ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 58648.3— 2021 (МЭК 61853-3:2018)

Модули фотоэлектрические

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

Часть 3

Определение номинальной выработки

(IEC 61853-3:2018, Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating — Part 3: Energy rating of PV modules, MOD)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2021

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 21 октября 2021 г. № 1209-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту МЭК 61853-3:2018 «Модули фотоэлектрические. Определение рабочих характеристик и энергетическая оценка. Часть 3. Энергетическая оценка фотоэлектрических модулей» [IEC 61853-3:2018 «Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating — Part 3: Energy rating of PV modules», MOD] путем изменения отдельных фраз (слов, значений показателей, ссылок), которые выделены в тексте курсивом, а также путем изменения его структуры для приведения в соответствие с правилами, установленными в ГОСТ 1.5—2001 (подразделы 4.2 и 4.3).

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 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

© IEC, 2018
© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2021

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 2
3 Термины и определения 2
4 Общие положения 3
5 Исходные данные 3
6 Порядок расчетов 4
6.1 Общие положения 4
6.2 Определение суммарной энергетической освещенности наклонной поверхности 6
6.3 Коррекция суммарной энергетической освещенности наклонной поверхности на спектральное несоответствие 6
6.4 Определение рабочей температуры фотоэлектрического модуля 7
6.5 Определение максимальной мощности в *j*-й час 7
6.6 Определение часовой выработки 8
6.7 Определение годовой и номинальной выработки 9
6.8 Определение номинальной удельной выработки 9
7 Протокол 9
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 11
Приложение ДБ (справочное) Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта 12
Библиография 13

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Модули фотоэлектрические

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

Часть 3

Определение номинальной выработки

Photovoltaic modules. Performance testing and energy rating. Part 3. Determination of energy rating

Дата введения — 2022—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на односторонние фотоэлектрические модули и устанавливает метод определения их номинальной выработки и номинальной удельной выработки для стандартных климатических профилей (*см. [1]*) при работе фотоэлектрических модулей в точке максимальной мощности.

Настоящий стандарт применим к любым фотоэлектрическим модулям, включая модули с нелинейными выходными характеристиками.

Метод, установленный в настоящем стандарте, не учитывает прогрессирующую деградацию характеристик фотоэлектрических модулей и переходные процессы, связанные, например, с воздействием излучения и/или тепловых нагрузок.

Фотоэлектрические модули, для которых определяют выработку по настоящему стандарту, должны быть предварительно испытаны по *ГОСТ Р МЭК 61853-1* и *ГОСТ Р 58648.2*.

При применении настоящего стандарта следует учитывать, что стандартные климатические профили определены для условий монтажа фотоэлектрических модулей в открытой стойке.

Метод определения выработки, установленный в настоящем стандарте, предназначен для базовой оценки применимости фотоэлектрических модулей на той или иной территории, в том или ином районе и сравнения разных типов фотоэлектрических модулей разных производителей. Номинальная выработка является условным параметром. Метод настоящего стандарта, прежде всего, предназначен для определения оценочных значений выработки для стандартных климатических зон применения фотоэлектрических систем, описанных в *[1]*. Для общих оценочных расчетов метод, как и параметр «номинальная выработка», обладает достаточной степенью достоверности. При использовании метода настоящего стандарта для расчетов в конкретных случаях эксплуатации следует учитывать, что в реальных условиях как распределение и изменение параметров, используемых для определения номинальной выработки, так и сам набор влияющих факторов и особенности их взаимодействия с фотоэлектрическими модулями могут значимо отличаться.

Установленный в настоящем стандарте метод является общим методом расчета выработки и применим для более точного определения выработки фотоэлектрического модуля в отдельных климатических районах или в конкретных условиях эксплуатации за требуемый период времени. В этом случае вместо стандартных климатических профилей в расчетах используют данные о значениях соответствующих параметров на месте эксплуатации или для выбранных климатических районов. Для обеспечения точности и адекватности расчетов эти данные должны быть статистически достоверны.

Издание официальное

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ ISO/IEC 17025 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий

ГОСТ Р 56978 (IEC/TS 62548:2013) Батареи фотоэлектрические. Технические условия

ГОСТ Р 56980.2—2020 (МЭК 61215-2:2016) Модули фотоэлектрические. Оценка соответствия техническим требованиям. Часть 2. Методы испытаний

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

ГОСТ Р 58809.1 (МЭК 61730-1:2016) Модули фотоэлектрические. Оценка безопасности. Часть 1. Требования безопасности

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 60904-3 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 60904-7 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 61853-1 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 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по *ГОСТ Р 56978*, *ГОСТ Р 58809.1* и *[2]*, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **выработка (фотоэлектрического оборудования), кВт · ч:** Количество электрической энергии, вырабатываемое фотоэлектрическим оборудованием в единицу времени.

3.2 **номинальная выработка фотоэлектрического модуля** (PV module energy rating): Годовая выработка фотоэлектрического модуля, определенная для данного стандартного климатического профиля и указанных условий установки фотоэлектрического модуля, указанная изготовителем.

Примечания

1 В общем случае фотоэлектрический модуль характеризуется набором значений номинальной выработки для всех возможных стандартных климатических зон его применения и условий установки (угол наклона рабочей поверхности к горизонту и ее ориентация).

2 Номинальную выработку нельзя указывать без указания стандартного климатического профиля (стандартной климатической зоны применения) и условий установки, для которых она определена (если условия установки, отличаются от условий для стандартного климатического профиля).

3.3 **номинальная удельная выработка фотоэлектрического модуля (в стандартной климатической зоне применения фотоэлектрических систем)** (PV module climatic specific energy rating, CSER): Отношение выработки фотоэлектрического модуля в условиях данного стандартного климатического профиля к его выработке за тот же период времени в стандартных условиях испытаний при постоянной работе оборудования в обоих случаях в точке максимальной мощности.

Примечания

1 Стандартные условия испытаний (СУИ): температура элемента (25 ± 2) °С; энергетическая освещенность (1000 ± 100) Вт/м^2; спектральный состав АМ 1,5 в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-3* с учетом последних данных по спектру АМ 1,5 (см. *[3]*).

2 Номинальная удельная выработка является безразмерной величиной.

3.4 **стандартный климатический профиль** (reference climatic profile): Климатические данные, характеризующие стандартную климатическую зону применения фотоэлектрических систем, установленные в виде почасовых значений за один полный год, для каждого дня, с первого по 365-й, для следующих условий установки фотоэлектрических модулей: на отдельно стоящих стойках, стационарно, угол наклона рабочей поверхности к горизонту 20°, ориентация на экватор.

Примечания

1 Стандартные климатические профили и стандартные климатические зоны описаны в *[1], раздел 4*.

2 Установлено шесть стандартных климатических профилей.

4 Общие положения

Значение номинальной выработки фотоэлектрического модуля данного типа определяется для конкретного стандартного климатического профиля при заданном варианте установки модуля (угол наклона рабочей поверхности модуля к горизонту и ее ориентация). Значения номинальной выработки для разных стандартных климатических профилей различны, значения при разных углах наклона рабочей поверхности модуля и ее ориентации в общем случае также различны.

Для расчетов по настоящему стандарту необходимы значения указанных в разделе 5 параметров не менее чем трех фотоэлектрических модулей данного типа, полученные в результате успешных испытаний этих модулей по *ГОСТ Р МЭК 61853-1* и *ГОСТ Р 58648.2* в одних и тех же условиях в одно и то же время или приблизительно в одно и то же время, через небольшой промежуток времени.

Выходная мощность и, следовательно, выработка фотоэлектрического модуля зависят, в первую очередь, от энергетической освещенности, поступающей на рабочую поверхность модуля, и его рабочей температуры. Рабочую температуру фотоэлектрического модуля определяют в соответствии с *ГОСТ Р 58648.2—2019, раздел 7*, как функцию энергетической освещенности, температуры окружающей среды и скорости ветра.

Энергетическую освещенность, температуру окружающей среды, скорость ветра и другие параметры окружающей среды берут из данных стандартного климатического профиля.

5 Исходные данные

Для определения номинальной выработки фотоэлектрического модуля данного типа по каждому из отобранных в соответствии с разделом 4 модулей необходимы следующие данные:

a) таблица значений максимальной мощности при различных значениях энергетической освещенности (при АМ 1,5) и рабочей температуры модуля, полученная в результате испытаний модуля по *ГОСТ Р МЭК 61853-1*;

b) коэффициенты, учитывающие влияние на температуру фотоэлектрического модуля энергетической освещенности (u_0) и скорости ветра (u_1), для расчета рабочей температуры фотоэлектрического модуля как функции энергетической освещенности и скорости ветра. Коэффициенты должны быть определены в соответствии с *ГОСТ Р 58648.2—2019, раздел 7*. Допускается использовать номинальную рабочую температуру модуля (НРТМ), определенную с использованием этих коэффициентов по *ГОСТ Р 58648.2*, если это не влияет существенно на точность результатов;

c) параметр a_r для расчета светопропускания фотоэлектрического модуля при различных углах падения солнечного излучения. Параметр должен быть определен по результатам измерений в соответствии с *ГОСТ Р 58648.2—2019, подраздел 6.4*;

d) спектральная чувствительность фотоэлектрического модуля. Спектральная чувствительность должна быть определена в соответствии с *ГОСТ Р 58648.2—2019, раздел 5*, и представлена в виде единственного значения, если спектральная чувствительность не изменяется в зависимости от изменения энергетической освещенности и температуры, или в виде таблицы значений для диапазона длин волн, для работы в котором предназначены фотоэлектрические модули данного типа.

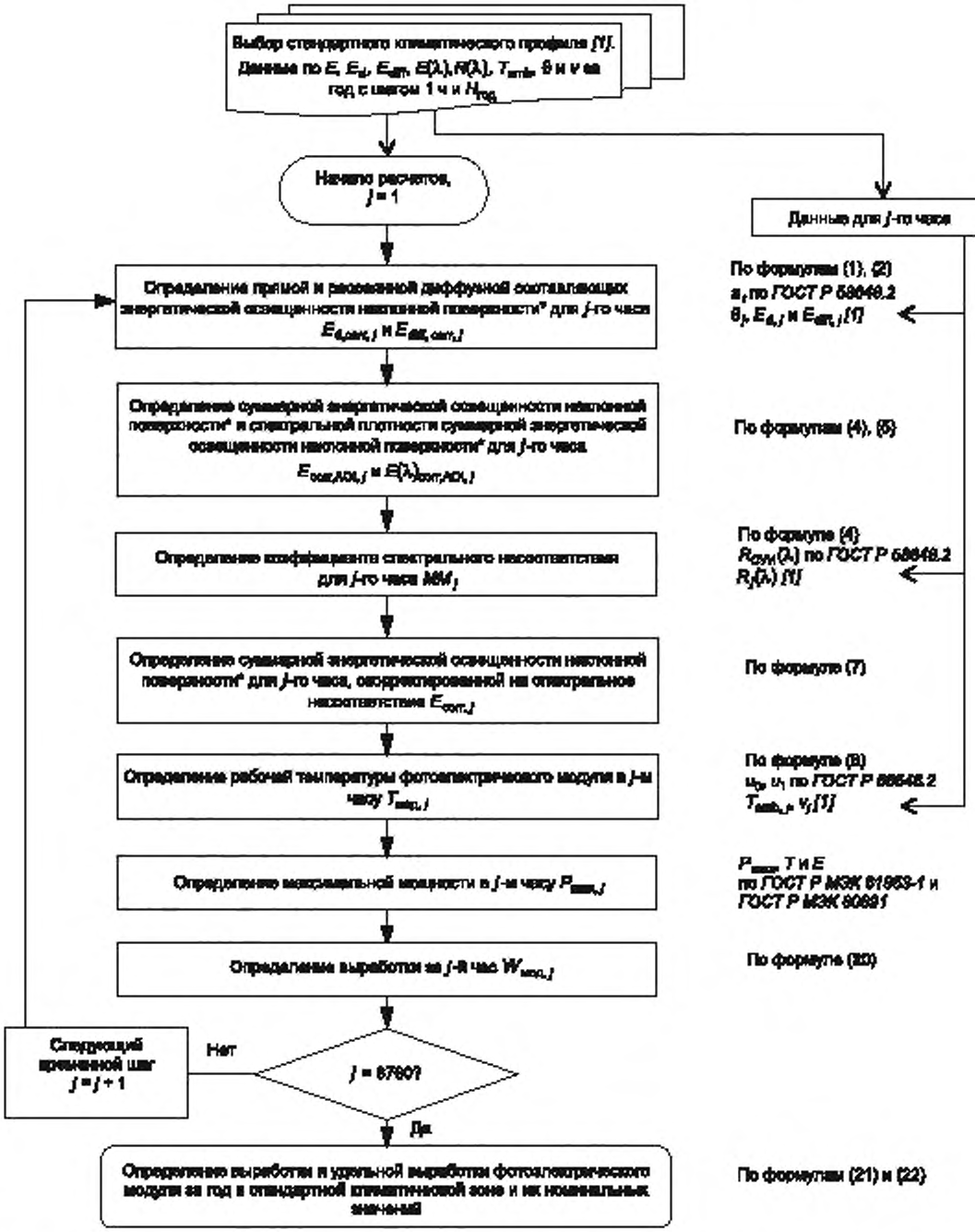
Также необходимы:

- данные стандартных климатических профилей, характеризующих стандартные климатические зоны, для применения в которых предназначены фотоэлектрические модули, см. *[1]*, или данные тех профилей, для которых проводят расчет;
- угол наклона рабочей поверхности фотоэлектрического модуля при его установке на месте эксплуатации и ориентация рабочей поверхности. Или несколько/все заданные значения угла наклона рабочей поверхности и ориентации, если номинальную выработку определяют для нескольких/всех заданных углах наклона и ориентации.

6 Порядок расчетов

6.1 Общие положения

Для того чтобы определить номинальную выработку и номинальную удельную выработку фотоэлектрического модуля данного типа выполняют расчеты по алгоритму, показанному на рисунке 1. Подробно расчеты описаны в 6.2—6.8. По результатам расчетов для каждого модуля определяют средние (номинальные) значения выработки и удельной выработки фотоэлектрических модулей данного типа в данной стандартной климатической зоне (6.7 и 6.8).



* Угол наклона поверхности – угол наклона рабочей поверхности фотоэлектрического модуля при установке.

Рисунок 1 — Алгоритм расчета выработки фотоэлектрического модуля в стандартной климатической зоне применения фотоэлектрических систем

6.2 Определение суммарной энергетической освещенности наклонной поверхности

Прямую $E_{d,corr}$ и диффузную $E_{diff,corr}$ составляющие энергетической освещенности наклонной поверхности (угол наклона к горизонту равен углу установки фотоэлектрического модуля при эксплуатации) определяют как:

$$E_{d,corr\,j} = E_{d\,j}\left[\frac{1-\exp\left(-\frac{\cos(\theta_j)}{a_r}\right)}{1-\exp\left(\frac{1}{a_r}\right)}\right]; \quad (1)$$

$$E_{diff,corr\,j} = E_{diff\,j}\left\{1-\exp\left[-\frac{1}{a_r}\left(\frac{4}{3\pi}\left(\sin\beta+\frac{\pi-\beta-\sin\beta}{1+\cos\beta}\right)+(0{,}5\,a_r-0{,}154)\left(\sin\beta+\frac{\pi-\beta-\sin\beta}{1+\cos\beta}\right)^2\right)\right]\right\}. \quad (2)$$

где $E_{d\,j}$ — прямая составляющая энергетической освещенности горизонтальной поверхности в j-й час;

$E_{diff\,j}$ — рассеянная диффузная составляющая энергетической освещенности горизонтальной поверхности в j-й час;

θ_j — угол падения солнечного излучения (угол между направлением на Солнце и нормалью к плоскости рабочей поверхности фотоэлектрического модуля) в j-й час;

β — угол наклона рабочей поверхности фотоэлектрического модуля к горизонту, рад;

a_r — параметр, характеризующий светопропускание фотоэлектрического модуля при различных углах падения солнечного излучения, который определяют по результатам измерений в соответствии с *ГОСТ Р 58648.2—2019, подраздел 6.4*.

Рассеянная диффузная составляющая энергетической освещенности горизонтальной поверхности в j-й час $E_{diff,j}$ непосредственно в наборах метеоданных не указывается, но может быть вычислена из суммарной энергетической освещенности горизонтальной поверхности E_j и прямой составляющей энергетической освещенности горизонтальной поверхности $E_{d\,j}$ по формуле

$$E_{diff\,j} = E_j - E_{d\,j}. \quad (3)$$

Суммарную энергетическую освещенность наклонной поверхности в j-й час рассчитывают по формуле

$$E_{corr,AOI\,j} = E_{d\,j} + E_{diff,corr\,j}. \quad (4)$$

Наборы климатических данных стандартных климатических профилей (*см. [1]*) содержат суммарную энергетическую освещенность и прямую составляющую энергетической освещенности горизонтальной поверхности, а также спектральную плотность только суммарной энергетической освещенности горизонтальной поверхности. Исходя из этого спектральную плотность суммарной энергетической освещенности наклонной поверхности в j-й час определяют по формуле

$$E_{corr,AOI\,j}(\lambda) = \frac{E_{corr,AOI\,j}\cdot E_j(\lambda)}{E_j}, \quad (5)$$

где $E_j(\lambda)$ — спектральная плотность энергетической освещенности горизонтальной поверхности в j-й час.

6.3 Коррекция суммарной энергетической освещенности наклонной поверхности на спектральное несоответствие

Коррекцию на спектральное несоответствие выполняют, используя данные измерений тока короткого замыкания в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-7 с учетом изменений методики, повышающей точность и достоверность результатов (см. [4])*. Данные об изменении значений тока короткого замыкания при разных спектрах используют для пропорционального изменения энергетической освещенности и рассчитывают эффективную энергетическую освещенность рабочей поверхности фотоэлектрического модуля E_{corr}.

Для расчетов используют спектральную чувствительность фотоэлектрического модуля $S(\lambda)$, измеренную для разных длин волн λ, в соответствии с *ГОСТ Р 58648.2—2019, раздел 5*, и *ГОСТ Р МЭК 60904-8 с учетом изменений методики, повышающих точность и достоверность результатов измерений (см. [5]), для фотоэлектрических модулей, изготовленных из многопереходных фотоэлектрических элементов, см. также [6])*.

Коэффициент спектрального несоответствия *ММ* в *j*-й час рассчитывают по формуле

$$MM_j = \frac{1000 \int_{\lambda_s}^{\lambda_e} S(\lambda) R_{corr,AOI}(\lambda)\, d\lambda}{E_{corr,AOI} \int_{\lambda_s}^{\lambda_e} S(\lambda) R_{СУИ}(\lambda)\, d\lambda}, \quad (6)$$

где $R_{corr,AOI\,j}(\lambda)$ — спектральная плотность энергетической освещенности наклонной поверхности на длине волны λ падающего излучения в *j*-й час, Вт/(м^2 · нм), определяемая как отношение $E_{corr,AOI\,j}(\lambda)$ к ширине каждой спектральной полосы, нм;

$R_{СУИ}(\lambda)$ — спектральная плотность энергетической освещенности на длине волны λ для спектра стандартных условий испытаний АМ 1,5 в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-3* [с учетом последних данных по спектру АМ 1,5 *(см. [3])*].

Пределы интегрирования: λ_s = 300 нм, λ_e = 4000 нм.

Суммарную энергетическую освещенность наклонной поверхности в *j*-й час, скорректированную на спектральное несоответствие, рассчитывают как:

$$E_{corr\,j} = MM_j \quad E_{corr,AOI\,j}, \quad (7)$$

Для фотоэлектрических модулей, изготовленных из многопереходных фотоэлектрических элементов, коррекцию значений энергетической освещенности на спектральное несоответствие выполняют только тогда, когда для каждого перехода выполняются соответствующие ограничения *(см. [6])*.

6.4 Определение рабочей температуры фотоэлектрического модуля

В соответствии с *ГОСТ Р 58648.2—2019, подраздел 7.1*, температуру модуля в *j*-й час рассчитывают по формуле

$$T_{мод\,j} = \frac{1}{(u_0 + u_1 v_j)} E_{corr,AOI\,j} + T_{amb\,j}, \quad (8)$$

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

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

v_j — скорость ветра на высоте фотоэлектрического модуля в *j*-й час *(см. [1])*;

$E_{corr,AOI\,j}$ — суммарная энергетическая освещенность наклонной поверхности в *j*-й час,

$T_{amb\,j}$ — температура окружающей среды в *j*-й час *(см. [1])*.

6.5 Определение максимальной мощности в *j*-й час

Для определения максимальной мощности модуля P_{max} (E_{corr}, $T_{мод}$) используют параметры $E_{corr\,j}$ и $T_{мод\,j}$, рассчитанные по формулам (7) и (8), и таблицы значений максимальной мощности модуля P_{max} при различных значениях энергетической освещенности и рабочей температуры модуля, полученные в результате испытаний по *ГОСТ Р МЭК 61853-1*.

Выполняют билинейную интерполяцию или эквивалентную интерполяцию для значений P_{max} при различных значениях и энергетической освещенности и температуры модуля, приведенных в исходных таблицах. Если значения E_{corr} и/или $T_{мод}$ выходят за пределы диапазона значений энергетической освещенности и/или температуры модуля, для которых определена максимальная мощность фотоэлектрического модуля в исходных таблицах максимальной мощности, выполняют линейную экстраполяцию.

Чтобы вычислить максимальную мощность модуля $P_{max}(E_{corr}, T_{мод})$ для заданных значений энергетической освещенности в плоскости рабочей поверхности модуля E и температуры модуля $T_{мод}$ с помощью билинейной интерполяции, выполняют следующее.

В исходных таблицах значений максимальной мощности находят значения $T_{мод1}$ и $T_{мод2}$, такие, что $T_{мод1} < T_{мод} < T_{мод2}$, и значения E_1 и E_2, такие, что $E_1 < E < E_2$.

Для каждой из пар значений (E, $T_{мод}$) вычисляют величину $\eta\ (E, T_{мод}) = P(E, T_{мод})/E$.

Затем рассчитывают:

$$\eta\left(E,T_{мод1}\right)=\eta\left(E_1,T_{мод1}\right)+\frac{E-E_1}{E_2-E_1}\left[\eta\left(E_2,T_{мод1}\right)-\eta\left(E_1,T_{мод1}\right)\right], \quad (9)$$

$$\eta\left(E,T_{мод2}\right)=\eta\left(E_1,T_{мод2}\right)+\frac{E-E_1}{E_2-E_1}\left[\eta\left(E_2,T_{мод2}\right)-\eta\left(E_1,T_{мод2}\right)\right], \quad (10)$$

$$\eta\left(E,T_{мод}\right)=\frac{T_{мод2}-T_{мод}}{T_{мод2}-T_{мод1}}\eta\left(E,T_{мод1}\right)+\frac{T_{мод}-T_{мод1}}{T_{мод2}-T_{мод1}}\eta\left(E,T_{мод2}\right). \quad (11)$$

В результате максимальную мощность определяют как

$$P_{max}(E_{corr}, T_{мод}) = \eta(E, T_{мод}) \cdot E. \quad (12)$$

Если E или $T_{мод}$ выходит за пределы диапазона значений, приведенных в исходной таблице значений максимальной мощности, линейная экстраполяция может быть выполнена следующим образом:

$$\eta\left(E,T_{мод\ max}\right)=\eta\left(E_1,T_{мод\ max}\right)+\frac{E-E_1}{E_2-E_1}\left[\eta\left(E_2,T_{мод\ max}\right)-\eta\left(E_1,T_{мод\ max}\right)\right], \quad (13)$$

$$\eta\left(E,T_{мод\ max-1}\right)=\eta\left(E_1,T_{мод\ max-1}\right)+\frac{E-E_1}{E_2-E_1}\left[\eta\left(E_2,T_{мод\ max-1}\right)-\eta\left(E_1,T_{мод\ max-1}\right)\right], \quad (14)$$

$$\eta\left(E,T_{мод}\right)=\eta\left(E,T_{мод\ max-1}\right)+\frac{T_{мод}-T_{мод\ max-1}}{T_{мод\ max}-T_{мод\ max-1}}\left[\eta\left(E,T_{мод\ max}\right)-\eta\left(E,T_{мод\ max-1}\right)\right], \quad (15)$$

где E_{max} и $T_{мод\ max}$ — максимальные значения энергетической освещенности и температуры в таблице значений максимальной мощности фотоэлектрического модуля.

Если $E > E_{max}$ и $T > T_{мод\ max}$, то

$$\eta\left(E,T_{мод\ max}\right)=\eta\left(E_{max-1},T_{мод\ max}\right)+\frac{E-E_{max-1}}{E_{max}-E_{max-1}}\left[\eta\left(E_{max},T_{мод\ max}\right)-\eta\left(E_{max-1},T_{мод\ max}\right)\right], \quad (16)$$

$$\eta\left(E_{max},T_{мод}\right)=\eta\left(E_{max},T_{мод\ max-1}\right)+\frac{T_{мод}-T_{мод\ max-1}}{T_{мод\ max}-T_{мод\ max-1}}\left[\eta\left(E_{max},T_{мод\ max}\right)-\eta\left(E_{max},T_{мод\ max-1}\right)\right]. \quad (17)$$

$$\eta(E, T_{мод}) = \eta(E, T_{мод\ max}) + \eta(E_{max}, T_{мод}) - \eta(E_{max}, T_{мод\ max}). \quad (18)$$

6.6 Определение часовой выработки

Выработку фотоэлектрического модуля за время t, ч, определяют по формуле

$$W_{мод} = P_{max}(E_{corr}, T_{мод}) \cdot t. \quad (19)$$

Выработка фотоэлектрического модуля за j-й час равна максимальной мощности, генерируемой модулем в этот час:

$$W_{мод\ j} = P_{max\ j}(E_{corr\ j}, T_{мод\ j}) \quad 1 = P_{max\ j}(E_{corr\ j}, T_{мод\ j}). \quad (20)$$

6.7 Определение годовой и номинальной выработки

Годовая выработка определяется как сумма выработки фотоэлектрического модуля за все часы года для соответствующего стандартного климатического профиля:

$$W_{\text{мод. год}} = W_{\text{ном}} = \sum_{j=1}^{j=8760} W_{\text{мод},j}, \quad (21)$$

где j принимает значения от 1 до 8760 (количество часов в стандартный расчетный период, равный одному году).

Следовательно, как показано на рисунке 1, для определения годовой выработки фотоэлектрического модуля выполняют расчеты по 6.2—6.6 для каждого часа по данным соответствующего стандартного климатического профиля и суммируют полученные результаты.

Номинальная выработка фотоэлектрического модуля данного типа для данной стандартной климатической зоны применения фотоэлектрических систем и указанного варианта установки фотоэлектрических модулей равна среднеарифметическому значению годовой выработки всех отобранных для расчетов образцов.

6.8 Определение номинальной удельной выработки

Удельную выработку для данной стандартной климатической зоны применения фотоэлектрических систем и указанного варианта установки фотоэлектрических модулей определяют по формуле

$$W_{\text{мод.уд.к.з}} = \frac{W_{\text{ном.к.з}} \cdot E_{\text{СУИ}}}{P_{\text{max СУИ}} \cdot H_{\text{год.к.з}}}, \quad (22)$$

где $H_{\text{год.к.з}}$ — годовой приход солнечной радиации для стандартного климатического профиля (сумма часовых значений суммарной энергетической освещенности для стандартного расчетного периода, равного одному году, *см. [1]*), Вт · ч/м^2 · год;

$E_{\text{СУИ}}$ — энергетическая освещенность при СУИ, 1000 Вт/м^2;

$P_{\text{max СУИ}}$ — максимальная мощность при СУИ (номинальная мощность), полученная в результате испытаний по *ГОСТ Р МЭК 61853-1* или *ГОСТ Р 56980.2*.

Удельная номинальная выработка фотоэлектрических модулей данного типа для данной стандартной климатической зоны применения фотоэлектрических систем и указанного варианта установки фотоэлектрических модулей равна среднеарифметическому значению удельной выработки всех отобранных для расчетов образцов.

7 Протокол

Протокол оформляется испытательной лабораторией, проводившей испытания по *ГОСТ Р МЭК 61853-1* и *ГОСТ Р 58648.2*, или организацией, проводившей обработку результатов испытаний по методу, указанному в настоящем стандарте, в соответствии с *ГОСТ ISO/IEC 17025*. Протокол должен содержать как минимум следующие данные:

a) наименование документа;

b) наименование и адрес испытательной лаборатории, указание места, где были проведены испытания, а также аналогичные данные об организации, проводившей обработку результатов испытаний по методу, установленному в настоящем стандарте, если ее выполняла не лаборатория, проводившая испытания;

c) уникальную идентификацию протокола и каждой страницы;

d) наименование и адрес заказчика, когда это необходимо;

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

f) данные об испытаниях образцов по *ГОСТ Р МЭК 61853-1* и *ГОСТ Р 58648.2* и результаты испытаний, использованные для расчетов:

- описание и идентификация калиброванных или испытанных образцов;

- характеристику и условия калибровки или испытаний образцов;
- дату получения образцов для испытаний и дату(ы) калибровки или испытания, если необходимо;
- идентификацию использованных методов калибровки или испытаний;
- описание процедуры отбора образцов, когда это необходимо;
- любые отклонения, дополнения или исключения из метода калибровки или испытания, а также любую другую информацию, относящуюся к конкретной калибровке или испытанию, например условия окружающей среды;
- значения параметров и таблица значений максимальной мощности, указанные в разделе 5, для каждого модуля;

g) угол наклона рабочей поверхности фотоэлектрических модулей к горизонту и ее ориентацию при установке на месте эксплуатации, для которых проводились расчеты (если они отличаются от заданных для стандартных климатических профилей);

h) имена файлов стандартных климатических данных, на основе которых проводились расчеты, и версию *[1]*, соответствующую файлам данных;

i) описание процедуры интерполяции, использованной при определении максимальной мощности модулей;

j) для каждого стандартного климатического профиля, для которого проводились расчеты:
- почасовую выработку каждого из трех или более модулей, по данным испытаний которых проводились расчеты, а также средние значения для всех модулей;
- годовую выработку каждого из трех или более модулей, по данным испытаний которых проводились расчеты, а также средние значения для всех модулей — номинальную выработку;
- удельную выработку каждого из трех или более модулей, по данным испытаний которых проводились расчеты, а также средние значения для всех модулей — удельную номинальную выработку;

k) оценку неопределенности (погрешности) результатов расчетов;

l) должность и подпись либо равноценную идентификацию лиц, отвечающих за содержание протокола, а также дату его подписания/составления;

m) положение о том, что полученные результаты относятся только к только к тем стандартным климатическим профилям, данные которых были использованы при расчетах;

n) положение о том, что полученные результаты относятся только к образцам, данные которых использованы при расчетах, и/или только к тому типу фотоэлектрических модулей, который представлен этими образцами, когда это необходимо;

p) положение о том, что для сохранения сертификата соответствия изготовитель должен сообщать и согласовывать с испытательной лабораторией и организацией, выполнявшей расчеты по настоящему стандарту, а также сертифицирующей организацией все проводимые им изменения;

r) положение о том, что данный протокол не может быть воспроизведен иначе как полностью без письменного разрешения опубликовавшей его лаборатории/организации, выполнявшей расчеты по настоящему стандарту.

Изготовитель должен хранить копию протокола в качестве справочного материала.

Приложение ДА
(справочное)

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

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного национального стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ Р 58648.2—2019 (МЭК 61853-2:2016)	MOD	IEC 61853-2:2016 «Модули фотоэлектрические. Определение рабочих характеристик и энергетическая оценка. Часть 2. Измерения спектральной чувствительности, угла падения и рабочих температур модуля»
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 60904-3—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 60904-7—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 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

Таблица ДБ.1

Структура настоящего стандарта	Структура международного стандарта МЭК 61853-3:2018
1 Область применения	1 Область применения
2 Нормативные ссылки	2 Нормативные ссылки
3 Термины и определения	3 Термины и определения
4 Общие положения	4 Испытания
5 Исходные данные (раздел 6)	5 Протокол испытаний
6 Порядок расчетов (раздел 7)	6 Сбор данных для оценки выработки модуля
6.1 Общие положения (7.1)	6.1 Общие положения
6.2 Определение суммарной энергетической освещенности наклонной поверхности (7.2)	6.2 Данные модуля для оценки выработки
6.3 Коррекция суммарной энергетической освещенности наклонной поверхности на спектральное несоответствие (7.3)	6.3 Стандартные эталонные климатические профили
6.4 Определение рабочей температуры фотоэлектрического модуля (7.4)	7 Порядок определения выработки
6.5 Определение максимальной мощности в *j*-й час (7.5)	7.1 Общие положения
6.6 Определение часовой выработки (7.6)	7.2 Суммарная энергетическая освещенность наклонной поверхности
6.7 Определение годовой и номинальной выработки (7.7)	7.3 Коррекция суммарной энергетической освещенности наклонной поверхности на спектральное несоответствие
6.8 Определение номинальной удельной выработки (7.8)	7.4 Расчет температуры модуля
7 Протокол (раздел 5)	7.5 Определение максимальной мощности модуля
Приложение ДА Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте	7.6 Расчет часовой выработки модуля
Приложение ДБ Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта	7.7 Расчет годовой выработки энергии модулем
Библиография	7.8 Удельная выработка для климатического региона
Примечание — После заголовков разделов (подразделов) настоящего стандарта приведены в скобках номера аналогичных им разделов (подразделов, пунктов) международного стандарта.	

Библиография

[1] МЭК 61853-4:2018 *Модули фотоэлектрические. Определение рабочих характеристик и энергетическая оценка. Часть 4. Стандартный справочный климатический профиль [Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating — Part 4: Standard reference climatic profiles]*

[2] IEC/TS 61836:2016 *Системы фотоэлектрические. Термины, определения и символы (Solar photovoltaic energy systems — Terms, definitions and symbols)*

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

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

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

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

УДК 697.329:006.354 ОКС 27.160

Ключевые слова: фотоэлектрические модули, номинальная выработка, номинальная удельная выработка

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 26.10.2021. Подписано в печать 18.11.2021. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,10

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

gost.e-ecolog.ru