выражают в единицах измерения конкретной спектральной характеристики: СППИ — в Вт/нм, СПСИ — в Вт/ср·нм, СПЭО — в Вт/м^2·нм, СПЭЯ — в Вт/ср·м^2·нм.

5.2.5.2 Если абсолютная спектральная чувствительность радиометра известна, то абсолютное значение спектральной характеристики ИС $p_{\lambda,абс}(\lambda)$, вычисляют по формуле

$$p_{\lambda,абс}(\lambda) = i(\lambda) \cdot s(\lambda), \quad (4)$$

где $s(\lambda)$ — абсолютное значение спектральной чувствительности радиометра;

$i(\lambda)$ — значение фототока радиометра, А, вычисляемое следующим образом:

$$i(\lambda) = i(\lambda)_{изм} - i_{темн}, \quad (5)$$

где $i(\lambda)_{изм}$ — значение фототока на выходе радиометра, А;

$i_{темн}$ — значение «темнового» тока, измеренное с закрытым затвором (при отсутствии излучения на входе радиометра), А.

5.2.5.3 Если абсолютная спектральная чувствительность радиометра не известна, то абсолютное значение спектральной характеристики ИС $p_{\lambda,абс}(\lambda)$ вычисляют по формуле

$$p_{\lambda,абс}(\lambda) = \frac{p_0(\lambda) i(\lambda)}{i_0(\lambda)}, \quad (6)$$

где $p_0(\lambda)$ — абсолютное значение спектральной характеристики рабочего ИС, отн. ед.;

$i(\lambda)$, $i_0(\lambda)$ — значения фототока радиометра при измерении характеристик испытуемого ИС и рабочего ИС соответственно, А, вычисляемые по формуле (5).

5.2.5.4 Абсолютное значение спектральной характеристики испытуемого ИС $p_{\lambda,абс}(\lambda)$ со сплошным спектром излучения вычисляют по формуле (6).

5.2.5.5 Абсолютное значение спектральной характеристики испытуемого ИС $p_{\lambda,абс}(\lambda)$ в интервале $\Delta\lambda$ вычисляют по формуле

$$p_{\Delta\lambda,абс}(\lambda) = \frac{p_0(\lambda) i(\lambda)}{i_0(\lambda)} \Delta\lambda, \quad (7)$$

где $\Delta\lambda$ — спектральный интервал, пропускаемый монохроматором, нм, вычисляемый по формуле

$$\Delta\lambda = l_{вых} D(\lambda). \quad (8)$$

5.2.5.6 Абсолютное значение спектральной характеристики испытуемого ИС $p_{\lambda,абс}(\lambda)$ со смешанным спектром излучения вычисляют по формуле (6).

Количественную оценку излучения в линиях допускается проводить путем интегрирования площади внутри контура изображения линии.

Разделение линий и фона проводят одним из следующих методов:

а) при выбранных размерах входной и выходной щелей монохроматора определяют максимальное значение отсчета фототока, которое пропорционально суммарному излучению линии и фона. В этом случае абсолютное значение спектральной характеристики ИС $p_{\lambda,абс}(\lambda)$ вычисляют по формуле

$$p_{\lambda,абс}(\lambda) = \left(i_{max}(\lambda) \frac{p_0(\lambda)}{i_0(\lambda)} - p_{\lambda,ф}(\lambda) \right) \Delta\lambda, \quad (9)$$

где $i_{max}(\lambda)$ — максимальное значение фототока, обусловленное излучением линии и фона испытуемого ИС, А;

$p_{\lambda,ф}(\lambda)$ — абсолютное значение спектральной характеристики испытуемого ИС, обусловленное сплошным фоном в месте излучения линии.

Значение $p_{\lambda,ф}(\lambda)$ в месте излучения спектральной линии определяют интерполяцией между абсолютным значением спектральной характеристики испытуемого ИС и соседними значениями длин волн шага сканирования;

б) графическим способом отделение линий от фона выполняют экстраполяцией верхней части кривой (см. рисунок 4) к нулевому значению ширины щели монохроматора, при этом получают долю фототока, обусловленную излучением линии при ширине выходной щели.

Долю фототока, обусловленную излучением сплошного фона в месте излучения спектральной линии при ширине выходной щели монохроматора, определяют экстраполяцией кривой фототока от непрерывного фона.

Максимальное значение фототока $i_{max}(\lambda)$, А, обусловленное излучением линии и фона испытуемого ИС, вычисляют по формуле

$$i_{max}(\lambda) = i_л(\lambda) + i_ф(\lambda), \quad (10)$$

где $i_л(\lambda)$ — значение фототока, обусловленное излучением линии испытуемого ИС, А;

$i_ф(\lambda)$ — значение фототока, обусловленное излучением фона испытуемого ИС, А.

5.2.5.7 Абсолютное значение СПЭО испытуемого ИС $p_{\lambda,абс}(\lambda)$, Вт/м^2·нм, вычисляют по формуле

$$p_{\lambda,абс}(\lambda) = \frac{p_0(\lambda)}{i_0(\lambda)} \left[i_{max}(\lambda) - i_ф(\lambda) \right] \Delta\lambda. \quad (11)$$

5.3 Метод измерения с использованием спектрорадиометра

5.3.1 Средства измерений и испытательное оборудование

5.3.1.1 СИ и испытательное оборудование должны соответствовать 4.2.

5.3.1.2 Для измерения абсолютных значений спектральных характеристик используют спектрорадиометр, градуированный непосредственно в единицах измерения конкретной характеристики испытуемого ИС и удовлетворяющий следующим требованиям:

- неопределенность измерения длины волны — не более 0,5 нм при $k = 2$;
- полная ширина на уровне половинной амплитуды — не более 1 нм для ИС с линейчатым и смешанным спектрами и 5 нм — для ИС со сплошным спектром,
- должен иметь линейный отклик на входящее излучение на каждой длине волны измеряемого диапазона.

5.3.1.3 При измерении на поверхности приемного окна спектрорадиометра должны быть обеспечены косинусная коррекция и равномерное рассеивание излучения по его поверхности. Выполнение этого условия может быть достигнуто применением диффузного отражателя — белой пластины, фотометрического шара, оптоволоконного кабеля и др.

5.3.1.4 При измерении СПЭЯ угол поля зрения спектрорадиометра должен обеспечивать измерение СПЭЯ в требуемом телесном угле.

5.3.1.5 При измерении полной СППИ применяют фотометрический шар, удовлетворяющий требованиям 4.2.8 и соединенный со спектрорадиометром с использованием оптоволоконного кабеля. В этом случае калибруют или поверяют всю систему: фотометрический шар и спектрорадиометр.

5.3.2 Подготовка к измерениям

Подготовка к измерениям — по 4.3.

5.3.3 Проведение измерений и обработка результатов

Абсолютное значение спектральной характеристики испытуемого ИС $p_{\lambda,абс}(\lambda)$ определяют непосредственно по показаниям спектрорадиометра.

5.4 Метод перехода от относительного значения спектральной характеристики к абсолютному определением абсолютирующего множителя

5.4.1 Средства измерений и испытательное оборудование

5.4.1.1 СИ и испытательное оборудование должны соответствовать 4.2.

5.4.1.2 Для измерения интегральных значений фотометрических характеристик используют СИ по нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт*.

5.4.1.3 Для измерения интегральных значений энергетических характеристик ИС используют те же СИ, что и для измерения интегральных значений световых характеристик, и рабочие СИ, для которых известны абсолютное значение соответствующей энергетической характеристики и спектральный состав излучения.

5.4.2 Подготовка к измерениям

Подготовка к измерениям — по 4.3 и по нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт*.

5.4.3 Проведение измерений

5.4.3.1 Определяют относительные значения спектральных характеристик испытуемого ИС и рабочего СИ $p(\lambda)$ в соответствии с разделом 6.

5.4.3.2 Измеряют световую характеристику ИС (в зависимости от целей испытания) по нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт*.

5.4.4 Обработка результатов

5.4.4.1 Множитель $K_{абс}$, Вт/м^2, вычисляют по формуле

$$K_{абс} = \frac{p_V}{683 \int\limits_{380}^{780} p(\lambda)V(\lambda)d\lambda}, \qquad (12)$$

где p_V — измеренное значение световой характеристики по нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт*;

683 — максимальная спектральная световая эффективность, лм/Вт;

* В Российской Федерации применяют ГОСТ Р 8.971—2019 «Государственная система обеспечения единства измерений. Лампы, светильники и модули светодиодные. Методы измерения фотометрических и колориметрических характеристик» или ГОСТ Р 55702—2020 «Источники света электрические. Методы измерений электрических и световых параметров».

$V(\lambda)$ — относительная спектральная световая эффективность монохроматического излучения для дневного зрения по ГОСТ 8.332.

5.4.4.2 Множитель $K_{абс}$, Вт/м^2, с учетом интегрального значения энергетической характеристики вычисляют по формуле

$$K_{абс} = \frac{p_e}{\int_{380}^{780} p(\lambda) d\lambda}, \quad (13)$$

где p_e — значение интегральной энергетической характеристики испытуемого ИС, вычисляемое по формуле

$$p_e = \frac{i(\lambda)}{i_0(\lambda)} \frac{\int_{380}^{780} p_0(\lambda) S(\lambda) d\lambda \int_{380}^{780} p(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} p(\lambda) S(\lambda) d\lambda \int_{380}^{780} p_0(\lambda) d\lambda} p_{e,0}, \quad (14)$$

где $S(\lambda)$ — значение относительной спектральной чувствительности приемного устройства;

$p_{e,0}$ — значение соответствующей интегральной энергетической характеристики рабочего ИС.

5.4.4.3 Абсолютное значение спектральной характеристики испытуемого ИС $p_{\lambda,абс}(\lambda)$ с учетом интегральных световых и энергетических характеристик вычисляют по формуле

$$p_{\lambda,абс}(\lambda) = K_{абс}\, p(\lambda). \quad (15)$$

6 Методы измерений для определения относительных значений спектральных характеристик

6.1 Общие положения

6.1.1 Относительные значения спектральных характеристик (СПЭЯ, СПЭО, СПСИ и СППИ) определяют следующими методами:

- с использованием измерительной установки, включающей радиометр;
- путем перехода от абсолютного значения спектральной характеристики к относительному.

Допускается применять другие методы измерений спектральных характеристик ИС, обеспечивающие достоверность результатов и заданную точность измерений, в т. ч. гониоспектрорадиометрию по [4].

6.1.2 Методы измерений основаны на сравнении спектральных характеристик рабочего и измеряемого ИС.

Шаг сканирования $\Delta\lambda$ при измерении спектральных характеристик по длинам волн должен составлять не более.

- 10 нм — для ИС со сплошным спектром;
- 5 нм — для ИС с линейчатым спектром;
- 1 нм — для светодиодных ИС.

6.2 Метод измерения с использованием измерительной установки, включающей радиометр

6.2.1 Средства измерений и испытательное оборудование

СИ и испытательное оборудование — по 5.2.1.

---

* В Российской Федерации применяют ГОСТ Р 8.971—2019 «Государственная система обеспечения единства измерений. Лампы, светильники и модули светодиодные. Методы измерения фотометрических и колориметрических характеристик» или ГОСТ Р 55702—2020 «Источники света электрические. Методы измерений электрических и световых параметров».

6.2.2 Подготовка к измерениям

Подготовка к измерениям — по 4.3.

6.2.3 Проведение измерений

Измерения проводят по 5.2.3 или 5.2.4 при известной относительной спектральной чувствительности радиометра.

6.2.4 Обработка результатов

6.2.4.1 Относительное значение спектральной характеристики испытуемого ИС $p(\lambda)$ определяют отношением показаний прибора, которым измеряют фототоки, обусловленные излучением испытуемого $i(\lambda)$ и рабочего $i_0(\lambda)$ ИС для каждой измеряемой длины волны λ

$$p(\lambda) = p_0(\lambda)\frac{i(\lambda)}{i_0(\lambda)}, \tag{16}$$

где $p_0(\lambda)$ — относительная спектральная характеристика рабочего ИС, отн. ед./нм.

6.2.4.2 Относительное значение спектральной характеристики испытуемого ИС $p(\lambda)$ со сплошным спектром излучения вычисляют по формуле

$$p(\lambda) = K(\lambda)i(\lambda), \tag{17}$$

где $i(\lambda)$ — показание прибора, измеряющего фототок приемного устройства в делениях;

$K(\lambda)$ — градуировочный коэффициент, вычисляемый по формуле

$$K(\lambda) = \frac{p_0(\lambda)}{i_0(\lambda)}. \tag{18}$$

6.2.4.3 Относительное значение спектральной характеристики испытуемого ИС $p(\lambda)$ в интервале $\Delta\lambda$ определяют на основании показаний прибора, измеряющего фототок $i(\lambda)$, и вычисляют по формуле

$$p_{\Delta\lambda}(\lambda) = i(\lambda)C(\lambda)\Delta\lambda = i(\lambda)C(\lambda)D(\lambda)I_{вых}, \tag{19}$$

где λ — длина волны, соответствующая середине выделяемого спектрального интервала, нм;

$C(\lambda)$ — градуировочный коэффициент, вычисляемый по формуле

$$C(\lambda) = \frac{p_0(\lambda) + p_{\lambda,0}(\lambda)\Delta\lambda}{i_0(\lambda)}, \tag{20}$$

где $p_{\lambda,0}(\lambda)$ — относительное значение спектральной характеристики непрерывного излучения рабочего ИС, отн. ед./нм.

Спектр излучения испытуемого ИС представляют на графике в виде соприкасающихся прямоугольников шириной $\Delta\lambda$.

Результаты измерений оформляют в виде таблицы относительных значений спектральных характеристик испытуемого ИС, приведенных к значению 100 в максимуме или другой удобной точке.

6.3 Метод перехода от абсолютного значения спектральной характеристики к относительному

6.3.1 Средства измерений и испытательное оборудование

СИ и испытательное оборудование — по 5.2.1.

6.3.2 Подготовка к измерениям

Подготовка к измерениям — по 4.3.

6.3.3 Проведение измерений

Измерения проводят по 5.2.3 или 5.2.4, или 5.3.3.

6.3.4 Обработка результатов

Полученные абсолютные значения для длин волн во всем диапазоне испытуемого ИС приводят к значению 100 в максимуме или другой удобной точке.

7 Методы определения координат цвета и координат цветности

7.1 Общие положения

7.1.1 Координаты цвета *X*, *Y*, *Z* и координаты цветности *x*, *y* (колориметрической системы МКО 1931 г.) ИС определяют спектрорадиометрическим методом или измеряют колориметрами или спектрорадиометрами-колориметрами.

7.1.2 Координаты цвета *X*, *Y*, *Z* и координаты цветности *x*, *y* определяют на основе относительных значений спектральных характеристик ИС, полученных в соответствии с разделом 6.

7.1.3 Координаты цвета *X*, *Y*, *Z* и координаты цветности *x*, *y* светодиодных ИС определяют по нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт*.

7.2 Спектрорадиометрический метод определения координат цвета и цветности

7.2.1 Сущность метода

Метод заключается в измерении относительных значений спектральных характеристик испытуемого ИС и вычислении координат цвета и координат цветности в цветовом пространстве *XYZ* или *L*a*b**. Координаты цвета испытуемого ИС в цветовом пространстве *L*a*b** определяют с учетом [6].

7.2.2 Средства измерений и испытательное оборудование

СИ и испытательное оборудование — по 5.2.1 или нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт**.

7.2.3 Подготовка к измерениям

Подготовка к измерениям — по 4.3 и нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт**.

7.2.4 Проведение измерений

Измерения проводят по 5.2.3 или 5.2.4, или 5.3.3, или нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт**.

7.2.5 Обработка результатов

7.2.5.1 Координаты цвета *X*, *Y*, *Z* и координаты цветности *x*, *y* испытуемого ИС в цветовом пространстве *XYZ* вычисляют по формулам:

$$\left.\begin{aligned} X &= \int_{380}^{780} \rho(\lambda)\bar{x}(\lambda)d\lambda; \\ Y &= \int_{380}^{780} \rho(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda; \\ Z &= \int_{380}^{780} \rho(\lambda)\bar{z}(\lambda)d\lambda. \end{aligned}\right\} \qquad (21)$$

$$x = \frac{X}{m};\ y = \frac{Y}{m}, \qquad (22)$$

где $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ — функции сложения цветов в стандартной колориметрической системе МКО 1931 г. [7];

$m = X + Y + Z$ — модуль цвета.

---

* В Российской Федерации действуют ГОСТ Р 8.971—2019 «Государственная система обеспечения единства измерений. Лампы, светильники и модули светодиодные. Методы измерения фотометрических и колориметрических характеристик» и ГОСТ Р 8.827—2013 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метод измерения и определения индекса цветопередачи источников излучения».

** В Российской Федерации действует ГОСТ Р 8.971—2019 «Государственная система обеспечения единства измерений. Лампы, светильники и модули светодиодные. Методы измерения фотометрических и колориметрических характеристик».

7.2.5.2 При вычислении координат цвета интегрирование заменяют суммированием произведений удельных координат цвета стандартного наблюдателя (колориметрической системы МКО 1931 г.), приведенных в формуле (21)

$$\left.\begin{aligned} X &= \sum_{380}^{780} \rho(\lambda)\bar{x}(\lambda)\Delta\lambda; \\ Y &= \sum_{380}^{780} \rho(\lambda)\bar{y}(\lambda)\Delta\lambda; \\ Z &= \sum_{380}^{780} \rho(\lambda)\bar{z}(\lambda)\Delta\lambda. \end{aligned}\right\} \quad (23)$$

При расчете координат цвета X, Y, Z и координат цветности x, y ИС со спектром, в котором линии и фон представлены отдельно, излучение в линиях относят к тому же интервалу длин волн $\Delta\lambda$, по которому проводят расчет.

Для ИС со сплошным спектром излучения интервал длин волн $\Delta\lambda$ принимают равным не более 5 нм, с линейчатым или смешанным спектром излучения — не более 1 нм.

Расчет координат цвета X, Y, Z и координат цветности x, y ИС, спектр которых представлен в ступенчатом виде, выполняют, используя значение интервала длин волн $\Delta\lambda$, соответствующее ширине ступени.

7.2.5.3 Координаты цвета X, Y, Z и координаты цветности x, y испытуемого светодиодного ИС в цветовом пространстве XYZ вычисляют по нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт*.

7.2.5.4 В цветовом пространстве МКО 1976 г. каждому цвету соответствует точка, положение которой определяют тремя независимыми координатами: светлотой — L^* и двумя хроматическими координатами — a^* и b^*, связанными с координатами цвета X, Y, Z. Координаты цвета в цветовом пространстве МКО 1976 г. (L^*, a^*, b^*) также применяют для определения цветовых характеристик ИС.

Значения L^*, a^*, b^* вычисляют с учетом [6] по координатам X, Y, Z, приведенным к координатам идеального рассеивателя для испытуемого ИС. Координаты цвета испытуемого ИС в цветовом пространстве $L^*a^*b^*$ вычисляют по формулам:

$$L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16 \text{ для } Y/Y_n > 0{,}008856; \quad (24)$$

$$L^* = 903{,}3(Y/Y_n) \text{ для } Y/Y_n \le 0{,}008856; \quad (25)$$

$$a^* = 500[f(X/X_n) - f(Y/Y_n)]; \quad (26)$$

$$b^* = 200[f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)], \quad (27)$$

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

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

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

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

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

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

* В Российской Федерации действуют ГОСТ Р 8.971—2019 «Государственная система обеспечения единства измерений. Лампы, светильники и модули светодиодные. Методы измерения фотометрических и колориметрических характеристик» и ГОСТ Р 8.827—2013 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метод измерения и определения индекса цветопередачи источников излучения».

X_n, Y_n, Z_n — координаты цвета идеального рассеивателя для выбранного стандартного ИС (см. таблицу 1);

f — знак функции.

Примечание — Если используют координаты цвета по МКО 1931 г., то будут получены координаты L^*, a^*, b^* для наблюдателя с угловой апертурой 2°. Соответствующие значения для X_n и Z_n можно рассчитать с помощью координат цветности для стандартных источников освещения D_{65}, A, F_{11} в соответствии с публикацией [8] при Y_n =100.

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

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

7.3 Измерение колориметром или спектрорадиометром-колориметром

7.3.1 Средства измерений и испытательное оборудование

7.3.1.1 СИ и испытательное оборудование должны соответствовать 4.2.

7.3.1.2 Для измерений используют колориметры или спектрорадиометры-колориметры, градуированные непосредственно в единицах измеряемой характеристики.

7.3.2 Подготовка к измерениям

Подготовка к измерениям — по 4.3.

7.3.3 Проведение измерений и обработка результатов

Измерения проводят колориметром или спектрорадиометром-колориметром и определяют координаты цвета *X*, *Y*, *Z* и координаты цветности *x*, *y* испытуемого ИС в выбранном цветовом пространстве непосредственно по показаниям СИ.

8 Метод контрольных цветов для определения индекса цветопередачи

8.1 Общие положения

8.1.1 Для оценки цветопередачи ИС применяют специальные индексы цветопередачи R_i, определяемые на основе показателей цветовых различий, получаемых на стандартных цветных отражающих образцах при переходе от испытуемого ИС к эталонному в соответствии с [9].

8.1.2 Общий индекс цветопередачи R_a определяют как среднее значение характеристик восьми стандартных образцов средней насыщенности в красной, желтой, зеленой и синей областях спектра, а также образцов, воспроизводящих цвет человеческой кожи и зеленой листвы.

8.1.3 Оценку цветопередачи осуществляют на основе относительных значений спектральных характеристик ИС, полученных в соответствии с разделом 6.

8.1.4 Индекс цветопередачи светодиодного ИС определяют по нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт*.

8.2 Средства измерений и испытательное оборудование

8.2.1 СИ и испытательное оборудование — по 5.2.1 и нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт**, или по 5.2.1 и нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт*.

---

* В Российской Федерации действует ГОСТ Р 8.971—2019 «Государственная система обеспечения единства измерений. Лампы, светильники и модули светодиодные. Методы измерения фотометрических и колориметрических характеристик».

** В Российской Федерации действует ГОСТ Р 8.827—2013 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метод измерения и определения индекса цветопередачи источников излучения».

8.2.2 Требования к эталонным ИС — по нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт*.

8.2.3 Для измерений применяют набор из восьми основных и шести дополнительных образцов цвета. Дополнительные образцы контрольных цветов используют для специальных целей. Значения для этих образцов не включают в расчет общего индекса цветопередачи.

Требования к образцам цвета — по нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт**.

8.3 Подготовка к измерениям

Подготовка к измерениям — по 4.3.

8.4 Проведение измерений

Измерения проводят по 5.2.3 или 5.2.4, или 5.3.3.

8.5 Обработка результатов

Индекс цветопередачи определяют **по** нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт*.

Общий индекс цветопередачи R_a вычисляют по формуле

$$R_a = \frac{1}{8}\sum_{i=1}^{8} R_i, \tag{28}$$

где R_i — специальный индекс цветопередачи для каждого образца цвета.

9 Спектрозональный метод определения цветопередачи

9.1 Общие положения

9.1.1 Метод применяют для определения цветопередачи люминесцентных ламп в целях непосредственного контроля правильности технологического процесса.

9.1.2 Цветопередачу ИС определяют на основе относительных значений спектральных характеристик, полученных в соответствии с разделом 6.

9.2 Средства измерений и испытательное оборудование

СИ и испытательное оборудование — по 5.2.1.

9.3 Подготовка к измерениям

Подготовка к измерениям — по 4.3.

9.4 Проведение измерений

Измерения проводят по 5.2.3 или 5.2.4, или 5.3.3.

9.5 Обработка результатов

9.5.1 Значения относительного распределения светового потока ИС по восьми спектральным зонам должны соответствовать допустимым значениям, указанным в стандартах и ТУ на ИС конкретных типов. Границы спектральных зон приведены в таблице 2.

Таблица 2

Номер зоны	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Длина волны, нм	380—420	420—440	440—460	460—510	510-560	560—610	610—660	660—760

* В Российской Федерации применяют ГОСТ Р 8.971—2019 «Государственная система обеспечения единства измерений. Лампы, светильники и модули светодиодные. Методы измерения фотометрических и колориметрических характеристик» или ГОСТ Р 8.827—2013 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метод измерения и определения индекса цветопередачи источников излучения».

** В Российской Федерации действует ГОСТ Р 8.827—2013 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метод измерения и определения индекса цветопередачи источников излучения».

9.5.2 Долю светового потока ИС для спектральной зоны f_i, %, вычисляют по формуле

$$f_i = \frac{\int_{\lambda'_i}^{\lambda''_i} p(\lambda)V(\lambda)d\lambda_i}{\int_{380}^{780} p(\lambda)V(\lambda)d\lambda} 100, \quad (29)$$

где i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8;

λ'_i, λ''_i — длины волн, соответствующие границам i-й спектральной зоны.

9.5.3 При проведении расчетов интегрирование заменяют суммированием

$$\left.\begin{aligned} \Phi_i &= \sum_{\lambda_i}^{\lambda''_i} p(\lambda)V(\lambda)\Delta\lambda_i; \\ \Phi &= \sum_{i=1}^{8} \Phi_i; \\ f_i &= \frac{\Phi_i}{\Phi} 100. \end{aligned}\right\} \quad (30)$$

Для спектральных зон I—III, VII, VIII — $\Delta\lambda_i$ = 5 нм, для IV—VI — $\Delta\lambda_i$ = 10 нм. Световой поток линий относят к тем же спектральным интервалам. Световые потоки для длин волн, соответствующих границам зон, делят пополам между смежными зонами.

10 Метод определения содержания красного излучения

10.1 Общие положения

Метод применяют для определения содержания красного излучения в спектре ртутных ламп высокого давления по относительным значениям спектральных характеристик, полученных в соответствии с разделом 6, или по фотометрическим характеристикам, полученным по нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт*.

10.2 Средства измерений и испытательное оборудование

10.2.1 Для определения содержания красного излучения по относительным значениям спектральных характеристик применяют СИ и испытательное оборудование по 5.2.1.

10.2.2 Для определения содержания красного излучения по фотометрическим характеристикам используют:

- рабочие ИС или контрольные лампы с известными значениями относительного содержания красного излучения $\Phi_{к,0}$ того же типа, что и испытуемые;
- фотометрический шар и приемное устройство, удовлетворяющие требованиям 4.2.8;
- красный стеклянный светофильтр с границей пропускания 600 нм по ГОСТ 9411.

10.3 Подготовка к измерениям

Для определения содержания красного излучения по спектральным характеристикам подготовку к измерениям проводят по 4.3, по фотометрическим характеристикам — по нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт*.

* В Российской Федерации действует ГОСТ Р 55702—2020 «Источники света электрические. Методы измерений электрических и световых параметров».

10.4 Проведение измерений

Измерения для определения спектральных характеристик проводят по 5.2.3 или 5.2.4, или 5.3.3, для определения фотометрических характеристик — по нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт*.

10.5 Обработка результатов

10.5.1 Содержание красного излучения в спектре ламп $\Phi_к$, %, по относительным значениям спектральных характеристик вычисляют по формуле

$$\Phi_к = \frac{\int_{760}^{780} p(\lambda)V(\lambda)d\lambda}{\int_{380}^{780} p(\lambda)V(\lambda)d\lambda} 100. \quad (31)$$

10.5.2 Содержание красного излучения $\Phi_к$, %, по фотометрическим характеристикам вычисляют по формуле

$$\Phi_к = \Phi_{к,0} \frac{i_0 i_{0,\Phi}}{i_к i_{к,\Phi}}, \quad (32)$$

где $\Phi_{к,0}$ — содержание красного излучения рабочего ИС или контрольной лампы («красное отношение»), %;

i_0, $i_к$ — значения фототоков рабочего ИС (контрольной лампы) и испытуемого ИС соответственно, А;

$i_{0,\Phi}$, $i_{к,\Phi}$ — значения фототоков рабочего ИС (контрольной лампы) и испытуемого ИС соответственно при использовании красного светофильтра, А.

11 Методы определения коррелированной цветовой температуры

11.1 Общие положения

КЦТ испытуемого ИС определяют с использованием автоматизированного колориметра или спектрорадиометра-колориметра или рассчитывают по значениям координат цветности излучения, полученным по разделу 7.

КЦТ испытуемого светодиодного ИС определяют по нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт**.

Рассчитывают КЦТ следующими способами:

- по графику цветностей МКО 1931 г.;
- методом определения наименьших различий координат цветности испытуемого ИС и кривой абсолютно черного тела.

11.2 Метод определения коррелированной цветовой температуры по графику цветностей МКО 1931 г.

По графику цветностей МКО 1931 г. с нанесенными четырехугольниками допустимых отклонений КЦТ (приложение по рекомендациям МКО [7]) (см. рисунок 5) определяют, в какой из них попадает точка с найденными координатами цветности.

Данные для расчета КЦТ приведены в приложении В.

---

* В Российской Федерации действует ГОСТ Р 55702—2020 «Источники света электрические. Методы измерений электрических и световых параметров».

** В Российской Федерации действует ГОСТ Р 8.971—2019 «Государственная система обеспечения единства измерений. Лампы, светильники и модули светодиодные. Методы измерения фотометрических и колориметрических характеристик».

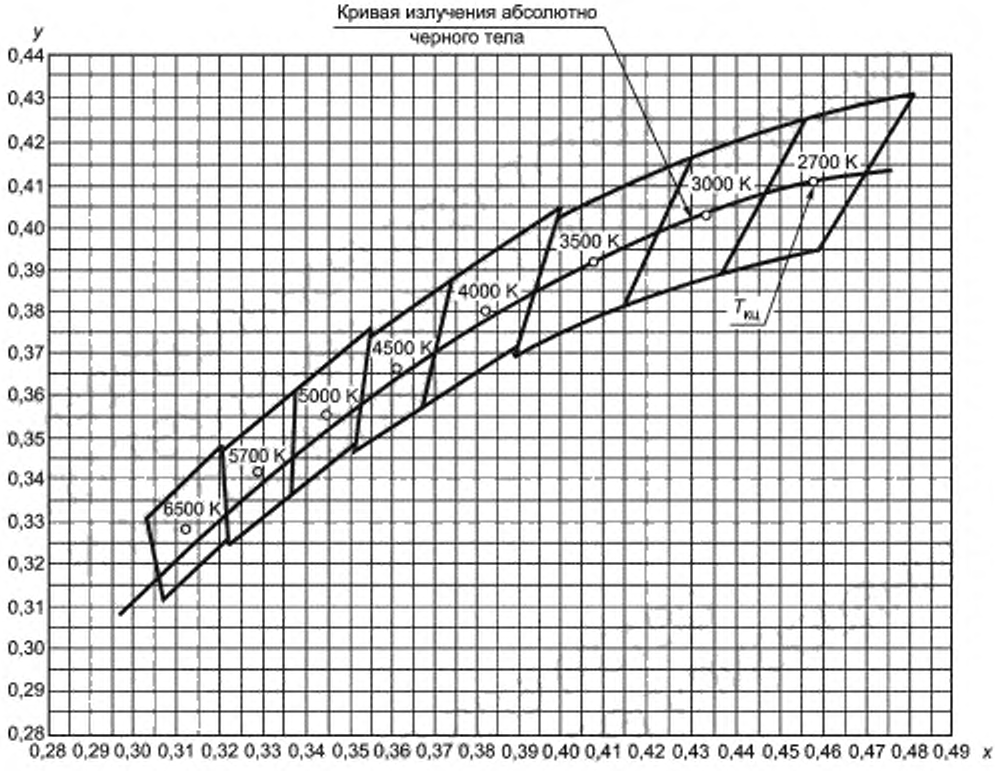


Рисунок 5 — График цветностей МКО 1931 г. с линией абсолютно черного тела и нанесенными четырехугольниками допустимых отклонений КЦТ (фрагмент для диапазона цветовых температур 2500—7100 К)

Значение КЦТ испытуемого ИС определяют по номинальному значению КЦТ, соответствующему четырехугольнику, в который попала расчетная точка с координатами x и y. Таблица координат цветности четырехугольников допустимых отклонений КЦТ приведена в приложении Г.

В случае непопадания расчетной точки ни в один из четырехугольников ИС считают не выдержавшим испытание.

11.3 Метод определения наименьших различий координат цветности испытуемого источника света и линии абсолютно черного тела

11.3.1 Координаты цветности x, y испытуемого ИС должны быть преобразованы в координаты цветности u, v равноконтрастного цветового графика МКО 1960 г. следующим образом:

$$\left.\begin{aligned} u &= 4x/(-2x+12y+3); \\ v &= 6y/(-2x+12y+3). \end{aligned}\right\} \quad (33)$$

11.3.2 На основании полученных значений координат цветности u, v определяют $T_{кцт}$ испытуемого ИС по цветовому графику с нанесенными на нем линиями постоянной КЦТ (см. рисунок 6) следующим образом:

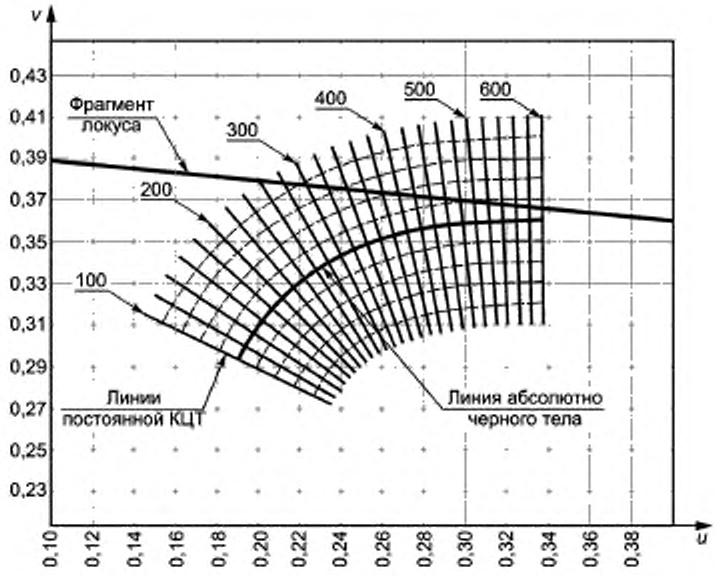


Рисунок 6 — Часть равноконтрастного цветового графика МКО 1960 г. с линией абсолютно черного тела и линиями постоянной КЦТ

а) Определяют расстояния l_n между цветностью измеряемого ИС и линиями постоянной КЦТ:

$$l_n = \frac{(v - v_{0n}) - \mathrm{tg}(u - u_{0n})}{\sqrt{1 + \mathrm{tg}\alpha_n^{\,2}}}, \quad n = \overline{1,31}, \tag{34}$$

где u, v — координаты цветности МКО 1960 г. испытуемого ИС;

u_{0n}, v_{0n} — координаты цветности МКО 1960 г. абсолютно черного тела (см. приложение В);

$\mathrm{tg}\,\alpha_n$ — тангенс угла наклона линии постоянной КЦТ к оси абсцисс (см. приложение В);

n — индекс линии постоянной КЦТ (см. приложение В).

Если цветность расположена с правой стороны от линии постоянной КЦТ, то $l_n > 0$, если с левой, то $l_n < 0$.

б) Определяют ближайший слева к цветности испытуемого ИС индекс линии постоянной КЦТ n по отношению l_n к l_{n+1}, удовлетворяющему неравенству

$$\frac{l_n}{l_{n+1}} < 0, \quad n = \overline{1,30}. \tag{35}$$

Среди отношений только одно может являться отрицательным.

11.3.3 КЦТ испытуемого ИС $T_{\text{кцт}}$ находят в результате линейного интерполирования по формуле

$$T_{\text{кцт}} = 10^6 \left(T_n + \frac{l_n}{l_n - l_{n+1}} \left(T_{n+1} - T_n \right) \right)^{-1}, \tag{36}$$

где T_n — температура абсолютно черного тела, МК^{-1} (см. приложение В);

n — индекс линии постоянной КЦТ, определенный по 11.3.2 [перечисление б)].

12 Метод определения доминирующей и дополнительной длин волн по диаграмме цветности

12.1 Общие положения

Доминирующую λ_d и дополнительную доминирующую λ_c длины волн испытуемого ИС определяют по диаграмме цветности МКО 1931 г. (см. также [6], [7]).

Доминирующую λ_d и дополнительную доминирующую λ_c длины волн испытуемого ИС определяют в биполярной системе, основанной на представлении каждого цвета как смеси монохроматического и стандартного ахроматического излучений. В этой системе λ_d — доминирующая длина волны монохроматического излучения, смешиваемого с заданным ахроматическим излучением с координатами точки N (например, для равноэнергетического стимула *E*: $x = 0{,}3333$, $y = 0{,}3333$) для получения заданной цветности.

Доминирующую λ_d и дополнительную доминирующую λ_c длины волн испытуемого ИС определяют по координатам цветности *x*, *y*, полученным по разделу 7.

Доминирующую длину волны λ_d определяют только для светодиодных ИС, излучающих окрашенный свет. Доминирующую длину волны λ_d светодиодных ИС определяют по нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт*.

12.2 Проведение измерений

Проведение измерений — по разделу 7.

12.3 Обработка результатов

Доминирующую λ_d и дополнительную доминирующую λ_c длины волн испытуемого ИС определяют по диаграмме цветности МКО 1931 г. и 1964 г., приведенной на рисунке 7. Проводят прямую линию через точку белого цвета (стандартного ахроматического стимула) N и точку C с координатами цветности испытуемого ИС. Точка пересечения D прямой с линией спектрально чистых цветов соответствует λ_d, а точка D' — λ_c.

Следует учитывать, что для ИС с координатами цветности *x*, *y*, расположенных в треугольнике ΔBNR, не существует λ_d, а для ИС с координатами цветности *x*, *y*, лежащих в области, ограниченной локусом и отрезками NR' и NB', — λ_c.

* В Российской Федерации действует ГОСТ Р 8.749—2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Светодиоды. Методы измерения фотометрических характеристик».

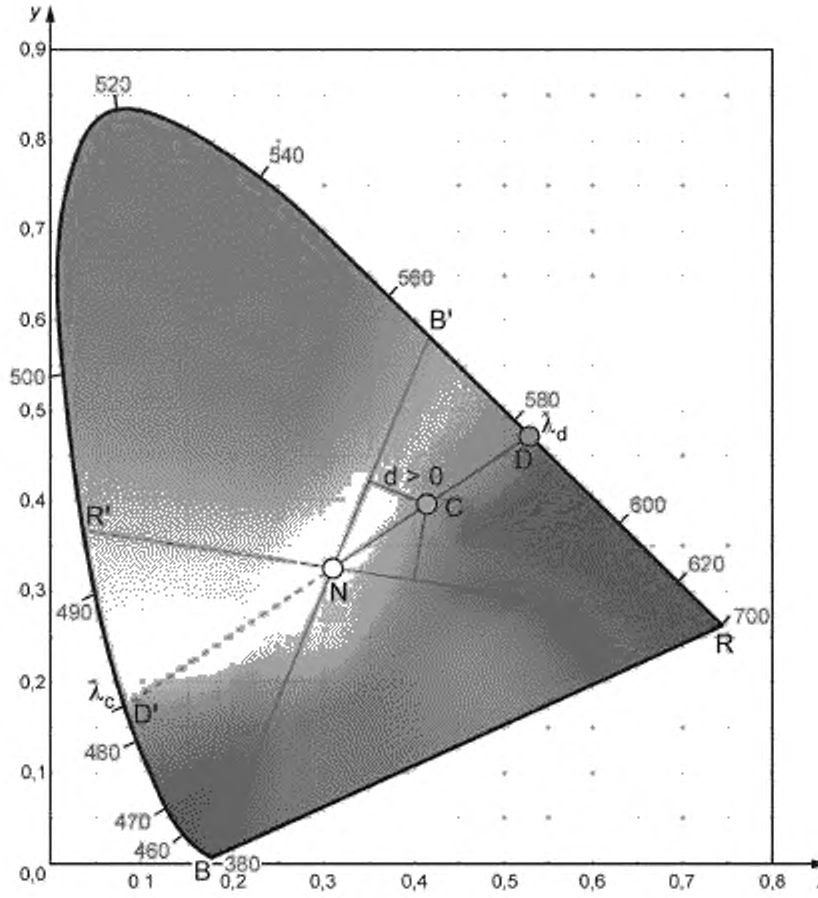


Рисунок 7 — Диаграмма цветности МКО 1931 г. и 1964 г.

13 Метод определения условной чистоты цвета

13.1 Общие положения

Условную чистоту цвета p_e испытуемого ИС определяют в биполярной системе (см. 12.1).

Условную чистоту цвета p_e испытуемого ИС определяют по координатам цветности x, y, полученным по разделу 7, и доминирующей длине волны λ_d, полученной по 12.

Условную чистоту цвета p_e светодиодного ИС определяют по нормативным документам государств, принявших настоящий стандарт*.

13.2 Проведение измерений

Проведение измерений — по разделу 7.

* В Российской Федерации действует ГОСТ Р 8.749—2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Светодиоды. Методы измерения фотометрических характеристик».

13.3 Обработка результатов

Условную чистоту цвета p_e определяют отношением длин двух коллинеарных отрезков NC/ND по диаграмме цветности МКО 1931 г. и 1964 г. (см. рисунок 7). Первый отрезок откладывают от точки C, представляющей на данной диаграмме координаты цветности испытуемого ИС, до точки N, представляющей координаты цветности стандартного ахроматического стимула. Второй отрезок откладывают между точками N и D на линии спектральных цветностей для рассматриваемой цветности испытуемого ИС, соответствующей доминирующей длине волны. Условную чистоту цвета p_e вычисляют по формуле

$$p_e = \frac{y_c - y_n}{y_d - y_n}, \tag{37}$$

или

$$p_e = \frac{x_c - x_n}{x_d - x_n}, \tag{38}$$

где (x_c, y_c), (x_n, y_n), (x_d, y_d) — координаты цветности точек C, N и D соответственно.

Условную чистоту цвета p_e допускается вычислять по формуле

$$p_e = \frac{\text{NC}}{\text{ND}} = \sqrt{\frac{(x_c - x_n)^2 + (y_c - y_n)^2}{(x_d - x_n)^2 + (y_d - y_n)^2}}. \tag{39}$$

Примечание — Значение p_e находится в диапазоне от 0 до 1.

14 Неопределенность измерений

14.1 Общие положения

Неопределенность результатов измерений спектральных и цветовых характеристик ИС оценивают и представляют согласно ГОСТ 34100.3 и с учетом [10]. Для всех результатов измерений рекомендуется использовать расширенную неопределенность с доверительной вероятностью 95 %. Значение коэффициента охвата принимают равным 2. Расширенную неопределенность определяют с точностью до двух значащих цифр.

При составлении бюджета неопределенности учитывают как общие факторы, свойственные для измерения всех указанных в настоящем стандарте характеристик и не зависящие от метода, так и специфические, обусловленные методом.

Каждый протокол испытаний должен содержать сведения о значениях неопределенностей для типичного ИС, сходного с испытуемым ИС по следующим параметрам: геометрическая форма, распределение силы света, спектральное распределение, ненаправленное или направленное (угол луча — между плюс 50 % и минус 25 % от значения для испытуемого ИС) излучение, значения цветовой температуры (не более ±15 % от цветовой температуры испытуемого ИС).

Лаборатории должны иметь подробный бюджет неопределенности для похожего типа продукции. Если такой бюджет неопределенности сформирован для ряда изделий, параметры которых имеют определенный диапазон (например, коррелированную цветовую температуру от 2700 К до 4000 К), то устанавливается максимальное значение неопределенности внутри диапазона.

14.2 Общие факторы

К общим факторам относят:

- точность установки температуры и неопределенность ее измерений;
- точность установки электрических параметров и неопределенность электрических измерений (электропитание, электроизмерительные приборы);
- пульсация излучения ИС;
- эталон, используемый для калибровки (данные из сертификата калибровки);

- рабочие характеристики эталона, используемого для калибровки (старение, электрические измерения, процедура калибровки);
- линейность измерительных приборов;
- воспроизводимость и повторяемость.

14.3 Специфические факторы при измерении спектральных характеристик

Кроме указанных в 14.2, в бюджете неопределенности при измерениях для определения спектральных характеристик ИС следует учитывать следующие факторы:
- отклонение от линейной зависимости фотоэлектрического сигнала от освещенности системы «приемное устройство — регистрирующий прибор»;
- температурный сдвиг шкалы длин волн спектрального прибора;
- спектральная ширина щели спектрального прибора;
- рассеяние света внутри спектрального прибора;
- самопоглощение излучения поверхностью ИС и крепежа;
- косинусная погрешность входа спектрального прибора;
- погрешность установки длины волны;
- спектральный интервал спектрального прибора.

В случае применения при измерениях фотометрического шара дополнительно в бюджете неопределенности учитывают следующие факторы:
- температура воздуха в фотометрическом шаре;
- неоднородность коэффициента отражения поверхности фотометрического шара в разных ее частях;
- интегральный коэффициент отражения фотометрического шара;
- воспроизводимость измерений при открывании и закрывании фотометрического шара;
- стабильность коэффициента преобразования фотометрического шара между калибровками;
- люминесценция покрытия шара.

14.4 Специфические факторы при измерении цветовых характеристик

Кроме указанных в 14.2, в бюджете неопределенности при определении цветовых характеристик следует учитывать следующие факторы:
- неопределенность измерения коррелированной цветовой температуры калибровочного ИС;
- внутреннее рассеяние спектрального прибора;
- спектральная ширина щели спектрального прибора;
- неопределенность измерения длины волны спектрального прибора;
- динамический диапазон во всем спектральном диапазоне.

15 Представление результатов измерений

15.1 Общая информация

Протокол испытаний должен содержать:
- наименование и адрес испытательной лаборатории, дату и номер протокола;
- данные о заказчике испытаний;
- дату проведения испытаний и виды измерений, включая краткое описание проведенных измерений;
- перечень прилагаемых документов.

В протокол испытаний включают информацию в соответствии с 15.2—15.4.

Неопределенности измерений оценивают в соответствии с разделом 14 и включают в протокол.

15.2 Информация об испытуемом источнике света

В протокол испытаний включают следующую информацию об испытуемом ИС:
- идентификационный номер ИС;
- если известно: наименование изготовителя, тип, номер модели, номинальные значения электрических параметров, номинальные значения светового потока, цветовой температуры, индекса цветопередачи, а также размеры светящей поверхности ИС;

- описание испытуемого ИС, в том числе его компонентов (рекомендуется прикладывать фотографии);
- другая необходимая информация (например, метод отбора образцов для испытаний).

В протокол испытаний включают следующую информацию о вспомогательном оборудовании:

- наименование вспомогательного оборудования (например, устройство управления, электропитания), тип, модель, заводской номер;
- наименование изготовителя;
- номинальные значения электрических параметров.

15.3 Информация о методе измерений

В протокол испытаний включают следующую информацию о методе измерений:

- краткое описание метода измерений;
- краткое описание использованного оборудования;
- указание об условиях измерений (стандартные или соответствующие особым условиям работы испытуемого ИС);
- рабочее положение испытуемого ИС в процессе измерений (например, ориентация и наклон ИС, относительное положение в системе координат и др.);
- температура окружающего воздуха, значения напряжения и частоты тока;
- время старения и стабилизации;
- прослеживаемость и ссылка на сертификаты калибровки эталонов спектральных и цветовых величин.

Допускается включать в протокол испытаний подробное описание всего использованного для измерений оборудования по соответствующему требованию заказчика.

15.4 Данные о спектральных и/или цветовых характеристиках

Результаты определения спектральных и/или цветовых характеристик представляют в протоколе испытаний для конкретного ИС. Протокол должен включать в себя результаты всех сопутствующих измерений, температуру поверхности испытуемого ИС и параметры окружающей среды.

Неопределенности измерений оценивают в соответствии с разделом 14 и включают в протокол. Если значение неопределенности установлено для изделия сходного типа, в протоколе испытаний приводят тип изделия, используемый в бюджете неопределенности.

Результаты измерений абсолютных значений спектральных характеристики ИС оформляют в виде таблицы значений и(или) в виде графика. Для СПЭЯ приводят значение телесного угла, в котором была измерена данная характеристика. Для СПЭО приводят расстояние, на котором была измерена данная характеристика.

Приложение А
(рекомендуемое)

Метод проверки линейности радиометра

А.1 Линейность радиометра проверяют во всем диапазоне выходных фототоков в нескольких участках спектра.

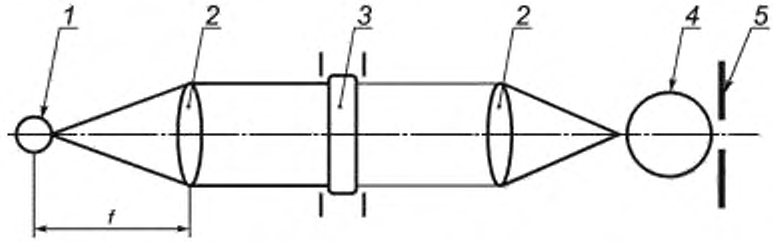
А.2 Для проверки линейности необходимы:

- рабочие ИС с известным значением спектральной характеристики;
- набор рабочих нейтральных светофильтров для ослабления светового потока с известными значениями спектрального коэффициента пропускания в проверяемом диапазоне излучения.

Толщину и марку светофильтров подбирают так, чтобы оптическая плотность каждого последующего светофильтра была в 1,3—1,5 раза более предыдущего.

Светофильтры должны быть поверены или калиброваны в установленном порядке по спектральному коэффициенту пропускания.

А.3 Для проверки линейности перед входной щелью монохроматора должна быть собрана оптическая схема, приведенная на рисунке А.1.



1 — ИС, *2* — конденсоры; *3* — нейтральный светофильтр; *4* — диффузный отражатель *5* — входная щель монохроматора; *f* — фокусное расстояние конденсора

Рисунок А.1

На фокусном расстоянии *f* от ИС для получения параллельного пучка излучения устанавливают конденсор. Диффузный отражатель — по 5.2.3.4.

А.4 В параллельный пучок излучения поочередно ставят нейтральные светофильтры.

Изменяя длину волны излучения и меняя светофильтры, изменяют спектральную характеристику на выходе монохроматора и снимают показания фототоков $i_ф(\lambda)$ и $i(\lambda)$ при установленном светофильтре и без него соответственно.

А.5 Полученные результаты записывают в таблицу А.1 и сравнивают с паспортными данными на определенный тип светофильтра.

Таблица А.1

Тип светофильтра	λ, нм	$i(\lambda)$	$i_ф(\lambda)$	$\tau = \frac{i_ф(\lambda)}{i(\lambda)}$	$\tau_{пасп}$	$\Delta\tau = \frac{\tau_{пасп} - \tau}{\tau_{пасп}} 100$

А.6 Для проверки линейности может быть использована схема, приведенная на рисунке 2. В этом случае между конденсорами совместно с оптическими узкополосными светофильтрами устанавливают нейтральный светофильтр. Линейность определяют, применяя А.1, А.2, А.4, А.5 настоящего приложения.

Приложение Б
(рекомендуемое)

Метод определения доли постороннего рассеянного света

Долю постороннего рассеянного света монохроматора $\varphi(\lambda)$ определяют с использованием избирательного светофильтра, установленного перед входной щелью прибора. Коэффициент пропускания светофильтра $\tau(\lambda)$ должен быть равен нулю на длине волны λ, на которой проверяют наличие постороннего рассеянного света.

Светофильтры должны быть поверены или калиброваны в установленном порядке по спектральному коэффициенту пропускания.

Долю рассеянного света $\varphi(\lambda)$, %, вычисляют по формуле

$$\varphi(\lambda) = \frac{i_1}{i_2} 100, \qquad (Б.1)$$

где i_1, i_2 — значение фототока на выходе радиометра с отсекающим светофильтром и без светофильтра соответственно

Следует применять несколько избирательных светофильтров для проверки наличия рассеянного света в различных областях рабочего спектрального диапазона монохроматора.

Приложение В
(рекомендуемое)

Данные для расчета коррелированной цветовой температуры

Таблица В.1

n	$T_л$, МК$^{-1}$	u_0	v_0	tg α
1	0	0,18006	0,26352	-0,24341
2	10	0,18066	0,26589	-0,25479
3	20	0,18133	0,26846	-0,26876
4	30	0,18208	0,27119	-0,28539
5	40	0,18293	0,27407	-0,30470
6	50	0,18388	0,27709	-0,32675
7	60	0,18494	0,28021	-0,35156
8	70	0,18611	0,28342	-0,37915
9	80	0,18740	0,28668	-0,40955
10	90	0,18880	0,28997	-0,44278
11	100	0,19032	0,29326	-0,47888
12	125	0,19462	0,30141	-0,58204
13	150	0,19962	0,30921	-0,70471
14	175	0,20525	0,31647	-0,84901
15	200	0,21142	0,32312	-1,0182
16	225	0,21807	0,32909	-1,2168
17	250	0,22511	0,33439	-1,4512
18	275	0,23247	0,33904	-1,7298
19	300	0,24010	0,34308	-2,0637
20	325	0,24792	0,34655	-2,4681
21	350	0,25591	0,34951	-2,9641
22	375	0,26400	0,35200	-3,5814
23	400	0,27218	0,35407	-4,3633
24	425	0,28039	0,35577	-5,3762
25	450	0,28863	0,35714	-6,7262
26	475	0,29685	0,35823	-8,5955
27	500	0,30505	0,35907	-11,324
28	525	0,31320	0,35968	-15,628
29	550	0,32129	0,36011	-23,325
30	575	0,32931	0,36038	-40,770
31	600	0,33724	0,36051	-116,45

Приложение Г
(справочное)

Таблица координат цветности четырехугольников допустимых отклонений коррелированной цветовой температуры

Таблица Г.1

Точки координат цветности четырехугольников		Координаты цветности							
		Номинальная коррелированная цветовая температура $T_{кцт}$, К							
		2700	3000	3500	4000	4500	5000	5700	6500
Центральная точка	*x*	0,4578	0,4338	0,4073	0,3818	0,3611	0,3447	0,3287	0,3123
	y	0,4101	0,4030	0,3917	0,3797	0,3658	0,3553	0,3417	0,3282
Вершины четырехугольника	*x*	0,4813	0,4562	0,4299	0,4006	0,3736	0,3551	0,3376	0,3205
	y	0,4319	0,4260	0,4165	0,4044	0,3874	0,3760	0,3616	0,3481
	x	0,4562	0,4299	0,3996	0,3736	0,3548	0,3376	0,3207	0,3028
	y	0,4260	0,4165	0,4015	0,3874	0,3736	0,3616	0,3462	0,3304
	x	0,4373	0,4147	0,3889	0,3670	0,3512	0,3366	0,3222	0,3068
	y	0,3893	0,3814	0,3690	0,3578	0,3465	0,3369	0,3243	0,3113
	x	0,4593	0,4373	0,4147	0,3898	0,3670	0,3515	0,3366	0,3221
	y	0,3944	0,3893	0,3814	0,3716	0,3578	0,3487	0,3369	0,3261

Библиография

[1]	IEC 60050(845):2020	Международный электротехнический словарь (МЭС) Глава 845. Освещение
[2]	МКО S 025:2015	Измерения характеристик светодиодных ламп, светильников и модулей со светодиодами
[3]	МКО 235:2019	Измерения оптических характеристик светодиодных модулей и световых устройств со светодиодами
[4]	МКО 239:2020	Гониоспектрорадиометрия источников оптического излучения
[5]	МКО 202:2011	Измерение спектральной чувствительности детекторов, радиометров и фотометров
[6]	ISO/CIE 11664-4:2019(E)	Колориметрия. Часть 4. Цветовое пространство *L*a*b**
[7]	МКО 15:2004	Колориметрия
[8]	МКО 15:2004 Дополнение № 2	Рекомендации для однородных цветовых пространств. Уравнение расчета цветовых различий. Психометрические цветовые термины
[9]	МКО 13.3—1995	Метод определения индекса цветопередачи источников света
[10]	МКО 198-SP2:2018	Определение неопределенностей измерений в фотометрии. Дополнение 2. Спектральные измерения и производные величины

УДК 621.32:006.354 МКС 29.140

Ключевые слова: источники света электрические, характеристики спектральные и цветовые, координаты цветности, цветопередача, методы измерений

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *Г.Д. Мухиной*

Сдано в набор 29.10.2021. Подписано в печать 22.11.2021. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 3,55.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

gost.e-ecolog.ru