ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 58648.2— 2019 (МЭК 61853-2:2016)

МОДУЛИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

Определение рабочих характеристик и энергетическая оценка

Часть 2

Определение спектральной чувствительности, зависимости характеристик от угла падения и коэффициентов для расчета рабочей температуры

(IEC 61853-2:2016, Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating — Part 2: Spectral responsivity, incidence angle and module operating temperature measurements, MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «ВИЭСХ-ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ» (ООО «ВИЭСХ-ВИЭ») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 016 «Электроэнергетика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 октября 2019 г. № 960-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту МЭК 61853-2:2016 «Модули фотоэлектрические. Определение рабочих характеристик и энергетическая оценка. Часть 2. Измерения спектральной чувствительности, угла падения и рабочих температур модуля» (IEC 61853-2:2016 «Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating — Part 2: Spectral responsivity, incidence angle and module operating temperature measurements», MOD) путем изменения отдельных фраз, слов, ссылок, которые выделены в тексте курсивом.

Внесение указанных технических отклонений направлено на учет потребностей национальной экономики Российской Федерации и особенностей объекта стандартизации, характерных для Российской Федерации.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5).

Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных и национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте, приведены в дополнительном приложении ДА.

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой указанного международного стандарта приведено в дополнительном приложении ДБ

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2019

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 Отбор образцов 2
4 Порядок проведения испытаний 3
5 Определение спектральной чувствительности 4
6 Определение зависимости характеристик от угла падения 5
6.1 *Общие положения* 5
6.2 Испытания с использованием имитатора солнечного излучения 6
6.3 Испытания при естественном солнечном освещении 9
6.4 Интерполяция углового светопропускания 15
7 Определение коэффициентов для расчета рабочей температуры 16
7.1 Общие положения 16
7.2 Испытательное оборудование 17
7.3 Условия испытаний 18
7.4 Проведение испытаний 18
7.5 Обработка результатов измерений 20
8 Протокол испытаний 20
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных и национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 22
Приложение ДБ (справочное) Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта 24
Библиография 26

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МОДУЛИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

Определение рабочих характеристик и энергетическая оценка

Часть 2

Определение спектральной чувствительности, зависимости характеристик от угла падения и коэффициентов для расчета рабочей температуры

Photovoltaic module. Performance testing and energy rating. Part 2. Determination of spectral sensitivity, characteristics dependence on the incidence angle and coefficients for calculating the operating temperature

Дата введения — 2020—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на наземные фотоэлектрические модули. Стандарт устанавливает методы определения спектральной чувствительности и рабочей температуры фотоэлектрических модулей, а также зависимости их характеристик от угла падения излучения.

Настоящий стандарт может быть неприменим к фотоэлектрическим модулям, характеристики которых меняются в течение срока службы модулей (например, под воздействием освещения или температуры) или характеристики которых существенно нелинейны.

При испытаниях двусторонних фотоэлектрических модулей или фотоэлектрических модулей с многопереходными фотоэлектрическими элементами в испытания следует внести коррективы, учитывающие отличия испытаний таких модулей (*см. [1]—[3]*).

При испытаниях интегрированных фотоэлектрических модулей, например фотоэлектрических модулей, интегрированных в конструкции здания, может быть необходима корректировка испытаний, учитывающая влияние конструкции, в которую интегрированы модули.

При испытаниях по разделам 6 и 7 фотоэлектрических модулей, предназначенных для работы в особых условиях эксплуатации, например в условиях воздействия соляного тумана или низких температур, могут быть необходимы оценка и учет влияния условий эксплуатации на оптические характеристики модуля.

Стандарт может быть применим к фотоэлектрическим модулям с концентраторами; в этом случае начальные и заключительные испытания следует проводить по ГОСТ Р 56983 и может потребоваться учет влияния концентратора на результаты основных испытаний.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ ИСО/МЭК 17025 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий

ГОСТ Р 56980—2016 (МЭК 61215:2005) Модули фотоэлектрические из кристаллического кремния наземные. Методы испытаний

ГОСТ Р 56983 (МЭК 62108:2007) Устройства фотоэлектрические с концентраторами. Методы испытаний

ГОСТ Р 57229 (МЭК 62817:2014) Системы фотоэлектрические. Устройства слежения за Солнцем. Технические условия

Издание официальное

ГОСТ Р МЭК 60891 Государственная система обеспечения единства измерений. Приборы фотоэлектрические. Методики коррекции по температуре и энергетической освещенности результатов измерения вольт-амперной характеристики

ГОСТ Р МЭК 60904-1—2013 Приборы фотоэлектрические. Часть 1. Измерение вольт-амперных характеристик

ГОСТ Р МЭК 60904-2 Государственная система обеспечения единства измерений. Приборы фотоэлектрические. Часть 2. Требования к эталонным солнечным приборам

ГОСТ Р МЭК 60904-3 Государственная система обеспечения единства измерений. Приборы фотоэлектрические. Часть 3. Принципы измерения характеристик фотоэлектрических приборов с учетом стандартной спектральной плотности энергетической освещенности наземного солнечного излучения

ГОСТ Р МЭК 60904-5 Приборы фотоэлектрические. Часть 5. Определение эквивалентной температуры методом измерения напряжения холостого хода

ГОСТ Р МЭК 60904-7 Государственная система обеспечения единства измерений. Приборы фотоэлектрические. Часть 7. Вычисление поправки на спектральное несоответствие при испытаниях фотоэлектрических приборов

ГОСТ Р МЭК 60904-8 Государственная система обеспечения единства измерений. Приборы фотоэлектрические. Часть 8. Измерение спектральной чувствительности фотоэлектрических приборов

ГОСТ Р МЭК 60904-9 Приборы фотоэлектрические. Часть 9. Требования к характеристикам имитаторов солнечного излучения

ГОСТ Р МЭК 60904-10 Приборы фотоэлектрические. Часть 10. Методы определения линейности характеристик

ГОСТ Р МЭК 61646 Модули фотоэлектрические тонкопленочные наземные. Порядок проведения испытаний для подтверждения соответствия функциональным характеристикам

ГОСТ Р МЭК 61853-1—2013 Модули фотоэлектрические. Определение рабочих характеристик и энергетическая оценка. Часть 1. Измерение рабочих характеристик в зависимости от температуры и энергетической освещенности. Номинальная мощность

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 Отбор образцов

Для испытаний из промышленной партии или партий должны быть случайным образом выбраны три образца (плюс запасные по желанию), если испытания по разделам 5—7 проводят параллельно, и один образец (плюс запасные по желанию), если испытания проводят последовательно.

Для получения наиболее достоверной картины испытания необходимо проводить вместе с контрольным образцом.

Образцы должны быть изготовлены из указанных в сопроводительных документах материалов и компонентов в соответствии с чертежами и технологическими картами изготовителя и должны пройти установленные процедуры заводской проверки, контроля качества и приемочных испытаний. Испытуемые образцы должны быть полностью укомплектованы и сопровождаться технической документацией, включающей в том числе характеристики фотоэлектрического модуля (*см. [5], раздел 5*), руководством по эксплуатации, инструкциями по окончательной сборке, монтажу и подключению, включая рекомендации по установке диодов, рам, кронштейнов и т. п.

До проведения испытаний по настоящему стандарту фотоэлектрические модули не допускается подвергать какой-либо обработке, отличной от стандартного процесса изготовления.

Результаты испытаний относятся только к конструкции фотоэлектрических модулей с теми компонентами, которые были установлены на испытанных образцах. Если изготовитель модуля предполагает использовать один и тот же компонент разных поставщиков, должны быть проведены испытания для всех вариантов компонентов.

Если модули, подлежащие испытаниям, являются новыми разработками и еще не поставлены на производство или модули изготовлены для индивидуального проекта, это должно быть отмечено в протоколе испытаний.

4 Порядок проведения испытаний

Основные испытания могут проводиться параллельно или последовательно друг за другом в любом порядке. Порядок проведения испытаний параллельно показан на рисунке 1.

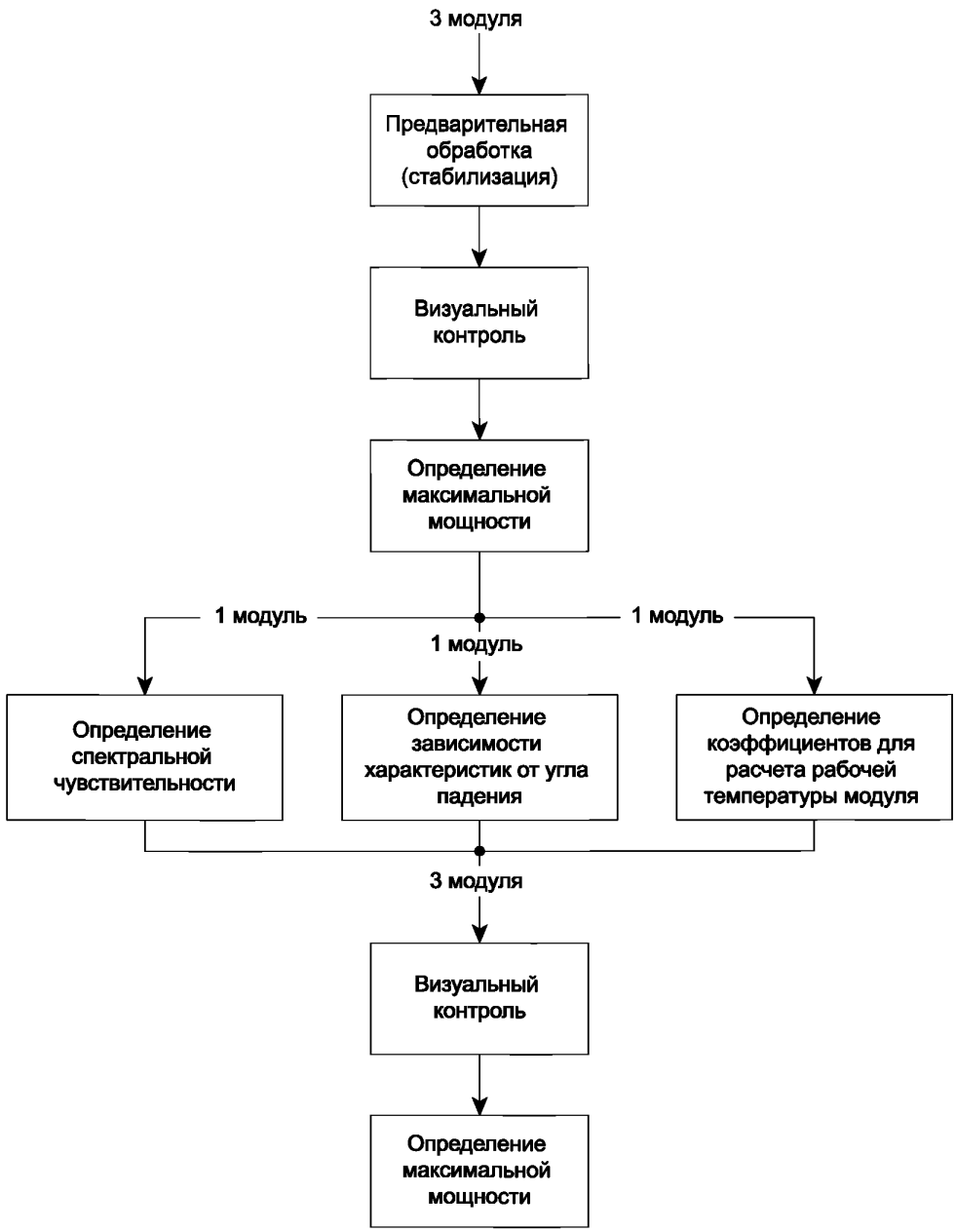

Рисунок 1 — Порядок проведения испытаний (параллельное выполнение основных испытаний)

При проведении испытаний параллельно, как показано на рисунке 1, используют как минимум три фотоэлектрических модуля, при последовательном проведении всех испытаний достаточно одного модуля. Выбранная последовательность проведения основных испытаний и количество фотоэлектрических модулей, участвовавших в испытаниях, должны быть указаны в протоколе испытаний.

Для получения наиболее достоверной картины испытания необходимо проводить вместе с контрольным образцом.

До выполнения основных испытаний по разделам 5—7 с целью стабилизации рабочих характеристик все испытуемые образцы должны пройти предварительную обработку в соответствии с *ГОСТ Р 56980* или стабилизацию в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 61646* (*см. также [5]*) и начальные испытания, включающие:

- визуальный контроль по *ГОСТ Р 56980* или *ГОСТ Р МЭК 61646* (*см. также [5]*);
- определение максимальной мощности по *ГОСТ Р 56980* или *ГОСТ Р МЭК 61646* (*см. также [5]*).

После завершения испытаний по разделам 5—7 все испытуемые образцы должны пройти заключительные испытания, те же, что и начальные.

Если испытания по разделам 5—7 выполняют последовательно, друг за другом, визуальный контроль и определение максимальной мощности проводят также между основными испытаниями.

Все изменения состояния образцов и изменения максимальной мощности испытуемых образцов в результате проведения каждого испытания должны быть внесены в протокол испытаний.

При проведении испытаний должны соблюдаться рекомендации изготовителя по обращению с фотоэлектрическими модулями, их чистке, установке и подключению.

Если испытуемый модуль должен использоваться с рамой, закрывающей края верхнего покрытия, во всех испытаниях должна быть установлена соответствующая рама.

5 Определение спектральной чувствительности

5.1 Общие положения

Испытание предназначено для определения влияния спектральной чувствительности фотоэлектрического модуля на значение тока, генерируемого им при данном уровне энергетической освещенности.

Обычно нет необходимости измерять спектральную чувствительность для всех значений энергетической освещенности и температуры, возможных в условиях эксплуатации. Для всех условий эксплуатации, для которых предназначен испытуемый фотоэлектрический модуль, достаточно точные данные можно получить в результате единственного измерения. Это подтверждается проверкой линейности тока короткого замыкания испытуемых образцов, измеренного по *ГОСТ Р МЭК 61853-1*. Если нелинейность тока короткого замыкания превышает 3 % при изменении энергетической освещенности или температуры, может быть необходимо выполнить оценку того, изменится ли спектральная чувствительность в зависимости от энергетической освещенности и температуры (если спектральная чувствительность модуля какого-либо конкретного типа зависит от энергетической освещенности или температуры, этот факт должен быть отмечен в протоколе испытаний).

5.2 Порядок проведения испытаний

Измерение спектральной чувствительности выполняют по *ГОСТ Р МЭК 60904-8* в условиях короткого замыкания, температуры испытуемого образца 25 °С и соответствующего уровня энергетической освещенности с учетом изменений методики, повышающих точность и достоверность результатов измерений (*см. [6]*). *Для фотоэлектрических модулей, изготовленных из многопереходных фотоэлектрических элементов, измерение спектральной чувствительности выполняют с учетом особенностей таких фотоэлектрических модулей* (*см. [3]*).

Испытания должны по возможности проводиться с полноразмерным фотоэлектрическим модулем, т. е. характеристики должны относиться ко всему модулю в целом. Допускается использовать замещающий образец меньшего размера, эквивалентный по конструкции и материалам, или выполнять измерения характеристики отдельного фотоэлектрического элемента испытуемого фотоэлектрического модуля согласно ГОСТ Р МЭК 60904-8 (*см. также [6], для фотоэлектрических модулей, изготовленных из многопереходных фотоэлектрических элементов — см. [3]*). Если испытания проводят с отдельным фотоэлектрическим элементом, он должен быть герметизирован так же, по той же технологии, как и испытуемые полноразмерные модули, поскольку спектральная чувствительность фотоэлектрического элемента меняется при герметизации.

6 Определение зависимости характеристик от угла падения

6.1 Общие положения

Испытания предназначены для определения зависимости выходных характеристик фотоэлектрического модуля от угла падения солнечного излучения (далее — угол падения) на его рабочую поверхность с учетом особенностей конструкции.

Испытания основаны на том, что угол падения — угол между направлением на солнце и нормалью к плоскости рабочей поверхности фотоэлектрического модуля — определяет долю прямой и рассеянной диффузной составляющих энергетической освещенности, которая может быть преобразована фотоэлектрическим модулем в электрическую энергию, и тем самым влияет на выходные характеристики модуля, в частности на его ток короткого замыкания. Помимо особенностей поступления излучения на рабочую поверхность фотоэлектрического модуля на энергетическую освещенность рабочих поверхностей фотоэлектрических элементов влияют свойства конструкции фотоэлектрического модуля, т. е. прохождение излучения через все слои до фотоэлектрических элементов. Это влияние в общем случае различно для различных углов падения. Для учета влияния особенностей конструкции фотоэлектрических модулей данного типа и более точных расчетов их выходных параметров определяют угловое светопропускание.

Испытание может не проводиться для фотоэлектрических модулей с плоской стеклянной рабочей поверхностью при отсутствии какого-либо антиотражающего покрытия на рабочей поверхности. В этом случае угловое светопропускание фотоэлектрического модуля в основном определяется первой границей стекло-воздух и допускается использовать справочные данные о пропускании света через первый раздел стекло-воздух. Рекомендуется проводить испытания, если на лицевой стороне используется структурированное стекло.

Испытания проводят по одному из двух методов: с использованием имитатора солнечного излучения в лабораторных условиях или в натурных условиях при естественном солнечном освещении. Результаты испытаний по обоим методам не обязательно должны совпадать, однако с учетом неопределенностей они должны быть одинаковы. Метод, по которому проводились испытания, должен быть указан в протоколе испытаний.

Измерения проводят по двум взаимно перпендикулярным направлениям изменения угла наклона испытуемого образца. Если известно, что оптические свойства испытуемых образцов полностью симметричны, достаточно выполнить измерения в одну сторону одного направления. Оптические свойства испытуемых образцов считают полностью симметричными, если конструкция испытуемых образцов симметрична по обоим направлениям относительно осей, проходящих через центры противоположных сторон испытуемого образца, испытуемые образцы выполнены из одинаковых фотоэлектрических элементов, использованы одни и те же компоненты над рабочей поверхностью всех фотоэлектрических элементов. Если конструкция испытуемых образцов симметрична, оси вращения совпадают с осями симметрии испытуемого образца.

Для определения температуры испытуемого образца может быть использован альтернативный метод — определение эквивалентной температуры методом измерения напряжения холостого хода по *ГОСТ Р МЭК 60904-5.* В этом случае измерения, описанные в 6.2.3 и 6.3.4, объединяют с измерениями по *ГОСТ Р МЭК 60904-5*. Использование указанного метода для определения температуры испытуемого образца должно быть отмечено в протоколе испытаний.

Примечания

1 При выборе способа определения температуры испытуемого образца следует учитывать, что метод, установленный в *ГОСТ Р МЭК 60904-5*, является наиболее точным на момент выхода стандарта.

2 Если в процессе нагрева средняя температура фотоэлектрического элемента существенно отличается от средней температуры тыльной поверхности модуля, рекомендуется использовать метод определения температуры, установленный в *ГОСТ Р МЭК 60904-5.*

При испытаниях двусторонних фотоэлектрических модулей или фотоэлектрических модулей с многопереходными фотоэлектрическими элементами следует внести коррективы, учитывающие отличия испытаний таких модулей (*см. [1] и [2] соответственно*).

6.2 Испытания с использованием имитатора солнечного излучения

6.2.1 Общие положения

Метод основан на измерениях тока короткого замыкания испытуемых образцов в широком диапазоне изменения угла падения.

Зоной влияния является зона, расположенная между границей рабочей поверхности (периметром, внутри которого размещены фотоэлектрические элементы) и периметром, образованным увеличением размера рабочей поверхности наполовину в каждую сторону. Измерительным объемом считается пространственный объем, который занимает рабочая поверхность испытуемого образца вместе с зоной влияния в процессе поворота испытуемого образца между крайними значениями угла наклона испытуемого образца (угла падения) за весь период измерений. Размеры измерительного объема определяются начальным положением испытуемого образца и положениями испытуемого образца при предельных углах наклона.

Во время измерений должны быть исключены любые паразитные засветки рабочей поверхности испытуемого образца. Следует принять меры по предотвращению отражений внутри помещения, предотвратить любые отражения от пола, стен, потолка или иных объектов (например, некоторые типы черной краски имеют высокую отражательную способность в инфракрасном диапазоне). При оценке неопределенности результатов испытаний рекомендуется оценить отражательные свойства покрытий тех поверхностей в лаборатории, отражение от которых может повлиять на энергетическую освещенность рабочих поверхностей испытуемых образцов.

6.2.2 Испытательное оборудование

Для проведения испытания требуется следующее испытательное оборудование.

a) Имитатор солнечного излучения, отвечающий требованиям *ГОСТ Р МЭК 60904-9* и обеспечивающий:

- в объеме, который занимает рабочая поверхность испытуемого образца, пространственную неравномерность распределения энергетической освещенности и временну́ю нестабильность, отвечающие требованиям к имитаторам класса B или выше;
- в объеме, который занимает зона измерений, пространственную неравномерность распределения энергетической освещенности и временну́ю нестабильность, отвечающие требованиям к имитаторам класса C или выше.

Вне поля зрения в 30° энергетическая освещенность должна быть минимальной. Рекомендуется, чтобы 95 % энергетической освещенности приходилось на поле зрения 10°. Отклонение излучения имитатора от центральной линии пучка излучения [от нормали к рабочей плоскости (плоскости измерений) имитатора] не должно превышать 1° по всей зоне испытаний.

Максимальная пространственная неравномерность распределения энергетической освещенности в зоне измерений и зоне влияния должна быть указана в протоколе испытаний.

Рекомендуется, чтобы эталонный прибор мог постоянно находиться в рабочей плоскости имитатора.

b) Эталонный фотоэлектрический прибор, отвечающий требованиям *ГОСТ Р МЭК 60904-2* с учетом изменений, повышающих точность и достоверность результатов измерений (*см. [7]*), с хорошим соответствием характеристик характеристикам испытуемого образца в требуемых диапазонах энергетической освещенности, спектрального распределения и температур.

Спектральная чувствительность эталонного прибора должна соответствовать спектральной чувствительности испытуемого образца, либо следует выполнить коррекцию на несовпадение спектральной чувствительности в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-7* (см. также [8]).

В диапазоне энергетической освещенности, в котором проводятся испытания, эталонный прибор должен иметь линейные характеристики в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-10*.

c) Средства для проверки соответствия пространственной неравномерности распределения энергетической освещенности в испытательном объеме.

d) Регулируемое поворотное приспособление для установки испытуемого образца над имитатором солнечного излучения, обеспечивающее:

- поворот испытуемого образца по двум взаимно перпендикулярным направлениям относительно центральной линии пучка излучения имитатора;
- возможность изменения угла наклона испытуемого образца с минимальным шагом не более 5° или не более требуемого в 6.2.4, этап 9, и предельными углами наклона испытуемого образца не менее ±80°;

- точность установки испытуемого образца под заданными углами наклона не менее ±1°;
- отсутствие затенения эталонного прибора, установленного в рабочей плоскости имитатора, при любом положении приспособления во время испытаний.

Оси вращения должны проходить через центр испытуемого образца. Ось вращения не должна меняться в течение всего времени испытаний.

Примечание — Если оптические свойства испытуемого образца симметричны, в зависимости от симметрии достаточно, чтобы поворотное устройство обеспечивало поворот в одном направлении, в каждую сторону каждого направления или в одну сторону одного направления.

e) Средства для измерения температуры окружающей среды, испытуемого образца и эталонного прибора с точностью ±1 °С и повторяемостью в пределах ±0,5 °С, в том числе требуемое количество датчиков температуры испытуемого образца (см. 6.2.3, этап 1).

f) Приборы для измерения тока короткого замыкания испытуемого образца и выходного сигнала эталонного прибора с точностью не менее ±0,2 % от измеряемой величины при 1000 Вт/м^2 (см. *ГОСТ Р МЭК 60904-1*).

g) Прибор для проверки копланарности рабочих поверхностей эталонного прибора и испытуемого образца в пределах угла ±2°, если необходимо.

h) Средства определения угла падения с точностью не менее ±0,5°.

Примечание — Определение угла падения с точностью не менее ±0,5° является обязательным требованием. Меньшая точность приводит при больших углах падения к значительной неопределенности измерений, обусловленной косинусоидальной зависимостью.

i) Защитный(ые) экран(ы) для затенения рабочих поверхностей испытуемого образца и эталонного прибора или средства регулирования и поддержания их температуры, если необходимо.

j) Прибор для измерения напряжения холостого хода испытуемого образца с точностью не менее ±0,2 % от измеряемой величины при 1000 Вт/м^2, если температуру испытуемого образца определяют как эквивалентную температуру методом измерения напряжения холостого хода по *ГОСТ Р МЭК 60904-5.*

k) Система сбора данных, обеспечивающая при всех значениях угла падения регистрацию следующих параметров:

- угла падения (угла поворота испытуемого образца);
- выходного сигнала эталонного прибора;
- тока короткого замыкания испытуемого образца;
- температуры по показаниям каждого из датчиков температуры, установленных на испытуемом образце, или напряжения холостого хода испытуемого образца (если температуру испытуемого образца определяют методом измерения напряжения холостого хода);
- температуры эталонного прибора, если необходимо;
- температуры окружающей среды;

а также спектрального распределения энергетической освещенности (если спектральная чувствительность эталонного прибора не соответствует спектральной чувствительности испытуемого образца).

Измерения тока короткого замыкания испытуемого образца и выходного сигнала эталонного прибора должны выполняться одновременно, если эталонный прибор постоянно находится в рабочей плоскости имитатора.

l) Спектрорадиометр, обеспечивающий измерение спектрального распределения энергетической освещенности в диапазонах спектральной чувствительности испытуемого образца и эталонного прибора, если необходимы поправки на несовпадение их спектральных характеристик.

***6.2.3* Проведение испытаний**

1) Устанавливают датчики температуры на тыльной поверхности испытуемого образца около середины за двумя фотоэлектрическими элементами. Если необходимо для обеспечения точности измерений, датчики температуры могут быть установлены, как указано в 6.3.4 или *ГОСТ Р МЭК 61853-1—2013, подраздел 8.3.*

2) Устанавливают эталонный прибор в рабочей плоскости имитатора таким образом, чтобы его рабочая поверхность была перпендикулярна к центральной линии пучка излучения с отклонением в пределах угла падения ±1°.

3) Если испытательная установка или эталонный прибор оснащены средствами регулирования и поддержания температуры, устанавливают требуемое значение температуры эталонного прибора (рекомендуемое значение температуры (25 ± 1) °С, рекомендуемый диапазон температуры от 25 до 50 °С).

Если регулирование температуры отсутствует, обеспечивают стабилизацию температуры эталонного прибора в пределах ±1 °С от температуры окружающей среды (например, защищают эталонный прибор от излучения имитатора с помощью экрана и дожидаются, когда его температура установится на указанном уровне).

4) После того как температура эталонного прибора стабилизируется на выбранном значении, настраивают имитатор с помощью эталонного прибора, устанавливая энергетическую освещенность в рабочей плоскости имитатора на уровне (1000 ± 100) Вт/м^2 (см. *ГОСТ Р МЭК 60904-1—2013, разделы 6, 7*). Если указанный уровень энергетической освещенности установить невозможно, устанавливают любое значение энергетической освещенности в диапазоне от 700 до 1000 Вт/м^2.

Обеспечивают соответствие пространственной неравномерности распределения энергетической освещенности и временно́й нестабильности, обеспечиваемых имитатором в испытательном объеме, требованиям, указанным в 6.2.2, перечисление а).

Определяют максимальную пространственную неравномерность распределения энергетической освещенности в объеме, занимаемом рабочей поверхностью испытуемого образца, и заносят полученные значения в протокол испытаний.

5) Удаляют эталонный прибор, если в процессе измерений он не будет постоянно находиться в рабочей плоскости имитатора.

6) Устанавливают испытуемый образец на поворотном приспособлении в рабочей плоскости имитатора таким образом, чтобы рабочая поверхность испытуемого образца была перпендикулярна центральной линии пучка излучения в пределах ±1° и центр рабочей поверхности находился на центральной линии пучка излучения имитатора. Ось вращения должна проходить через центр рабочей поверхности испытуемого образца перпендикулярно выбранному направлению изменения угла падения. При любом положении приспособления во время испытаний должно отсутствовать затенение эталонного прибора, установленного в рабочей плоскости имитатора.

Это начальное положение испытуемого образца. Угол падения θ, как и угол наклона испытуемого образца, равен нулю.

7) Подключают необходимое измерительное оборудование, используя независимые провода минимально возможной длины.

8) Стабилизируют температуру испытуемого образца аналогично тому, как указано для этапа 3, на том же значении температуры.

9) Проводят измерения при угле падения $\theta = 0°$.

Далее, не меняя установок имитатора солнечного излучения, поддерживая температуру испытуемого образца на установленном в начале испытаний уровне, поворачивают испытуемый образец вокруг оси вращения в выбранном направлении, изменяя угол между нормалью к плоскости рабочей поверхности испытуемого образца и центральной линией пучка излучения имитатора, изменяя тем самым угол падения, и проводят измерения при каждом угле падения.

Угол падения последовательно изменяют по выбранному направлению в обе стороны от $\theta = 0°$ до предельных значений угла падения с шагом не более 10° в диапазоне от –60° до +60° и с шагом не более 5° вне этого диапазона. Предельные углы наклона испытуемого образца не менее ±80°. Точность установки угла наклона испытуемого образца должна быть не менее ±1°, точность определения угла падения должна быть не менее ±0,5°.

Для каждого угла падения, включая угол падения $\theta = 0°$, выполняют не менее трех измерений следующего набора данных: тока короткого замыкания испытуемого образца, показаний датчиков температуры испытуемого образца или напряжения холостого хода испытуемого образца (если температуру испытуемого образца определяют, используя метод измерения напряжения холостого хода), выходного сигнала и, если необходимо, температуры эталонного прибора (если эталонный прибор постоянно находился в рабочей плоскости имитатора), спектрального распределения энергетической освещенности с помощью спектрорадиометра (если спектральная чувствительность эталонного прибора не соответствует спектральной чувствительности испытуемого образца). Если эталонный прибор постоянно находился в рабочей плоскости имитатора, измерения тока короткого замыкания испытуемого образца и выходного сигнала эталонного прибора следует выполнять одновременно.

При поддержании температуры на установленном в начале испытаний уровне следует учитывать, что при возрастании угла падения освещенность образца уменьшается.

10) Определяют значения тока короткого замыкания испытуемого образца $I_{к.з\ мод}(\theta)$ для каждого угла падения, выполняя следующее.

Если спектральная чувствительность эталонного прибора не соответствует спектральной чувствительности испытуемого образца, рассчитывают эффективную энергетическую освещенность испытуемого образца при стандартном спектре АМ 1,5 в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-7* и *ГОСТ Р МЭК 60904-3* с учетом изменений методики, повышающих точность и достоверность результатов (*см. [8]*) и последних данных по спектру АМ 1,5 (*см. [9]*).

Примечание — Эффективной энергетической освещенностью называется энергетическая освещенность, усредненная по активной зоне рабочей плоскости имитатора.

Если необходимо, в измеренные значения токов короткого замыкания вносят поправку на отклонения энергетической освещенности (для испытуемых образцов с линейными характеристиками в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-10* поправку вносят по *ГОСТ Р МЭК 60891*).

Рассчитывают температуру испытуемого образца при каждом угле падения для каждого измерения как среднее значение показаний всех датчиков температуры. Максимальное отклонение датчиков температуры от среднего значения не должно превышать 5 °С.

Если для определения температуры испытуемых образцов использовался альтернативный метод — определение эквивалентной температуры методом измерения напряжения холостого хода, то определяют температуру испытуемого образца при каждом угле падения для каждого измерения как эквивалентную температуру по *ГОСТ Р МЭК 60904-5.*

Приводят полученные значения токов короткого замыкания испытуемого образца к температуре модуля 25 °С (для испытуемых образцов с линейными характеристиками в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-10* поправку вносят по *ГОСТ Р МЭК 60891*).

Находят значение тока короткого замыкания испытуемого образца $I_{к.з\ мод}(\theta)$ для каждого угла падения как среднее значение всех токов короткого замыкания, измеренных при этом угле падения, приведенных к 25 °С.

11) Определяют угловое светопропускание испытуемого образца для каждого угла падения θ по формуле

$$\tau(\theta) = \frac{I_{к.з\ мод}(\theta)}{I_{к.з\ мод}(0) \cdot \cos(\theta)}. \quad (1)$$

Определяя угловое светопропускание, следует учитывать, что при низком уровне энергетической освещенности, т. е. при больших углах падения, энергетическая освещенность в плоскости рабочей поверхности испытуемого образца будет сильно снижена косинусоидальной зависимостью.

Если по результатам измерений при изменении энергетической освещенности ток короткого замыкания изменяется нелинейно, в результаты, полученные по формуле (1), следует внести поправку на нелинейность, выполняя полиномиальную аппроксимацию данных о токе короткого замыкания в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 61853-1—2013*, *раздел 9*.

12) Если полученные результаты не являются симметричными относительно θ = 0°, проверяют, является ли это следствием отклонения угла от заданного значения или же характеристики испытуемого образца действительно несимметричны. В первом случае уточняют результаты.

13) Если необходимо, для проведения измерений по второму направлению отключают измерительные приборы и повторяют этапы 6 и 7 или 2—7, устанавливая испытуемый образец в положение для вращения по второму направлению.

15) Проводят измерения для второго направления изменения угла падения, повторяя этапы 8—12.

6.3 Испытания при естественном солнечном освещении

6.3.1 Общие положения

Метод основан на измерениях тока короткого замыкания испытуемых фотоэлектрических модулей в широком диапазоне изменения угла падения одновременно с измерением соответствующих суммарной и прямой энергетической освещенности солнечного излучения, поступающего на нормально ориентированную поверхность, и суммарной энергетической освещенности в плоскости рабочей поверхности испытуемого образца, разделяя, таким образом, вклады от прямой и рассеянной составляющих солнечного излучения в ток короткого замыкания испытуемого образца.

Примечание — При применении данного метода следует учитывать, что для испытуемого образца должны быть выполнены следующие допущения:

- спектральная чувствительность испытуемого фотоэлектрического модуля в основном одинакова как для прямой, так и для рассеянной диффузной радиации;
- если доля энергетической освещенности прямого солнечного излучения в энергетической освещенности суммарного солнечного излучения, поступающего на нормально ориентированную поверхность, составляет более 85 % (как требуется по условиям испытаний), испытуемый образец одинаково реагирует на всю измеренную рассеянную диффузную энергетическую освещенность.

6.3.2 Испытательное оборудование

Для проведения испытаний требуется следующее испытательное оборудование.

a) Два эталонных фотоэлектрических прибора, отвечающие требованиям *ГОСТ Р МЭК 60904-2* с учетом изменений, повышающих точность и достоверность результатов измерений (*см. [7]*), с хорошим соответствием характеристик характеристикам испытуемого образца в требуемых диапазонах энергетической освещенности, спектрального распределения и температур.

Спектральная чувствительность эталонных приборов должна соответствовать спектральной чувствительности испытуемого образца, либо следует выполнить коррекцию на несовпадение спектральной чувствительности в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-7* (*см. также [8]*).

В диапазоне энергетической освещенности, в котором проводятся испытания, эталонные приборы должны иметь линейные характеристики в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-10.*

Один из эталонных приборов предназначен для определения энергетической освещенности суммарного солнечного излучения, поступающего на нормально ориентированную поверхность. Второй — для определения суммарной энергетической освещенности в плоскости рабочей поверхности испытуемого образца, и он должен быть откалиброван для измерений при различных углах падения. Этот эталонный прибор обязателен, если можно ожидать искажений измерений, обусловленных местоположением установки, в остальных случаях может быть достаточно пиранометра.

В качестве эталонных приборов рекомендуется использовать эталонный фотоэлектрический модуль того же типа и размера, что и испытуемый образец. В случае использования других вариантов эталонных приборов данные о несовпадении спектральных характеристик или оценке связанной с этим неопределенности результатов измерений должны быть внесены в протокол испытаний.

b) Калиброванный(ые) пиранометр(ы) вместо эталонных фотоэлектрических приборов, если необходимо.

c) Калиброванный пиргелиометр (*см. [10]*) для измерения энергетической освещенности прямого солнечного излучения, поступающего перпендикулярно рабочей поверхности испытуемого образца.

d) Двуосное устройство слежения за солнцем, отвечающее требованиям *ГОСТ Р 57229*, если необходимо, с регулируемым поворотным приспособлением, для размещения испытуемого образца и эталонного прибора или пиранометра, обеспечивающее:

- размещение испытуемого образца и эталонного прибора (или пиранометра) как можно ближе друг к другу (на расстоянии не более 0,3 м) таким образом, чтобы их рабочие поверхности были копланарны;
- возможность изменения угла наклона испытуемого образца измерительного прибора в диапазоне от –90° до +90° так, чтобы можно было установить максимальные углы падения, по крайней мере +80° и –80° в обоих направлениях;
- возможность изменения угла наклона испытуемого образца и измерительного прибора с минимальным шагом не более 5° или не более требуемого в 6.3.4, этап 8;
- точность установки испытуемого образца и измерительного прибора под заданными углами наклона не менее ±1°;
- одинаковую энергетическую освещенность рабочих поверхностей испытуемого образца и измерительного прибора при любом угле падения.

Примечание — Если установлено, что оптические свойства испытуемого образца по обоим направлениям симметричны, достаточно, чтобы устройство слежения обеспечивало максимальные углы падения не менее +80° и –80° по одному направлению.

Если установлено, что оптические свойства испытуемого образца симметричны по данному направлению в обе стороны, достаточно, чтобы устройство слежения обеспечивало максимальные углы падения не менее 80° в одну сторону по этому направлению.

Оси вращения должны проходить через центр испытуемого образца. Ось вращения не должна меняться в течение всего времени испытаний. Эталонный прибор должен поворачиваться вокруг оси вращения испытуемого образца.

e) Двуосное устройство слежения за солнцем для установки второго эталонного прибора/пиранометра и пиргелиометра (если их невозможно установить на том же устройстве слежения, что и испытуемый образец, таким образом, чтобы их рабочие поверхности были перпендикулярны прямым солнечным лучам и не затенены в течение всех измерений), отвечающее требованиям *ГОСТ Р 57229*.

Примечание — Может быть достаточно одноосных устройств слежения, но в этом случае необходима корректировка проведения испытаний для учета отклонения угла падения от заданных значений, обусловленного отклонением устройства слежения от направления на солнце.

g) Средства для измерения температуры окружающей среды, испытуемого образца и эталонных приборов с точностью ±1 °C и повторяемостью ±0,5 °C. В том числе четыре датчика для измерения температуры испытуемого образца (см. 6.3.4, этап 1). Постоянная времени датчика температуры окружающей среды должна быть не больше постоянной времени испытуемого образца.

h) Приборы для измерения тока короткого замыкания испытуемого образца и выходного сигнала эталонных приборов с точностью не менее ±0,2 % от измеряемой величины при 1000 Вт/м^2 (см. *ГОСТ Р МЭК 60904-1*).

i) Прибор для проверки копланарности рабочих поверхностей эталонного прибора и испытуемого образца в пределах угла ±2°.

j) Средства определения угла падения с точностью не менее ±0,5° и, если необходимо, средства проверки угла наклона испытуемого образца с точностью не менее ±1°. Поворота испытуемого образца на устройстве слежения на заданный угол может быть не достаточно для того, чтобы точность определения угла падения составляла не менее ±0,5°, даже если устройство слежения обладает гораздо большей точностью слежения. Возможно использование расчетных углов расположения солнца совместно с углами положения устройства слежения, использование показаний цифрового инклинометра в случае, когда угол наклона меняется только по возвышению, или цифрового транспортира, оснащенного средствами ориентации на солнце.

Примечание — Определение угла падения с точностью не менее ±0,5° является обязательным требованием. Меньшая точность приводит при больших углах падения к значительной неопределенности измерений, обусловленной косинусоидальной зависимостью.

k) Защитный(ые) экран(ы) для защиты от солнца и ветра рабочих поверхностей испытуемого образца и приборов для определения энергетической освещенности, или средства, создающие условия для снижения их температуры ниже требуемого значения, или средства регулирования и поддержания их температуры.

l) Прибор для измерения напряжения холостого хода испытуемого образца с точностью не менее ±0,2 % от измеряемой величины при 1000 Вт/м^2, если температуру испытуемого образца определяют как эквивалентную температуру методом измерения напряжения холостого хода по *ГОСТ Р МЭК 60904-5*.

m) Анемометр с диапазоном измерений не менее чем от 0,25 до 4 м/с .

n) Система сбора данных, обеспечивающая при всех значениях угла падения регистрацию следующих данных:

- угла падения (угла поворота испытуемого образца);
- выходного сигнала прибора, используемого для определения энергетической освещенности суммарного солнечного излучения, поступающего на рабочую поверхность испытуемого образца;
- выходного сигнала прибора, используемого для определения энергетической освещенности суммарного солнечного излучения, поступающего на нормально ориентированную поверхность;
- выходного сигнала пиргелиометра (энергетической освещенности прямого солнечного излучения, поступающего на нормально ориентированную поверхность);
- тока короткого замыкания испытуемого образца;
- температуры по показаниям каждого из датчиков температуры, установленных на испытуемом образце, или напряжения холостого хода испытуемого образца (если температуру испытуемого образца определяют методом измерения напряжения холостого хода);
- температуры эталонных приборов (если необходимо);
- температуры окружающей среды;
- скорости ветра;

а также спектрального распределения энергетической освещенности (если спектральная чувствительность эталонного прибора не соответствует спектральной чувствительности испытуемого образца или используют пиранометр).

Измерения тока короткого замыкания испытуемого образца и выходного сигнала эталонных приборов должны выполняться одновременно (с разницей не более 1 мс). Бóльшая разница (более одной секунды) также допустима, но при этом должно быть проверено отсутствие значимых (см. 6.3.3) изменений энергетической освещенности путем измерения суммарной энергетической освещенности до и после проведения измерений тока короткого замыкания испытуемого образца.

р) Спектрорадиометр, обеспечивающий измерение спектрального распределения энергетической освещенности в диапазонах спектральной чувствительности испытуемого образца и эталонного прибора, если необходимы поправки на несовпадение их спектральных характеристик.

6.3.3 Условия испытаний

Испытания должны проводиться не более чем в течение одного часа в окрестности солнечного полдня при минимальных изменениях спектрального распределения энергетической освещенности, минимальных изменениях отношения прямой и рассеянной составляющих энергетической освещенности. Колебания суммарной энергетической освещенности во время измерений должны быть не более ±1 % (колебания, обусловленные облаками, дымкой или дымом), колебания скорости ветра — не более 4 м/с. Энергетическая освещенность за весь период измерений ВАХ не должна изменяться более чем на 2 %.

Доля энергетической освещенности прямого солнечного излучения, поступающего на нормально ориентированную поверхность, в энергетической освещенности суммарного солнечного излучения, поступающего на эту поверхность, должна быть выше 85 %. Это соответствует условию, когда при поступлении излучения под прямым углом к рабочей поверхности испытуемого образца доля рассеянного диффузного солнечного излучения составляет менее 15 % от суммарного солнечного излучения.

Так как солнечное излучение поступает на рабочую поверхность испытуемого образца под очень широким углом, от –90° до +90°, следует избегать нежелательных отражений или затенения от объектов или зданий, попадающих в поле зрения испытуемого образца. Почва под и вокруг испытуемого образца не должна иметь высокую отражательную способность (альбедо) и должна быть относительно плоской и ровной или понижаться во всех направлениях от испытательной установки. Примерами допустимых естественных поверхностей являются травянистый покров или грунт.

***6.3.4* Проведение испытаний**

1) Устанавливают датчики температуры на тыльной поверхности испытуемого образца непосредственно за фотоэлектрическими элементами в четырех точках, как указано на рисунке 2. При испытании модулей с фотоэлектрическими элементами из кристаллического кремния датчики закрепляют напротив центров фотоэлектрических элементов. При испытании тонкопленочных фотоэлектрических модулей место размещения датчиков не должно совпадать с центрами фотоэлектрических элементов.

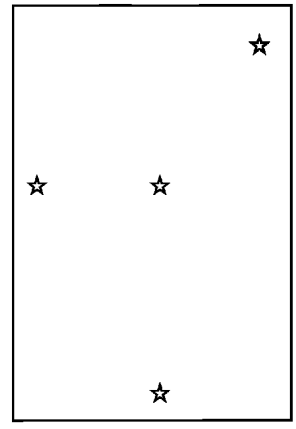

Рисунок 2 — Размещение датчиков температуры на тыльной поверхности испытуемого образца

2) Устанавливают испытуемый образец и эталонный прибор/пиранометр, предназначенный для определения суммарной энергетической освещенности в плоскости рабочей поверхности испытуемого

образца, на двуосном устройстве слежения за солнцем. Испытуемый образец и эталонный прибор/пиранометр устанавливают как можно ближе друг к другу (на расстоянии не более 0,3 м) таким образом, чтобы рабочие поверхности эталонного прибора и испытуемого образца были копланарны с отклонением в пределах угла ±2°.

Испытуемый образец и эталонный прибор/пиранометр устанавливают таким образом, чтобы солнечное излучение поступало перпендикулярно их рабочим поверхностям.

Это начальное положение испытуемого образца. Угол падения θ, как и угол наклона испытуемого образца, равен нулю.

Если используют одно устройство слежения за солнцем для установки испытуемого образца и всех приборов для определения энергетической освещенности, устанавливают испытуемый образец и указанный эталонный прибор/пиранометр на регулируемом поворотном приспособлении.

3) Устанавливают на отдельном устройстве слежения за солнцем второй эталонный прибор или пиранометр и пиргелиометр таким образом, чтобы солнечное излучение поступало перпендикулярно их воспринимающим поверхностям.

Установленную ориентацию эталонного прибора или пиранометра и пиргелиометра следует поддерживать в течение всех измерений.

Второй эталонный прибор или пиранометр могут быть установлены на том же устройстве слежения, что и испытуемый образец, если возможно обеспечить, чтобы их рабочие поверхности были перпендикулярны прямым солнечным лучам и не затенены в течение всех измерений.

4) Подключают необходимое измерительное оборудование, используя независимые провода минимально возможной длины.

5) Если испытуемый образец и приборы для определения энергетической освещенности снабжены средствами регулирования температуры, устанавливают требуемое значение температуры (рекомендуемое значение температуры (25 ± 1) °С, рекомендуемый диапазон температуры от 25 до 50 °С). Если такое регулирование температуры отсутствует:

a) обеспечивают стабилизацию температуры испытуемого образца и приборов для определения энергетической освещенности в течение не менее 15 минут и убеждаются, что показания датчиков температуры отличаются на не более чем на 5 °С друг от друга, или

b) защищают испытуемый образец и приборы для определения энергетической освещенности от солнца и ветра и дожидаются, когда их температуры установятся на уровне температуры окружающей среды с отклонением в пределах ±2 °С, или

c) создают условия, при которых температуры испытуемого образца и приборов для определения энергетической освещенности станут ниже требуемого значения, после чего дают им нагреться до требуемого значения температуры естественным путем.

Примечание — В процессе нагрева средняя температура элемента может отличаться от средней температуры тыльной поверхности модуля. В этом случае может быть использован метод определения температуры по изменению напряжения холостого хода, установленный в *ГОСТ Р МЭК 60904-5*.

6) После того как температура испытуемого образца и эталонного прибора стабилизируется на выбранном значении, удаляют защитный экран (если он используется) и при $\theta = 0°$ в течение минимально возможного интервала времени выполняют не менее трех измерений следующего набора данных: тока короткого замыкания испытуемого образца, показаний датчиков температуры испытуемого образца или напряжения холостого хода испытуемого образца (если температуру испытуемого образца определяют, используя метод измерения напряжения холостого хода), выходных сигналов приборов для измерения энергетической освещенности и, если необходимо, их температуры, спектрального распределения энергетической освещенности с помощью спектрорадиометра (если спектральная чувствительность эталонного прибора не соответствует спектральной чувствительности испытуемого образца или используют пиранометр).

При испытаниях тонкопленочных модулей требуется соблюдать осторожность, поскольку работа при токе короткого замыкания может послужить причиной повреждений испытуемого образца. В случае повреждений следует проверить стабильность тока короткого замыкания. Если изменения тока короткого замыкания при стандартных условиях испытаний (СУИ) составляют более 1 %, такие измерения не учитываются. Однако повторение измерений может привести к стабилизации результатов, поэтому, если возможно, следует выполнить повторные измерения, но при этом необходимо проверять стабильность тока короткого замыкания при каждом измерении.

Примечание — Для испытуемых образцов с неоднородной или текстурированной рабочей поверхностью необходимо контролировать направление изменения угла падения с тем, чтобы измерения были проведены в двух ортогональных направлениях относительно системы координат испытуемого образца.

Необходимо контролировать, чтобы в течение регистрации всех данных одной точки измерений температура испытуемого образца и температура эталонного прибора оставались постоянными с отклонением в пределах ±1 °С, а энергетическая освещенность, измеряемая эталонным прибором, оставалась постоянной с отклонением в пределах ±1 % (колебания, обусловленные облаками, дымкой или дымом).

Если невозможно провести все три измерения в течение минимально возможного интервала времени, перед каждым измерением стабилизируют температуры испытуемого образца и приборов для определения энергетической освещенности, как указано на этапе 5.

7) Поддерживая температуру испытуемого образца на установленном в начале испытаний уровне, поворачивают испытуемый образец вокруг оси вращения в выбранном направлении, изменяют угол падения на один шаг, изменяя угол между нормалью к плоскости рабочей поверхности испытуемого образца и направлением на солнце, и повторяют этапы 5 и 6 для этого угла падения.

8) Если это возможно, повторяют этапы 5—7, каждый раз проводя все измерения при $\theta = 0°$, а затем, изменяя угол падения на еще один шаг, проводят все измерения при следующем значении угла падения, пока не будут сняты показания при всех значениях угла падения.

Если испытательное оборудование не позволяет перед каждым изменением угла падения возвращаться к $\theta = 0°$ и повторять измерения при $\theta = 0°$, то после однократного выполнения этапа 6 многократно выполняют этап 7, последовательно изменяя угол падения по выбранному направлению в обе стороны от $\theta = 0°$ до предельных значений угла падения, аналогично 6.2.3, этап 9.

Угол падения последовательно изменяют по выбранному направлению в обе стороны от $\theta = 0°$ до предельных значений угла падения с шагом не более 10° в диапазоне от –60° до +60° и с шагом не более 5° вне этого диапазона. Предельные углы наклона испытуемого образца не менее ±80°. Точность установки угла наклона испытуемого образца должна быть не менее ±1°, точность определения угла падения должна быть не менее ±0,5°.

Примечание — Если оптические свойства испытуемого образца симметричны относительно оси вращения, может быть достаточно выполнить измерения при изменении угла падения в одну сторону.

Энергетическая освещенность за весь период измерений не должна изменяться более чем на 2 %.

9) Проводят измерения для второго направления изменения угла падения, повторяя этапы 5—8.

10) Для каждого измерения каждого угла падения определяют:

- энергетическую освещенность суммарного солнечного излучения, поступающего на рабочую поверхность испытуемого образца E_{tpoa}, по показаниям эталонного прибора или пиранометра, установленного на том же устройстве слежения, что и испытуемый образец;
- энергетическую освещенность прямого солнечного излучения, поступающего на нормально ориентированную поверхность E_{dni}, по показаниям пиргелиометра;
- энергетическую освещенность суммарного солнечного излучения, поступающего на нормально ориентированную поверхность E_{gni}, по показаниям эталонного прибора или пиранометра, установленного на том же устройстве слежения, что и пиргелиометр.

Как правило, измеряемым выходным сигналом эталонного прибора является ток короткого замыкания. В этом случае суммарную энергетическую освещенность E определяют по измеренному значению тока короткого замыкания эталонного прибора $I_{к.з.э}$ и его калибровочному значению, измеренному при СУИ, $I_{к.з.э\ СУИ}$. Для учета отличия температуры эталонного прибора во время измерений $T_э$ от температуры, при которой проводилась его калибровка, в уравнение для определения E вводится поправка, используя температурный коэффициент тока для эталонного прибора $\alpha_э$ (1/°С), который задается при СУИ, и расчет проводят по формуле

$$E = \frac{E_{СУИ} \cdot I_{к.з.э}}{I_{к.з.э\ СУИ}}[1 - \alpha_э \cdot (T_э - T_{э\,СУИ})], \quad (2)$$

где $E_{СУИ}$ — суммарная энергетическая освещенность при СУИ, на которую откалиброван эталонный прибор, 1000 Вт/м^2;

$T_{э\ СУИ}$ — температура, при которой была выполнена калибровка эталонного прибора, 25 °С.

Примечание — Вместо токов короткого замыкания могут быть использованы значения максимальной мощности и, соответственно, температурный коэффициент мощности эталонного прибора, и энергетическая освещенность найдена по формуле, аналогичной формуле (2).

Если спектральная чувствительность эталонного прибора отличается от спектральной чувствительности испытуемого образца или для определения энергетической освещенности использован пиранометр, следует выполнить коррекцию всех измеренных значений энергетической освещенности и рассчитать эффективную энергетическую освещенность испытуемого образца для спектра АМ 1,5 в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-7* и *ГОСТ Р МЭК 60904-3* с учетом изменений методики, повышающих точность и достоверность результатов (*см. [8]*) и последних данных по спектру АМ 1,5 (*см. [9]*).

Суммарная энергетическая освещенность за весь период измерений не должна изменяться более чем на 2 %, в противном случае испытания следует повторить.

11) Удаляют все наборы данных, для которых отношение E_{dni}/E_{gni} равно 0,85 и менее.

12) Рассчитывают суммарную энергетическую освещенность в плоскости рабочей поверхности испытуемого образца для угла падения $\theta = 0°$ $E_{poa}(0)$, осредняя все значения E_{poa} для угла падения $\theta = 0°$.

Рассчитывают рассеянную диффузную составляющую энергетической освещенности в плоскости рабочей поверхности испытуемого образца E_{diff} при каждом угле падения θ для каждого измерения, используя соответствующие величины E_{dni} и E_{poa},

$$E_{diff}(\theta) = E_{poa}(\theta) - E_{dni}(\theta)\cos(\theta) \quad (3)$$

и находят среднее значение для каждого угла падения.

13) Определяют значения тока короткого замыкания испытуемого образца $I_{к.з\ мод}(\theta)$ для каждого угла падения, выполняя следующее.

Рассчитывают температуру испытуемого образца для каждого угла падения $T_{мод}(\theta)$ как среднее значение показаний всех датчиков температуры. Максимальное отклонение показаний температуры датчиков от среднего значения не должно превышать 5 °С.

Если для определения температуры испытуемых образцов использовался альтернативный метод — определение эквивалентной температуры методом измерения напряжения холостого хода, то определяют температуру испытуемого образца при каждом угле падения для каждого измерения как эквивалентную температуру по *ГОСТ Р МЭК 60904-5.*

Для измерения каждого угла падения приводят значения токов короткого замыкания $I_{к.з\ мод\ изм}(\theta)$ к температуре испытуемого образца 25 °С (температуре СУИ), используя температурный коэффициент тока испытуемого образца $\alpha_{к.з\ мод}$ с размерностью 1/°С по формуле

$$I_{к.з}(\theta) = I_{к.з\ мод\ изм}(\theta)/(1 + \alpha_{к.з\ мод} \cdot (T_{мод}(\theta) - 25)). \quad (4)$$

Находят значение тока короткого замыкания испытуемого образца $I_{к.з\ мод}(\theta)$ для каждого угла падения как среднее значение всех токов короткого замыкания, измеренных при этом угле падения, приведенных к 25 °С, в том числе рассчитывают ток короткого замыкания испытуемого образца для угла падения $\theta = 0°$ $I_{к.з\ мод}(0)$.

14) Определяют относительное светопропускание испытуемого образца для каждого угла падения θ по формуле

$$\tau(\theta) = \frac{I_{к.з\ мод}(\theta) \cdot E_{poa}(0) - I_{к.з\ мод}(0) \cdot E_{diff}(\theta)}{I_{к.з\ мод}(0) \cdot E_{dni}(\theta) \cdot \cos(\theta)}. \quad (5)$$

6.4 Интерполяция углового светопропускания

Угловое светопропускание $\tau(\theta)$, определенное в 6.2 или 6.3 для отдельных значений углов падения, может быть аппроксимировано в виде непрерывной аналитической функции, связывающей косинус угла падения и относительное светопропускание.

В случае плоских лицевых поверхностей может быть использовано следующее выражение:

$$\tau(\theta) = \frac{1 - \exp\frac{-\cos(\theta)}{a_r}}{1 - \exp\frac{-1}{a_r}}. \quad (6)$$

Параметр a_r определяют по данным измерений, полученным в 6.2, при помощи соответствующей регрессионной процедуры. В результате такой процедуры должны быть определены три значащих разряда величины a_r, а также выполнена оценка неопределенности.

7 Определение коэффициентов для расчета рабочей температуры

7.1 Общие положения

Цель испытаний — определить зависимость рабочей температуры фотоэлектрического модуля при конкретном способе установки от температуры окружающей среды, энергетической освещенности и скорости ветра.

Метод основан на получении и обработке статистических данных о значениях температуры фотоэлектрического модуля, установленного определенным образом, измеренных в натурных условиях в течение длительного периода времени при широком диапазоне значений температуры окружающей среды, энергетической освещенности и скорости ветра.

Температура фотоэлектрического модуля $T_{мод}$ в основном зависит от температуры окружающей среды T_{amb}, скорости ветра и энергетической освещенности рабочей поверхности модуля. Разница температур ($T_{мод} - T_{amb}$) практически не зависит от температуры окружающей среды и в общем случае прямо пропорциональна энергетической освещенности при 400 Вт/м^2 и выше в соответствии со следующей формулой

$$T_{мод} - T_{amb} = \frac{1}{(u_0 + u_1 v)} E, \tag{7}$$

где u_0 — коэффициент, учитывающий влияние на температуру фотоэлектрического модуля энергетической освещенности;

u_1 — коэффициент, учитывающий влияние на температуру фотоэлектрического модуля скорости ветра;

v — скорость ветра.

Примечание — В общем случае оба коэффициента зависят от способа установки фотоэлектрического модуля.

Откуда рабочая температура фотоэлектрического модуля определяется по формуле

$$T_{мод} = \frac{1}{(u_0 + u_1 v)} E - T_{amb}. \tag{8}$$

Таким образом, метод сводится к определению коэффициентов u_0 и u_1 на основе обработки полученных статистических данных.

Неопределенность определения рабочей температуры фотоэлектрического модуля по формуле (*8*) связана с влиянием таких факторов, как конфигурация установки фотоэлектрических модулей, температура неба, преобладающие направления ветра, сезонные изменения и т. п., которые в основном зависят от места размещения фотоэлектрического модуля. Для оценки влияния указанных факторов необходимо выполнить испытания по настоящему разделу для каждого из возможных вариантов размещения.

Температура окружающей среды вокруг испытуемого фотоэлектрического модуля может быть неравномерной и изменяться из-за неоднородности и изменений температурных условий измерений (разные значения и отдельные изменения значений температуры неба, температуры почвы и т. п.). Для учета такой неравномерности и изменений может применяться коррекция температуры окружающей среды в пределах ±5 °С. Для этого необходимо рядом с испытуемым образцом расположить два эталонных фотоэлектрических модуля (по одному с каждой стороны) и установить на них датчики температуры, аналогично тому, как они установлены на испытуемом образце, провести измерения и обработку данных по настоящему разделу и определить среднее отклонение по значениям температуры эталонных модулей. Для учета неравномерности и изменений температурных условий измерений при определении номинальной рабочей температуры модуля (НРТМ) измерения по настоящему разделу должны быть проведены с двумя эталонными модулями и испытуемым образцом на протяжении не менее шести месяцев.

Если не предполагается определять более горячие фотоэлектрические элементы («горячие точки») испытуемого образца при естественном солнечном освещении в процессе испытаний, то перед проведением испытаний более горячие фотоэлектрические элементы должны быть выявлены, например, используя *ГОСТ Р 56980—2016, подраздел 10.9* (*см. также [11], 4.9*). Рекомендуется проверить испытуемый образец на наличие «горячих точек» до начала испытаний по настоящему разделу.

7.2 Испытательное оборудование

Для проведения испытаний требуется следующее испытательное оборудование.

a) Эталонный фотоэлектрический прибор, отвечающий требованиям *ГОСТ Р МЭК 60904-2* с учетом изменений, повышающих точность и достоверность результатов измерений (см. [7]), с хорошим соответствием характеристикам испытуемого образца в требуемых диапазонах энергетической освещенности, спектрального распределения и температур.

Спектральная чувствительность эталонных приборов должна соответствовать спектральной чувствительности испытуемого образца, либо следует выполнить коррекцию на несовпадение спектральной чувствительности в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-7* (см. также [8]).

В диапазоне энергетической освещенности, в котором проводятся испытания, эталонные приборы должны иметь линейные характеристики в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-10.*

В качестве эталонного прибора рекомендуется использовать эталонный фотоэлектрический модуль того же типа и размера, что и испытуемый образец. В случае использования других вариантов эталонного прибора данные о несовпадении спектральных характеристик или оценке связанной с этим неопределенности результатов измерений должны быть внесены в протокол испытаний.

Примечание — Если определяют поправку на неравномерность и изменения температуры окружающей среды (см. 7.1), необходимо два эталонных прибора, и это должны быть фотоэлектрические модули того же типа и размера, что и испытуемый образец.

b) Открытая стойка, позволяющая устанавливать испытуемый образец и эталонный прибор или пиранометр в соответствии с требованиями 7.3.2. Стойка должна быть теплоизолирована от испытуемого(ых) образца(ов) и обеспечивать условия для свободного отвода тепла с его поверхностей.

c) Фотоэлектрические модули той же конструкции, что и испытуемый образец, для заполнения открытых областей плоской поверхности открытой стойки (действующие или в нерабочем состоянии), если необходимо.

d) Средства установки испытуемого образца в соответствии с рекомендациями изготовителя вместо открытой стойки, с учетом требований перечисления b), если конструкция испытуемого образца не предназначена для установки на открытой стойке.

e) Прибор для проверки копланарности рабочих поверхностей эталонного прибора и типичного ФМ, рядом с которым устанавливают эталонный прибор, в пределах угла ±2°.

Примечание — Для проверки параллельности плоскостей допускается использовать цифровой уровень или иное калиброванное устройство.

f) Активная нагрузка, обеспечивающая работу испытуемого образца вблизи точки его максимальной мощности, или электронное устройство слежения за точкой максимальной мощности. Значение нагрузки должно быть внесено в протокол испытаний.

g) Средства для измерения температуры окружающей среды, испытуемого образца и, если необходимо, эталонного(ых) прибора(ов) с точностью ±1 °C и повторяемостью ±0,5 °C. В том числе четыре датчика для измерения температуры испытуемого образца (см. 7.4, этап 1) и затеняющий корпус с достаточной вентиляцией для установки датчика температуры окружающей среды. Постоянная времени датчика температуры окружающей среды должна быть не больше постоянной времени испытуемого образца.

h) Анемометр с диапазоном измерений не менее чем от 0,25 до 10 м/с.

i) Тепловизор и другие средства для определения более горячих фотоэлектрических элементов («горячих точек») испытуемого образца, если необходимо.

j) Средства защиты испытуемого образца от местного перегрева, рекомендованные изготовителем.

k) Система сбора данных, обеспечивающая с интервалом опроса не более 5 с регистрацию следующих параметров:

- выходного сигнала эталонного прибора или пиранометра;
- температуры по показаниям каждого из датчиков температуры, установленных на испытуемом образце;
- температуры эталонного(ых) прибора(ов), если необходимо;
- температуры окружающей среды;
- скорости ветра.

7.3 Условия испытаний

7.3.1 Условия окружающей среды

Испытания проводят в ясные солнечные дни при отсутствии облаков вокруг солнца в период от 4 ч до солнечного полдня и до 4 ч после солнечного полдня. Рассеянная диффузная составляющая энергетической освещенности не должна превышать 20 % от суммарной энергетической освещенности для тонкопленочных ФМ и 30 % для всех остальных (за исключением случаев, когда условия эксплуатации предполагают наличие большей диффузной составляющей).

7.3.2 Установка испытуемого образца

Испытуемый образец должен быть установлен с наклоном (37,5 ± 2,5)° к горизонтали и ориентацией рабочей поверхности на юг. Значение угла наклона испытуемого образца должно быть внесено в протокол испытаний.

Нижний край испытуемого образца должен находиться на высоте не менее 0,6 м от горизонтальной поверхности или уровня земли.

Для моделирования тепловых условий фотоэлектрических модулей в фотоэлектрической батарее испытуемый образец должен быть установлен на плоской поверхности, которая выходит за пределы испытуемого образца на 0,6 м или более во всех направлениях. Открытые области этой плоской поверхности должны быть заполнены, помимо эталонного модуля (если он используется), фотоэлектрическими модулями той же конструкции, что и испытуемый образец. Кроме того, за испытуемым образцом в восточном и западном направлениях, т. е. в обе стороны от испытуемого образца, если смотреть на него со стороны рабочей поверхности, должен быть установлен экран, ширина которого составляет две ширины испытуемого образца, или 0,6 м в зависимости от того, какое из этих значений больше (для имитации следующего ряда фотоэлектрических модулей в фотоэлектрической батарее).

Должно отсутствовать затенение испытуемого образца сторонними объектами в течение периода от 4 ч до местного солнечного полдня и до 4 ч после местного солнечного полдня. Поверхность земли под и вокруг стойки, на которой установлен испытуемый образец, не должна иметь аномально высокую отражающую способность по отношению к солнечному свету и должна быть относительно плоской или понижаться во всех направлениях от стойки. Примерами допустимых естественных поверхностей являются травянистый покров или грунт.

В том случае, когда конструкция испытуемого образца не позволяет установить его на открытой стойке, испытуемые образцы устанавливают в соответствии с рекомендациями изготовителя.

7.3.3 Режим работы испытуемого образца

Испытуемый образец должен работать вблизи точки максимальной мощности.

7.4 Проведение испытаний

1) Устанавливают датчики температуры на тыльной (неосвещенной солнцем) поверхности испытуемого образца непосредственно за фотоэлектрическими элементами в четырех точках, как указано на рисунке 2. При испытании модулей с фотоэлектрическими элементами из кристаллического кремния датчики закрепляют напротив центров фотоэлектрических элементов. При испытании тонкопленочных фотоэлектрических модулей место размещения датчиков не должно совпадать с центрами фотоэлектрических элементов.

Датчики температуры не должны размещаться за «горячими точками» испытуемого образца. Если эти точки не определены до начала испытаний (см. 7.1), датчики температуры могут быть установлены после определения «горячих точек» на этапе 8.

2) Устанавливают испытуемый образец, как указано в 7.3.2.

3) Устанавливают эталонный прибор/пиранометр как можно ближе к испытуемому образцу (на расстоянии не более 0,3 м) таким образом, чтобы рабочие поверхности эталонного прибора и испытуемого образца были копланарны с отклонением в пределах угла ±2°.

4) Устанавливают все рекомендуемые изготовителем средства защиты испытуемого образца от местного перегрева (средства, предотвращающие образование «горячих точек»), рекомендованные изготовителем.

5) Устанавливают датчик температуры окружающей среды в затеняющем корпусе с достаточной вентиляцией и анемометр рядом с испытуемым образцом примерно на 0,7 м выше верхнего края испытуемого образца так, чтобы они не затеняли рабочую поверхность испытуемого образца.

6) Подключают необходимое измерительное оборудование, используя независимые провода минимально возможной длины.

7) Если наличие у испытуемого образца «горячих точек» было проверено до начала испытаний, переходят к этапу 9.

Если наличие у испытуемого образца «горячих точек» не было проверено до начала испытаний, выполняют проверку с помощью тепловизора. Проверку проводят в ясный солнечный день при максимальной энергетической освещенности (близко к солнечному полдню), поддерживая испытуемый образец в режиме генерации максимальной мощности или близком к нему при помощи активной нагрузки или устройства слежения за точкой максимальной мощности.

8) Если датчики температуры испытуемого образца установлены на этапе 1 и ни один из них не размещен за более горячим фотоэлектрическим элементом, переходят к следующему этапу.

Если датчики температуры испытуемого образца установлены на этапе 1 и какой-либо из них оказался установленным за наиболее горячим фотоэлектрическим элементом, изменяют положение такого датчика на наиболее близкое, за фотоэлектрическим элементом с обычной, неповышенной температурой.

Если датчики температуры испытуемого образца не были установлены ранее, устанавливают их, как указано для этапа 1.

9) Поддерживая испытуемый образец в режиме генерации максимальной мощности или близком к нему при помощи активной нагрузки или устройства слежения за точкой максимальной мощности, в подходящие ясные солнечные дни (см. 7.3.1) регистрируют изменение во времени следующих данных: показаний датчиков температуры испытуемого образца, температуры окружающей среды, скорости ветра, выходного сигнала прибора для измерения энергетической освещенности и, если необходимо, его температуры с интервалом регистрации не более 1 с. Все данные должны регистрироваться в течение не менее 5 секунд с тем, чтобы уловить порывы ветра с мгновенной скоростью вне диапазона от 0,25 до 10 м/с.

Измерения проводят не менее чем в течение 10 ясных солнечных дней в течение периода времени от 4 ч до солнечного полдня и до 4 ч после солнечного полдня. Количество дней измерений определяют исходя из требований к количеству и периоду измерений наборов данных, отвечающих критериям отбора, указанным на этапе 10.

Если модули подвергаются загрязнению, поверхность модулей следует очищать не реже одного раза в неделю или чаще.

10) Удаляют все данные, полученные при следующих условиях:

- энергетическая освещенность ниже 400 Вт/м^2;
- в 10-минутном интервале после того, как в предыдущем 10-минутном интервале изменение энергетической освещенности от наибольшего до наименьшего значения составляло более 10 %;
- в 10-минутном интервале после того момента, когда скорость ветра стала меньше 0,25 м/с, или того момента, когда порывы ветра стали превышать на 200 % и более скользящую среднюю скорости ветра за 5 минут;
- все данные, когда значение скользящей средней скорости ветра меньше 1 м/с или больше 8 м/с. Эта скользящая средняя должна рассчитываться после удаления данных о низкой скорости и порывах ветра.

Если после удаления указанных данных оставшиеся наборы изменяющихся во времени данных удовлетворяют условию: должны быть получены наборы данных не менее чем для десяти различных дней, для каждого из которых должно быть не менее десяти наборов данных до солнечного полдня и не менее десяти наборов данных после солнечного полдня, переходят к обработке результатов (см. 7.5). Если оставшихся наборов данных недостаточно, повторяют этапы 9 и 10 до тех пор, пока не будет получено достаточное количество наборов данных.

Даты начала и конца измерений заносят в протокол испытаний.

7.5 Обработка результатов измерений

1) Для каждого набора изменяющихся во времени данных определяют средние значения показаний всех датчиков температуры, установленных на испытуемом образце.

Используя полученные средние значения температуры испытуемого образца, рассчитывают разницу между температурой по показаниям каждого датчика и средним значением. Удаляют данные датчика с наибольшей разницей и пересчитывают среднее значение температуры испытуемого образца $T_{мод}$ по показаниям оставшихся трех датчиков.

2) Используя пятиминутное осреднение скорости ветра, определяют наборы данных при скорости ветра не менее 4 м/с.

3) Строят график $E(T_{мод} - T_{amb})$ как функцию осредненной за пять минут скорости ветра. При помощи линейной регрессии определяют смещение и наклон (u_1 и u_0) линейной зависимости.

Значения u_0 и u_1 заносят в протокол испытаний.

Значения u_0 и u_1 могут значительно изменяться в зависимости от местоположения и сезона, в который проводятся измерения, поэтому важно либо указать неопределенности при проведении испытаний, либо поправку для проведения коррекции по сезону.

Если условия испытаний не охватывают весь диапазон условий эксплуатации по температуре окружающей среды, энергетической освещенности и скорости ветра, для работы в которых предназначен испытуемый фотоэлектрический модуль, должна быть оценена связанная с этим неопределенность результатов испытаний.

8 Протокол испытаний

Протокол испытаний оформляется испытательной лабораторией, проводившей испытания, в соответствии с *ГОСТ ИСО/МЭК 17025.* Протокол испытаний должен содержать, как минимум, следующие данные:

a) наименование документа;

b) наименование и адрес испытательной лаборатории и указание места, где были проведены испытания или поверки;

c) уникальную идентификацию протокола и каждой страницы;

d) наименование и адрес заказчика, когда это необходимо;

e) количество отобранных образцов и, когда это необходимо, описание процедуры отбора образцов;

f) серийный номер и дату изготовления образцов в виде, позволяющем определить ведомости материалов;

g) дату получения образцов и дату(ы) испытаний и поверок (если они выполнялись);

h) описание и идентификацию образцов до испытаний. Если испытания были проведены на замещающих образцах, а не на полноразмерных образцах, это должно быть ясно отражено в протоколе, с описанием отличий замещающего образца от полноразмерного;

i) характеристику и состояние испытанных образцов;

j) последовательность выполнения основных испытаний (последовательно или параллельно) и их описание;

k) описания всех отклонений, дополнений или исключений в процедурах испытаний и поверок. В том числе описания отклонений, связанных с тем, что испытанными образцами являются прототипы серийных фотоэлектрических модулей или фотоэлектрических модулей, выполненных по индивидуальному заказу, изготовленных на опытном или нестандартном оборудовании. А также любую иную информацию, относящуюся к конкретному испытанию, например описание условий окружающей среды, угол наклона испытуемых образцов, при котором проводились испытания по определению коэффициентов для расчета рабочей температуры, и т. п.;

l) для каждого испытанного образца результаты измерений, проверок и расчетов для определения зависимостей выходных характеристик испытанных фотоэлектрических модулей от угла падения, его рабочей температуры и его спектральной чувствительности, сопровождаемые необходимыми таблицами, графиками, схемами, рисунками и фотографиями;

m) чертеж с указанием наклона и азимутальной ориентации для оптически несимметричных испытанных образцов;

n) оценку неопределенности (погрешности) полученных в испытаниях результатов (если необходимо);

p) должность и подпись либо равноценную идентификацию лиц, отвечающих за содержание протокола испытаний, а также дату его составления;

q) положение о том, что полученные результаты относятся только к испытанным образцам или калиброванным/ поверенным приборам, если это необходимо;

r) положение о том, что для сохранения сертификации соответствия изготовитель должен сообщать и согласовывать с испытательной лабораторией и сертифицирующей организацией все проводимые им изменения;

s) положение о том, что данный протокол испытаний не может быть воспроизведен иначе как полностью без письменного разрешения опубликовавшей его лаборатории.

Изготовитель должен хранить копию протокола испытаний в качестве справочного материала.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных и национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного межгосударственного, национального стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ ИСО/МЭК 17025—2009	IDT	ISO/IEC 17025:2005 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий»
ГОСТ Р 56980—2016 (МЭК 61215:2005)	MOD	IEC 61215:2005 «Модули фотоэлектрические наземные из кристаллического кремния. Оценка конструкции и утверждение по образцу»
ГОСТ Р 56983—2016 (МЭК 62108:2007)	MOD	IEC 62108:2007 «Фотоэлектрические модули (CPV) и узлы в сборе концентратора. Оценка конструкции и утверждение вида продукции»
ГОСТ Р 57229—2016 (МЭК 62817:2014)	MOD	IEC 62817:2014 «Системы фотоэлектрические. Оценка конструкции устройств слежения за Солнцем»
ГОСТ Р МЭК 60891—2013	IDT	IEC 60891:2009 «Приборы фотогальванические. Методики коррекции по температуре и освещенности результатов измерения вольт-амперной характеристики»
ГОСТ Р МЭК 60904-1—2013	IDT	IEC 60904-1:2006 «Приборы фотоэлектрические. Часть 1. Измерение вольт-амперных характеристик»
ГОСТ Р МЭК 60904-2—2013	IDT	IEC 60904-2:2007 «Приборы фотоэлектрические. Часть 2. Требования к эталонным солнечным элементам»
ГОСТ Р МЭК 60904-3—2013	IDT	IEC 60904-3:2008 «Приборы фотоэлектрические. Часть 3. Принципы измерения параметров наземных фотоэлектрических солнечных приборов со стандартными характеристиками спектральной плотности интенсивности падающего излучения»
ГОСТ Р МЭК 60904-5—2013	IDT	IEC 60904-5:2011 «Приборы фотоэлектрические. Часть 5: Определение эквивалентной температуры элементов фотоэлектрических приборов методом напряжения разомкнутой цепи»
ГОСТ Р МЭК 60904-7—2013	IDT	IEC 60904-7:2007 «Приборы фотоэлектрические. Часть 7. Вычисление поправки на спектральное несоответствие при испытаниях фотоэлектрических приборов»
ГОСТ Р МЭК 60904-8—2013	IDT	IEC 60904-8:1998 «Приборы фотоэлектрические. Часть 8. Руководство по измерению спектральной чувствительности фотоэлектрического прибора»
ГОСТ Р МЭК 60904-9—2016	IDT	IEC 60904-9:2007 «Приборы фотоэлектрические. Часть 9. Требования к рабочим характеристикам имитаторов солнечного излучения»
ГОСТ Р МЭК 60904-10—2013	IDT	IEC 60904-10:2009 «Приборы фотоэлектрические. Часть 10. Методы измерения линейности»
ГОСТ Р МЭК 61646—2013	IDT	IEC 61646:2008 «Модули фотоэлектрические тонкопленочные наземные. Порядок проведения испытаний для подтверждения соответствия функциональным характеристикам»

Окончание таблицы ДА.1

Обозначение ссылочного межгосударственного, национального стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ Р МЭК 61853-1—2013	IDT	IEC 61853-1:2011 «Модули фотоэлектрические. Определение рабочих характеристик и энергетическая оценка. Часть 1. Измерение рабочих характеристик в зависимости от температуры и энергетической освещенности. Номинальная мощность»

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты;
- MOD — модифицированные стандарты.

Приложение ДБ
(справочное)

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта

Указанное в таблице изменение структуры настоящего стандарта относительно структуры примененного международного стандарта обусловлено приведением в соответствие с требованиями, установленными в ГОСТ 1.5.

Таблица ДБ.1

Структура настоящего стандарта	Структура международного стандарта МЭК 61853-2:2016
1 Область применения	1 Область применения
2 Нормативные ссылки	2 Нормативные ссылки
3 Отбор образцов	3 Отбор образцов
4 Порядок проведения испытаний	4 Проведение испытаний
5 Определение спектральной чувствительности (раздел 6)	5 Протокол испытаний
5.1 Общие положения (раздел 6)	6 Порядок испытаний со спектральной чувствительностью
5.2 Порядок проведения испытаний (раздел 6)	7 Порядок испытаний зависимости характеристик от угла падения
6 Определение зависимости характеристик от угла падения (раздел 7)	7.1 Назначение
6.1 Общие положения (7.1, 7.2.1, 7.3.1)	7.2 Порядок проведения испытаний в помещении
6.2 Испытания с использованием имитатора солнечного излучения (7.2)	7.2.1 Общие положения
6.2.1 Общие положения (7.2.1)	7.2.2 Испытательное оборудование
6.2.2 Испытательное оборудование (7.2.2)	7.2.3 Испытательная установка
6.2.3 Проведение испытаний (7.2.3, 7.2.4)	7.2.4 Порядок проведения измерений
6.3 Испытания при естественном солнечном освещении (7.3)	7.3 Порядок проведения испытаний вне помещения
	7.3.1 Общие положения
6.3.1 Общие положения (7.3.1)	7.3.2 Испытательное оборудование
6.3.2 Испытательное оборудование (7.3.2)	7.3.3 Испытательная установка
6.3.3 Условия испытаний (7.3.3, 7.3.4)	7.3.4 Порядок проведения измерений
6.3.4 Проведение испытаний (7.3.3, 7.3.4)	7.4 Интерполяция угловой проницаемости $\tau(\Theta)$
6.4 Интерполяция углового светопропускания (7.4)	8 Методика определения коэффициентов для расчета рабочей температуры модуля
7 Определение коэффициентов для расчета рабочей температуры (раздел 8)	8.1 Общие положения
7.1 Общие положения (8.1)	8.2 Порядок испытаний и обработка данных
7.2 Испытательное оборудование (8.3)	8.3 Испытательное оборудование
7.3 Условия испытаний (8.4, 8.5)	8.4 Установка испытуемого модуля

Окончание таблицы ДБ.1

Структура настоящего стандарта	Структура международного стандарта МЭК 61853-2:2016
7.3.1 Условия окружающей среды (8.4, 8.5)	8.5 Порядок проведения испытаний
7.3.2 Установка испытуемого образца (8.4)	8.6 Проведение оценки
7.3.3 Режим работы испытуемого образца (8.5)	
7.4 Проведение испытаний (8.5)	
7.5 Обработка результатов измерений (8.6)	
8 Протокол испытаний (раздел 5)	
Приложение ДА Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных и национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте	
Приложение ДБ Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта	
Примечание — После заголовков разделов (подразделов) настоящего стандарта приведены в скобках номера аналогичных им разделов (подразделов, пунктов) международного стандарта.	

Библиография

[1] IEC/TS 60904-1-2:2019 *Приборы фотоэлектрические. Часть 1-2. Измерение вольт-амперных характеристик двусторонних фотоэлектрических приборов (IEC/TS 60904-1-2:2019 Photovoltaic devices — Part 1-2: Measurement of current-voltage characteristics of bifacial photovoltaic (PV) devices)*

[2] МЭК 60904-1-1:2017 *Приборы фотоэлектрические. Часть 1-1. Измерение вольт-амперных характеристик многопереходных фотоэлектрических приборов (IEC 60904-1-1:2017 Photovoltaic devices — Part 1-1: Measurement of current-voltage characteristics of multi-junction photovoltaic (PV) devices)*

[3] МЭК 60904-8-1:2017 *Приборы фотоэлектрические. Часть 8-1. Измерение спектральной чувствительности многопереходных фотоэлектрических приборов (IEC 60904-8:2014 Photovoltaic devices — Part 8-1: Part 8-1: Measurement of spectral responsivity of multi-junction photovoltaic (PV) devices)*

[4] МЭК 61215-1:2016 *Модули фотоэлектрические наземные. Оценка конструкции и утверждение типа. Часть 1. Требования к испытаниям (IEC 61215-1:2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules — Design qualification and type approval — Part 1: Test requirements)*

[5] МЭК 61215 (all parts) *Модули фотоэлектрические наземные (IEC 61215 (all parts) Terrestrial photovoltaic (PV) modules)*

[6] МЭК 60904-8:2014 *Приборы фотоэлектрические. Часть 8. Измерение спектральной чувствительности фотоэлектрического прибора (IEC 60904-8:2014 Photovoltaic devices — Part 8: Measurement of spectral responsivity of a photovoltaic (PV) device)*

[7] МЭК 60904-2:2015 *Приборы фотоэлектрические. Часть 2. Требования к эталонным фотоэлектрическим приборам (IEC 60904-2:2015 Photovoltaic devices — Part 2: Requirements for photovoltaic reference devices)*

[8] МЭК 60904-7:2019 *Приборы фотоэлектрические. Часть 7. Вычисление поправки на спектральное несоответствие при испытаниях фотоэлектрических приборов (IEC 60904-7:2019 Photovoltaic devices — Part 7: Computation of the spectral mismatch correction for measurements of photovoltaic devices)*

[9] МЭК 60904-3 *Приборы фотоэлектрические. Часть 3. Принципы измерения характеристик фотоэлектрических приборов с учетом стандартной спектральной плотности энергетической освещенности наземного солнечного излучения (IEC 60904-3:2016 Photovoltaic devices — Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data)*

[10] ИСО 9059:1990 *Энергия солнечная. Калибрование полевых пиргелиометров путем сравнения с эталонным пиргелиометром (ISO 9059:1990 Solar energy — Calibration of field pyrheliometers by comparison to a reference pyrheliometer)*

[11] МЭК 61215-2:2016 *Модули фотоэлектрические наземные. Оценка конструкции и утверждение типа. Часть 2. Методики испытаний (IEC 61215-2:2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules — Design qualification and type approval — Part 2: Test procedures)*

УДК 697.329:006.354 ОКС 27.160

Ключевые слова: фотоэлектрические модули, спектральная чувствительность, зависимость характеристик от угла падения излучения, рабочая температура

БЗ 11—2019/26

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 11.11.2019. Подписано в печать 18.11.2019. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,34.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru