ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 55703— 2013

ИСТОЧНИКИ СВЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

Методы измерений спектральных и цветовых характеристик

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2015

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Государственным унитарным предприятием Республики Мордовия «Научно-исследовательский институт источников света имени А.Н.Лодыгина» (ГУП Республики Мордовия «НИИИС имени А.Н.Лодыгина»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 332 «Светотехнические изделия»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 ноября 2013 г. № 1357-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0–2012 (раздел 8). 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, 2015

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 2
5 Методы измерения спектральной плотности энергетической величины 2
6 Методы определения координат цветности 6
7 Метод контрольных цветов для оценки цветопередачи 8
8 Спектрозональный метод оценки цветопередачи 8
9 Метод определения содержания красного излучения 9
10 Метод измерения коррелированной цветовой температуры 10
11 Метод определения доминирующей длины волны и чистоты цвета 11
Приложение А (рекомендуемое) Метод измерения спектральной плотности энергетической величины с использованием измерительной спектральной установки 12
Приложение Б (рекомендуемое) Метод определения погрешности измерения спектральных характеристик источников света 18
Приложение В (обязательное) Значения ординат кривых сложения цветов в системе МКО 1931 г. 23
Приложение Г (рекомендуемое) Типы светофильтров, применяемых для определения координат цветности методом фотоэлектрической колориметрии 26
Приложение Д (рекомендуемое) Метод определения погрешности измерений цветовых характеристик источников света 27
Приложение Е (рекомендуемое) Метод контрольных цветов для оценки цветопередачи 32
Приложение Ж (рекомендуемое) Метод определения доли постороннего рассеянного света в спектральном приборе 49
Приложение И (рекомендуемое) Метод проверки линейности световой характеристики измерительной части спектральной установки 50
Приложение К (справочное) Метод определения числа делений барабана длин волн, соответствующего смещению спектра в плоскости щели на 1 мм (*dn/dl*) 51
Библиография 52

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИСТОЧНИКИ СВЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

Методы измерений спектральных и цветовых характеристик

Electric light sources. Methods of measuring spectral and colour characteristics

Дата введения — 2014—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на электрические источники света (далее — ИС): лампы накаливания, разрядные и светодиодные, светодиодные модули и светодиоды (далее — СД), 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.

Стандарт не распространяется на светоизмерительные лампы и лампы-фары.

Настоящий стандарт может быть применен для измерений характеристик ИС других типов, предназначенных для целей освещения.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.207—76 Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения

ГОСТ 8.332—78 Государственная система обеспечения единства измерений. Световые измерения. Значения относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения

ГОСТ 9411—91 Стекло оптическое цветное. Технические условия

ГОСТ 10771—82 Лампы накаливания светоизмерительные рабочие. Технические условия

ГОСТ 18300—87 Спирт этиловый ректификованный технический. Технические условия

ГОСТ 22261—94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия

ГОСТ Р 54814—2011/IEC/TS 62504:2011 Светодиоды и светодиодные модули для общего освещения. Термины и определения

ГОСТ Р 55702—2013 Источники света электрические. Методы измерений электрических и световых параметров

ГОСТ Р 55704—2013 Источники света электрические. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя за текущий год. Если ссылочный

Издание официальное

стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт 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 Р 54814 и ГОСТ Р 55704—2013, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **координаты цвета:** Количество трех основных цветовых стимулов в данной трехцветной колориметрической системе, необходимое для уравнивания по цвету с измеряемым цветом.

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

3.3 **индекс цветопередачи:** Общее понятие, характеризующее влияние спектрального состава излучения источника на зрительное восприятие цветных объектов по сравнению с восприятием их при освещении стандартным источником света.

3.4 **спектральная плотность** (энергетической, световой или фотонной величины): Отношение энергетической, световой или фотонной величины, взятой в малом спектральном интервале $d\lambda$, содержащем данную длину волны λ, к этому интервалу.

3.5 **приемное устройство:** Прибор, в котором под действием поглощенного излучения изменяется один из его параметров, поддающийся измерению.

3.6 **монохроматор:** Прибор, применяемый как источник монохроматического излучения при измерениях спектральных характеристик источников и приемников излучения в определенной области спектра.

3.7 **спектрорадиометр:** Прибор для измерения энергетических величин в узких интервалах длин волн определенного спектрального диапазона.

3.8 **коррелированная цветовая температура $T_{кц}$:** Температура черного тела, при которой координаты цветности его излучения близки в пределах заданного допуска к координатам цветности рассматриваемого излучения на цветовом графике МКО.

3.9 **чистота цвета:** Характеристика ощущения цветности цветового стимула, которая позволяет оценить долю светлоты в общем цветовом ощущении.

4 Общие требования к проведению измерений

4.1 Условия проведения измерений

При выполнении измерений соблюдают следующие условия, если иное не оговорено в стандартах и технических условиях на ИС конкретных типов:

- температура окружающего воздуха (25 ± 10) °С;
- относительная влажность (65 ± 20) %;
- атмосферное давление (101 ± 4) кПа;
- напряжение питающей сети (220 ± 22) В, частота тока 50 Гц.

Измерения характеристик люминесцентных ламп проводят при температуре окружающей среды от 20 °С до 27 °С.

Измерения характеристик СД, светодиодных ламп и светодиодных модулей проводят при температуре окружающей среды (25 ± 2) °С.

4.2 Требования к средствам измерений и испытательному оборудованию

4.2.1 Средства измерений должны быть поверены, испытательное оборудование должно быть аттестовано в установленном порядке.

4.2.2 Электрические системы питания должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 55702 (пункт 5.1).

Электроизмерительные приборы должны соответствовать требованиям ГОСТ 22261.

5 Методы измерения спектральной плотности энергетической величины

Методы основаны на сравнении по спектру 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 СД.

5.1 Измерения относительных значений спектральной плотности энергетической величины

Измерения проводят с использованием спектрорадиометра или измерительной спектральной установки.

5.1.1 Измерение с использованием спектрорадиометра

Для измерения используют спектрорадиометры, имеющие отсчет показаний непосредственно в единицах относительной спектральной плотности энергетической величины.

5.1.2 Измерение с использованием измерительной спектральной установки

Метод измерения приведен в приложении А.

5.1.2.1 Обработка результатов измерений

Относительное распределение спектральной плотности энергетической величины $p(\lambda)$ определяют отношением показаний прибора, измеряющего фототоки, обусловленные излучением измеряемого $i(\lambda)$ и рабочего $i_0(\lambda)$ ИС для каждой измеряемой длины волны λ

$$p(\lambda) = p_0(\lambda)\frac{i(\lambda)}{i_0(\lambda)}, \quad (1)$$

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

При измерении ИС, имеющих сплошной спектр излучения, относительное распределение спектральной плотности энергетической величины измеряемого ИС, $p(\lambda)$, отн. ед./нм, рассчитывают по формуле

$$p(\lambda) = K(\lambda)i(\lambda), \quad (2)$$

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

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

$$K(\lambda) = \frac{p_0(\lambda)}{i_0(\lambda)}, \quad (3)$$

где $p_0(\lambda)$ — относительная спектральная плотность энергетической освещенности рабочей лампы накаливания, отн. ед./нм;

$i_0(\lambda)$ — значение фототока приемного устройства при освещении его рабочим ИС, деление.

Измерения ИС, имеющих линейчатый или смешанный спектр излучения, проводят ступенчатым методом, разделяя область спектра на интервалы — ступени $\Delta\lambda$.

Относительную спектральную плотность энергетической величины $p_{\Delta\lambda}$ в интервале $\Delta\lambda$ определяют на основании показаний прибора, измеряющего фототок $i(\lambda)$, и рассчитывают по формуле

$$p_{\Delta\lambda}(\lambda) = i(\lambda)C(\lambda)\Delta\lambda = i(\lambda)C(\lambda)D(\lambda)l_{\text{вых}}, \quad (4)$$

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

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

$l_{\text{вых}}$ — ширина выходной щели, мм;

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

$$C(\lambda) = \frac{p_0(\lambda)+p_{\lambda,0}(\lambda)\Delta\lambda}{i_0(\lambda)}, \quad (5)$$

где $p_0(\lambda)$ — относительная спектральная плотность энергетической величины линии рабочей разрядной лампы, отн. ед.;

$p_{\lambda,0}(\lambda)$ — относительная спектральная плотность энергетической величины непрерывного излучения рабочей разрядной лампы, отн. ед./нм;

$\Delta\lambda$ — спектральный интервал, нм, пропускаемый спектральным прибором, рассчитываемый по формуле

$$\Delta\lambda = l_{вых} D(\lambda), \quad (6)$$

где $l_{вых}$ — ширина раскрытия выходной щели спектрального прибора, мм;

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

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

Результаты спектральных измерений оформляют в виде таблицы значений распределения относительной спектральной плотности энергетической величины ИС, приведенных к значению 100 в максимуме или другой удобной точке.

Результаты приводят к равному спектральному интервалу. Спектральные линии относят к тому же спектральному интервалу.

5.1.3 Погрешность измерений

Относительная погрешность измерений относительной спектральной плотности энергетической величины ИС должна быть не более:

- 5 % — для видимой области спектра 0,38–0,78 мкм;
- 7 % — для ИК-области спектра 0,78–2,5 мкм;
- 15 % — для УФ-области спектра 0,25–0,38 мкм.

Метод определения погрешности измерений спектральных характеристик ИС приведен в приложении Б.

5.2 Измерение абсолютных значений спектральной плотности энергетической величины

Измерения выполняют:

- методом сравнения по спектру абсолютных значений характеристик рабочего и измеряемого ИС;
- методом перехода от измеренного значения относительной спектральной плотности энергетической величины к абсолютному значению определением абсолютирующего множителя.

5.2.1 При измерении абсолютных значений применяют то же испытательное оборудование, что и для измерения относительных значений, оборудование для измерения интегральных значений фотометрических величин по ГОСТ Р 55702.

Для измерения интегральных значений энергетических величин ИС используют то же оборудование, что и для измерения интегральных значений световых величин, и рабочие ИС, для которых известны абсолютное значение соответствующей энергетической величины и спектральный состав излучения.

Допускается применение других средств измерений и испытательного оборудования, обеспечивающих требуемую точность измерения.

5.2.2 Проведение измерений и обработка результатов

5.2.2.1 Порядок проведения измерений и обработка результатов — методом сравнения по спектру абсолютных характеристик рабочего и измеряемого ИС по 5.1.

При измерении ИС устанавливают с учетом закона квадратов расстояний на фиксированном расстоянии от диффузно-рассеивающей белой пластины, освещающей входную щель спектрального прибора.

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

$$\alpha = f\left(\frac{L}{l}\right), \quad (7)$$

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.

Абсолютное значение спектральной плотности энергетической величины с учетом интегральных световых и энергетических величин [$p_{\lambda,\ абс}(\lambda)$] рассчитывают по формуле

$$p_{\lambda,\ абс}(\lambda) = K_{абс} p(\lambda), \quad (8)$$

где $K_{абс}$ — абсолютирующий множитель, Вт/м^2;

$p(\lambda)$ — относительное значение спектральной плотности энергетической величины.

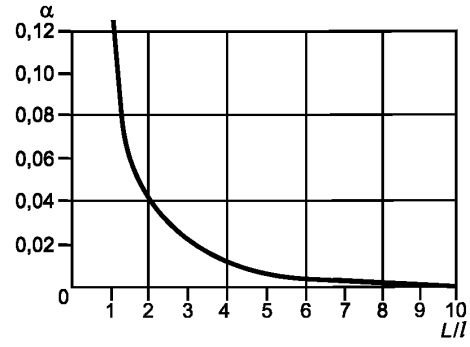


Рисунок 1

5.2.2.2 При определении значения множителя $K_{абс}$ с учетом интегрального значения световой величины необходимо:

- измерить относительную спектральную характеристику ИС $p(\lambda)$ в соответствии с 5.1;
- измерить световую величину по ГОСТ Р 55702;
- рассчитать множитель $K_{абс}$ по формуле

$$K_{абс} = \frac{p_v}{683 \int_{380}^{780} p(\lambda) V(\lambda) d\lambda}, \quad (9)$$

где p_v — измеренное значение световой величины;

$p(\lambda)$ — относительная спектральная плотность энергетической величины ИС;

683 — максимальная спектральная световая эффективность, лм/Вт;

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

5.2.2.3 При определении значения множителя $K_{абс}$ с учетом интегрального значения энергетической величины, необходимо:

- измерить относительную спектральную характеристику ИС $p(\lambda)$ в соответствии с 5.1;
- определить интегральную энергетическую величину ИС по показаниям прибора, измеряющего фототок приемного устройства от рабочего и измеряемого ИС, и расчетом по формуле

$$p_e = \frac{i}{i_0} \frac{\int_{380}^{780} p_0(\lambda) S(\lambda) d\lambda \int_{380}^{780} p(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} p(\lambda) S(\lambda) d\lambda \int_{380}^{780} p_0(\lambda) d\lambda} p_{e,0}, \quad (10)$$

где i, i_0 — значения фототока измеряемого и рабочего ИС соответственно;

$p(\lambda)$, $p_0(\lambda)$ — относительные спектральные плотности энергетической величины измеряемого и рабочего ИС соответственно;

$p_{e,0}$ — соответствующая интегральная энергетическая величина рабочего ИС;

$S(\lambda)$ — относительная спектральная чувствительность приемного устройства;

- рассчитать множитель $K_{абс}$ по формуле

$$K_{абс} = \frac{p_e}{\int_{380}^{780} p(\lambda) d\lambda}, \quad (11)$$

где p_e — значение интегральной энергетической величины измеряемого ИС.

5.2.3 Погрешность измерений

Относительная погрешность измерений должна быть не более:

- 7 % — для видимой области спектра 0,38–0,78 мкм;
- 10 % — для ИК-области спектра 0,78—2,5 мкм;
- 15 % — для УФ-области спектра 0,25—0,38 мкм.

Метод определения погрешностей измерений по приложению Б.

6 Методы определения координат цветности

Координаты цветности определяют спектрорадиометрическим методом, методом фотоэлектрической колориметрии или измеряют спектральными приборами.

6.1 Спектрорадиометрический метод

Для определения координат цветности проводят измерения спектральной плотности энергетической величины по 5.1.

6.1.1 Расчет координат цвета X, Y, Z и далее координат цветности x, y проводят по формулам

$$\left.\begin{aligned} X &= \int_{380}^{780} p(\lambda)\bar{x}(\lambda)\mathrm{d}\lambda; \\ Y &= \int_{380}^{780} p(\lambda)\bar{y}(\lambda)\mathrm{d}\lambda; \\ Z &= \int_{380}^{780} p(\lambda)\bar{z}(\lambda)\mathrm{d}\lambda. \end{aligned}\right\} \qquad (12)$$

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} = \frac{X}{m};\ y = \frac{Y}{X+Y+Z} = \frac{Y}{m}, \qquad (13)$$

где $p(\lambda)$ — спектральная плотность энергетической величины ИС;

$\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ — ординаты кривых сложения МКО 1931 г. приведены в таблице В.1 (приложение В);

$m=X+Y+Z$ — модуль цвета.

6.1.2 При расчете интегрирование заменяют суммированием произведений подынтегральных функций формулы (12)

$$\left.\begin{aligned} X &= \sum_{380}^{780} p(\lambda)\bar{x}(\lambda)\mathrm{d}\lambda; \\ Y &= \sum_{380}^{780} p(\lambda)\bar{y}(\lambda)\mathrm{d}\lambda; \\ Z &= \sum_{380}^{780} p(\lambda)\bar{z}(\lambda)\mathrm{d}\lambda. \end{aligned}\right\} \qquad (14)$$

При расчете координат цветности ИС со спектром, в котором линии и фон представлены отдельно, излучение в линиях относят к тому же спектральному интервалу $\Delta\lambda$, по которому проводят расчет.

Для стандартных люминесцентных ламп принимают $\Delta\lambda$ = 10нм. Для ламп, в спектре которых есть нерегулярности в интервале менее 10 нм, интервал $\Delta\lambda$ должен быть не более 5 нм.

Расчет координат цветности ИС, спектр которых представлен в ступенчатом виде, проводят со спектральным интервалом, соответствующим ширине ступени.

6.1.3 Погрешность измерения

Абсолютная погрешность определения координат цветности ИС должна быть в пределах ±0,005.

6.2 Метод фотоэлектрической колориметрии

Для определения координат цветности ИС необходимы рабочие ИС по ГОСТ 8.205 и фотоэлектрические колориметры.

6.2.1 Рабочие источники света

В качестве рабочего ИС применяют ИС типов А, В, С. Рабочие ИС должны быть поверены по координатам цветности.

Допускается применять контрольные ИС того же типа, что и измеряемые, по А.1.1.4 (приложение А).

Для измерения координат цветности цветных миниатюрных и сверхминиатюрных ламп накаливания в качестве рабочих ИС допускается применение светоизмерительных ламп накаливания силы света с цветовой температурой T_c=2360 К, координаты цветности которых известны. Лампы должны быть поверены по T_c=2360 К.

6.2.2 Фотоэлектрические колориметры должны иметь приемные устройства с кривыми спектральной чувствительности $\bar{x}_н(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$.

Степень соответствия указанных кривых должна быть такой, чтобы погрешность измерения координат цветности при использовании цветных светофильтров средней насыщенности цвета и коэффициентом пропускания $\tau > 10$ % не выходила за пределы ± 0,010.

6.2.3 Цветные светофильтры выбирают с учетом обеспечения измерений в видимой области спектра. Типы цветных светофильтров, поверенных по координатам цветности в установленном порядке, приведены в таблице Г.1 (приложение Г).

6.2.4 Порядок проведения измерения

Для установки измеряемых, рабочих ИС и колориметрической головки используют фотометрическую скамью по ГОСТ Р 55702 (пункт 7.2.1).

Световые центры измеряемых и рабочих ИС располагают на одной оси, проходящей по нормали через центр приемного устройства колориметра.

Измеряемый ИС устанавливают на расстоянии, соответствующем не менее 1,5 его длины от приемного устройства.

Положение ИС при измерении — по стандартам и техническим условиям на ИС конкретных типов.

Характеристики излучения измеряют от всей светящейся части ИС, если иное не установлено в стандартах и технических условиях на ИС конкретных типов. Посторонний свет не должен попадать на приемное устройство колориметра.

6.2.5 Градуировка фотоэлектрических колориметров

Градуировку колориметров проводят по светоизмерительным лампам накаливания.

Для более точных измерений применяют градуировочный светофильтр, корректирующий спектр излучения лампы накаливания с излучением измеряемого ИС. Градуировочный светофильтр должен быть в комплекте колориметра.

Градуировкой колориметров определяют градуировочные коэффициенты C_x, C_y, C_z по известным значениям координат цветности излучения и соответствующим значениям фототоков по соотношениям

$$\left.\begin{aligned} C_x &= \frac{x_r + 0{,}5y_r\,0{,}167}{y_r}\,\frac{i_{y(r)}}{i_{x(r)}}; \\ C_y &= 1; \\ C_z &= \frac{1 - x_r - y_r}{y_r}\cdot\frac{i_{y(r)}}{i_{z(r)}}, \end{aligned}\right\} \qquad (15)$$

где x_{ki}, y_{ki} — координаты цветности излучения, по которому проводят градуировку;

$i_{x(r)}$, $i_{y(r)}$, $i_{z(r)}$ — фототоки приемного устройства колориметра от излучения, по которому проводят градуировку.

Градуировку колориметра проводят перед каждой серией измерений, но не реже одного раза в 3 мес.

6.2.6 Подготовка к измерениям

6.2.6.1 Рабочие ИС протирают чистой и мягкой тканью, смоченной этиловым спиртом по ГОСТ 18300. При обращении с рабочими ИС в процессе измерений используют хлопчатобумажные перчатки.

Перед началом измерений рабочие ИС стабилизируют при напряжении или токе, указанных в их свидетельстве о поверке.

6.2.6.2 Измеряемые ИС подвергают предварительному отжигу и стабилизации излучения в течение времени, указанного в стандартах и/или технических условиях на ИС конкретных типов.

Разрядные лампы перед измерениями допускается включать на 15 мин вне колориметра и на 5 мин после их установки в колориметр.

6.2.6.3 Приемное устройство должно быть освещено, если это указано в инструкции по его эксплуатации. Уровень освещенности должен соответствовать значению, создаваемому измеряемым ИС.

6.2.6.4 Все приборы, входящие в состав измерительной спектральной установки, должны быть включены на время, указанное в их эксплуатационной документации.

6.2.7 Проведение и обработка результатов измерений

Определяют значения фототоков i_x, i_y, i_z трех приемных устройств колориметра или одного приемного устройства, освещаемого последовательно через разные светофильтры.

По значениям фототоков рассчитывают координаты цвета X, Y, Z по соотношениям

$$\left.\begin{aligned} X &= 1{,}2C_x i_x - 0{,}4C_y i_y + 0{,}2C_z i_z; \\ Y &= C_y i_y; \\ Z &= C_z i_z, \end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

где C_x, C_y, C_z — градуировочные коэффициенты.

Координаты цветности ИС x, y определяют по формулам (13).

6.2.8 Погрешность измерений

Абсолютная погрешность измерения координат цветности ИС колориметрическим методом должна быть:

- ±0,010 при градуировке колориметра по источнику А;
- ±0,008 при градуировке колориметра по источнику А с использованием градуировочного светофильтра;
- ±0,005 при градуировке колориметра по ИС того же типа, что и измеряемый ИС.

6.3 Измерения спектральными приборами

Измерения проводят спектральными приборами, которые настраивают на измерение координат цветности, или другими средствами измерений, обеспечивающими заданную точность.

Погрешность при измерении спектральными приборами должна быть в пределах, указанных в эксплуатационной документации.

7 Метод контрольных цветов для оценки цветопередачи

Цветопередачу оценивают индексами цветопередачи, которые определяют по величинам цветовых различий стандартных цветных отражающих образцов и измеряемого ИС.

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

Метод изложен в приложении Е.

8 Спектрозональный метод оценки цветопередачи

Метод применяют для оценки цветопередачи люминесцентных ламп в целях непосредственного контроля правильности технологического процесса, с использованием установок для измерения распределения спектральной плотности энергетической величины.

8.1 Проведение измерения и обработка результатов

8.1.1 Оценку цветопередачи проводят на основе данных относительной спектральной плотности энергетической величины ИС методом измерения по 5.1.

8.1.2 Значения относительного распределения светового потока ИС по восьми спектральным зонам должны соответствовать допустимым значениям, указанным в стандартах и технических условиях на ИС конкретных типов. Границы спектральных зон приведены в таблице 1.

Таблица 1

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

8.1.3 Вычисление доли светового потока ИС для спектральной зоны f_i, %, проводят по формуле

$$f_i = \frac{\int_{\lambda_i'}^{\lambda_i''} p(\lambda)V(\lambda)\mathrm{d}\lambda_i}{\int_{380}^{780} p(\lambda)V(\lambda)\mathrm{d}\lambda} 100\,, \qquad (17)$$

где i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8;

$p(\lambda)$ — относительная спектральная плотность энергетической величины ИС;

$V(\lambda)$ — относительная спектральная световая эффективность монохроматического излучения для дневного зрения;

λ_i', λ_i'' — длины волн, соответствующие границам i–й спектральной зоны.

При проведении расчетов интегрирование заменяют суммированием

$$\left.\begin{aligned} \Phi_i &= \sum_{\lambda_i'}^{\lambda_i''} p(\lambda)V(\lambda)\Delta\lambda_i; \\ \Phi &= \sum_{i=1}^{8} \Phi_i; \\ f_i &= \frac{\Phi_i}{\Phi} 100. \end{aligned}\right\} \qquad (18)$$

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.

9 Метод определения содержания красного излучения

Относительное содержание красного излучения в спектре ртутных ламп высокого давления определяют по результатам измерений спектральной плотности энергетической величины или фотометрических характеристик.

9.1 Подготовка, порядок проведения измерений и обработка результатов приведены в 5.1.

Относительное содержание красного излучения в спектре ламп $\Phi_к$, %, вычисляют по формуле

$$\Phi_к = \frac{\int_{600}^{780} p(\lambda)V(\lambda)\mathrm{d}\lambda}{\int_{380}^{780} p(\lambda)V(\lambda)\mathrm{d}\lambda} 100, \qquad (19)$$

где $p(\lambda)$ — относительная спектральная плотность энергетической величины ламп;

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

9.2 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 измеряемые;
- фотометрический шар и приемное устройство по ГОСТ Р 55702 (пункт 6.1.1);
- красный стеклянный светофильтр с границей пропускания 600 нм по ГОСТ 9411 (например, светофильтр марки КС-11).

9.2.1 Проведение и обработка результатов измерений

9.2.1 Проведение и обработка результатов измерений

Подготовка, порядок проведения и методы измерений приведены в приложении А и ГОСТ Р 55702 (пункты 6.1.2–6.1.4).

Относительное содержание красного излучения $\Phi_к$ вычисляют по формуле

$$\Phi_к = \Phi_{к,0} \frac{i_0}{i_к} \frac{i_{0,Ф}}{i_{к,Ф}}, \quad (20)$$

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

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

$i_{0,ф}$, $i_{к,ф}$ — значения фототоков рабочего ИС (контрольной лампы) и измеряемого ИС соответственно при использовании красного светофильтра.

10 Метод измерения коррелированной цветовой температуры

При определении коррелированной цветовой температуры (КЦТ) применяют установки по 5.1 или спектральные приборы, обеспечивающие требуемую точность измерения, настроенные на измерение КЦТ, или рассчитать координаты цветности по разделу 6.

На график цветностей МКО 1931 г. с нанесенными четырехугольниками допустимых отклонений КЦТ (рисунок 2) определяют, в какой из них попадает точка с найденными координатами цветности.

Значение КЦТ измеряемого ИС определяют по номинальному значению КЦТ соответствующего четырехугольника.

Относительная погрешность определения КЦТ не более ±1,5 %.

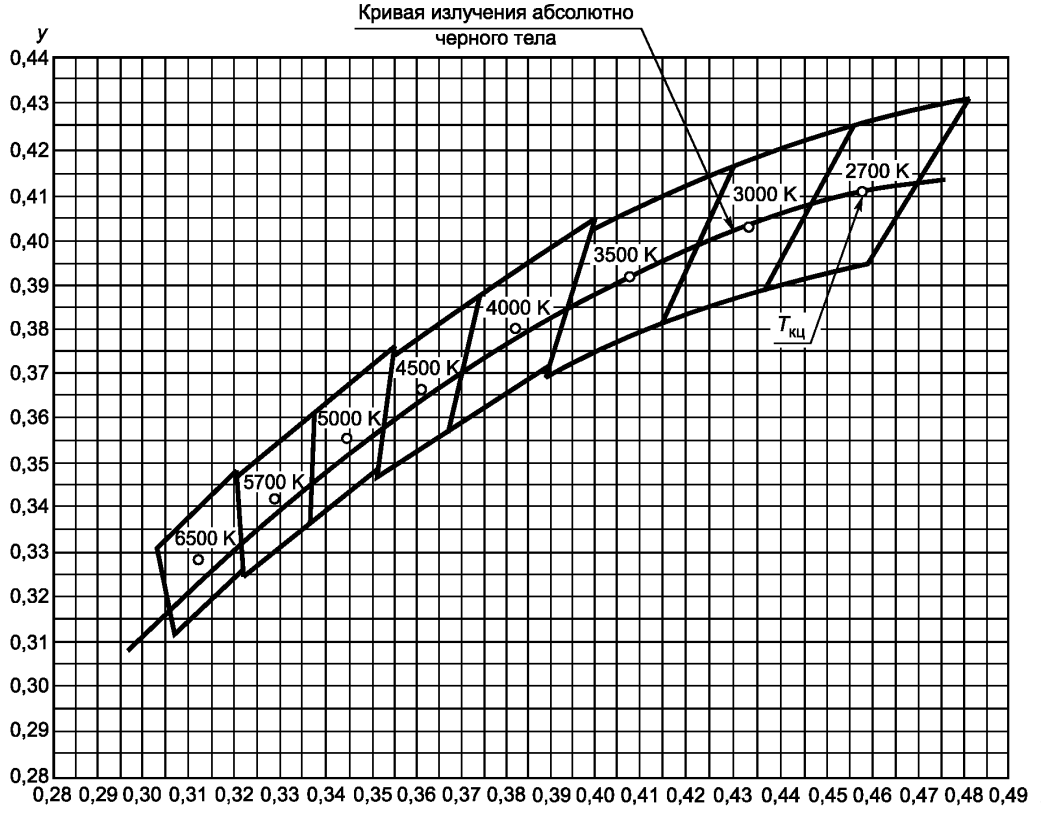


Рисунок 2 — График цветностей МКО 1931 г. (фрагмент для диапазона цветовых температур 2500—7100 К)

11 Метод определения доминирующей длины волны и чистоты цвета

Доминирующую длину волны и чистоту цвета определяют в биполярной системе λ_d, p_c, 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 E (x_e=0,3333, y_e=0,3333) для получения заданного цвета. λ_d соответствует точке пересечения линии спектральных цветов с линией, соединяющей заданное ахроматическое излучение с монохроматическим на цветовом графике (рисунок 3).

Чистота цвета (колориметрическая) p_c характеризует долю монохроматического излучения в смеси с ахроматическим. Чистоту цвета определяют отношением двух отрезков EC/ED (рисунок 3). Отрезок EC откладывают от точки C, представляющей на данном графике излучение измеряемого ИС, до точки E, представляющей заданное ахроматическое излучение. Отрезок ED откладывают от точки E до точки D, которая представляет на графике монохроматическое излучение. Чистоту цвета определяют по формуле

$$p_c = \frac{y_d}{y}\frac{x-x_e}{x_d-x_e} - \frac{y_d}{y}\frac{y-y_e}{y_d-y_e}, \qquad (21)$$

где x, y — координаты цветности измеряемого ИС (точка C);
x_e, y_e — координаты цветности точки E;
x_d, y_d — координаты цветности точки D.

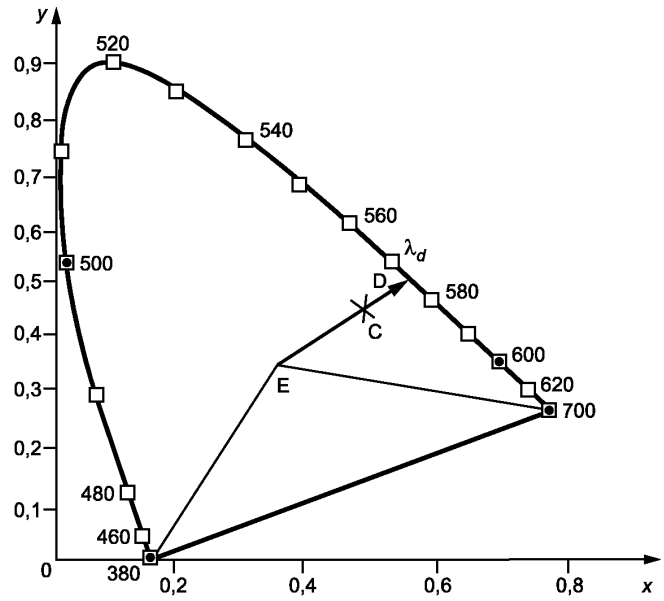


Рисунок 3 — Диаграмма цветности МКО 1931 г. для определения доминирующей длины волны и чистоты цвета

Приложение А
(рекомендуемое)

Метод измерения спектральной плотности энергетической величины с использованием измерительной спектральной установки

А.1 Структура измерительной спектральной установки приведена на рисунке А.1.

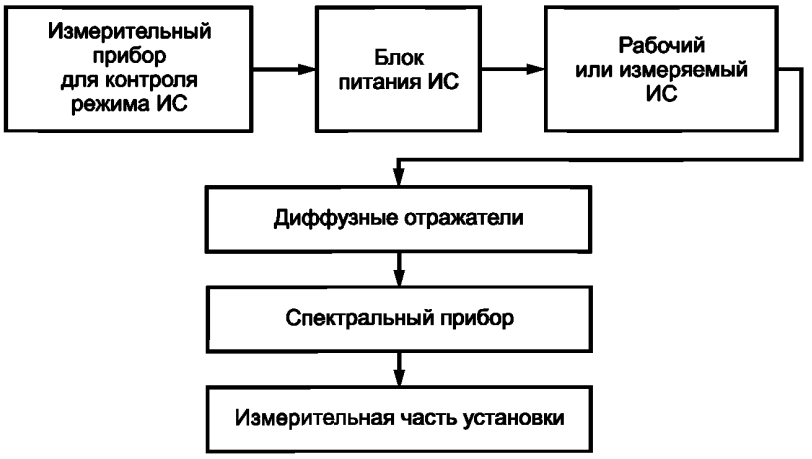


Рисунок А.1

А.1.1 Рабочие источники света

А.1.1.1 При измерении спектральной плотности энергетической величины ИС применяют рабочие ИС по ГОСТ 8.195:

- дейтериево-неоновые лампы, ленточные лампы накаливания с кварцевым, увиолевым или сапфировым окном, галогенные или разрядные лампы в колбах из увиолевого или кварцевого стекла в УФ-области спектра 0,25–0,38 мкм;
- ленточные, галогенные лампы накаливания в видимой и ИК-области спектра 0,38–2,5 мкм.

А.1.1.2 Допускается для видимой области спектра применять в качестве рабочих ИС светоизмерительные лампы накаливания, с характеристиками стандартного колориметрического источника типа А (T_c=2856 К), относительная спектральная плотность энергетической величины которого $p(\lambda)$, отн. ед., приведена в таблице А.1.

Таблица А.1

Длина волны, λ, нм	$p(\lambda)$	Длина волны, λ, нм	$p(\lambda)$	Длина волны, λ, нм	$p(\lambda)$	Длина волны, λ, нм	$p(\lambda)$
380	9,3	485	51,0	590	122	695	195
385	10,9	490	53,9	595	125	700	198
390	12,1	495	53,8	600	129	705	201
395	13,3	500	59,9	605	133	710	204
400	14,7	505	62,9	610	136	715	207
405	16,1	510	65,1	615	140	720	210
410	17,7	515	69,2	620	144	725	213
415	19,3	520	72,5	625	147	730	216
420	21,0	525	75,8	630	151	735	219
425	22,8	530	79,1	635	154	740	222
430	24,7	535	82,5	640	158	745	224
435	26,6	540	85,9	645	162	750	227
440	28,7	545	89,4	650	165	755	230
445	30,8	550	92,9	655	169	760	232

Окончание таблицы А.1

Длина волны, λ, нм	$p(\lambda)$	Длина волны, λ, нм	$p(\lambda)$	Длина волны, λ, нм	$p(\lambda)$	Длина волны, λ, нм	$p(\lambda)$
450	33,1	555	96,4	660	172		
455	35,4	560	100,0	665	175		
460	37,8	565	104,0	670	179		
465	40,3	570	107,0	675	182		
470	42,9	575	111,0	680	185		
475	45,5	580	114,0	685	189		
480	48,2	585	118,0	690	192		

Рекомендуемые рабочие ИС:

- кварцево-галогенная лампа КГМ 110-1000;
- лампа типа FEL 120-1000;
- светоизмерительные лампы накаливания силы света СИС 40-100, СИС 107-500, СИС 107-1000, СИС 107-1500 по ГОСТ 10771 — для спектрального диапазона 0,38—0,8 мкм;
- светоизмерительные лампы накаливания СИ 8-200 у, ТРУ 110-2350 с увиолевым окном, лампы ДНК-90 — для спектрального диапазона 0,26–0,38 мкм;
- светоизмерительные лампы накаливания силы света СИС 40-100 по ГОСТ 10771 — для измерения координат цветности разрядных ламп методом фотоэлектрической колориметрии;
- светоизмерительные лампы накаливания силы света СИС 5-1 по ГОСТ 10771 — для измерения координат цветности цветных миниатюрных и сверхминиатюрных ламп накаливания.

Допускается применение других типов рабочих ИС, имеющих стабильное распределение спектральной плотности энергетической величины.

Рабочие ИС должны быть поверены в установленном порядке.

А.1.1.3 Для проверки градуировки спектральной установки допускается применение контрольных ламп того же типа, что и измеряемые ИС. Контрольные лампы отбирают из ламп серийного производства, подвергают предварительному отжигу в соответствии с ГОСТ Р 55702.

Контрольные лампы должны иметь стабильное распределение спектральной плотности энергетической величины, которое определяют после отжига сравнением их с рабочими ИС. Полученная величина в точках спектра, в которых спектральное распределение имеет максимальное значение, и в крайних точках спектра измеряемого диапазона, не должна изменяться более чем на 3 %. Для определения стабильности проводят не менее трех измерений.

А.1.2 Спектральные приборы

А.1.2.1 Спектральный прибор измерительной спектральной установки (например, монохроматор одинарный или двойной; призменный или с дифракционной решеткой; спектрометр; полихроматор с ПЗС матрицей), должен иметь рабочий диапазон длин волн 0,25–2,5 мкм.

А.1.2.2 Посторонний рассеянный свет от ИС, попадающий через входную щель спектрального прибора, в измеряемом диапазоне спектра не должен превышать 1 %. Для его устранения применяют двойной монохроматор или перед входной щелью спектрального прибора устанавливают избирательные светофильтры, полоса пропускания которых лежит в измеряемой области спектра.

Метод определения доли постороннего рассеянного света в спектральном приборе изложен в приложении Ж.

А.1.3 Измерительная часть спектральной установки

Измерительная часть спектральной установки включает приемное устройство, блоки питания приемного устройства и ИС, измерительные и регистрирующие приборы (см. рисунок А.1).

А.1.3.1 В качестве измерительного приемного устройства используют фотоэлектрические приемные устройства с высокой чувствительностью во всем диапазоне проводимых спектральных измерений:

- фотоэлектронные умножители с многощелочным катодом, с висмуто-серебряно-цезиевым катодом, вакуумные фотоэлементы с многощелочным катодом — для видимой области спектра;
- фотоэлектронные умножители с кислородно-цезиевым катодом, кремниевые фотодиоды, фотосопротивления — для УФ-области спектра.

Для измерений в ближней УФ-области спектра используют приемные устройства с сурьмяно-цезиевым фотокатодом и увиолевым, сапфировым или кварцевым окном на входе, в ближней ИК-области спектра — приемные устройства с кислородно-серебряно-цезиевым фотокатодом, кремниевые или германиевые фотодиоды и фотосопротивления.

Допускается применение других типов измерительных приемных устройств, удовлетворяющих требованиям настоящего стандарта.

А.1.3.2 Для питания приемных устройств применяют стабилизаторы с нестабильностью выходного напряжения не более ± 0,05 % значения напряжения при максимальном токе нагрузки не более 4 мА.

А.1.3.3 Приемные устройства используют с усилителями сигнала, нижний предел чувствительности которых должен соответствовать уровню излучения, выходящего из спектрального прибора.

При измерении фототоков приемного устройства применяют аналоговый микроамперметр магнитоэлектрической системы класса точности не ниже 1,0. В качестве входного устройства может быть использован цифровой вольтметр или виртуальный прибор на базе ПК.

А.1.3.4 Если в качестве спектрального прибора используют монохроматор, то световая характеристика измерительной части спектральной установки должна быть линейной. Отклонение от линейности должно быть не более 2 %.

Проверку линейности световой характеристики проводят в соответствии с приложением И.

А.1.3.5 Стабильность измерительной части спектральной установки должна быть такой, чтобы в течение 1—2 мин значение фототока изменялось не более 0,5 % при проведении измерений на установленной длине волны.

А.1.4 Условия проведения измерений

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

А.1.4.1 При измерении излучения ИС устанавливают на рельсе и проектируют на входную щель, полностью ее освещая и обеспечивая заполнение входной апертуры спектрального прибора.

А.1.4.2 Для полного, одинакового и неизменного во всех измерениях заполнения входной апертуры спектрального прибора используют диффузные отражатели с коэффициентом отражения не менее 0,8:

- пластины с запрессованным на глубину 2—3 мм порошком окиси магния;
- пластину, покрытую составом по ГОСТ Р 55702 (приложение Д);
- молочные стекла — при измерениях в видимой и ближней ИК-области спектра;
- фотометрический шар с пластиной внутри него, исключающей попадание прямого излучения от ИС на приемное устройство.

Диффузные отражатели устанавливают перед входной щелью прибора под углом 45° к оптической оси прибора и освещаемые ИС по нормали к поверхности.

Диффузные отражатели должны быть окрашены матовой неселективной краской белого цвета. Один из способов окраски приведен в ГОСТ Р 55702 (приложение Д).

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

А.1.4.3 Условия освещения входной щели спектрального прибора при измерениях и градуировке должны быть одинаковыми.

А.1.4.4 Ширину раскрытия щелей устанавливают в зависимости от спектра излучения ИС (непрерывного, линейчатого, смешанного) и освещения диффузной пластины ИС.

При измерении непрерывного спектра излучения ИС входная и выходная щели должны быть открыты на одинаковую ширину, у двойного монохроматора средняя щель должна быть шире.

При измерении линейчатого или смешанного спектра излучения ширину выходной щели устанавливают больше ширины входной настолько, чтобы из выходной щели полностью выходил поток излучения. Допускается обратный прием, при котором входная щель устанавливается шире выходной настолько, чтобы при дальнейшем ее расширении не увеличивался выходящий из прибора поток.

Излучение на выходе спектрального прибора должно быть максимальным.

Спектральный выделяемый интервал не должен превышать 10 нм.

Ширину входной щели ($l_{вх}$), мм, спектрального прибора выбирают с учетом соотношения

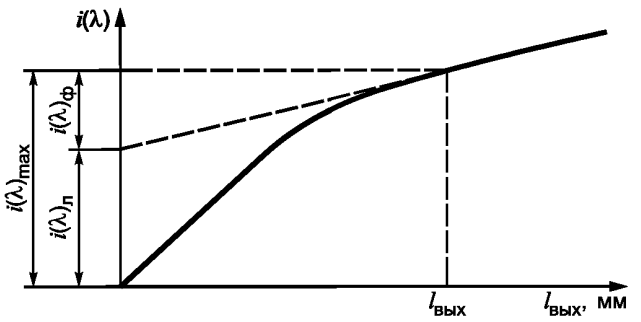
$$l_{вх} \leq \Delta\lambda / D, \qquad (А.1)$$

где $\Delta\lambda$ — выделяемый интервал измерения, нм;

D — обратная линейная дисперсия прибора, нм/мм.

Ширину выходной щели при установленной входной щели выбирают на основании кривых зависимости величины фототока приемного устройства от ширины выходной щели $i(\lambda)=f(l_{вых})$ по рисунку А.2.

При измерении характеристик ИС ступенчатым методом, спектр разбивают на интервалы-ступени $\Delta\lambda$, которые перемещают по отношению к выходной щели на расстояния, равные ее ширине. В пределах ступеней $\Delta\lambda$ измеряют среднее значение спектральной плотности энергетической величины, выбирают узкую входную и широкую выходную щели, определяющие спектральный интервал измерения. Соотношение ширины входной и выходной щелей не должно превышать 1:10 во всем спектральном диапазоне измерений.



$i(\lambda)_л$ — доля фототока приемного устройства, обусловленная излучением линии; $i(\lambda)_ф$ — доля фототока приемного устройства, обусловленная излучением фона в месте излучения линии при ширине выходной щели $l_{вых}$

Рисунок А.2

При использовании приборов с переменной дисперсией ширину выходной щели ($l_{вых}$), мм, для каждого спектрального интервала рассчитывают по формуле

$$l_{вых}=\Delta\lambda/D(\lambda), \quad (А.2)$$

где $\Delta\lambda$ — выделяемый спектральный интервал, нм (ступень);

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

А.1.4.5 Приемное устройство за выходной щелью располагают так, чтобы оно было полностью освещено выходящим из спектрального прибора излучением, и обеспечивают облучение большей части его поверхности. Положение приемного устройства не изменяют.

А.1.5 Подготовка к проведению измерений

А.1.5.1 Градуировку шкалы длин волн спектрального прибора проводят по линиям спектров ртути, кадмия, неона, гелия, цинка, таллия, натрия и цезия, приведенным в таблице А.2.

Таблица А.2

Hg	He	Cd	Zn	Ne	Ti	Na	Cs
312,6*	388,9*	326,1*	328,2*	519,3	351,9*	330,2	387,6
313,2*	402,6	340,4*	330,3*	540,1	352,9	466,9	455,5*
334,1*	447,1*	346,6*	334,5*	576,4	377,6*	498,3	459,3*
365,0*	468,6	346,8*	468,0*	585,2*	535,0*	514,9	635,5
365,5*	471,3*	361,1*	472,2*	588,2*	655,0*	515,3*	658,6*
366,3*	492,2	361,3	481,1*	594,5*	671,4*	567,0	672,3*
390,6	501,6*	441,5	636,2*	597,5		567,6	682,5
398,4	587,6*	467,8*	702,6	603,0*		568,8*	687,5
404,7*	656,0	480,0*	758,9	607,4*		589,0*	693,3*
407,8	776,8*	508,6*	773,3	609,6		589,6*	722,8*
433,9	706,5	609,9	1105,4	614,3*		615,4*	728,0*
434,8	1083,0*	643,8		616,4		616,0	760,9*
435,8*		734,6*		621,7*		687,0	795,0*
491,6		738,5*		626,6		818,3*	801,6*
496,0		1039,5		630,5		819,5*	807,9*
546,1*				631,4*			852,1*
567,6				633,4			976,1
575,0*				638,3*			894,3*
579,1*				640,2			917,2*
623,4				650,7*			1002,4*
671,6				653,3			1012,4*
690,7				659,9*			

Окончание таблицы А.2

Hg	He	Cd	Zn	Ne	Ti	Na	Cs
703,2				667,8*			
737,2				671,7*			
772,8				692,9*			
1014,0*				703,2*			
1188,7				717,4*			
				743,9			
				754,0			
				836,5*			
* Длина волн наиболее интенсивных линий спектра.							

Для градуировки по длинам волн используют спектральные лампы низкого давления, имеющие линейный спектр излучения, например:

- ртутную лампу ДРС-50;
- ртутно-гелиевую лампу ДРГС-12;
- кадмиевую лампу ДКдС-20;
- цинковую лампу ДциС-20;
- таллиевую лампу ДтаС-15;
- натриевую лампу ДнаС-16 или неоновые лампы ТН-30 и ТН-30-3.

Спектральную лампу устанавливают в соответствии с А.1.4.1. Для повышения точности измерения градуировку проводят при узких щелях, не допуская степень сужения щелей до аберраций.

Для определения положения спектральных линий по шкале барабана длин волн, первоначальную градуировку осуществляют визуально наблюдением основных линий в плоскости выходной щели через окуляр.

Точную градуировку по длинам волн проводят фотоэлектрическим методом, установку линий определяют значением максимального фототока при прокручивании шкалы длин волн вблизи данной линии.

У спектральных приборов со шкалой, градуированной по длинам волн, точное соответствие между шкалой и истинными значениями устанавливаемых длин волн проверяют и корректируют по нескольким длинам волн в пределах измеряемого диапазона.

Для спектральных приборов с равномерной шкалой длин волн проводят детальную градуировку расчетом градуировочной кривой $n = f(\lambda)$ по формуле Гартмана

$$n = C\frac{B}{\lambda - A}. \qquad (A.3)$$

где A, B, C — градуировочные постоянные;

n — отсчет по барабану для заданной длины волны;

λ — длина волны.

Градуировочные постоянные рассчитывают по трем экспериментальным точкам: $n_1 = f(\lambda_1)$, $n_2 = f(\lambda_2)$, $n_3 = f(\lambda_3)$ по формулам

$$C = \frac{(\lambda_2 - \lambda_3)(n_2 - n_1)n_3 - (\lambda_1 - \lambda_2)(n_3 - n_2)n_1}{(\lambda_2 - \lambda_3)(n_2 - n_1) - (\lambda_1 - \lambda_2)(n_3 - n_2)}, \qquad (A.4)$$

$$B = \frac{(\lambda_1 - \lambda_2)(n_1 - C)(n_2 - C)}{n_2 - n_1}, \qquad (A.5)$$

$$A = \lambda_1 - \frac{B}{n_1 - C} = \lambda_2 - \frac{B}{n_2 - C} = \lambda_3 - \frac{B}{n_3 - C} \qquad (A.6)$$

Необходимый для градуировки диапазон спектра разбивают на ряд перекрывающих друг друга участков, т. е. если один из них определяют как λ_1, λ_2, λ_3, то следующий должен охватывать λ_2, λ_3, λ_4 и т. д. Ширина расчетного участка λ_1—λ_3 не более 200 нм.

На основании полученных градуировочных постоянных рассчитывают положение остальных спектральных линий в диапазоне λ_1—λ_3.

Полученные градуировочные данные по длинам волн заносят в таблицу и строят градуировочную кривую $n = f(\lambda)$. Различие положения расчетных спектральных линий при сопоставлении с фактическими значениями не должно превышать 1 нм. Если при последующей текущей градуировке значение n сдвигается на величину Δn, постоянную по спектру, то необходимо изменить в таблице или градуировочной кривой все значения n на $n + \Delta n$.

А.1.5.2 Для перехода от одного (например, непрерывного) вида спектра к другому (например, линейчатому) используют линейную дисперсию. Линейную дисперсию определяют значением отношения $dn/d\lambda$, пропорционального угловой дисперсии, с последующим переходом к линейной дисперсии с помощью коэффициента пропорциональности, определение которого приведено в приложении К.

Для приборов со шкалой, градуированной по длинам волн, значение $dn/d\lambda$ определяют отсчетом делений шкалы по градусному лимбу.

Для приборов с равномерной шкалой значение $dn/d\lambda$ определяют производной от всей кривой градуировки по длинам волн $n = f(\lambda)$.

Для точного определения значения $dn/d\lambda$ необходимо для экспериментально найденных градуировочных точек каждой тройки, последовательно идущих друг за другом, вычислить постоянные *A, B, C* формулы (А.3). Значение $dn/d\lambda$ по формуле, определяют как производную от формулы Гартмана

$$\frac{dn}{d\lambda} = -\frac{B}{(\lambda - A)^2}. \qquad (A.7)$$

Для перехода от угловой дисперсии к линейной отсчитывают число делений барабана длин волн, соответствующее смещению спектра в плоскость выходной щели на 1 мм — dn/dl, где n — угол поворота шкалы длин волн, l — ширина выходной щели. Метод определения значения dn/dl приведен в приложении К.

Обратную линейную дисперсию D, нм/мм, рассчитывают по формуле

$$D = \frac{dn}{dl} : \frac{dn}{d\lambda} = \frac{d\lambda}{dl}. \qquad (A.8)$$

Для приборов с равномерной шкалой величина $dn/d\lambda$ практически постоянна по спектру.

По значениям обратной линейной дисперсии строят кривую $D = f(\lambda)$.

А.1.5.3 Для градуировки установки по спектральной чувствительности применяют кварцево-галогенные лампы КГМ 110-1000, FEL 120-1000 или другие стабильные ИС с известным распределением спектральной плотности энергетической освещенности.

При градуировке устанавливают ту же ширину щелей и соблюдают те же условия освещения щели, что и при измерениях. Порядок проведения измерений по А.1.4.

Градуировка заключается в определении градуировочных коэффициентов $K(\lambda)$ и $C(\lambda)$, характеризующих спектральную чувствительность установки, с помощью рабочего ИС по А.1.1. Коэффициенты $K(\lambda)$ и $C(\lambda)$ вычисляют по формулам (3) и (5).

А.1.5.4 Перед измерением рабочие ИС протирают чистой и мягкой тканью, смоченной этиловым спиртом по ГОСТ 18300.

В процессе измерений берут рабочий ИС только в хлопчатобумажных перчатках.

Перед началом измерений рабочие ИС для стабилизации характеристик должны гореть при номинальном напряжении или токе в течение времени, указанного в инструкции по их эксплуатации.

А.1.5.5 Перед измерением измеряемые ИС подвергают предварительному отжигу в течение времени, указанного в стандартах и технических условиях на ИС конкретного типа. При отсутствии этих указаний ИС отжигу не подвергают.

А.1.5.6 Приемное устройство высвечивают в длинноволновой части спектра при заданном уровне освещения в течение 30 мин, если это указано в инструкции по эксплуатации.

А.1.5.7 Ширину щелей спектрального прибора устанавливают по А.1.4.4.

А.1.5.8 Стабилизаторы, усилители, цифровые вольтметры, входящие в состав спектральной установки, готовят к работе в соответствии с их эксплуатационной документацией.

А.1.5.9 Перед измерением ИС для стабилизации излучения должен разгораться в режиме измерения в течение времени, указанного в стандартах и технических условиях на ИС конкретного типа. При отсутствии этих указаний ИС разгоранию не подвергают.

Приложение Б
(рекомендуемое)

Метод определения погрешности измерения спектральных характеристик источников света

Б.1 Общие положения

Последовательность статистической обработки результатов наблюдений, методы обработки результатов наблюдений, форма записи результатов измерений по ГОСТ 8.207.

Б.2 Составляющие погрешности измерения

Б.2.1 Погрешность измерения спектральной характеристики ИС, выражаемую доверительными границами, разделяют на две составляющие:

- Δ_0 — погрешность спектральной установки, включающую ее градуировку по рабочей светоизмерительной лампе;
- Δ_Σ — погрешность, обусловленную методом измерения и измерительными приборами и изменением параметров излучения измеряемого ИС.

Б.2.2 Каждая составляющая Δ_0 и Δ_Σ содержит в свою очередь случайную $S(\tilde{A})$ и неисключенную систематическую Θ погрешности результата измерения.

Б.2.3 Неисключенная систематическая погрешность содержит составляющие:

- Θ_1 — погрешность, обусловленную отклонением от линейной зависимости фотоэлектрического сигнала от освещенности системы «приемное устройство — регистрирующий прибор»;
- Θ_2 — погрешность, обусловленную температурным сдвигом шкалы длин волн спектрального прибора;
- Θ_3 — погрешность, обусловленную выбранной шириной спектрального интервала, выделяемого щелями спектрального прибора;
- Θ_4 — погрешность, обусловленную рассеянным светом внутри спектрального прибора;
- Θ_5 — погрешность, обусловленную нестабильностью режима питания измеряемого ИС;
- Δ — погрешность значений спектральной плотности фотометрической величины излучения рабочей светоизмерительной лампы.

Δ учитывают только при определении погрешности Δ_0.

Б.3 Определение составляющих погрешности измерения

Б.3.1 Определение случайной погрешности измерения

Б.3.1.1 Случайную погрешность оценивают средним квадратическим отклонением результата измерения по формуле, приведенной в ГОСТ 8.207 (раздел 2) при числе результатов наблюдений $n \geq 4$.

За результат измерения принимают среднее арифметическое результатов наблюдений.

Для расчета $S_0(\tilde{A})$, входящей в погрешность Δ_0, за результаты наблюдений принимают показания фотоэлектрического сигнала приемного устройства, обусловленные излучением рабочей светоизмерительной лампы.

Для расчета $S(\tilde{A})$ за результаты наблюдений принимают показания фотоэлектрического сигнала приемного устройства, обусловленные излучением измеряемого ИС.

Б.3.1.2 Расчет случайной погрешности проводят для сплошного и линейчатого спектра при выбранных длинах волн спектрального диапазона измерений с интервалом $\Delta\lambda \leq 50$ нм.

Б.3.1.3 Доверительные границы ε случайной погрешности измерения находят по ГОСТ 8.207 (раздел 3).

Б.3.2 Определение неисключенной систематической погрешности измерения

Б.3.2.1 Неисключенную систематическую погрешность измерения оценивают доверительными границами по следующим формулам

$$\Theta_0 = k\sqrt{\Theta_{1(0)}^2 + \Theta_{2(0)}^2 + \Theta_{3(0)}^2 + \Theta_{4(0)}^2 + \Theta_{5(0)}^2 + \Delta^2}\,; \qquad (Б.1)$$

$$\Theta = k\sqrt{\Theta_1^2 + \Theta_2^2 + \Theta_3^2 + \Theta_4^2 + \Theta_5^2 + \Delta_0^2}\,, \qquad (Б.2)$$

где Θ_0, Θ — доверительные границы неисключенной систематической погрешности измерения, входящие в погрешности Δ_0 и Δ_Σ соответственно;

k — коэффициент, зависящий от принятой доверительной вероятности;

$\Theta_{1(0)}$, $\Theta_{2(0)}$, $\Theta_{3(0)}$, $\Theta_{4(0)}$, $\Theta_{5(0)}$, Δ — составляющие неисключенной систематической погрешности, указанные в Б.2.3, входящие в погрешность Δ_0;

Θ_1, Θ_2, Θ_3, Θ_4, Θ_5, Δ_0 — составляющие неисключенной систематической погрешности, входящие в погрешность Δ_Σ.

Неисключенную систематическую погрешность Θ_0 и составляющие $\Theta_{2(0)}$, $\Theta_{3(0)}$, $\Theta_{4(0)}$, $\Theta_{5(0)}$, Δ_0 оценивают с учетом распределения спектральной плотности фотометрической величины излучения светоизмерительной лампы.

Неисключенную систематическую погрешность Θ и составляющие Θ_2, Θ_3, Θ_4, Θ_5 оценивают с учетом распределения спектральной плотности фотометрической величины излучения измеряемого ИС.

Б.3.2.2 Неисключенные систематические погрешности Θ_0, Θ и их составляющие рассчитывают для одних и тех же выбранных длин волн спектрального диапазона измерений.

Б.3.2.3 Определение погрешности Θ_1

Погрешности $\Theta_{1(0)}$ и Θ_1 обусловлены отклонением от линейной зависимости фотоэлектрического сигнала одного и того же приемного устройства, поэтому принимают $\Theta_{1(0)} = \Theta_1$.

Погрешность Θ_1 оценивают методом суммирования основного и дополнительного световых сигналов, поочередно падающих на приемное устройство, в следующей последовательности:

а) для выбранных длин волн определяют зависимость отсчета фотоэлектрического сигнала приемного устройства от освещенности, выраженную уравнением

$$N_{i\,\text{расч}} = a + bx_i, \tag{Б.3}$$

где a, b — параметры уравнения, рассчитанные методом наименьших квадратов;

x_i — суммарный результат наблюдения основного $x_{i(0)}$ и дополнительного $x_{i(\Delta)}$ сигналов, определенных экспериментально, при этом $x_i = x_{i(0)} + x_{i(\Delta)}$.

$$a = \frac{\sum\limits_{1}^{n} N_i \sum\limits_{1}^{n} x_i^2 - \sum\limits_{1}^{n} x_i \sum\limits_{1}^{n} (x_i - N_i)}{n\sum\limits_{1}^{n} x_i^2 - \left(\sum\limits_{i}^{n} x_i\right)^2}, \tag{Б.4}$$

$$b = \frac{n\sum\limits_{1}^{n} (x_i - N_i) - \sum\limits_{1}^{n} N_i \sum\limits_{1}^{n} x_i}{n\sum\limits_{1}^{n} x_i^2 - \left(\sum\limits_{i}^{n} x_i\right)^2}, \tag{Б.5}$$

где N_i — результат наблюдения суммарного сигнала;

n — число наблюдений $x_{i(0,\,Д)}$;

б) рассчитывают среднее квадратическое отклонение $S(\tilde{A})$, характеризующее согласование найденного решения с экспериментальными по формуле

$$\sigma_N = \sqrt{\frac{\sum\limits_{1}^{n} \left(N_i - N_{\text{расч}}\right)^2}{n-1}}; \tag{Б.6}$$

в) среднее квадратическое отклонение одной точки Θ_1, %, от расчетной прямой считают возможным отклонением от линейности

$$\Theta_1 = \frac{S(\tilde{A})}{N_{i\text{расч}}} 100. \tag{Б.7}$$

При оценке Θ_1 методом поверенных светофильтров (см. приложение И), обработку результатов измерений проводят в следующей последовательности:

а) для каждого типа нейтрального светофильтра для выбранных длин волн определяют отношение

$$N_i = \frac{A_\tau}{A_{\tau_0}}, \tag{Б.8}$$

где A_τ — результат измерения спектрального коэффициента пропускания нейтрального светофильтра;

A_{τ_0} — поверенное значение спектрального коэффициента пропускания того же нейтрального светофильтра;

б) по полученным точкам отношения N_i определяют прямую

$$N_{i\text{расч}} = a + bx_i, \tag{Б.9}$$

где a и b — коэффициенты, рассчитываемые методом наименьших квадратов по формулам

$$a = \frac{\sum_{1}^{n} N_i \sum_{1}^{n} \lambda_i^2 - \sum_{1}^{n} \lambda_i \sum_{1}^{n} (\lambda_i N_i)}{n \sum_{1}^{n} \lambda_i^2 - \left(\sum_{i}^{n} \lambda_i \right)^2}, \quad (Б.10)$$

$$b = \frac{n \sum_{1}^{n} (\lambda_i N_i) - \sum_{1}^{n} N_i \sum_{1}^{n} \lambda_i}{n \sum_{1}^{n} \lambda_i^2 - \left(\sum_{i}^{n} \lambda_i \right)^2}, \quad (Б.11)$$

где n — число точек с отношением N_i;

λ_i — выбранные значения длин волн, при которых проводят наблюдения;

в) определяют ход отношения N_i в пределах спектрального интервала λ_i—λ_1, который составляет $b(\lambda_i - \lambda_1)$ 100 %;

г) определяют погрешность хода σ по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sigma_N^2 n}{n \sum_{1}^{n} \lambda_i^2 - \left(\sum_{1}^{n} \lambda_i \right)^2}}, \quad (Б.12)$$

где σ^2_N — дисперсия, характеризующая отклонение N_i от $N_{i\,расч}$, рассчитанная по формуле

$$\sigma_N^2 = \frac{\sum_{1}^{n} \left(N_i - N_{расч} \right)^2}{n - 1}; \quad (Б.13)$$

д) оценивают Θ_1, %, для спектрального диапазона $\Delta\lambda$ по формуле

$$\Theta_1 = \frac{1}{2} \sigma \Delta\lambda 100. \quad (Б.14)$$

Б.3.2.4 Определение погрешности Θ_2

Влияние смещения градуировки спектрального прибора Θ_2, %, по длинам волн на исследуемую спектральную характеристику ИС оценивают по формуле

$$\Theta_2 = \frac{dA_\lambda}{d\lambda \cdot A_\lambda} \Delta\lambda 100, \quad (Б.15)$$

где A_λ — результат измерения спектральной плотности фотометрической величины излучения ИС;

$\frac{dA_\lambda}{d\lambda \cdot A_\lambda}$ — относительная спектральная крутизна исследуемой спектральной характеристики на выбранной длине волны λ;

$\Delta\lambda$ — величина смещения градуировки по длинам волн.

$$\Delta\lambda = \frac{d\lambda}{dx} \Delta x, \quad (Б.16)$$

где Δx — результат наблюдения, характеризующий смещение делений шкалы длин волн спектрального прибора;

$\frac{d\lambda}{dx}$ — производная, характеризующая крутизну градуировочной кривой $\lambda = f(x)$ на выбранной длине волны.

Б.3.2.5 Определение погрешности Θ_3

Погрешность, обусловленную конечной ширины спектрального интервала, выделяемого спектральными щелями (Θ_3), %, рассчитывают по формуле

$$\Theta_3 = \left(\frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} A_\lambda A_s(\lambda) f(\lambda) d\lambda}{A_\lambda(\lambda_0) A_s(\lambda_0) \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} f(\lambda) d\lambda} - 1 \right) 100, \quad (Б.17)$$

где $A_s(\lambda)$ — результат измерения спектральной чувствительности приемного устройства;
$f(\lambda)$ — спектральная функция, определяющая зависимость пропускания щелей спектрального прибора, выделяющих узкий спектральный интервал, от длины волны (спектральное распределение выходящего из спектрального прибора потока излучения);
λ_1, λ_2 — границы функции $f(\lambda)$;
λ_0 — установленная длина волны.

Б.3.2.6 Определение погрешности Θ_4

Погрешность, обусловленную рассеянным светом в спектральном приборе Θ_4, %, определяют с помощью поверенных цветных светофильтров, срезающих излучения выбранных длин волн, и оценивают по формуле

$$\Theta_4 = \frac{x_\tau}{x(\lambda)} 100, \quad (Б.18)$$

где $x(\lambda)$, $x_\tau(\lambda)$ — результаты наблюдения, характеризующие фотоэлектрический сигнал от монохроматического излучения с длиной волны λ при освещении спектральной щели лампой, соответственно, без светофильтра и через светофильтр с коэффициентом пропускания $\tau(\lambda) = 0$ в выбранном диапазоне длин волн.

Б.3.2.7 Определение погрешности Θ_5

Погрешность за счет нестабильности режима питания ИС Θ_5, %, оценивают по формуле

$$\Theta_5 = (C \cdot K_\lambda - 1) \cdot 100, \quad (Б.19)$$

где K_λ — множитель, учитывающий изменение результата измерения спектральной плотности фотометрической величины излучения за счет нестабильности режима питания, рассчитываемый по формуле

$$K_\lambda = \frac{A_{\lambda,1}}{A_{\lambda,2}}, \quad (Б.20)$$

где $A_{\lambda,1}$; $A_{\lambda,2}$ — результаты измерений спектральной плотности фотометрической величины излучения ИС при номинальном режиме питания и отклонения от номинального соответственно;
C — множитель, приводящий значение K_λ к единице на длине волны максимума исследуемой спектральной характеристики при относительных измерениях; при абсолютных измерениях K_λ приводят к единице на той длине волны, на которой проводят приведение к абсолютным величинам.

Б.3.2.8 Определение погрешности Δ

Предел допускаемой погрешности спектральной плотности фотометрической величины излучения рабочей светоизмерительной лампы Δ указан~~а~~ в ее свидетельстве о поверке.

Б.3.2.9 Определение погрешности Δ_0

Оценку границ погрешности Δ_0, обусловленной спектральной установкой, с принятой доверительной вероятностью рассчитывают по формуле

$$\Delta_0 = K_0 S_0, \quad (Б.21)$$

где K_0 — коэффициент, зависящий от соотношения случайной $S_0(\tilde{A})$ и неисключенной систематической Θ_0 погрешностей, рассчитываемый по формуле

$$K_0 = \frac{k\sqrt{3}(\varepsilon_0 + \Theta_0)}{k\sqrt{3} S_0(\tilde{A}) + \Theta_0}, \quad (Б.22)$$

S_0 — оценка суммарного среднего квадратического отклонения результата измерения для рабочей светоизмерительной лампы, рассчитываемая по формуле

$$S_0 = \sqrt{S_0^2(\tilde{A}) + \frac{\Theta_0^2}{3k^2}}, \quad (Б.23)$$

где Θ_0 рассчитывают по формуле (Б.1), коэффициент k принимают равным 1,1, при доверительной вероятности $P = 0{,}95$.

Б.4 Определение суммарной погрешности измерения Δ_Σ

Граница суммарной погрешности измерения $\Delta_\Sigma = \varepsilon$ в случае, если $\frac{\Theta}{S(\tilde{A})} < 0,8$, неисключенной систематической погрешностью Θ пренебрегают по сравнению со случайной $S(\tilde{A})$.

Граница суммарной погрешности измерения $\Delta_\Sigma = \Theta$ в случае, если $\frac{\Theta}{S(\tilde{A})} > 0,8$, случайной погрешностью пренебрегают по сравнению с неисключенной систематической погрешностью.

При невыполнении неравенств, границу суммарной погрешности Δ_Σ рассчитывают по формуле

$$\Delta_\Sigma = K_\Sigma S, \qquad (Б.24)$$

где K_Σ — коэффициент, зависящий от соотношения случайной $S(\tilde{A})$ и неисключенной систематической Θ погрешностей измерения;

S_Σ — оценка суммарного среднего квадратического отклонения результата измерения для измеряемого ИС.

Значения K_Σ, S_Σ рассчитывают по формулам (Б.22) и (Б.23), заменяя погрешности Θ_0, ε_0, $S_0(\tilde{A})$ на погрешности Θ, ε, $S(\tilde{A})$ рассчитанные для измеряемого ИС.

Форма записи результатов измерения по ГОСТ 8.207 (раздел 6).

Приложение В
(обязательное)

Значения ординат кривых сложения цветов в системе МКО 1931 г.

Таблица В.1

λ, нм	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$
380	0,001368	0,000039	0,006450
385	0,002236	0,000064	0,010549
390	0,004243	0,000120	0,020050
395	0,007650	0,000217	0,033210
400	0,014310	0,000396	0,067850
405	0,023190	0,000640	0,110200
410	0,043510	0,001210	0,207400
415	0,077630	0,002180	0,371300
420	0,134380	0,004000	0,645600
425	0,214770	0,007300	1,039050
430	0,283900	0,011600	1,385600
435	0,328500	0,016840	1,622960
440	0,348280	0,023000	1,747660
445	0,348060	0,029800	1,782600
450	0,336200	0,038000	1,772110
455	0,318700	0,048000	1,744100
460	0,290800	0,060000	1,669200
465	0,251100	0,073900	1,528100
470	0,195360	0,090980	1,287640
475	0,142100	0,112600	1,041900
480	0,095640	0,139020	0,812950
485	0,057950	0,169300	0,616200
490	0,032010	0,208020	0,465180
495	0,014700	0,258600	0,353300
500	0,004900	0,323000	0,272000
505	0,002400	0,407300	0,212300
510	0,009300	0,503000	0,158200
515	0,029100	0,608200	0,111700
520	0,063270	0,710000	0,078250
525	0,109600	0,793200	0,057250
530	0,165500	0,862000	0,042160
535	0,225750	0,914850	0,029840
540	0,290400	0,954000	0,020300
545	0,359700	0,980300	0,013400
550	0,433449	0,994950	0,008749
555	0,512050	1,000000	0,005749
560	0,594500	0,995000	0,003900

Продолжение таблицы В.1

λ, нм	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$
565	0,678400	0,978500	0,002749
570	0,762100	0,952000	0,002100
575	0,842500	0,915400	0,001800
580	0,916300	0,870000	0,001650
585	0,978600	0,816300	0,001400
590	1,026300	0,757000	0,001100
595	1,056700	0,694900	0,001000
600	1,062200	0,631000	0,000800
605	1,045600	0,566800	0,000600
610	1,002600	0,503000	0,000340
615	0,938400	0,441200	0,000240
620	0,854449	0,381000	0,000190
625	0,751400	0,321000	0,000100
630	0,642400	0,265000	0,000049
635	0,541900	0,217000	0,000030
640	0,447900	0,175000	0,000020
645	0,360800	0,138200	0,000010
650	0,283500	0,107000	0,000000
655	0,218700	0,081600	0,000000
660	0,164000	0,061000	0,000000
665	0,121200	0,044580	0,000000
670	0,087400	0,032000	0,000000
675	0,063600	0,023200	0,000000
680	0,046770	0,017000	0,000000
685	0,032900	0,011920	0,000000
690	0,022700	0,008210	0,000000
695	0,015840	0,005723	0,000000
700	0,011359	0,004102	0,000000
705	0,008110	0,002929	0,000000
710	0,005790	0,002091	0,000000
715	0,004109	0,001484	0,000000
720	0,002899	0,001047	0,000000
725	0,002049	0,000740	0,000000
730	0,001439	0,000520	0,000000
735	0,000999	0,000361	0,000000
740	0,000690	0,000249	0,000000
745	0,000476	0,000171	0,000000
750	0,000332	0,000120	0,000000
755	0,000234	0,000084	0,000000
760	0,000166	0,000060	0,000000
765	0,000117	0,000042	0,000000

Окончание таблицы В.1

λ, нм	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$
770	0,000083	0,000030	0,000000
775	0,000058	0,000021	0,000000
780	0,000041	0,000014	0,000000
785	0,000029	0,000010	0,000000
790	0,000020	0,000007	0,000000
795	0,000014	0,000005	0,000000
800	0,000010	0,000003	0,000000
405	0,023190	0,000640	0,110200
436	0,334351	0,018000	1,656404
546	0,374083	0,984092	0,012307
578	0,887894	0,889204	0,001711
589	1,018006	0,769154	0,001146

Приложение Г
(рекомендуемое)

Типы светофильтров, применяемых для определения координат цветности методом фотоэлектрической колориметрии

Таблица Г.1

Марка светофильтра по ГОСТ 9411	Толщина, мм	Интегральный коэффициент пропускания при источнике А, %	Ориентировочные координаты цветности с источником А	
			x	y
СЗС-8	3	22	0,191	0,353
ЗС-1	2	26	0,333	0,582
ЖС-18	2	85,3	0,514	0,475
ОС-12	2	65,3	0,578	0,421
КС-11	2	21,0	0,690	0,310
КС-13	2	10,5	0,716	0,284

Приложение Д
(рекомендуемое)

Метод определения погрешности измерений цветовых характеристик источников света

Д.1 Общие положения

Последовательность статистической обработки результатов наблюдения, основные положения методов обработки результатов наблюдений, а также форма записи результатов измерений по ГОСТ 8.207.

Д.2 Составляющие погрешности измерения колориметрического метода

Д.2.1 Погрешность измерения цветовых характеристик ИС состоит из случайной $S(\tilde{A})$ и неисключенной систематической Θ погрешности.

Д.2.2 Неисключенная систематическая погрешность измерений содержит составляющие:

ΔT — погрешность поверки рабочей светоизмерительной лампы по цветовой температуре;

Θ_1 — погрешность, обусловленную отклонением от линейности системы «приемное устройство — регистрирующий прибор»;

Θ_2 — погрешность, обусловленную отличием спектральной чувствительности приемного устройства от стандартных кривых сложения $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$;

Θ_3 — погрешность, обусловленную изменением температуры окружающей среды.

Д.3 Определение составляющих погрешности измерений колориметрическим методом

Д.3.1 Определение случайной погрешности измерения

Д.3.1.1 Случайную погрешность оценивают средним квадратическим отклонением результата измерения по формуле

$$S(\tilde{A}) = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}\left(A_i - \tilde{A}\right)^2}{n(n-1)}}, \qquad (Д.1)$$

где A_i — результат i-го наблюдения;

$\tilde{A}$ — среднее арифметическое результатов наблюдений;

n — число результатов наблюдений.

Д.3.1.2 Доверительные границы ε случайной погрешности измерения находят по формуле

$$\varepsilon = tS(\tilde{A}), \qquad (Д.2)$$

где t — коэффициент Стьюдента, который в зависимости от доверительной вероятности P и числа результатов наблюдений n определяют по ГОСТ 8.207 (приложение 2, таблица).

Д.3.2 Определение неисключенной систематической погрешности измерения

Д.3.2.1 Неисключенную систематическую погрешность измерения оценивают доверительными границами Θ по формуле

$$\Theta = K\sqrt{\Delta_T^2 + \Theta_1^2 + \Theta_2^2 + \Theta_3^2}, \qquad (Д.3)$$

где K — коэффициент, зависящий от принятой доверительной вероятности P; при $P = 0{,}95$ коэффициент $K = 1{,}1$;

$\Delta_T, \Theta_1, \Theta_2, \Theta_3$ — составляющие неисключенной систематической погрешности, перечисленные в Д.2.2.

Д.3.2.2 Определение погрешности Δ_T

Оценка Δ_T заключается в определении влияния погрешности поверки $\Delta T_ц = \pm 20$ К рабочей светоизмерительной лампы по цветовой температуре на градуировку колориметра и соответственно на измеряемые значения цветовых характеристик ИС.

Погрешность, обусловленная поверкой рабочих светоизмерительных ламп Δ_T рассчитывают по формуле

$$\Delta_T = A_{T_i} - A_{T_0}, \qquad (Д.4)$$

где A_{T_i}, A_{T_0} — результаты измерений цветности ИС при градуировке колориметра по рабочей светоизмерительной лампе с цветовыми температурами T_i, T_0 соответственно;

T_i — цветовые температуры рабочих светоизмерительных ламп:

- 2340 К, 2880 К — для градуировки колориметра, предназначенного для измерения цветовых характеристик сверхминиатюрных цветных ламп накаливания;

- 2840 К, 2880 К — для градуировки колориметра, предназначенного для измерения координат цветности разрядных ламп;

T_0 — цветовая температура рабочей светоизмерительной лампы:

- 2360 К — для колориметра, предназначенного для измерения ламп накаливания;
- 2860 К — для колориметра, предназначенного для измерения разрядных ламп.

Координаты цветности x_r, y_r рабочих светоизмерительных ламп с цветовой температурой T_i, необходимые для определения градуировочных коэффициентов рассчитывают по соответствующим значениям относительного распределения спектральной плотности энергетической освещенности по формулам, приведенным в эксплуатационной документации на колориметры.

Значения относительных спектральных плотностей энергетической величины для цветовых температур (2360 ± 20) К, (2860 ± 20) К, рассчитанные по формуле Планка, даны в таблице Д.1.

Таблица Д.1

Длина волны, нм	Относительная спектральная плотность энергетической величины для цветовых температур T_c, К					
	2340	2360	2380	2840	2860	2880
380	3,84	4,07	4,20	9,61	9,80	10,20
390	5,11	5,32	5,55	11,80	12,10	12,60
400	6,70	6,93	7,21	14,50	14,70	15,20
410	8,60	8,87	9,21	17,40	17,70	18,20
420	10,90	7,55	11,60	20,70	21,00	21,60
430	13,60	14,00	14,40	24,40	24,70	25,30
440	16,70	17,20	17,60	28,40	28,70	29,30
450	20,40	20,90	21,30	32,70	33,10	33,80
460	24,70	25,10	25,60	34,80	37,80	38,50
470	29,40	29,90	30,50	42,50	42,90	43,60
480	34,70	35,20	35,80	47,90	48,20	48,90
490	40,70	41,20	41,70	53,60	53,90	54,50
500	47,30	47,80	48,30	59,50	59,90	60,40
510	54,40	51,90	55,40	65,80	66,10	66,60
520	62,30	62,70	63,20	72,20	72,50	72,90
530	70,70	71,10	71,50	79,00	79,10	79,50
540	79,80	80,00	80,40	85,80	86,00	86,20
550	89,60	89,80	89,90	92,80	92,90	93,10
560	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
570	111,00	111,00	111,00	108,00	107,00	107,00
580	122,00	122,00	122,00	115,00	114,00	114,00
590	135,00	134,00	133,00	122,00	122,00	121,00
600	147,00	146,00	145,00	130,00	129,00	129,00
610	160,00	159,00	158,00	137,00	136,00	136,00
620	174,00	172,00	171,00	144,00	144,00	143,00
630	188,00	186,00	184,00	152,00	151,00	149,00
640	202,00	200,00	198,00	159,00	158,00	156,00
650	217,00	214,00	211,00	166,00	165,00	163,00
660	232,00	229,00	225,00	173,00	172,00	170,00
670	247,00	243,00	240,00	180,00	179,00	177,00
680	263,00	258,00	254,00	187,00	185,00	183,00
690	278,00	274,00	269,00	194,00	192,00	189,00

Окончание таблицы Д.1

Длина волны, нм	Относительная спектральная плотность энергетической величины для цветовых температур T_c, К					
	2340	2360	2380	2840	2860	2880
700	294,00	289,00	284,00	200,00	198,00	195,00
710	310,00	304,00	298,00	206,00	204,00	201,00
720	326,00	320,00	313,00	213,00	210,00	207,00
730	342,00	335,00	328,00	218,00	215,00	212,00
740	358,00	350,00	342,00	224,00	221,00	217,00
750	364,00	365,00	357,00	230,00	226,00	223,00

Д.3.2.3 Определение погрешности Θ_1

Метод оценки Θ_1 заключается в определении погрешности измерения цветности, вносимой приемным устройством, обусловленной отклонением от пропорциональной зависимости между отсчетами фототоков и соответствующими величинами в диапазоне измеряемых значений.

Расчет по формуле

$$\Theta_1 = A_{\Theta_1} - A\,, \qquad (Д.5)$$

где A_{Θ_1} — результат измерения цветности с линейного участка шкалы измерительного прибора;

A — результат измерения цветности с линейного участка шкалы измерительного прибора, принятый за действительное значение измеряемой величины.

Максимальные значения Θ_1 определяют предельные значения составляющей неисключенной систематической погрешности, обусловленной нелинейностью системы «приемное устройство — регистрирующий прибор».

Д.3.2.4 Определение погрешности Θ_2

Оценку составляющей Θ_2 осуществляют двумя методами:

а) сопоставлением результатов колориметрических измерений цветности со значениями цветности, рассчитанными по спектрорадиометрическим данным и кривым сложения цветов в системе МКО 1931 г.;

б) определением значений поправочных коэффициентов фотоэлектрического колориметра.

Для осуществления первого метода нахождения Θ_2 необходимо иметь либо набор цветных светофильтров, поверенных по спектральному коэффициенту пропускания, для которых можно рассчитать координаты цветности с источником типа А, либо набор ламп с координатами цветности, рассчитанными по результатам спектрорадиометрических измерений.

Θ_2 находят по формуле

$$\Theta_2 = A_{\Theta_2} - A\,, \qquad (Д.6)$$

где A_{Θ_2} — цветовые характеристики ламп или светофильтров, измеренные на колориметре;

A — цветовые характеристики ламп или светофильтров, рассчитанные по результатам спектрорадиометрических измерений.

Второй метод определения Θ_2 заключается в следующем:

а) рассчитывают поправочные коэффициенты t_x, t_y, t_z, учитывающие погрешности измерений, обусловленные отклонением спектральной чувствительности приемных устройств колориметра $S_x(\lambda)$, $S_y(\lambda)$, $S_z(\lambda)$ от стандартных кривых сложения $x(\lambda)$, $y(\lambda)$,$z(\lambda)$, и различием $p_0(\lambda)$ — относительной спектральной плотности энергетической величины источника типа А, используемого при градуировке колориметра, и $p(\lambda)$ — относительной спектральной плотности энергетической величины измеряемого ИС по формулам

$$t_x = \frac{\sum\limits_{\lambda_i}^{\lambda_n} p_0(\lambda)\bar{y}(\lambda)\sum\limits_{\lambda_l}^{\lambda_n} p_0(\lambda)S_x(\lambda)\sum\limits_{\lambda_i}^{\lambda_n} p(\lambda)\bar{x}(\lambda)}{\sum\limits_{\lambda_i}^{\lambda_n} p_0(\lambda)S_y(\lambda)\sum\limits_{\lambda_l}^{\lambda_n} p_0(\lambda)\bar{x}(\lambda)\sum\limits_{\lambda_i}^{\lambda_n} p(\lambda)S_x(\lambda)}; \qquad (Д.7)$$

$$t_y = \frac{\sum_{\lambda_i}^{\lambda_n} p(\lambda)\bar{y}(\lambda)}{\sum_{\lambda_i}^{\lambda_n} p(\lambda)S_y(\lambda)}; \quad (Д.8)$$

$$t_z = \frac{\sum_{\lambda_i}^{\lambda_n} p_0(\lambda)\bar{y}(\lambda)\sum_{\lambda_i}^{\lambda_n} p_0(\lambda)S_z(\lambda)\sum_{\lambda_i}^{\lambda_n} p(\lambda)\bar{z}(\lambda)}{\sum_{\lambda_i}^{\lambda_n} p_0(\lambda)S_y(\lambda)\sum_{\lambda_i}^{\lambda_n} p_0(\lambda)\bar{z}(\lambda)\sum_{\lambda_i}^{\lambda_n} p(\lambda)S_z(\lambda)}, \quad (Д.9)$$

где λ_i, λ_n — граничные значения длин волн диапазона измерений;

б) рассчитывают координаты цвета и цветности измеряемого ИС с учетом поправочных коэффициентов по формулам

$$X = 1{,}2C_x t_x j_x - 0{,}4C_y t_y j_y + 0{,}2C_z t_z j_z, \quad (Д.10)$$

$$Y = C_y t_y j_y,$$

$$Z = C_z t_z j_z,$$

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}, \quad (Д.11)$$

где X, Y, Z — координаты цвета измеряемого ИС;

x, y, z — координаты цветности измеряемого ИС;

C_x, C_y, C_z — градуировочные коэффициенты колориметра;

i_x, i_y, i_z — фототоки приемного устройства колориметра от измеряемого ИС;

в) рассчитывают координаты цвета и цветности измеряемого ИС по формулам (Д.10) и (Д.11), но без учета поправочных коэффициентов;

г) погрешность Θ_2 определяют по формуле

$$\Theta_2 = A_{\Theta_2} - A, \quad (Д.12)$$

где A_{Θ_2} — результаты измерения цветности с учетом поправочных коэффициентов;

A — результаты измерения цветности без учета поправочных коэффициентов.

Д.3.2.5 Определение погрешности Θ_3

Погрешность, обусловленная изменением температуры окружающей среды Θ_3 рассчитывают по формуле

$$\Theta_3 = 2\frac{\Delta A}{\Delta T}, \quad (Д.13)$$

где ΔA — разница в результатах измерений координат цветности при температурах окружающей среды, соответствующих граничным значениям нормируемого диапазона;

ΔT — разность граничных значений температур нормируемого диапазона.

Д.4 Определение общей погрешности измерений

Д.4.1 За оценку общей погрешности измерений приняты границы общей погрешности измерений Δ, которые рассчитывают по формуле

$$\Delta = K S_\Sigma, \quad (Д.14)$$

где K — коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей;

S_Σ — оценка суммарного среднего квадратического отклонения результата измерения, где

$$K = \frac{\varepsilon + \Theta}{S(\tilde{A}) + \sqrt{\sum_{i=1}^{m} \frac{\Theta_i^2}{3}}}; \quad (Д.15)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} \frac{\Theta_i^2}{3} + S^2\left(\tilde{A}\right)}, \qquad (Д.16)$$

где m — число суммируемых погрешностей.

Приложение Е
(рекомендуемое)

Метод контрольных цветов для оценки цветопередачи

Метод полностью соответствует [1].

Е.1 Оценку цветопередачи осуществляют на основе данных относительной спектральной плотности энергетической величины ИС, метод измерения которой изложен в 5.1.

Е.2 Оценку цветопередачи проводят по отношению к рабочим ИС, цветность которых такая же или близкая к цветности измеряемого ИС. Разницу в цветности Δ_c между измеряемым ИС (u_k, v_k) и рабочим ИС (u_r, v_r) рассчитывают по формуле

$$\Delta_c = \left[(u_k - u_r)^2 + (v_k - v_r)^2\right]^{1/2}, \qquad (Е.1)$$

где u_r, v_r, u_k, v_k — координаты равноконтрастного цветового графика МКО 1960 г.

Разница в цветности Δ_c должна быть не более $5{,}4 \cdot 10^{-3}$.

Допуск $\Delta_c = 5{,}4 \cdot 10^{-3}$ для различных цветовых температур $T_ц$ примерно соответствует значениям ΔT, указанным в таблице Е.1.

Таблица Е.1

$T_ц$, К	ΔT, К	$T_ц$, К	ΔT, К
7000	735	2800	120
6500	635	2600	100
6000	550	2400	86
5500	455	2300	79
5000	375	2200	73
4500	300	2100	66
4000	240	2000	60
3500	180	1900	54
3000	140	1800	49

Для ИС с цветовой температурой 5000 К и менее в качестве эталона используют излучатель Планка, а для ИС с цветовой температурой более 5000 К — дневной свет, спектральное распределение которого рассчитывают как функцию цветовой температуры.

Для рабочих ИС должно быть известно распределение спектральной плотности энергетической освещенности для интервалов длин волн не более 10 нм по всему диапазону видимого спектра.

Е.3 Для расчета общего индекса цветопередачи применяют набор из восьми образцов контрольных цветов, рекомендуемых МКО, спектральные коэффициенты отражения которых даны в таблице Е.2. Эти образцы, охватывающие цветовые тона по цветовому графику, являются средними по насыщенности и почти одинаковыми по яркости.

Таблица Е.2 — Спектральные коэффициенты отражения контрольных образцов, $\rho_i(\lambda)$

λ, нм	Номер образца							
	1	2	3	4	5	6	7	8
360	0,116	0,053	0,058	0,057	0,143	0,079	0,150	0,075
365	0,136	0,055	0,059	0,059	0,187	0,081	0,177	0,078
370	0,159	0,059	0,061	0,062	0,233	0,089	0,218	0,084
375	0,190	0,064	0,063	0,067	0,269	0,113	0,293	0,090
380	0,219	0,070	0,065	0,074	0,295	0,151	0,378	0,104
385	0,239	0,079	0,068	0,083	0,306	0,203	0,459	0,129
390	0,252	0,089	0,070	0,093	0,310	0,265	0,524	0,170
395	0,256	0,101	0,072	0,105	0,312	0,339	0,546	0,240
400	0,256	0,111	0,073	0,116	0,313	0,410	0,551	0,319
405	0,254	0,116	0,073	0,121	0,315	0,464	0,555	0,416

Продолжение таблицы Е.2

λ, нм	Номер образца							
	1	2	3	4	5	6	7	8
410	0,252	0,118	0,074	0,124	0,319	0,492	0,559	0,462
415	0,248	0,120	0,074	0,126	0,322	0,508	0,560	0,482
420	0,244	0,121	0,074	0,128	0,326	0,517	0,561	0,490
425	0,240	0,122	0,073	0,131	0,330	0,524	0,558	0,488
430	0,237	0,122	0,073	0,135	0,334	0,531	0,556	0,482
435	0,232	0,122	0,073	0,139	0,339	0,538	0,551	0,473
440	0,230	0,123	0,073	0,144	0,346	0,544	0,544	0,462
445	0,226	0,124	0,073	0,151	0,352	0,551	0,535	0,450
450	0,225	0,127	0,074	0,161	0,360	0,556	0,522	0,439
455	0,222	0,128	0,075	0,172	0,369	0,556	0,506	0,426
460	0,220	0,131	0,077	0,186	0,381	0,554	0,488	0,413
465	0,218	0,134	0,080	0,205	0,394	0,549	0,469	0,397
470	0,216	0,138	0,085	0,229	0,403	0,541	0,448	0,382
475	0,214	0,143	0,094	0,254	0,410	0,531	0,429	0,366
480	0,214	0,150	0,109	0,281	0,415	0,519	0,408	0,352
485	0,214	0,169	0,126	0,308	0,418	0,504	0,385	0,337
490	0,216	0,174	0,148	0,332	0,419	0,488	0,363	0,325
495	0,218	0,190	0,172	0,352	0,417	0,469	0,341	0,310
500	0,223	0,207	0,198	0,370	0,413	0,450	0,324	0,299
505	0,225	0,225	0,221	0,383	0,409	0,431	0,311	0,289
510	0,226	0,242	0,241	0,390	0,403	0,414	0,301	0,283
515	0,226	0,253	0,260	0,394	0,396	0,395	0,291	0,276
520	0,225	0,260	0,278	0,395	0,389	0,377	0,283	0,270
525	0,225	0,264	0,302	0,392	0,381	0,358	0,273	0,262
530	0,227	0,267	0,339	0,385	0,372	0,341	0,265	0,256
535	0,230	0,269	0,370	0,377	0,363	0,325	0,260	0,251
540	0,236	0,272	0,392	0,367	0,353	0,309	0,257	0,250
545	0,245	0,276	0,399	0,354	0,342	0,293	0,257	0,251
550	0,253	0,282	0,400	0,341	0,331	0,279	0,259	0,254
555	0,262	0,289	0,393	0,327	0,320	0,265	0,260	0,258
560	0,272	0,299	0,380	0,312	0,308	0,253	0,260	0,264
565	0,283	0,309	0,365	0,296	0,296	0,241	0,258	0,269
570	0,298	0,322	0,349	0,280	0,284	0,234	0,256	0,272
575	0,318	0,329	0,332	0,263	0,271	0,227	0,254	0,274
580	0,341	0,335	0,315	0,247	0,260	0,225	0,254	0,278
585	0,367	0,339	0,209	0,229	0,247	0,222	0,259	0,284
590	0,390	0,341	0,285	0,214	0,232	0,221	0,270	0,295
595	0,409	0,341	0,272	0,198	0,220	0,220	0,284	0,316
600	0,424	0,342	0,264	0,185	0,210	0,220	0,302	0,348
605	0,435	0,342	0,257	0,175	0,200	0,220	0,324	0,384
610	0,442	0,342	0,252	0,169	0,194	0,220	0,344	0,434
615	0,448	0,341	0,247	0,164	0,189	0,220	0,362	0,482
620	0,450	0,341	0,241	0,160	0,185	0,223	0,377	0,528
625	0,451	0,339	0,235	0,156	0,183	0,227	0,389	0,568
630	0,451	0,339	0,229	0,154	0,180	0,233	0,400	0,604
635	0,451	0,338	0,224	0,152	0,177	0,239	0,410	0,629
640	0,451	0,338	0,220	0,151	0,176	0,244	0,420	0,648
645	0,451	0,337	0,217	0,149	0,175	0,251	0,429	0,663

Окончание таблицы Е.2

λ, нм	Номер образца							
	1	2	3	4	5	6	7	8
650	0,450	0,336	0,216	0,148	0,175	0,258	0,438	0,676
655	0,450	0,335	0,216	0,148	0,175	0,263	0,445	0,686
660	0,451	0,334	0,219	0,148	0,175	0,268	0,452	0,693
665	0,451	0,332	0,224	0,149	0,177	0,273	0,457	0,700
670	0,453	0,332	0,230	0,151	0,180	0,278	0,462	0,705
675	0,454	0,331	0,238	0,154	0,183	0,281	0,466	0,709
680	0,455	0,331	0,251	0,158	0,186	0,283	0,468	0,712
685	0,457	0,330	0,269	0,162	0,189	0,286	0,470	0,715
690	0,458	0,329	0,288	0,165	0,192	0,291	0,473	0,717
695	0,460	0,328	0,312	0,168	0,195	0,296	0,477	0,719
700	0,462	0,328	0,340	0,170	0,199	0,302	0,483	0,721
705	0,463	0,327	0,366	0,171	0,200	0,313	0,489	0,720
710	0,464	0,326	0,390	0,170	0,199	0,325	0,496	0,719
715	0,465	0,325	0,412	0,168	0,198	0,338	0,503	0,722
720	0,466	0,324	0,431	0,166	0,196	0,351	0,511	0,725
725	0,466	0,324	0,447	0,164	0,195	0,364	0,518	0,727
730	0,466	0,324	0,460	0,164	0,195	0,376	0,525	0,729
735	0,466	0,323	0,472	0,165	0,196	0,389	0,532	0,730
740	0,467	0,322	0,481	0,168	0,197	0,401	0,539	0,730
745	0,467	0,321	0,488	0,172	0,200	0,413	0,546	0,730
750	0,467	0,320	0,493	0,177	0,203	0,425	0,553	0,730
755	0,467	0,318	0,497	0,181	0,205	0,436	0,559	0,730
760	0,467	0,316	0,500	0,185	0,208	0,447	0,565	0,730
765	0,467	0,315	0,502	0,189	0,212	0,458	0,570	0,730
770	0,467	0,315	0,505	0,192	0,215	0,469	0,575	0,730
775	0,467	0,314	0,510	0,194	0,217	0,477	0,578	0,730
780	0,467	0,314	0,516	0,197	0,219	0,485	0,581	0,730
785	0,467	0,313	0,520	0,200	0,222	0,493	0,583	0,730
790	0,467	0,313	0,524	0,204	0,226	0,500	0,585	0,731
795	0,466	0,312	0,527	0,210	0,231	0,506	0,587	0,731
800	0,466	0,312	0,531	0,218	0,237	0,512	0,588	0,731
805	0,466	0,311	0,535	0,225	0,243	0,517	0,589	0,731
810	0,466	0,311	0,539	0,233	0,249	0,521	0,590	0,731
815	0,466	0,311	0,544	0,243	0,257	0,525	0,590	0,731
820	0,465	0,311	0,548	0,254	0,265	0,529	0,590	0,731
825	0,464	0,311	0,552	0,264	0,273	0,532	0,591	0,731
830	0,464	0,310	0,555	0,274	0,280	0,535	0,592	0,731
405	0,254	0,116	0,073	0,121	0,315	0,464	0,555	0,416
436	0,232	0,122	0,073	0,140	0,341	0,539	0,550	0,471
546	0,247	0,277	0,400	0,352	0,340	0,290	0,257	0,251
578	0,332	0,333	0,321	0,254	0,264	0,226	0,254	0,276
589	0,385	0,340	0,287	0,217	0,234	0,221	0,267	0,292

Для специальных целей используют дополнительные образцы контрольных цветов. Значения для этих образцов не включены в расчет общего индекса цветопередачи. Спектральные коэффициенты отражения специальных образцов, представляющих насыщенные красный, желтый, зеленый и синий цвета, и образцов, воспроизводящих цвет человеческой кожи и цвет зеленых листьев, представлены в таблице Е.3.

Т а б л и ц а Е.3 — Спектральные коэффициенты отражения дополнительных контрольных образцов, $\rho_i(\lambda)$

λ, нм	Номер образца					
	9	10	11	12	13	14
360	0,069	0,042	0,074	0,189	0,071	0,036
365	0,072	0,043	0,079	0,175	0,076	0,036
370	0,073	0,045	0,086	0,158	0,082	0,036
375	0,070	0,047	0,098	0,139	0,090	0,036
380	0,066	0,050	0,111	0,120	0,104	0,036
385	0,062	0,054	0,121	0,103	0,127	0,036
390	0,058	0,059	0,127	0,090	0,161	0,037
395	0,055	0,063	0,129	0,082	0,211	0,038
400	0,052	0,066	0,127	0,076	0,264	0,039
405	0,052	0,067	0,121	0,068	0,313	0,039
410	0,051	0,068	0,116	0,064	0,341	0,040
415	0,050	0,069	0,112	0,065	0,352	0,041
420	0,050	0,069	0,108	0,075	0,359	0,042
425	0,049	0,070	0,105	0,093	0,361	0,042
430	0,048	0,072	0,104	0,123	0,364	0,043
435	0,047	0,073	0,104	0,160	0,365	0,044
440	0,046	0,076	0,105	0,207	0,367	0,044
445	0,044	0,078	0,106	0,256	0,369	0,045
450	0,042	0,083	0,110	0,300	0,372	0,045
455	0,041	0,088	0,115	0,331	0,374	0,046
460	0,038	0,095	0,123	0,346	0,376	0,047
465	0,035	0,103	0,134	0,347	0,379	0,048
470	0,033	0,113	0,148	0,341	0,384	0,050
475	0,031	0,125	0,167	0,328	0,389	0,052
480	0,030	0,142	0,192	0,307	0,397	0,055
485	0,029	0,162	0,219	0,282	0,405	0,057
490	0,028	0,189	0,252	0,257	0,416	0,062
495	0,028	0,219	0,291	0,230	0,429	0,067
500	0,028	0,262	0,325	0,204	0,443	0,075
505	0,029	0,305	0,347	0,178	0,454	0,083
510	0,030	0,365	0,356	0,154	0,461	0,092
515	0,030	0,416	0,353	0,129	0,466	0,100
520	0,031	0,465	0,346	0,109	0,469	0,108
525	0,031	0,509	0,333	0,090	0,471	0,121
530	0,032	0,546	0,314	0,075	0,474	0,133
535	0,032	0,581	0,294	0,062	0,476	0,142
540	0,033	0,610	0,271	0,051	0,483	0,150
545	0,034	0,634	0,248	0,041	0,490	0,154
550	0,035	0,653	0,227	0,035	0,506	0,155
555	0,037	0,666	0,206	0,029	0,526	0,152
560	0,041	0,678	0,188	0,025	0,553	0,147
565	0,044	0,687	0,170	0,022	0,582	0,140
570	0,048	0,693	0,153	0,019	0,618	0,133
575	0,052	0,698	0,138	0,017	0,651	0,125
580	0,060	0,701	0,125	0,017	0,680	0,118
585	0,076	0,704	0,114	0,017	0,701	0,112
590	0,102	0,705	0,106	0,016	0,717	0,106
595	0,136	0,705	0,100	0,016	0,729	0,101
600	0,190	0,706	0,096	0,016	0,736	0,098
605	0,256	0,707	0,092	0,016	0,742	0,095

Окончание таблицы Е.3

λ, нм	Номер образца					
	9	10	11	12	13	14
610	0,336	0,707	0,090	0,016	0,745	0,093
615	0,418	0,707	0,087	0,016	0,747	0,090
620	0,505	0,708	0,085	0,016	0,748	0,089
625	0,581	0,708	0,082	0,016	0,748	0,087
630	0,641	0,710	0,080	0,018	0,748	0,086
635	0,682	0,711	0,079	0,018	0,748	0,085
640	0,717	0,712	0,078	0,018	0,748	0,084
645	0,740	0,714	0,078	0,018	0,748	0,084
650	0,758	0,716	0,078	0,019	0,748	0,084
655	0,770	0,718	0,078	0,020	0,748	0,084
660	0,781	0,720	0,081	0,023	0,747	0,085
665	0,790	0,722	0,083	0,024	0,747	0,087
670	0,797	0,725	0,088	0,026	0,747	0,092
675	0,803	0,729	0,093	0,030	0,747	0,096
680	0,809	0,731	0,102	0,035	0,747	0,102
685	0,814	0,735	0,112	0,043	0,747	0,110
690	0,819	0,739	0,125	0,056	0,747	0,123
695	0,824	0,742	0,141	0,074	0,746	0,137
700	0,828	0,746	0,161	0,097	0,746	0,152
705	0,830	0,748	0,182	0,128	0,746	0,169
710	0,831	0,749	0,203	0,166	0,745	0,188
715	0,833	0,751	0,223	0,210	0,744	0,207
720	0,835	0,753	0,242	0,257	0,743	0,226
725	0,836	0,754	0,257	0,305	0,744	0,243
730	0,836	0,755	0,270	0,354	0,745	0,260
735	0,837	0,755	0,282	0,401	0,748	0,277
740	0,838	0,755	0,292	0,446	0,750	0,294
745	0,839	0,755	0,302	0,485	0,750	0,310
750	0,839	0,756	0,310	0,520	0,749	0,325
755	0,839	0,757	0,314	0,551	0,748	0,339
760	0,839	0,758	0,317	0,577	0,748	0,353
765	0,839	0,759	0,323	0,599	0,747	0,366
770	0,839	0,759	0,330	0,618	0,747	0,379
775	0,839	0,759	0,334	0,633	0,747	0,390
780	0,839	0,759	0,338	0,645	0,747	0,399
785	0,839	0,759	0,343	0,656	0,746	0,408
790	0,839	0,759	0,348	0,666	0,746	0,416
795	0,839	0,759	0,353	0,674	0,746	0,422
800	0,839	0,759	0,359	0,680	0,746	0,428
805	0,839	0,759	0,365	0,686	0,745	0,434
810	0,838	0,758	0,372	0,691	0,745	0,439
815	0,837	0,757	0,380	0,694	0,745	0,444
820	0,837	0,757	0,388	0,697	0,745	0,448
825	0,836	0,756	0,396	0,700	0,745	0,451
830	0,836	0,756	0,403	0,702	0,745	0,454
405	0,052	0,067	0,121	0,068	0,313	0,039
436	0,047	0,074	0,104	0,169	0,366	0,044
546	0,034	0,638	0,244	0,040	0,493	0,155
578	0,056	0,700	0,130	0,017	0,668	0,122
589	0,096	0,704	0,107	0,016	0,714	0,107

Е.4 Расчет индекса цветопередачи проводят следующим образом:

а) по измеренным значениям спектральной плотности энергетической величины измеряемого ИС рассчитывают его координаты цвета X_k, Y_k, Z_k по формулам

$$\left.\begin{aligned} X_k &= \sum_{\lambda=380}^{\lambda=780} p_{\lambda,k}(\lambda)\bar{x}(\lambda)\Delta\lambda \\ Y_k &= \sum_{\lambda=380}^{\lambda=780} p_{\lambda,k}(\lambda)\bar{y}(\lambda)\Delta\lambda \\ Z_k &= \sum_{\lambda=380}^{\lambda=780} p_{\lambda,k}(\lambda)\bar{z}(\lambda)\Delta\lambda \end{aligned}\right\}, \qquad (Е.2)$$

где $p_{\lambda,k}(\lambda)$ — спектральная плотность энергетической величины измеряемого ИС;

$\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ — ординаты кривых сложения МКО 1931 г., приведенные в таблице В.1 приложения В.

Координаты цветности x_k, y_k рассчитывают по формулам

$$x_k = \frac{X_k}{X_k + Y_k + Z_k}; \quad y_k = \frac{Y_k}{X_k + Y_k + Z_k}. \qquad (Е.3)$$

На основании полученных значений координат цветности определяют $T_ц$ измеряемого ИС по цветовому графику с нанесенными на нем линиями $T_ц$ = const (рисунок Е.1) следующим образом.

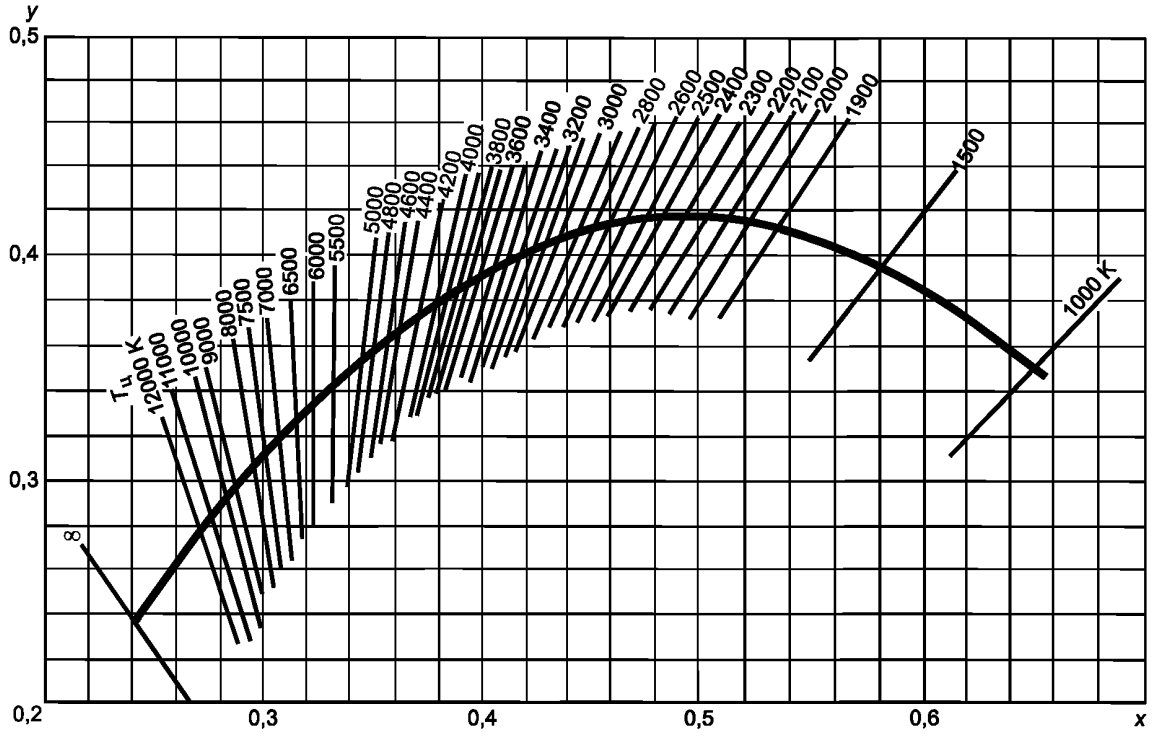


Рисунок Е.1 — График определения цветовой температуры

Изотемпературные линии, нанесенные на диаграмме цветности (рисунок Е.1), пересекаются в точке x_0 = 0,329 и y_0 = 0,187 в диапазоне цветовых температур 2500—8000 К и в точке x_0 = 0,33, y_0 = 0,19 в диапазоне цветовых температур 4000—10000 К. Цветовую температуру измеряемого ИС находят расчетом по изотемпературной линии A, проходящей через точку цветности этого ИС и точку пересечения изотемпературных линий по формулам:

$$A = (x - x_0)/(y - y_0), \qquad (Е.4)$$

$$T_ц = 669A^4 - 779A^3 + 3660A^2 - 7047A + 5652. \qquad (Е.5)$$

По найденному из формулы (Е.5) значению $T_ц$ измеряемого ИС выбирают рабочий ИС с допуском по цветовой температуре, не более указанного в таблице Е.3;

б) рассчитывают координаты цвета X_{ki}, Y_{ki}, Z_{ki} и координаты цветности x_{ki}, y_{ki} контрольных образцов при освещении их измеряемым ИС по формулам

$$\left.\begin{aligned} X_{ki} &= \sum_{\lambda=380}^{\lambda=780} p_{\lambda,k}(\lambda)\bar{x}(\lambda)\rho_i(\lambda)\Delta\lambda \\ Y_{ki} &= \sum_{\lambda=380}^{\lambda=780} p_{\lambda,k}(\lambda)\bar{y}(\lambda)\rho_i(\lambda)\Delta\lambda \\ Z_{ki} &= \sum_{\lambda=380}^{\lambda=780} p_{\lambda,k}(\lambda)\bar{z}(\lambda)\rho_i(\lambda)\Delta\lambda \end{aligned}\right\} \quad (E.6)$$

$$x_{ki} = \frac{X_{ki}}{X_{ki}+Y_{ki}+Z_{ki}};\ y_{ki} = \frac{Y_{ki}}{X_{ki}+Y_{ki}+Z_{ki}}, \quad (E.7)$$

где $\rho_i(\lambda)$ — спектральные коэффициенты отражения контрольных образцов, приведенные в таблице Е.2 (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) и в таблице Е.3 (i = 9, 10, 11, 12, 13, 14).

Координаты цветности рассчитывают с точностью до четырех знаков после запятой;

в) колориметрические данные преобразовывают из стандартной колориметрической системы МКО 1931 г. (X, Y, Z, x, y) в координаты равноконтрастного цветового графика МКО 1960 г. u, v по формулам

$$u = \frac{4x}{-2x+12y+3};\ v = \frac{6y}{-2x+12y+3}; \quad (E.8)$$

г) координаты цветности контрольных образцов u'_{ki}, v'_{ki} определяют с учетом адаптационного сдвига, полученного при переходе от измеряемого ИС к эталонному по формулам

$$\left.\begin{aligned} u'_{ki} &= \frac{10{,}872+0{,}401\frac{c_{ki}}{c_k}c_r-4\frac{d_{ki}}{d_k}d_r}{16{,}518+1{,}481\frac{c_{ki}}{c_k}c_r-\frac{d_{ki}}{d_k}d_r}; \\ v'_{ki} &= \frac{5{,}520}{16{,}518+1{,}481\frac{c_{ki}}{c_k}c_r-\frac{d_{ki}}{d_k}d_r}. \end{aligned}\right\} \quad (E.9)$$

Функции c и d, используемые в формулах (Е.9), рассчитывают по формулам

$$\left.\begin{aligned} c &= \frac{1}{v}(4-u-10v); \\ d &= \frac{1}{v}(1{,}708v+0{,}404-1{,}481u). \end{aligned}\right\} \quad (E.10)$$

Значения c_r и d_r приведены в таблице Е.4;

д) координаты цветности преобразовывают в координаты равноконтрастного цветового пространства МКО 1964 г. по формулам

$$\left.\begin{aligned} W^*_{ri} &= 25\left(\overline{Y_{ri}}\right)^{1/3}-17; \\ W^*_{ki} &= 25\left(\overline{Y_{ki}}\right)^{1/3}-17; \\ \overline{Y_{ki}} &= \frac{Y_{ki}}{Y_k}100;\ \overline{Y_{ri}} = \frac{Y_{ri}}{Y_r}100; \\ U^*_{ri} &= 13W^*_{ri}(u_{ri}-u_r); \\ U^*_{ki} &= 13W^*_{ki}(u'_{ki}-u'_k); \\ V^*_{ri} &= 13W^*_{ri}(v_{ri}-v_r); \\ V^*_{ki} &= 13W^*_{ki}(v'_{ki}-v'_k). \end{aligned}\right\} \quad (E.11)$$

Значения $u'_k = u_r$, $v'_k = v_r$ — координаты цветности испытуемого ИС с учетом адаптационного сдвига. Эталонные значения U^*_{ri}, V^*_{ri}, W^*_{ri}, u_r, v_r приведены в таблицах Е.4 и Е.5.

е) для расчета различия между воспринимаемым цветом контрольного образца, освещенного измеряемым ИС, и цветом образца, освещенного рабочим ИС, используют формулу цветового различия МКО 1964 г.

$$\Delta E_i = \left[(U^*_{ri} - U^*_{ki})^2 + (V^*_{ri} - V^*_{ki})^2 + (W^*_{ri} - W^*_{ki})^2\right]^{1/2}; \quad (E.12)$$

ж) для каждого контрольного образца рассчитывают специальный индекс цветопередачи R_i по формуле

$$R_i = 100 - 4{,}6\Delta E_i . \quad (E.13)$$

и) общий индекс цветопередачи R_a находят как среднее арифметическое восьми значений R_i для контрольных образцов по формуле

$$R_a = \frac{1}{8}\sum_{i=1}^{8} R_i . \quad (E.14)$$

Результат округляют до ближайшего целого числа.

Таблица Е.4 — Эталонные данные для расчета индексов цветопередачи

T_c, К	u_r	v_r	c_r	d_r
Р 1800	0,3230	0,3602	0,2082	1,5014
Р 1900	0,3136	0,3597	0,2481	1,5400
Р 2000	0,3050	0,3591	0,2904	1,5750
Р 2100	0,2972	0,3583	0,3349	1,6070
Р 2200	0,2901	0,3574	0,3812	1,6363
Р 2300	0,2836	0,3563	0,4292	1,6630
Р 2400	0,2777	0,3552	0,4784	1,6877
Р 2500	0,2722	0,3541	0,5286	1,7106
Р 2600	0,2671	0,3528	0,5795	1,7317
Р 2700	0,2625	0,3516	0,6310	1,7514
Р 2800	0,2582	0,3503	0,6828	1,7696
Р 2900	0,2542	0,3489	0,7349	1,7867
Р 3000	0,2506	0,3476	0,7870	1,8027
Р 3100	0,2472	0,3462	0,8390	1,8176
Р 3200	0,2440	0,3449	0,8908	1,8317
Р 3300	0,2410	0,3435	0,9423	1,8449
Р 3400	0,2383	0,3422	0,9934	1,8574
Р 3500	0,2357	0,3408	1,0441	1,8691
Р 3600	0,2333	0,3395	1,0943	1,8802
Р 3700	0,2311	0,3382	1,1439	1,8907
Р 3800	0,2289	0,3369	1,1930	1,9007
Р 3900	0,2270	0,3356	1,2413	1,9102
Р 4000	0,2251	0,3344	1,2890	1,9192
Р 4100	0,2234	0,3332	1,3360	1,9277
Р 4200	0,2217	0,3319	1,3822	1,9359
Р 4300	0,2202	0,3308	1,4278	1,9437
Р 4400	0,2187	0,3296	1,4725	1,9511
Р 4500	0,2173	0,3285	1,5166	1,9581

Окончание таблицы Е.4

T_c, К	u_r	v_r	c_r	d_r
P 4600	0,2160	0,3273	1,5598	1,9649
P 4700	0,2148	0,3262	1,6023	1,9714
P 4800	0,2136	0,3252	1,6440	1,9776
P 4900	0,2125	0,3241	1,6850	1,9836
D 5000	0,2092	0,3254	1,6497	1,9975
D 5100	0,2081	0,3244	1,6903	2,0033
D 5200	0,2071	0,3234	1,7295	2,0087
D 5300	0,2052	0,3224	1,7681	2,0140
D 5400	0,2053	0,3214	1,8059	2,0190
D 5500	0,2044	0,3205	1,8431	2,0239
D 5600	0,2036	0,3196	1,8796	2,0285
D 5700	0,2029	0,3187	1,9155	2,0330
D 5800	0,2022	0,3178	1,9506	2,0373
D 5900	0,2021	0,3169	1,9851	2,0415
D 6000	0,2008	0,3161	2,0190	2,0455
D 6100	0,2001	0,3153	2,0522	2,0494
D 6250	0,1992	0,3141	2,1007	2,0549
D 6500	0,1978	0,3122	2,1785	2,0636
D 6750	0,1966	0,3104	2,2525	2,0715
D 7000	0,1955	0,3087	2,3228	2,0789
D 7250	0,1945	0,3071	2,3898	2,0857
D 7500	0,1935	0,3057	2,4536	2,0920
D 7750	0,1927	0,3042	2,5141	2,0979
D 8000	0,1919	0,3029	2,5717	2,1034
D 8250	0,1912	0,3016	2,6265	2,1085
D 8500	0,1906	0,3005	2,6787	2,1133
D 9000	0,1894	0,2983	2,7758	2,1220
D 9500	0,1884	0,2963	2,8642	2,1297
D 10000	0,1876	0,2945	2,9449	2,1366
D 10500	0,1868	0,2929	3,0187	2,1427
D 11000	0,1862	0,2914	3,0863	2,1483
D 12000	0,1860	0,2889	3,2059	2,1579
D 13000	0,1841	0,2867	3,3080	2,1658
D 14000	0,1834	0,2849	3,3959	2,1726
D 15000	0,1828	0,2833	3,4722	2,1783
D 17000	0,1819	0,2808	3,5978	2,1876
D 20000	0,1809	0,2780	3,7381	2,1978
D 25000	0,1798	0,2749	3,8946	2,2088

Т а б л и ц а Е.5 — Эталонные данные для расчета индексов цветопередачи

$T_ц$, К	Р 1800			Р 1900			Р 2000		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	37,66	-1,38	65,24	38,29	-1,06	64,93	38,78	-0,72	64,65
2	13,14	1,73	62,13	13,79	2,26	62,01	14,36	2,83	61,90
3	-21,64	5,57	60,30	-20,91	6,25	60,44	-20,15	6,97	60,56
4	-44,53	4,38	55,37	-44,50	4,57	55,74	-44,35	4,79	56,08
5	-37,57	0,97	56,67	-37,76	0,60	57,00	-37,82	0,23	57,29
6	-17,56	-3,58	56,67	-18,72	-4,43	56,75	-19,71	-5,23	56,93
7	24,96	-4,84	61,59	24,06	-5,34	61,40	23,16	-5,89	61,24
8	55,95	-5,56	66,73	55,06	-5,65	66,29	54,08	-5,77	65,91
9	129,44	-8,42	54,61	130,33	-7,81	53,52	130,88	-7,16	52,52
10	19,20	4,26	84,42	20,46	5,36	84,24	21,61	6,54	84,07
11	-51,22	4,14	44,52	-51,76	4,26	45,01	-52,10	4,41	45,45
12	-30,18	-9,08	19,92	-31,52	-10,66	20,43	-32,56	-12,28	20,90
13	31,54	0,00	83,53	32,39	0,48	83,27	33,08	1,00	83,03
14	-14,90	3,27	39,00	-14,52	3,63	39,11	-14,11	4,01	39,20

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	Р 2100			Р 2200			Р 2300		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	39,13	-0,36	64,38	39,37	0,00	64,14	39,69	0,37	63,95
2	14,86	3,43	61,79	15,29	4,06	61,69	15,82	4,70	61,60
3	-19,40	7,73	60,66	-18,65	8,53	60,75	-17,73	9,85	60,84
4	-44,11	5,03	56,39	-43,81	5,30	56,66	-43,28	5,59	56,92
5	-37,79	-0,14	57,57	-37,67	-0,51	57,81	-37,38	-0,88	58,06
6	-20,54	-6,24	57,10	-21,24	-7,19	57,26	-21,62	-8,16	57,43
7	22,28	-6,48	61,10	21,42	-7,10	60,98	21,04	-7,77	60,92
8	53,05	-5,91	65,56	51,99	-6,09	65,25	51,15	-6,30	65,00
9	131,15	-6,47	51,61	131,21	-5,77	50,78	131,36	-5,07	50,04
10	22,65	7,79	83,90	23,60	9,10	83,74	24,88	10,41	83,58
11	-52,27	4,57	45,85	-52,31	4,76	46,22	-52,07	4,95	46,59
12	-33,34	-13,87	21,35	-33,90	-15,42	21,78	-33,86	-16,91	22,24
13	33,65	1,34	82,81	34,09	2,11	82,61	34,64	2,68	82,44
14	-13,69	4,41	39,29	-13,26	4,83	39,36	-12,69	5,26	39,45

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	Р 2400			Р 2500			Р 2600		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	39,75	0,74	63,74	39,76	1,11	63,55	39,71	1,47	63,37
2	16,13	5,36	61,51	16,39	6,04	61,42	16,61	6,71	61,33
3	-17,15	10,20	60,90	-16,41	11,07	60,96	-15,80	11,96	61,00
4	-43,01	5,91	57,15	-42,62	6,25	57,36	-42,22	6,60	57,55
5	-37,17	-1,22	58,27	-36,92	-1,56	58,47	-36,63	-1,88	58,65
6	-22,11	-9,11	57,58	-22,50	-10,05	57,72	-22,80	-10,98	57,86
7	20,23	-8,45	60,83	19,46	-9,13	60,74	18,74	-9,82	60,67
8	50,06	-6,52	64,75	49,00	-6,77	64,53	47,96	-7,03	64,32
9	131,08	-4,36	49,34	130,67	-3,64	48,69	130,18	-2,94	48,08
10	25,63	11,80	83,42	26,31	13,20	83,28	26,92	14,62	83,14
11	-51,96	5,18	46,89	-51,79	5,43	47,18	-51,57	5,69	47,44
12	-34,13	-18,34	22,62	-34,28	-19,70	22,98	-34,32	-20,99	23,32
13	34,89	3,27	82,26	35,07	3,87	82,09	35,19	4,46	81,93
14	-12,30	5,71	39,50	-11,91	6,16	39,55	-11,55	6,63	39,58

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	Р 2700			Р 2800			Р 2900		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	39,62	1,83	63,20	39,50	2,18	63,05	39,35	2,52	62,90
2	16,80	7,39	61,25	16,95	8,07	61,18	17,06	8,74	61,10
3	-15,23	12,84	61,04	-14,69	13,74	61,07	-14,18	14,63	61,09
4	-41,82	6,97	57,73	-41,42	7,35	57,89	-41,03	7,73	58,04
5	-36,33	-2,19	58,81	-36,01	-2,48	58,97	-35,68	-2,76	59,11
6	-23,03	-11,88	57,98	-23,20	-12,77	58,11	-23,31	-13,63	58,23
7	18,07	-10,52	60,61	17,45	-11,22	60,55	16,86	-11,91	60,50
8	46,95	-7,31	64,14	45,98	-7,60	63,97	45,04	-7,90	63,81
9	129,62	-2,25	47,53	129,00	-1,58	47,01	128,33	-0,92	46,53
10	27,45	16,04	83,00	27,92	17,47	82,87	28,33	18,89	82,75
11	-51,32	5,97	47,68	-51,04	6,26	47,91	-50,75	6,56	48,12
12	-34,28	-22,21	23,64	-34,16	-23,36	23,95	-33,99	-24,44	24,24
13	35,26	5,06	81,79	35,29	5,64	81,65	35,27	6,22	81,52
14	-11,20	7,09	39,62	-10,87	7,56	39,65	-10,56	8,02	39,67

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	Р 3000			Р 3100			Р 3200		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	39,17	2,85	62,76	38,98	3,16	62,63	38,77	3,47	62,51
2	17,16	9,40	61,03	17,23	10,05	60,97	17,28	10,70	60,90
3	-13,71	15,51	61,11	-13,28	16,39	61,13	-12,87	17,26	61,14
4	-40,65	8,13	58,18	-40,27	8,52	58,31	-39,91	8,93	58,43
5	-35,34	-3,02	59,25	-35,01	-3,26	59,37	-34,67	-3,49	59,49
6	-23,37	-14,46	58,34	-23,40	-15,27	58,45	-23,39	-16,05	58,55
7	16,32	-12,60	60,46	15,82	-13,28	60,42	15,36	-13,94	60,39
8	44,14	-8,21	63,67	43,28	-8,52	63,54	42,46	-8,84	63,42
9	127,64	-0,28	46,08	126,92	0,33	45,66	126,18	0,93	45,26
10	28,69	20,29	82,63	29,01	21,69	82,52	29,28	23,06	82,41
11	-50,45	6,86	48,31	-50,15	7,18	48,49	-49,84	7,50	48,66
12	-33,78	-25,45	24,52	-33,54	-26,41	24,78	-33,26	-27,30	25,03
13	35,23	6,79	81,39	35,16	7,34	81,28	35,07	7,88	81,17
14	-10,26	8,49	39,69	-9,99	8,95	39,71	-9,73	9,40	39,72

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	Р 3300			Р 3400			Р 3500		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	38,56	3,77	62,40	38,33	4,05	62,29	38,10	4,32	62,19
2	17,31	11,33	60,84	17,32	11,94	60,78	17,32	12,55	60,73
3	-12,50	18,12	61,15	-12,15	18,96	61,16	-11,83	19,79	61,17
4	-39,56	9,33	58,54	-39,22	9,73	58,65	-38,90	10,13	58,75
5	-34,33	-3,71	59,60	-34,00	-3,92	59,71	-33,67	-4,11	59,80
6	-23,35	-16,79	58,65	-23,28	-17,51	58,74	-23,19	-18,20	58,83
7	14,93	-14,59	60,36	44,53	-15,23	60,33	14,16	-15,85	60,31
8	41,67	-9,15	63,31	40,92	-9,47	63,21	40,21	-9,78	63,11
9	125,43	1,50	44,89	124,68	2,05	44,54	123,92	2,58	44,22
10	29,51	24,42	82,30	29,70	25,75	82,20	29,86	27,06	82,10
11	-49,54	7,82	48,82	-49,23	8,14	48,97	-48,93	8,46	49,11
12	-32,97	-28,14	25,27	-32,67	-28,92	25,50	-32,35	-29,66	25,71
13	34,95	8,41	81,06	34,83	8,93	80,97	34,69	9,43	80,87
14	-9,48	9,84	39,74	-9,26	10,28	39,75	-9,05	10,72	39,76

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	Р 3600			Р 3700			Р 3800		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	37,86	4,58	62,09	37,62	4,83	62,00	37,38	5,07	61,92
2	17,31	13,14	60,68	17,29	13,71	60,62	17,26	14,27	60,58
3	-11,53	20,60	61,17	-11,25	21,40	61,17	-11,0	22,18	61,17
4	-38,59	10,53	58,84	-38,29	10,92	58,92	-38,01	11,31	59,00
5	-33,34	-4,29	59,90	-33,03	-4,46	59,98	-32,71	-4,62	60,07
6	-23,09	-18,85	58,92	-22,97	-19,49	50,00	-22,84	-20,09	59,08
7	13,82	-16,45	60,29	13,51	-17,03	60,27	13,22	-17,60	60,25
8	39,53	-10,10	63,03	38,88	-10,41	62,94	38,26	-10,71	62,87
9	123,17	3,09	43,91	122,42	3,58	43,62	121,68	4,05	43,34
10	30,00	28,34	82,01	30,10	29,60	81,92	30,19	30,82	81,83
11	-48,64	8,79	49,24	-48,36	9,11	49,36	-48,08	9,43	49,48
12	-32,03	-30,34	25,92	-31,74	-30,99	26,11	-31,38	-31,59	26,30
13	34,53	9,91	80,78	34,37	10,38	80,70	34,20	10,84	80,62
14	-8,85	11,14	39,77	-8,66	11,55	39,77	-8,49	11,96	39,78

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	Р 3900			Р 4000			Р 4100		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	37,14	5,30	61,84	36,90	5,52	61,76	36,66	5,73	61,68
2	17,21	14,82	60,53	17,16	15,35	60,48	17,11	15,86	60,44
3	-10,76	22,95	61,17	-10,55	23,70	61,17	-10,35	24,43	61,17
4	-37,73	11,70	59,08	-37,47	12,08	59,15	-37,23	12,45	59,22
5	-32,41	-4,76	60,15	-32,11	-4,90	60,22	-31,83	-5,03	60,29
6	-22,70	-20,67	59,16	-22,55	-21,22	59,23	-22,39	-21,75	59,30
7	12,95	-18,15	60,24	12,70	-18,68	60,22	12,47	-19,20	60,21
8	37,67	-11,01	62,80	37,11	-11,31	62,73	36,57	-11,60	62,67
9	120,94	4,50	43,08	120,21	4,93	42,83	119,50	5,35	42,60
10	30,25	32,02	81,75	30,29	33,20	81,67	30,31	34,34	81,59
11	-47,81	9,75	49,59	-47,54	10,07	49,69	-47,29	10,38	49,79
12	-31,05	-32,15	26,48	-30,73	-32,68	26,65	-30,41	-33,18	26,82
13	34,03	11,28	80,55	33,85	11,71	80,47	33,67	12,12	80,40
14	-8,33	12,35	39,78	-8,18	12,74	39,78	-8,04	13,12	39,79

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	Р 4200			Р 4300			Р 4400		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	36,43	5,93	61,61	36,19	6,12	61,55	35,96	6,30	61,48
2	17,05	16,37	60,40	16,98	16,85	60,36	16,91	17,33	60,32
3	-10,17	25,14	61,16	-10,00	25,83	61,16	-9,84	26,51	61,16
4	-36,99	12,82	59,28	-36,76	13,18	59,34	-36,55	13,54	59,40
5	-31,54	-5,15	60,36	-31,27	-5,27	60,42	-31,01	-5,37	60,48
6	-22,23	-22,25	59,37	-22,07	-22,73	59,43	-21,90	-23,19	59,50
7	12,26	-19,70	60,20	12,07	-20,18	60,19	11,89	-20,64	60,19
8	36,06	-11,88	62,61	35,58	-12,16	62,55	35,12	-12,43	62,50
9	118,79	5,74	42,37	118,10	6,12	42,16	117,42	6,48	41,96
10	30,33	35,45	81,52	30,32	36,54	81,44	30,31	37,60	81,38
11	-47,04	10,68	49,88	-46,80	10,99	49,97	-46,57	11,29	50,06
12	-30,10	-33,64	26,97	-29,79	-34,08	27,12	-29,48	-34,49	27,27
13	33,49	12,52	80,34	33,30	12,90	80,28	33,12	13,28	80,22
14	-7,91	13,48	39,79	-7,79	13,84	39,79	-7,68	14,19	39,79

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	Р 4500			Р 4600			Р 4700		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	35,73	6,48	61,42	35,51	6,64	61,37	35,29	6,80	61,31
2	16,84	17,78	60,28	16,77	18,23	60,25	16,69	18,66	60,21
3	-9,70	21,17	61,15	-9,57	27,81	61,15	-9,45	28,43	61,14
4	-36,34	13,89	59,45	-36,15	14,23	59,50	-36,96	14,56	59,55
5	-30,75	-5,47	60,54	-30,50	-5,57	60,00	-30,26	-5,65	60,65
6	-21,73	-23,63	59,56	-21,56	-24,05	59,61	-21,39	-24,45	59,67
7	11,72	-21,09	60,18	11,56	-21,53	60,17	11,42	-21,94	60,17
8	34,67	-12,70	62,45	34,25	-12,95	62,41	33,85	-13,21	62,37
9	116,75	6,83	41,77	116,10	7,16	41,58	115,46	7,48	41,41
10	30,28	38,63	81,31	30,24	39,63	81,24	30,20	40,61	81,18
11	-46,35	11,58	50,14	-46,14	11,87	50,21	-45,93	12,15	50,28
12	-29,18	-34,87	27,41	-28,89	-35,23	27,54	-28,61	-35,57	27,67
13	32,93	13,63	80,16	32,75	13,98	80,10	32,56	14,32	80,05
14	-7,57	14,53	39,79	-7,48	14,86	39,79	-7,39	15,18	39,79

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	Р 4800			Р 4900			D 5000		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	35,07	6,95	61,26	34,86	7,10	61,21	34,92	6,83	61,05
2	16,61	19,08	60,18	16,53	19,49	60,15	16,56	18,90	60,07
3	-9,34	29,04	61,13	-9,24	29,63	61,13	-9,14	29,03	61,17
4	-35,78	14,79	59,60	-35,61	15,21	59,64	-35,45	14,69	59,80
5	-30,02	-5,73	60,70	-29,79	-5,81	60,75	-29,76	-5,78	60,89
6	-21,22	-24,83	59,72	-21,06	-25,20	59,77	-21,19	-24,69	59,92
7	11,29	-22,35	60,16	11,17	-22,73	60,16	10,70	-22,11	60,10
8	33,47	-13,45	62,33	33,10	-13,69	62,29	33,17	-13,35	62,23
9	114,84	7,79	41,24	114,23	8,08	41,08	114,76	7,59	40,85
10	30,14	41,56	81,12	30,08	42,49	81,06	29,90	41,48	80,99
11	-45,73	12,43	50,35	-45,54	12,70	50,42	-45,42	12,51	50,63
12	-28,33	-35,88	27,79	-28,06	-36,18	27,91	-27,81	-36,85	28,18
13	32,38	14,64	80,00	32,20	14,95	79,95	32,26	14,32	79,80
14	-7,30	15,49	39,79	-7,22	15,79	39,79	-7,14	15,47	39,81

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	D 5100			D 5200			D 5300		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	34,70	7,00	61,00	34,47	7,13	60,96	34,25	7,25	60,91
2	16,48	19,33	60,03	16,38	19,71	60,00	16,29	20,09	59,98
3	-9,00	29,64	61,16	-8,91	30,21	61,15	-8,83	30,76	61,14
4	-35,25	15,00	59,83	-35,07	15,30	59,87	-34,89	15,60	59,90
5	-29,50	-5,85	60,93	-29,26	-5,92	60,98	-29,03	-5,99	61,02
6	-20,94	-25,10	59,95	-20,76	-25,44	60,00	-20,58	-25,78	60,04
7	11,05	-22,44	60,15	10,93	-22,81	60,15	10,82	-23,16	60,14
8	32,81	-13,54	62,18	32,44	-13,77	62,14	32,08	-13,99	62,11
9	114,03	7,90	40,66	113,36	8,17	40,50	112,70	8,42	40,36
10	30,11	42,31	80,88	30,02	43,19	80,83	29,92	44,04	80,78
11	-45,15	12,78	50,70	-14,94	13,04	50,75	-44,74	13,29	50,81
12	-27,50	-37,15	28,28	-27,21	-37,43	28,39	-26,94	-37,69	28,49
13	32,07	14,66	79,75	31,87	14,95	79,71	31,68	15,24	79,67
14	-7,06	15,79	39,82	-6,98	16,08	39,82	-6,91	16,35	39,82

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	D 5400			D 5500			D 5600		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	34,03	7,39	60,87	33,82	7,51	60,83	33,62	7,63	60,79
2	16,20	20,45	59,95	16,10	20,80	59,92	16,01	21,14	59,90
3	-8,75	31,29	61,14	-8,67	31,81	61,13	-8,61	32,32	61,12
4	-34,73	15,89	59,94	-34,57	16,17	59,97	-34,42	16,45	60,00
5	-28,81	-6,05	61,06	-28,60	-6,11	61,09	-28,40	-6,17	61,13
6	-20,41	-26,10	60,09	-20,24	-26,40	60,13	-20,07	-26,69	60,17
7	10,72	-23,50	60,14	10,62	-23,83	60,14	10,53	-24,15	60,14
8	31,75	-14,21	62,07	31,43	-14,42	62,01	31,12	-14,63	62,01
9	112,06	8,67	40,21	111,44	8,91	40,08	110,84	9,14	39,95
10	29,82	44,88	80,73	29,72	45,69	80,68	29,62	46,48	80,63
11	-44,55	13,54	50,86	-44,36	43,78	50,90	-44,19	14,01	50,95
12	-26,68	-37,94	28,59	-26,42	-38,17	28,68	-26,17	-38,39	28,78
13	31,48	15,51	79,63	31,30	15,78	79,59	31,11	16,04	79,55
14	-6,85	16,63	39,81	-6,79	16,90	39,81	-6,73	17,15	39,81

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	D 5700			D 5800			D 5900		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	33,42	7,74	60,75	33,23	7,84	60,72	33,04	7,95	60,68
2	15,92	21,47	59,87	15,83	21,80	59,85	15,74	22,11	59,83
3	-8,55	32,82	61,12	-8,40	33,30	61,11	-8,44	33,76	61,10
4	-34,28	16,71	60,03	-34,14	16,98	60,06	-34,02	17,23	60,09
5	-28,20	-6,22	61,17	-28,01	-6,27	61,20	-27,82	-6,32	61,23
6	-19,90	-26,97	60,21	-19,74	-27,24	60,25	-19,59	-27,50	60,28
7	10,45	-24,46	60,14	10,37	-24,76	60,14	10,30	-25,04	60,14
8	30,82	-14,82	61,99	30,54	-15,02	61,96	30,28	-15,20	61,94
9	110,26	9,36	39,82	109,70	9,57	39,70	109,15	9,77	39,59
10	29,52	47,25	80,59	29,42	48,00	80,54	29,32	48,73	80,50
11	-44,02	14,25	50,99	-43,85	14,47	51,04	-43,70	14,69	51,08
12	-25,93	-38,60	28,87	-25,70	-38,80	28,95	-25,48	-38,99	29,04
13	30,94	16,28	79,52	30,76	16,52	79,48	30,59	16,76	79,45
14	-6,68	17,40	39,81	-6,63	17,65	39,80	-6,58	17,88	39,80

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	D 6000			D 6100			D 6250		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	32,86	8,04	60,95	32,68	8,14	60,62	32,43	8,27	60,57
2	15,66	22,41	59,80	15,57	22,70	59,78	15,45	23,13	59,75
3	-8,39	34,22	61,09	-8,35	34,66	61,08	-8,29	35,30	61,07
4	-33,89	17,48	60,11	-33,78	17,73	60,14	-33,61	18,08	60,17
5	-27,65	-6,36	61,26	-27,47	-6,40	61,29	-27,23	-6,46	61,34
6	-19,43	-27,74	60,32	-19,28	-27,98	60,35	-19,07	-28,31	60,40
7	10,23	-25,32	60,14	10,17	-25,58	60,14	10,09	-25,97	60,14
8	30,02	-15,39	61,91	29,77	-15,56	61,89	29,43	-15,82	61,86
9	108,62	9,97	39,48	108,10	10,15	39,37	107,36	10,42	39,22
10	29,22	49,44	80,46	29,12	50,13	80,41	28,97	51,13	80,35
11	-43,55	14,91	51,12	-43,41	15,12	51,15	-43,21	15,43	51,21
12	-25,27	-39,16	29,12	-25,06	-39,33	29,20	-24,76	-39,56	29,31
13	30,42	16,98	79,41	30,26	17,20	79,38	30,03	17,51	79,34
14	-6,54	18,11	39,80	-6,49	18,34	39,79	-6,44	18,66	39,79

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	D 6500			D 6750			D 7000		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	32,03	8,48	60,50	31,66	8,66	60,43	31,31	8,83	60,37
2	15,24	23,80	59,70	15,05	24,41	59,65	14,87	24,99	59,61
3	-8,21	36,31	61,05	-8,15	37,26	61,03	-8,10	38,14	61,01
4	-33,36	48,64	60,23	-33,14	19,17	60,28	-32,94	19,67	60,32
5	-26,85	-6,54	61,41	-26,50	-6,62	61,47	-26,17	-6,08	61,52
6	-18,72	-28,83	60,48	-18,40	-29,30	60,56	-18,09	-29,72	60,63
7	9,96	-26,56	60,14	9,86	-27,10	60,14	9,78	-27,60	60,15
8	28,89	-16,21	61,81	28,41	-16,58	61,77	27,98	-16,92	61,73
9	106,20	10,83	38,99	105,12	11,21	38,78	104,13	11,54	38,58
10	28,72	52,71	80,26	28,48	54,19	80,17	28,24	55,57	80,09
11	-42,90	15,92	51,29	-42,62	16,38	51,37	-42,36	16,82	51,44
12	-24,30	-39,91	29,49	-23,87	-40,21	29,66	-23,47	-40,47	29,82
13	29,65	18,00	79,27	29,30	18,45	79,20	28,98	18,86	79,14
14	-6,35	19,17	39,78	-6,28	19,65	39,77	-6,22	20,09	39,76

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	D 7250			D 7500			D 7750		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	30,99	8,99	60,32	30,69	9,13	60,27	30,41	9,25	60,22
2	14,69	25,52	59,57	14,52	26,02	59,53	14,36	26,49	59,50
3	-8,06	38,97	61,99	-8,04	39,74	60,97	-8,02	40,47	60,95
4	-32,77	20,18	60,36	-32,61	20,57	60,40	-32,46	20,98	60,43
5	-25,87	-6,73	61,58	-25,60	-6,78	61,63	-25,34	-6,82	61,67
6	-17,80	-30,10	60,69	-17,53	-30,45	60,75	-17,28	-30,76	60,81
7	9,71	-28,05	60,16	9,65	-28,47	60,16	9,60	-28,86	60,17
8	27,59	-17,24	61,70	27,23	-17,54	61,67	26,91	-17,81	61,64
9	103,19	11,87	38,41	102,33	12,16	38,24	101,52	12,42	38,10
10	28,01	56,86	80,01	27,79	58,07	79,93	27,58	59,20	79,86
11	-42,13	17,23	51,50	-41,92	17,61	51,56	-41,72	17,98	51,62
12	-23,11	-40,71	29,97	-22,77	-40,91	30,10	-22,45	-41,09	30,23
13	28,67	19,24	79,09	28,38	19,60	79,03	28,10	19,92	78,99
14	-6,17	20,50	39,75	-6,12	20,89	39,74	-6,08	21,25	39,73

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	D 8000			D 8250			D 8500		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	30,15	9,37	60,17	29,91	9,48	60,13	29,68	9,58	60,09
2	14,21	26,92	59,46	14,06	27,32	59,43	13,92	27,70	59,40
3	-8,01	41,14	60,93	-8,00	41,78	60,91	-8,00	42,38	60,89
4	-32,33	21,37	60,47	-32,21	21,73	60,50	-32,10	22,08	60,52
5	-25,10	-6,85	61,71	-24,88	-6,88	61,75	-24,68	-6,91	61,79
6	-17,04	-31,05	60,86	-16,81	-31,31	60,91	-16,60	-31,55	60,96
7	9,56	-29,22	60,18	9,52	-29,55	60,18	9,50	-29,85	60,19
8	26,61	-18,06	61,62	26,34	-18,30	61,60	26,09	-18,52	61,58
9	100,77	12,66	37,96	100,07	12,88	37,83	99,42	13,09	37,71
10	27,37	60,27	79,80	27,18	61,26	79,73	26,99	62,20	79,67
11	-41,55	18,32	51,67	-41,38	18,65	51,72	-41,23	18,95	51,77
12	-22,16	-41,25	30,35	-21,89	-41,39	30,47	-21,64	-41,51	30,57
13	27,85	20,23	78,94	27,61	20,51	78,90	27,38	20,77	78,86
14	-6,05	21,58	39,72	-6,02	21,90	39,71	-6,00	22,19	39,70

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	D 9000			D 9500			D 10000		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	29,26	9,75	60,02	28,89	9,90	59,96	28,56	10,02	59,91
2	13,67	28,39	59,34	13,43	28,99	59,29	13,22	29,53	59,25
3	-8,01	43,47	60,86	-8,02	44,44	60,83	-8,05	45,31	60,80
4	-31,92	22,70	60,57	-31,75	23,27	60,61	-31,62	23,77	60,65
5	-24,31	-6,95	61,86	-23,98	-6,98	61,92	-23,69	-7,00	61,97
6	-16,21	-31,98	61,05	-15,87	-32,34	61,13	-15,55	-32,65	61,20
7	9,45	-30,40	60,20	9,42	-30,87	60,22	9,41	-31,28	60,23
8	25,64	-18,92	61,54	25,26	-19,27	61,51	24,94	-19,58	61,49
9	98,22	13,46	37,50	97,17	13,78	37,32	96,24	14,05	37,16
10	26,63	63,91	79,56	26,30	65,44	79,47	25,99	66,80	79,38
11	-40,97	19,52	51,85	-40,74	20,03	51,92	-40,54	20,48	51,98
12	-21,18	-41,72	30,77	-20,78	-41,88	30,95	-20,42	-42,02	31,11
13	26,96	21,24	78,79	26,58	21,65	78,72	26,25	22,01	78,66
14	-5,96	22,73	39,68	-5,93	23,21	39,66	-5,91	23,63	39,64

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	D 10500			D 11000			D 12000		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	28,27	10,13	59,86	28,00	10,23	59,81	27,54	10,38	59,74
2	13,02	30,01	59,21	12,85	30,44	59,17	12,53	31,17	59,11
3	-8,08	46,08	60,77	-8,11	46,78	60,74	-8,17	47,99	60,70
4	-31,51	24,22	60,68	-31,41	24,63	60,71	-31,25	25,34	60,76
5	-23,44	-7,01	62,02	-23,21	-7,02	62,06	-22,82	-7,03	62,14
6	-15,27	-32,91	61,27	-15,02	-33,14	61,33	-14,58	-33,52	61,43
7	9,40	-31,64	60,25	9,39	-31,96	60,26	9,40	-32,49	60,28
8	24,65	-19,85	61,47	24,40	-20,09	61,45	23,98	-20,50	61,42
9	95,40	14,29	37,02	94,65	14,51	36,89	93,36	14,86	36,68
10	25,71	68,03	79,29	25,45	69,13	79,22	24,99	71,03	79,09
11	-40,37	20,90	52,04	-40,21	21,27	52,09	-39,95	21,92	52,18
12	-20,11	-42,12	31,25	-19,83	-42,21	31,38	-19,34	-42,33	31,60
13	25,94	22,33	78,61	25,67	22,61	78,53	25,19	23,09	78,48
14	-5,89	24,01	39,63	-5,88	24,35	39,61	-5,87	24,93	39,58

Продолжение таблицы Е.5

$T_ц$, К	D 13000			D 14000			D 15000		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	27,16	10,51	59,67	26,84	10,60	59,62	26,57	10,68	59,57
2	12,26	31,77	59,03	12,04	32,28	59,01	11,81	32,70	58,96
3	-8,24	48,99	60,66	-8,31	49,83	60,62	-8,37	50,54	60,59
4	-31,12	25,94	60,80	-31,02	26,44	60,84	-30,94	26,86	60,87
5	-22,49	-7,03	62,20	-22,23	-7,02	62,25	-22,00	-7,01	62,29
6	-14,22	-33,82	61,52	-13,91	-34,05	61,59	-13,64	-34,24	61,65
7	9,41	-32,92	60,30	9,42	-33,27	60,32	9,44	-33,55	60,34
8	23,65	-20,84	61,40	23,38	-21,11	61,39	23,16	-21,34	61,37
9	92,30	15,14	36,50	91,41	15,38	36,36	90,66	15,57	36,24
10	24,59	72,62	78,98	24,24	73,95	78,88	23,93	75,08	78,80
11	-39,75	22,47	52,25	-39,58	22,94	52,31	-39,44	23,33	52,36
12	-18,95	-42,41	31,79	-18,62	-42,47	31,95	-18,34	-42,50	32,09
13	24,79	23,48	78,42	24,45	23,80	78,36	24,15	24,07	78,31
14	-5,86	25,41	39,56	-5,86	25,82	39,54	-5,87	26,16	39,52

Окончание таблицы Е.5

$T_ц$, К	*D* 17000			D 20000			D 25000		
Номер образца	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}	u^*_{ri}	v^*_{ri}	w^*_{ri}
1	26,13	10,80	59,50	25,66	10,91	59,42	25,15	11,02	59,33
2	11,51	33,37	58,90	11,15	34,09	58,83	10,75	34,84	58,75
3	-8,48	51,69	60,54	-8,62	52,92	60,48	-8,78	54,24	60,41
4	-30,82	27,55	60,91	-30,70	28,30	60,96	-30,59	29,10	61,01
5	-21,64	-6,99	62,36	-21,25	-6,95	62,44	-20,84	-6,90	62,53
6	-13,22	-34,52	61,76	-12,76	-34,80	61,87	-12,26	-35,07	62,00
7	9,48	-34,00	60,37	9,53	-34,46	60,40	9,59	-34,93	60,44
8	22,81	-21,71	61,35	22,45	-22,09	61,33	22,09	-22,48	61,32
9	89,45	15,86	36,05	88,16	16,17	35,84	86,77	16,48	35,63
10	23,43	76,90	78,67	22,87	78,86	78,52	22,23	80,97	78,35
11	-39,22	23,98	52,44	-38,99	24,69	52,53	-38,76	25,45	52,63
12	-17,89	-42,54	32,32	-17,42	-42,54	32,56	-16,91	-42,52	32,83
13	23,68	24,48	78,26	23,16	24,92	78,14	22,60	25,37	78,05
14	-5,88	26,70	39,49	-5,90	27,28	39,45	-5,93	27,90	39,41

Приложение Ж
(рекомендуемое)

Метод определения доли постороннего рассеянного света в спектральном приборе

Долю постороннего рассеянного света, попадающего через входную щель спектрального прибора $\varphi(\lambda)$ определяют с помощью избирательного светофильтра, установленного перед входной щелью прибора или экрана, полностью закрывающего излучение от измеряемого ИС. Коэффициент пропускания светофильтра $\tau(\lambda)$ должен быть равен нулю на длине волны λ, на которой проверяют наличие постороннего рассеянного света.

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

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

где i_1, i_2 — значение фототока с отсекающим светофильтром и без светофильтра соответственно.

Необходимы несколько избирательных светофильтров для проверки наличия рассеянного света в различных областях рабочего спектрального диапазона спектрального прибора.

Приложение И
(рекомендуемое)

Метод проверки линейности световой характеристики измерительной части спектральной установки

И.1 Линейность световой характеристики измерительной части установки проверяют во всем диапазоне измеряемых потоков в нескольких участках спектра.

И.2 Для проверки линейности световой характеристики необходимы:

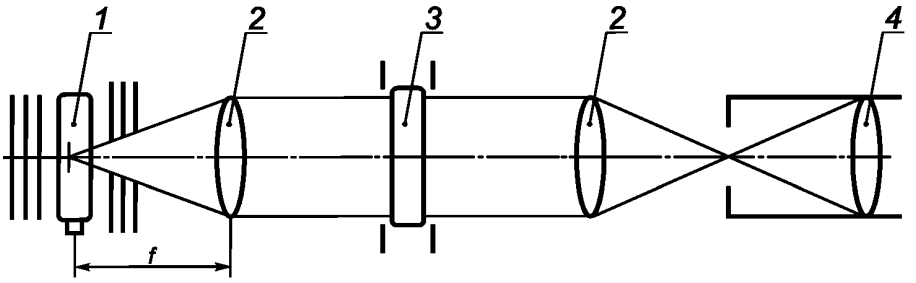
- стабильные рабочие светоизмерительные лампы с ленточным телом накала, работающие в режиме стандартного источника (T_c = 2856 К), например СИ 6-40, СИ 6-100, СИ 8-200у, ТРУ 1100-2350, с известным значением спектральной плотности энергетической величины;
- набор рабочих нейтральных светофильтров для ослабления светового потока с известными значениями спектрального коэффициента пропускания в проверяемом диапазоне.

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

Например, нейтральные светофильтры толщиной от 1,5 до 4 мм, с коэффициентами пропускания от 70 % до $1 \cdot 10^{-2}$ %.

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

И.3 Для проверки линейности перед входной щелью спектрального прибора должна быть собрана оптическая схема, приведенная на рисунке И.1.



1 — ИС; *2* — конденсоры; *3* — нейтральный светофильтр; *4* — входной коллиматор спектрального прибора; *f* — фокусное расстояние конденсора

Рисунок И.1

На фокусном расстоянии *f* от ИС для получения параллельного пучка излучения устанавливают конденсор.

В параллельный пучок излучения поочередно ставят нейтральные светофильтры.

Изменяя длину волны излучения и меняя светофильтры, изменяют освещенность на выходе спектрального прибора и снимают показания фототоков $i_ф(\lambda)$ и $i(\lambda)$ регистрирующего прибора по всей шкале и на всех его пределах при установленном перед спектральном прибором светофильтре и без него соответственно.

И.4 Полученные результаты записывают в таблицу и сравнивают с паспортными данными на определенный тип светофильтра.

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

И.5 При отклонении от линейности более чем на 2 % необходимо при измерениях изменить условия освещения приемного устройства, чтобы исключить это влияние.

Приложение К
(справочное)

Метод определения числа делений барабана длин волн, соответствующего смещению спектра в плоскости щели на 1 мм (*dn*/*dl*)

Для определения значения *dn/dl*, необходимого при переходе от угловой дисперсии к линейной, используют ИС линейчатого спектра.

Лампу, например ДРС-50 устанавливают перед входной щелью спектрального прибора.

Ширина входной щели спектрального прибора должна быть 0,03—0,05 мм.

Ширина выходной щели должна быть от 0,5 до 1 мм.

Освещая входную щель спектрального прибора излучением основных ртутных линий лампы ДРС-50, измеряют зависимость фототока приемного устройства от поворота шкалы длин волн, проходя спектральную линию через равные, узкие промежутки Δn.

Строят кривую зависимости фототока i приемного устройства от устанавливаемых значений делений барабана длин волн n: $i = f(n)$.

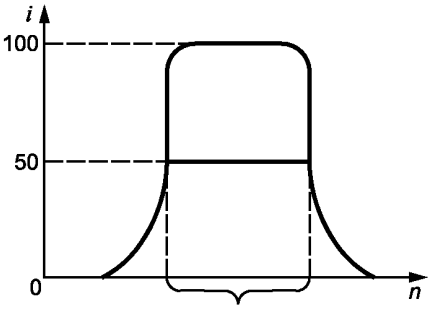


Рисунок К.1 — Кривая зависимости фототока i приемного устройства от устанавливаемых значений делений барабана длин волн

Форма построенной кривой близка к прямоугольной. Полуширина этой кривой (ширина на уровне, равном половине максимального значения) определяет угол поворота барабана, дающий смещение спектра на установленную ширину входной щели.

Библиография

[1] Публикация МКО 13.3—1995 Метод определения индекса цветопередачи источников света

УДК 621.32.001.42:006.354 ОКС 29.140 ОКП 34 6000

Ключевые слова: источники света электрические, характеристики спектральные, координаты цветности, цветопередача, методы измерения

Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 15.09.2015. Подписано в печать 27.10.2015. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 6,51. Уч.-изд. л. 5,50. Тираж 36 экз. Зак. 3427.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru