ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ГОСТ Р МЭК 60904-7— 2013**

# Государственная система обеспечения единства измерений

# ПРИБОРЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

## Часть 7

# Вычисление поправки на спектральное несоответствие при испытаниях фотоэлектрических приборов

IEC 60904-7:2008
Photovoltaic devices - Part 7: Computation of the spectral mismatch correction for measurements of photovoltaic devices
IDT

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений» (ФГУП «ВНИИОФИ») на основе аутентичного перевода на русский язык стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии, Техническим комитетом по стандартизации ТК 206 «Эталоны и поверочные схемы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 ноября.2013 г. № 1414-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 60904-7:2007 «Приборы фотоэлектрические. Часть 7. Подсчет ошибки из-за спектрального несоответствия при испытаниях фотоэлектрических приборов» (IEC 60904-7:2008 «Photovoltaic devices - Part 7: Computation of the spectral mismatch correction for measurements of photovoltaic devices»)

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5 – 2004 (подраздел 3.5).

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

5 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 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.ru)*

© Стандартинформ, 2014

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

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Государственная система обеспечения единства измерений**
**ПРИБОРЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ**
**Часть 7**
**Вычисление поправки на спектральное несоответствие при испытаниях фотоэлектрических приборов**

State system for ensuring the uniformity of measurements. Photovoltaic devices. Part 7. Computation of the spectral. mismatch correction for measurements of photovoltaic devices

**Дата введения — 2015—07—01**

## 1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методику коррекции систематической ошибки, которая возникает при испытании фотоэлектрических приборов и вызвана, с одной стороны, несоответствием между спектром излучения, используемого при испытаниях, и стандартным спектром излучения, и, с другой стороны, несоответствием между спектральной чувствительностью (СЧ) эталонного элемента и испытуемого образца.

Настоящий стандарт распространяется только на фотоэлектрические приборы, обладающие линейной СЧ в соответствии с МЭК 60904-10. Приведенная ниже методика применима только для однопереходных устройств, хотя ее принцип может быть распространен и на многопереходные.

Поскольку чувствительность фотоэлектрических (ФЭ) приборов зависит от длины волны, их эффективность в значительной степени обусловлена спектральным распределением падающего излучения, которое при естественном солнечном свете зависит от многих факторов, таких как местоположение, погода, время года, время дня, ориентация приемной площадки и т.д., а для имитаторов зависит от его типа и характеристик. Если уровень энергетической освещенности (ЭО) измеряется с помощью теплового радиометра (который является спектрально неселективным приемником), или с помощью эталонного солнечного элемента, должно быть известно спектральное распределение ЭО падающего излучения для того, чтобы сделать необходимые поправки, и определить эффективность ФЭ прибора под воздействием стандартного солнечного спектра, определенного в МЭК 60904-3.

Если для измерения ЭО использованы эталонный ФЭ прибор или тепловой приемник, то далее, следуя процедуре, изложенной в данном стандарте, можно рассчитать поправку на спектральное несоответствие, необходимую для получения величины тока короткого замыкания испытуемого ФЭ устройства в условиях воздействия стандартного солнечного излучения, значения спектральной плотности энергетической освещенности (СПЭО) которого приведены в таблице 1 документа МЭК 60904-3, или любого другого стандартного спектра. Если эталонный ФЭ прибор имеет такую же относительную СЧ, что и испытуемый ФЭ прибор, то для излучений разница между реальным спектральным распределением и стандартным спектральным распределением учитывается автоматически, и нет необходимости в последующей коррекции спектральной систематической ошибки. В этом случае местоположение и погодные условия не являются критичными для натурных измерений эффективности. Аналогично, при идентичных распределениях относительной СЧ спектральный класс имитатора не является критичным для лабораторных измерений.

Если известна СПЭО, при которой были измерены характеристики ФЭ прибора, то его ток короткого замыкания при воздействии излучения с любой другой СПЭО может быть рассчитан с использованием относительной СЧ этого ФЭ прибора.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на приведенные ниже стандарты. Для датированных ссылок применяют только указанное издание. Для недатированных ссылок применяют последнее издание указанного документа (со всеми поправками).

МЭК 60891:2008 Приборы фотоэлектрические. Методики коррекции по температуре и энергетической освещенности результатов измерения вольт-амперной характеристики

**Издание официальное**

МЭК 60904-1:2006 Приборы фотоэлектрические. Часть 1. Измерение вольт-амперных характеристик

МЭК 60904-2:2007 Приборы фотоэлектрические. Часть 2. Требования к эталонным солнечным приборам

МЭК 60904-3:2008 Приборы фотоэлектрические. Часть 3. Измерение характеристик фотоэлектрических преобразователей с учетом стандартной спектральной плотности энергетической освещенности наземного солнечного излучения

МЭК 60904-8:1998 Приборы фотоэлектрические. Часть 8. Измерение спектральной чувствительности фотоэлектрического прибора

МЭК 60904-9:2007 Приборы фотоэлектрические. Часть 9. Требования к характеристикам имитаторов солнечного излучения

МЭК 60904-10:2010 Приборы фотоэлектрические. Часть 10. Методы измерения линейности

МЭК 61215:2005 Наземные фотоэлектрические модули из кристаллического кремния. Требования к конструкции и подтверждение соответствия

МЭК 61646:2008 Наземные фотоэлектрические модули на основе технологии тонких пленок. Аттестация конструкции и утверждение типа

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

## 3 Описание метода

Форма вольтамперной характеристики (ВАХ) многих ФЭ приборов зависит от величины тока короткого замыкания и температуры прибора, но не зависит от спектрального распределения излучения, вызвавшего ток короткого замыкания. Для таких приборов поправка, связанная с несоответствием спектров излучения или несоответствием СЧ, может быть определена по нижеизложенной методике. Для других приборов ВАХ измеряют с помощью источников излучения с надлежащим спектром.

Поправка не требуется в том случае, если спектр излучения идентичен стандартному спектру (см. МЭК 60904-3), или если относительная СЧ испытуемого образца идентична относительной СЧ эталонного элемента. В этом случае сигнал эталонного элемента указывает на интенсивность стандартного спектра, которая вызовет тот же ток короткого замыкания испытуемого прибора, что был вызван спектром, использованным при испытаниях.

При наличии несоответствия как в спектрах излучения, так и в спектральных чувствительностях вычисляют поправку на несоответствие.

Из-за несоответствия спектров излучения и спектров СЧ сигнал эталонного элемента (см. МЭК 60904-2) не выдает значения ЭО стандартного спектра, которое вызовет измеренное значение тока короткого замыкания испытуемого прибора. Необходимо определить эффективную ЭО стандартного спектра $G_{эфф}$, которая вызовет тот же ток короткого замыкания испытуемого прибора, что вызывает используемый спектр излучения

$$G_{эфф} = MM \cdot G_{изм}, \quad (1)$$

где $G_{изм}$ – значение ЭО, измеренное эталонным прибором со спектральной чувствительностью $s_э(\lambda)$, а ММ – коэффициент спектрального несоответствия, определенный в Разделе 7 настоящего стандарта.

Возможны два метода учета поправки для приведения измерений к стандартной СПЭО:

Если есть возможность, подстраивают интенсивность имитатора так, чтобы эффективная ЭО, определенная формулой (1), равнялась стандартной ЭО $G_э$ (т.е. 1000 Вт/м$^2$, как указано в МЭК 61215 и МЭК 61646).

То есть интенсивность имитатора, измеряемая эталонным элементом с использованием его калибровочного значения, полученного для стандартного спектра, должна быть установлена равной

$$G_{изм} = G_э / MM \quad (2)$$

В этом случае обратный коэффициент несоответствия 1/ММ дает величину подстройки имитатора, при условии, что прибор линеен (см. МЭК 60904-10). После такой подстройки имитатор с полученным уровнем ЭО и его реальным спектром вызовет такое же значение тока короткого замыкания, что и стандартный спектр со стандартным уровнем ЭО. Теперь можно продолжить измерение ВАХ в соответствии с МЭК 60904-1.

a) Проводят измерение ВАХ при имеющейся интенсивности имитатора. Вычисляют эффективную ЭО по формуле (1). Затем проводят коррекцию полученной ВАХ к стандартному значению ЭО в соответствии с МЭК 60891, исходя из вычисленной по формуле (1) эффективной ЭО.

При использовании солнечного имитатора метод a) является более предпочтительным (см. МЭК 60904-9), т.к. в этом случае измерения проводят на корректном уровне тока короткого замыкания, что минимизирует ошибки, связанные с нелинейностью. Метод b), как правило, используют при натурных измерениях, когда интенсивностью излучения сложно управлять.

## 4 Аппаратура

4.1 Установка для измерений относительной спектральной чувствительности по МЭК 60904-8.

4.2 Аппаратура для измерения ВАХ по МЭК 60904-1.

4.3 Спектрорадиометр, способный измерять СПЭО в рабочей плоскости, спектральный диапазон которого перекрывает спектральный диапазон чувствительности эталонного и измеряемого приборов.

Примечания:

1 Пример измерений со спектрорадиометром описан в CIE 63 (1984).

2 Поле зрения и угловая чувствительность спектрорадиометра должны быть сходными с аналогичными характеристиками испытуемого прибора.

## 5 Определение спектральной чувствительности

5.1 Относительную спектральную чувствительность испытуемого образца измеряют по МЭК 60904-8.

5.2 Если документы о калибровке эталонного прибора не содержат сведения о его относительной спектральной чувствительности, ее измеряют по МЭК 60904-8.

## 6 Измерение спектра излучения

6.1 Входную головку спектрорадиометра как можно точнее устанавливают в то место, где затем будет установлен испытуемый прибор. Компланарность установки должна быть обеспечена в пределах ± 2 °.

6.2 Измеряют спектр источника излучения. В случае измерения излучения имитатора рекомендуется использовать шаг 2 нм и ширину спектральной полосы 2-5 нм. Для естественного солнечного излучения допустимы шаг и полоса до 10 нм. Убеждаются, что при измерении спектра суммарная ЭО не меняется более чем на ± 2 %. При необходимости проводят линейную коррекцию интенсивности в каждой измеренной точке спектра, чтобы привести его к одному и тому же значению ЭО. Выполненные поочередно несколько измерений спектра должны совпадать друг с другом в пределах ± 2 %. Затем определяют средние значения относительного спектра излучения.

6.3 Если полное время измерения спектра излучения больше времени измерения ВАХ или если источник излучения спектрально нестабилен с течением времени (например, импульсный имитатор или естественное солнечное излучение), то принимают специальные меры для корректного измерения спектра излучения.

Примечания:

1 Импульсный имитатор может быть спектрально нестабильным за период измерения ВАХ. Кроме того, на фронтах нарастания и убывания импульса спектр может отличаться от спектра в период времени, предназначенный для измерения ВАХ. Поэтому может оказаться некорректным измерение спектра с временем интегрирования, включающем интервалы нарастания и спада импульса.

2 Естественный спектр может быть нестабильным из-за состояния атмосферы.

## 7 Определение коэффициента спектрального несоответствия

Коэффициент спектрального несоответствия вычисляется по формуле

$$MM = \frac{\int E_{\text{стд}}(\lambda)\cdot \mathrm{S}_{\text{эп}}(\lambda)\cdot \mathrm{d}\lambda \cdot \int E_{\text{изм}}(\lambda)\cdot \mathrm{S}_{\text{ип}}(\lambda)\cdot \mathrm{d}\lambda}{\int E_{\text{изм}}(\lambda)\cdot \mathrm{S}_{\text{эп}}(\lambda)\cdot \mathrm{d}\lambda \cdot \int E_{\text{стд}}(\lambda)\cdot \mathrm{S}_{\text{ип}}(\lambda)\cdot \mathrm{d}\lambda}, \quad (3)$$

где $E_{\text{стд}}(\lambda)$ – СПЭО на длине волны $\lambda$ стандартного излучения, приведенного, например, в МЭК 60904-3;

$E_{\text{изм}}(\lambda)$ – СПЭО на длине волны $\lambda$ падающего излучения в момент измерения;

$S_{\text{эп}}(\lambda)$ – СЧ эталонного ФЭ прибора;

$S_{\text{ип}}(\lambda)$ – СЧ испытуемого ФЭ прибора.

Для каждого из интегралов интегрирование должно выполняться по всему спектральному диапазону, в котором эталонный и испытуемый приборы имеют ненулевую СЧ.

Примечания:

1 Значения СПЭО и СЧ могут быть как в абсолютных, так и в относительных единицах.

2 Учитывая немонотонный характер спектра солнечного излучения (как естественного, так и искусственного), интерполяцию следует выполнять для значений СЧ в точках спектрального диапазона, в которых измерены значения СПЭО, а не наоборот.

3 Уравнение (3) справедливо для однопереходного прибора, хотя может быть использовано и для многопереходного. В последнем случае вычисление должно быть выполнено для каждого перехода с использованием СЧ этого перехода с учетом того эффекта, что вышележащие переходы играют роль спектрально селективных фильтров по отношению к рассматриваемому переходу. В отчете об испытаниях должны быть указаны факторы несоответствия и относительные значения токов для всех индивидуальных переходов.

4 Пределы интегрирования представляют собой длины волн, служащие границами ненулевых значений СЧ.

В случае использования абсолютных значений СПЭО и СЧ, выражение (3) может быть представлено в виде

$$MM = \frac{I_{\text{кз эп,стд}} \cdot I_{\text{кз ип,изм}}}{I_{\text{кз эп,изм}} \cdot I_{\text{кз ип,стд}}}, \quad (4)$$

где $I_{\text{кз ип, стд}}$ – ток короткого замыкания испытуемого прибора под воздействием стандартного спектра излучения;

$I_{\text{кз эп, стд}}$ – ток короткого замыкания эталонного прибора под воздействием стандартного спектра излучения;

$I_{\text{кз ип, изм}}$ – ток короткого замыкания испытуемого прибора под воздействием измеренного спектра излучения;

$I_{\text{кз эп, изм}}$ – ток короткого замыкания эталонного прибора под воздействием измеренного спектра излучения.

Подобное представление справедливо, поскольку $I_{кз} = \int E(\lambda)\cdot S(\lambda)\cdot d\lambda$.

## 8 Отчетность

В соответствии с МЭК 60904-1 в отчетных документах о проведении испытаний, должна быть представлена следующая информация:

a) Если для измерений, проведенных в соответствии с МЭК 60904-1 или другим подходящим стандартом, была введена поправка на спектральное несоответствие, то в отчетный документ должны быть включены: значение рассчитанного коэффициента спектрального несоответствия; идентификаторы испытуемого и эталонного приборов; их СЧ (МЭК 60904-8); используемый и эталонный спектры излучения; метод, использованный для вычисления интегралов.

Если эталонный и испытуемый приборы имеют разные размеры (площади), эти размеры должны быть указаны.

b) Если имеет место соответствие между СЧ эталонного прибора и СЧ испытуемого прибора и поправка на несоответствие не была выполнена, то в отчетный документ должны быть включена ин-

формация: идентификационные номера испытуемого и эталонного приборов и их спектральные чувствительности (МЭК 60904-8).

Если эталонный и испытуемый приборы имеют разные размеры (площади), то эти размеры должны быть указаны.

Если СЧ испытуемого прибора не может быть измерена, то в отчетном документе должны быть отражены критерии определения эквивалентности спектров чувствительности.

**Приложение ДА**
**(справочное)**

## Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации

Таблица ДА.1

| Обозначение ссылочного международного стандарта | Степень соответствия | Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта |
|---|---|---|
| МЭК 60904-1:2006 | IDT | ГОСТ Р МЭК 60904-1–2013 « Приборы фотоэлектрические. Часть 1. Измерение вольт-амперных характеристик» |
| МЭК 60904-2:2007 | IDT | ГОСТ Р МЭК -2–2013 «Приборы фотоэлектрические. Часть 2. Требования к эталонным солнечным при борам» |
| МЭК 60904-3:2008 | IDT | ГОСТ Р МЭК -3–2013 «Государственная система обеспечения единства измерений. Приборы фотоэлектрические. Часть 3. Принципы измерения характеристик фотоэлектрических преобразователей с учетом стандартной спектральной плотности энергетической освещенности наземного солнечного излучения» |
| МЭК 60904-7:2008 | IDT | ГОСТ Р МЭК 60904-7–2013 « Приборы фотоэлектрические. Часть 7. Расчет поправки на спектральное несоответствие при измерениях фотоэлектрических приборов» |
| МЭК 60904-8:1998 | IDT | ГОСТ Р МЭК 60904-8–2013 Приборы фотоэлектрические. Часть 8. Измерение спектральной чувствительности фотоэлектрического прибора» |
| МЭК 60904-9: 2007 | | ГОСТ Р МЭК 60904-9–2013 «Приборы фотоэлектрические. Часть 9. Требования к характеристикам имитаторов солнечного излучения» |
| МЭК 60904-10: 2009 | IDT | ГОСТ Р МЭК 60904-10–2013 «Приборы фотоэлектрические. Часть 10. Методы измерения линейности» |
| МЭК 61215:2005 | | * |
| МЭК 61646:2008 | IDT | ГОСТ Р МЭК 61646–2012 «Модули фотоэлектрические тонкопленочные наземные . Требования к типовым испытаниям» |

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык международного стандарта.

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

- IDT – идентичные стандарты.

## Библиография

[1] CIE 63:1984, *The Spectroradiometric Measurement of Light Sources*

УДК 621.383.51; 535.215.5: 006.354 ОКС 17.180.01 NEQ

Ключевые слова: фотоэлектрические приборы, спектральная чувствительность, энергетическая освещенность, спектральная плотность энергетической освещенности, коэффициент спектрального несоответствия

Подписано в печать 01.09.2014. Формат 60x84 1/8.
Усл. печ. л. 1,40. Тираж 31 экз. Зак. 3918

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

gost.e-ecolog.ru