ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 56983— 2016 (МЭК 62108: 2007)

УСТРОЙСТВА ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ С КОНЦЕНТРАТОРАМИ

Методы испытаний

**(IEC 62108:2007,
Concentrator photovoltaic (CPV) modules and assemblies — Design qualification and type approval,
MOD)**

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Государственным научным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства» (ВИЭСХ) на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии международного стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 039 «Энергосбережение, энергетическая эффективность, энергоменеджмент»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 июня 2016 г. № 702-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту МЭК 62108:2007 «Фотоэлектрические модули (CPV) и узлы в сборе концентраторами. Оценка конструкции и утверждения вида продукции» (IEC 62108:2007 «Concentrator photovoltaic (CPV) modules and assemblies — Design qualification and type approval», MOD) путем изменения отдельных фраз (слов, значений показателей, 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 документа 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

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомления 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, 2016

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 Выбор образцов . . . 2
3.1 Общие положения . . . 2
3.2 Замещающие образцы . . . 2
4 Маркировка . . . 3
5 Порядок проведения испытаний . . . 4
6 Оценка результатов испытаний . . . 10
7 Видимые функциональные повреждения . . . 10
8 Модификации . . . 11
9 Предварительная обработка . . . 11
10 Проведение испытаний . . . 11
10.1 Визуальный контроль . . . 11
10.2 Измерение вольт-амперных характеристик . . . 12
10.3 Проверка целостности контура заземления . . . 15
10.4 Измерение сопротивления изоляции . . . 15
10.5 Испытание изоляции на влагостойкость . . . 17
10.6 Термоциклирование под нагрузкой . . . 18
10.7 Испытания на воздействие высокой влажности при высокой температуре . . . 21
10.8 Термоциклирование при высокой влажности . . . 23
10.9 Испытания на стойкость к ударам града . . . 25
10.10 Испытания на стойкость к воздействию воды . . . 26
10.11 Испытания шунтирующих/блокирующих диодов на термостойкость . . . 27
10.12 Испытания надежности средств внешних соединений . . . 29
10.13 Испытания на стойкость к механическим нагрузкам . . . 30
10.14 Испытания на повреждения при уходе луча . . . 31
10.15 Испытания на воздействие ультрафиолетового излучения . . . 32
10.16. Натурные испытания . . . 34
10.17 Испытания на стойкость к местному перегреву . . . 35
11 Протокол испытаний . . . 36
Приложение А (справочное) Классификация фотоэлектрических систем по максимальному значению рабочего напряжения и классы применения фотоэлектрических модулей . . . 37
Приложение В (справочное) Условия испытаний для определения электрических характеристик фотоэлектрических устройств и систем, устанавливаемые в стандартах . . . 38
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственного стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте . . . 39
Библиография . . . 40

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УСТРОЙСТВА ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ С КОНЦЕНТРАТОРАМИ

Методы испытаний

Concentrator photovoltaic devices. Test methods

Дата введения — 2017—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на фотоэлектрические устройства с концентраторами, предназначенные для длительной работы на открытом воздухе в обычных климатических зонах в соответствии с МЭК 60721-2-1 [1], и устанавливает методы испытаний таких устройств.

Программа испытаний основана на *ГОСТ Р 56980—2016 (МЭК 61215:2005)*, определяющем требования к конструкции и испытаниям для наземных фотоэлектрических модулей из кристаллического кремния. Для учета особых свойств фотоэлектрических устройств с концентраторами были произведены изменения, в частности в отношении разделения испытаний на испытания в лабораторных и натурных условиях, влияния настройки системы слежения, высокой плотности потока излучения, быстрых изменений температуры, которые привели к внесению новых процедур испытаний или новых требований.

Настоящий стандарт устанавливает минимально необходимый набор испытаний для определения электрических и тепловых параметров фотоэлектрических устройств с концентраторами и оценки, насколько это возможно при разумных ограничениях по времени и стоимости, способности таких устройств к длительному функционированию в условиях воздействия внешних климатических факторов, указанных в настоящем стандарте. Фактический срок службы фотоэлектрических устройств с концентраторами зависит от их конструкции и реальных условий эксплуатации.

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

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 61345 Модули фотоэлектрические. Испытания на воздействие ультрафиолетового излучения

ГОСТ Р МЭК 61730-1 Модули фотоэлектрические. Оценка безопасности. Часть 1. Требования к конструкции

ГОСТ Р МЭК 61730-2 Модули фотоэлектрические. Оценка безопасности. Часть 2. Методы испытаний

Издание официальное

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

ГОСТ Р МЭК 62670-1—2016 Устройства и системы фотоэлектрические с концентраторами. Определение рабочих характеристик. Часть 1. Стандартные условия

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 Выбор образцов

3.1 Общие положения

Для испытаний фотоэлектрических устройств с концентраторами, которые поставляются в готовом виде, из промышленной партии или партий в соответствии с МЭК 60410 [2] должны быть случайным образом выбраны семь образцов устройства и четыре образца приемника излучения испытуемого устройства или четыре образца приемника излучения испытуемого устройства с оптической частью, которую нельзя отделить, не разрушив приемник излучения.

Для испытаний фотоэлектрических устройств с концентраторами, которые поставляются в разобранном виде и собираются на месте эксплуатации, из промышленной партии или партий в соответствии с [2] должны быть случайным образом выбраны десять образцов приемника излучения испытуемого устройства (с вторичными оптическими компонентами, если их нельзя отделить, не разрушив приемник излучения) и семь первичных оптических компонентов, поставляемых отдельно. Если поставляется отдельно несколько типов оптических компонентов, то выбирают случайным образом семь образцов каждого из них.

Если конструкция фотоэлектрического устройства включает заземление, оно должно быть частью испытуемых образцов.

Испытуемые 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, в том числе руководством по эксплуатации, инструкциями по окончательной сборке, монтажу и подключению, включая рекомендации по установке диодов, рам, кронштейнов и т. п.

Образцы не допускается подвергать какой-либо иной специальной обработке, отличной от стандартного процесса изготовления.

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

Если фотоэлектрические устройства с концентраторами, подлежащие испытаниям, являются новыми разработками и еще не поставлены на производство, или устройства изготовлены для индивидуального проекта, это должно быть отмечено в протоколе испытаний (см. раздел 11).

3.2 Замещающие образцы

В тех случаях, когда полноразмерные образцы из-за больших размеров невозможно поместить в испытательное оборудование, например климатическую камеру, или стоимость полноразмерного образца слишком велика, допускается применение замещающего образца меньшего размера, специально разработанного и изготовленного для проведения этих испытаний. Натурные испытания, даже в случае

использования замещающего образца во всех остальных испытаниях, должны проводиться только с полноразмерными образцами.

Замещающие образцы должны включать все компоненты, за исключением некоторых одинаковых частей, и по возможности должны состоять из тех же уровней конструктивного деления приемников, концентраторов и приборов, что и полноразмерные приборы. При разработке и изготовлении замещающих образцов особое внимание должно быть уделено достижению максимального сходства образца с полноразмерным устройством по всем электрическим, механическим и тепловым параметрам, связанным с качеством и надежностью устройства.

В частности, цепочки фотоэлектрических элементов в замещающих образцах должны быть достаточной длины, чтобы включать по меньшей мере два шунтирующих диода, и состоять из 10 и более элементов. Оболочки, соединения, подключения и размеры промежутков вдоль всех краев должны быть такими же, как и у полноразмерного изделия. Также в программу испытаний должны быть включены другие характерные компоненты, такие как элементы соединений линз и корпуса, приемника излучения и корпуса и оправы линз.

Дополнительные требования к замещающим образцам для различных испытаний в климатической камере см. в 10.6, 10.7 и 10.8.

Если шунтирующий/блокирующий диод(ы) в испытуемом образце недоступен(ны), для проведения испытаний шунтирующих/блокирующих диодов на термостойкость допускается применение специально разработанного и изготовленного замещающего образца, соответствующего требованиям 10.11.2. Данный замещающий образец должен использоваться только для испытаний шунтирующих/блокирующих диодов на термостойкость и не должен принимать участие во всех остальных испытаниях.

Если приемник излучения испытуемого фотоэлектрического устройства с концентратором не может быть испытан при указанных в 10.6 режимах создания тока в испытуемых образцах, изготовитель должен предоставить три дополнительных образца приемников с аналогичными, но «мертвыми», т. е. фотоэлектрически не активными элементами, тепловые характеристики которых совпадают с тепловыми характеристиками испытуемых образцов (см. 10.6, примечание 2).

Тот факт, что в испытаниях использовались замещающие, а не полноразмерные образцы, должен быть отражен в протоколе испытаний.

4 Маркировка

На приемник излучения фотоэлектрического устройства с концентратором (или каждую часть приемника излучения, если он состоит из нескольких одинаковых частей) должна быть нанесена ясная и разборчивая маркировка, включающая:

- наименование и товарный знак изготовителя;
- тип или номер модели;
- серийный номер;
- обозначение полярности выводов или проводов (допускается цветовая маркировка);
- максимальное напряжение фотоэлектрической системы, в которую может быть установлено испытуемое фотоэлектрическое устройство с концентратором (см. приложение А);
- номинальное и минимальное значения максимальной выходной мощности при СУИК (стандартные условия испытаний фотоэлектрических устройств и систем с концентраторами, см. *ГОСТ Р МЭК 62670-1* и приложение В) в ваттах;
- дата, место изготовления и материал фотоэлектрических компонентов либо их определение должно быть возможно по серийному номеру.

В дополнительной маркировке на испытуемых образцах или в технической документации к ним должны быть приведены следующие данные:

- напряжение холостого хода при СУИК ($U_{\text{х.х СУИК}}$) в вольтах с предельными отклонениями в процентах;
- ток короткого замыкания при СУИК ($I_{\text{к.з СУИК}}$) в амперах с предельными отклонениями в процентах;
- значение номинального тока защиты от сверхтоков / значение максимально допустимого обратного тока;
- класс применения (см. приложение А).

Если используются замещающие образцы, во всех испытаниях замещающих образцов на них должна присутствовать маркировка, тождественная маркировке полноразмерного образца испытуемого устройства, и она должна сохраняться в продолжение всей программы испытаний.

Примечание — Если настоящий стандарт используется для проведения испытаний изготовителем, указанные фотоэлектрические параметры определяются расчетами и испытаниями по разделу 10.

5 Порядок проведения испытаний

Порядок проведения испытаний показан на рисунках 1 и 2.

Все образцы проходят предварительную обработку и начальные испытания, включающие:

- визуальный контроль по 10.1;
- измерение вольт-амперных характеристик (ВАХ) при освещении и темновых ВАХ (если требуется) по 10.2;
- проверку целостности контура заземления по 10.3;
- измерение сопротивления изоляции по 10.4;
- испытание изоляции на влагостойкость по 10.5.

После этого испытуемые образцы случайным образом разделяют на группы и проводят с ними испытания как показано на рисунке 1 или 2. Порядок проведения испытаний и требования к ним подробно изложены в разделе 10, а их перечень приведен в таблице 1. Распределение испытуемых образцов по испытаниям для типового порядка проведения испытаний приведено в таблице 2. После завершения испытаний по группам проводят проверку целостности контура заземления и измерение ВАХ при освещении и темновых ВАХ (если требуется) всех образцов.

После начальных испытаний одно устройство и один приемник излучения для устройств, которые поставляются в готовом виде, или один приемник излучения и один оптический компонент (если поставляется отдельно несколько типов оптических компонентов, то каждый из них) для устройств, собираемых на месте эксплуатации, должны быть исключены из программы испытаний и использоваться как контрольные образцы. Для предотвращения ухудшения электрических характеристик рекомендуется, чтобы контрольные образцы хранились в темноте при комнатной температуре, однако их допускается хранить и вне помещения под темным чехлом. Испытания выполняются в лабораторных и натурных условиях. Если расстояние между двумя этими местами велико или приходится прибегать к услугам транспортных компаний, то для оценки возможных изменений испытуемых образцов требуется проводить измерение темновой ВАХ до и после транспортирования.

Натурные испытания, даже в случае использования замещающего образца во всех остальных испытаниях, должны проводиться только с полноразмерными образцами. Такие испытания могут быть проведены либо в лабораторных, либо в натурных условиях.

Измерения ВАХ при естественном солнечном освещении или с использованием имитатора солнечного излучения каждого испытуемого образца (устройства или приемника излучения) должны проводиться при исходных испытаниях, до проведения испытаний на воздействие внешних факторов и при завершающих испытаниях, после проведения всех испытаний на воздействие внешних факторов. Проводить такие измерения после каждого испытания на воздействие внешних факторов необязательно, вместо них могут проводиться измерения темновых ВАХ.

В тех случаях, когда при последовательном выполнении испытаний в соответствии с рисунками 1 и 2 завершающие испытания одного являются начальными испытаниями для следующего испытания, их повторение необязательно.

Если какое-либо испытание проводится отдельно от выполнения всей программы испытаний, то перед ним проводят предварительную обработку испытуемых образцов в соответствии с разделом 9 и начинают его с выполнения указанных начальных испытаний, а после его завершения проводят проверку целостности контура заземления и измерение ВАХ при освещении и темновых ВАХ (если требуется) всех образцов.

Примечание 1 — Номер у каждого испытания на рисунках 1, 2 и в таблице 1 соответствует номеру подраздела раздела 10, в котором описано это испытание, и является индексом испытания для ссылки на него в других стандартах.

Если темновые ВАХ используются для оценки результатов испытаний на воздействие внешних факторов, то они должны быть измерены при проведении исходных испытаний в дополнение к начальным измерениям ВАХ при освещении для создания эталона сравнения с более поздними темновыми ВАХ. После завершения всех испытаний при оценке соответствия испытанных образцов требованиям успешных испытаний темновые ВАХ не используют.

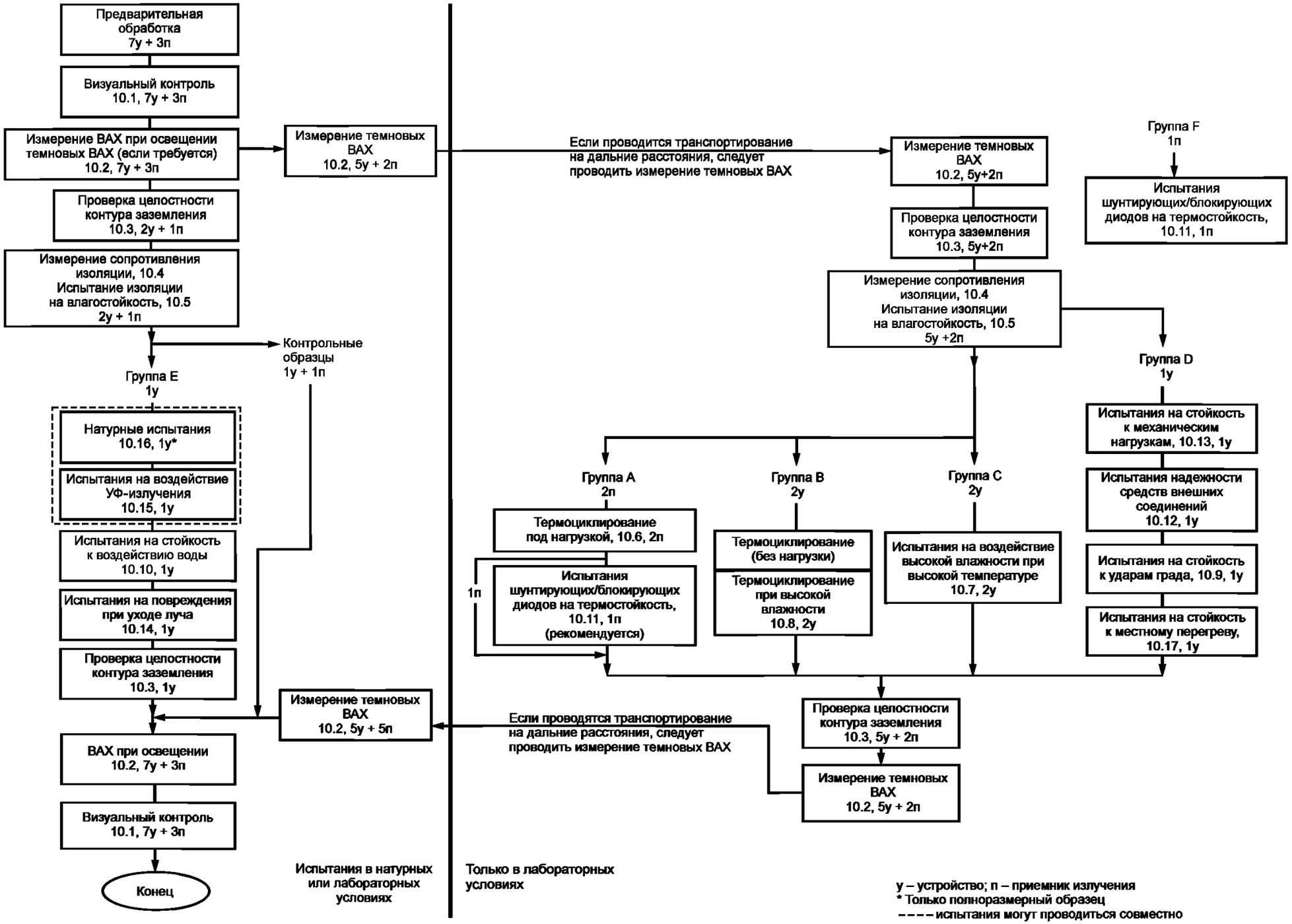


Рисунок 1 – Порядок проведения испытаний фотоэлектрических устройств с концентраторами, которые поставляются в готовом виде

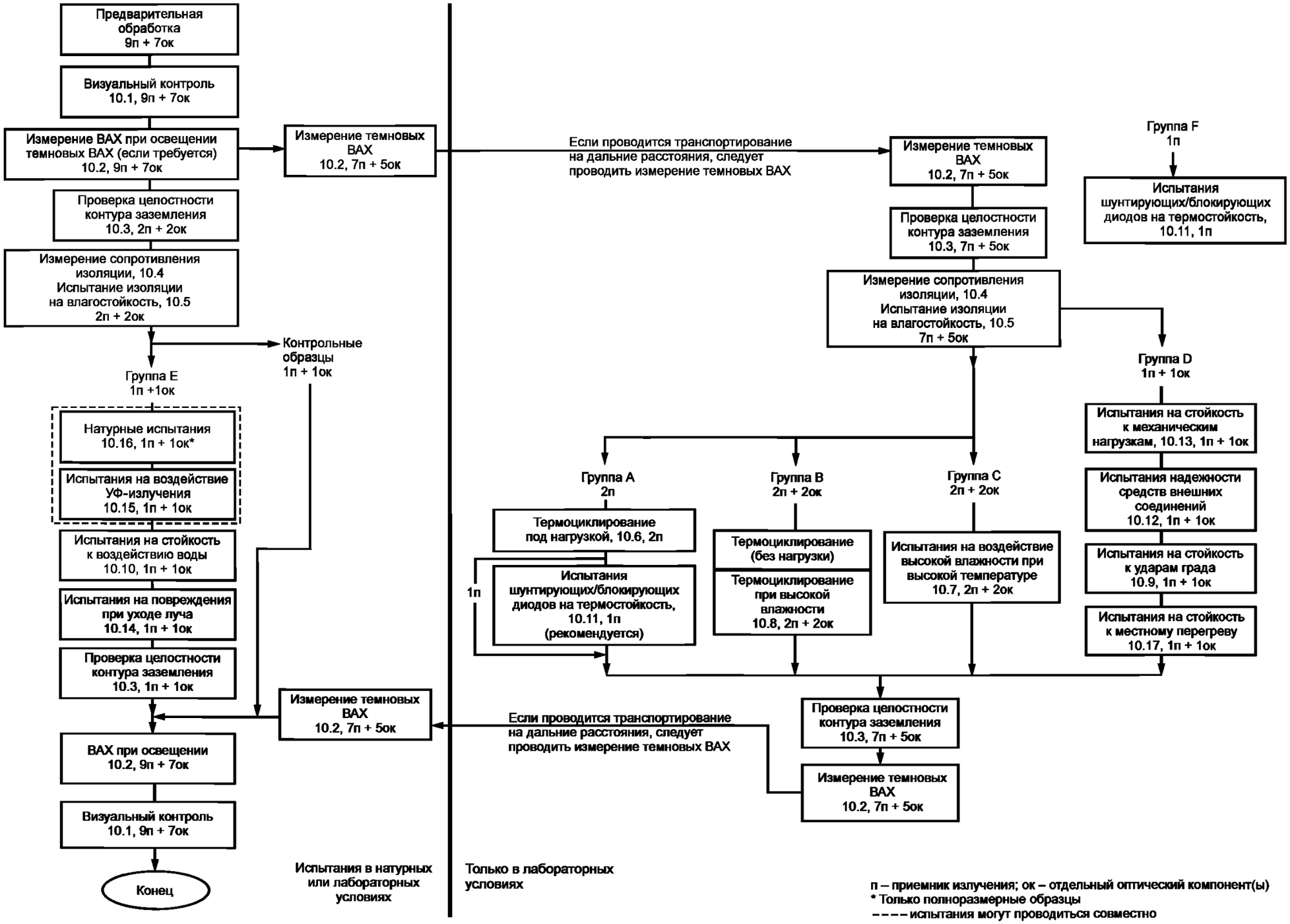


Рисунок 2 – Порядок проведения испытаний фотоэлектрических устройств с концентраторами, которые поставляются в разобранном виде и собираются на месте эксплуатации

Таблица 1 — Перечень испытаний

Индекс	Наименование	Условия испытаний	Требования
	Предварительная обработка	Выдержка при освещении с энергетической экспозицией 5 кВт·ч/м^2	
10.1	Визуальный контроль	Визуальный осмотр	Нет видимых функциональных повреждений
10.2	Измерение ВАХ	Измерение ВАХ: энергетическая освещенность > 700 Вт/м^2; АМ 1,5; скорость ветра < 6 м/с или под имитатором солнечного излучения Темновая ВАХ не менее 10 точек от 0,9 до 1,6$I_{к.з\ СУИК}$	Снижение мощности < 8 % для измерений под имитатором солнечного излучения и < 13 % для измерений при естественном солнечном освещении (исключая 10.15 и 10.16). Если увеличение сопротивления 10 %, требуется измерение ВАХ при освещении
10.3	Проверка целостности контура заземления	Определение сопротивления между точкой заземления и проводящими частями при протекании тока 2$I_{к.з\ СУИК}$	Сопротивление < 0,1 Ом. Нет повреждения соединений
10.4	Измерение сопротивления изоляции	Температура окружающей среды (25±10) °С; относительная влажность < 75 % 2 мин: 2$U_{max\ ФЭС}$[1)] + 1000 В, или 4$U_{max\ ФЭС}$ + 2000 В, или 500 В. 2 мин, 500 В	Нет разрушения изоляции или поверхностного пробоя; R > 50 МОм·м^2, если площадь ≤ 0,1 м^2; R > 5 МОм·м^2, если площадь > 0,1 м^2. Общее R > 1 МОм, если металлическая оболочка заземлена. Общее R > 10 МОм при двойной изоляции
10.5	Испытание изоляции на влагостойкость	500 В с погружением или обрызгиванием образца; R жидкости < 3500 Ом/см	То же
10.6	Термоциклирование под нагрузкой	Один из вариантов: 1000 циклов; от –40 °С до 85 °С; 500 циклов; от –40 °С до 110 °С; 2000 циклов; от –40 °С до 65 °С. 1,25$I_{к.з}$ при T > 25 °С; 10 циклов тока на один термический цикл	Нет видимых функциональных повреждений. Сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4 и 10.5
10.7	Испытания на воздействие высокой влажности при высокой температуре	1000 ч при 85 °С и относительной влажности 85 % или 2000 ч при 65 °С и относительной влажности 85 %	Нет видимых функциональных повреждений. Сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4 и 10.5
10.8	Термоциклирование при высокой влажности	1) Термоциклирование в сухих условиях Один из вариантов: 200 циклов; от –40 °С до 85 °С; 100 циклов; от –40 °С до 110 °С; 400 циклов; от –40 °С до 65 °С. 2) Термоциклирование при относительной влажности 85 % ~ 24 ч до –40 °С: 20 циклов; от –40 °С до 85 °С; 40 циклов; от –40 °С до 65 °С.	Нет видимых функциональных повреждений. Сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4 и 10.5

Окончание таблицы 1

Индекс	Наименование	Условия испытаний	Требования
10.9	Испытания на стойкость к ударам града	Не менее 10 ударов градиной диаметром 25,4 мм со скоростью 22,4 м/с в зонах возможного попадание града, падающего под углом 45° к вертикали	Протоколировать все результаты
10.10	Испытания на стойкость к воздействию воды	Обрызгивание с четырех направлений в течение 1 ч	Нет видимых функциональных повреждений. Сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4. Отсутствие большого количества оставшейся воды (уровень оставшейся воды не должен достигать каких-либо токоведущих частей в любой ориентации)
10.11	Испытания шунтирующих/блокирующих диодов на термостойкость	Температура 75 °С; $I_{к.з\ СУИК}$; 1 ч $1{,}25I_{к.з\ СУИК}$; 1 ч	Температура перехода диода не превышает заданную изготовителем максимальную допустимую температуру. Нет видимых функциональных повреждений. Сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4. Диод сохраняет работоспособность
10.12	Испытания надежности средств внешних соединений	Натяжение 20 Н; 10 циклов изгиба	Нет видимых функциональных повреждений. Сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4 и 10.5
10.13	Испытания на стойкость к механическим нагрузкам	2400 Па на переднюю и тыльную стороны в течение 1 ч, 3 цикла	Нет видимых функциональных повреждений. Сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4. Отсутствуют кратковременных разрывов цепей
10.14	Испытания на повреждения при уходе луча	Навести свет на сомнительное место на не менее 15 мин при энергетической освещенности > 800 Вт/м^2 и уход Солнца на 3 ч	Нет видимых функциональных повреждений, особенно плавления, задымления, обугливания, деформаций или воспламенения. Сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4
10.15	Испытания на воздействие УФ-излучения	Суммарная доза 50 кВт·ч/м^2 (испытание допускается совмещать с 10.16)	Нет видимых функциональных повреждений. Сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4. Снижение мощности не более 5 %
10.16	Натурные испытания	Суммарная энергетическая экспозиция 1000 кВт·ч/м^2. Энергетическая освещенность > 600 Вт/м^2	То же
10.17	Испытания на стойкость к местному перегреву	В разработке. В настоящее время см. *ГОСТ Р 56980—2016*, раздел 10.9	Снижение P_{max} ≤ 8 % (имитатор) или снижение P_{max} ≤ 10% (естественное освещение)

[1] $U_{max\ ФЭС}$ — максимальное напряжение фотоэлектрической системы, в которую может быть установлен испытуемый образец.

Таблица 2 — Распределение испытуемых образцов по испытаниям

Испытания	Фотоэлектрическое устройство с концентратором, которое поставляется в готовом виде		Фотоэлектрическое устройство с концентратором, которое поставляется в разобранном виде	
	Приемник излучения	Устройство	Приемник излучения	Оптический компонент(ы), поставляемый отдельно
Всего образцов	4	7	10	7
Предварительная обработка Начальные и завершающие испытания	4	7	10	7
Контрольный образец	1	1	1	1
Группа A 10.6 10.11*	2 2 1		2 2 1	
Группа B		2	2	2
Группа C		2	2	2
Группа D		1	1	1
Группа E 10.16		1 1 полно-размерный	1 1 полно-размерный	1 1 полно-размерный
Группа F	1		1	
* Рекомендуемое испытание.				

Для принятия решения о том, выдержал ли испытуемый образец все испытания в соответствии с настоящим стандартом, следует использовать его ВАХ при освещении, измеренные до и после проведения всех испытаний.

При проведении испытаний рабочий персонал должен строго соблюдать инструкции изготовителя по обращению с испытуемыми образцами, их монтажу и подключению.

В том случае, если какие-либо процедуры испытаний, установленные в настоящем стандарте, неприменимы к данному типу конструкции устройства, например для интегрированных фотоэлектрических устройств с концентраторами, изготовитель совместно с испытательной лабораторией и сертифицирующей организацией должны разработать программу испытаний, соответствующую основным положениям настоящего стандарта. Все изменения, отклонения и дополнения к программе испытаний должны быть отмечены и подробно изложены в протоколе испытаний (см. раздел 11).

Примечание 2 — Испытания, приведенные в таблице 1, являются минимальным требуемым набором испытаний для определения соответствия конструкции фотоэлектрического устройства с концентратором стандартным требованиям. По согласованию между испытательной лабораторией и изготовителем программа испытаний может быть расширена.

В том случае, если изготовитель производит только некоторые компоненты фотоэлектрических устройств с концентраторами, такие как приемники излучения, приемники излучения вместе с неразборными вторичными концентраторами, концентраторы, линзы или зеркала, может быть отдельно выполнена их частичная сертификация с использованием испытаний настоящего стандарта, относящихся только к этим изделиям.

В том случае, если какие-либо процедуры испытаний, установленные в настоящем стандарте, неприменимы к данному типу конструкции фотоэлектрического устройства с концентратором, изготовитель совместно с испытательной лабораторией и сертифицирующей организацией должны разработать программу испытаний, соответствующую основным положениям настоящего стандарта. Все изменения и отклонения от программы испытаний должны быть отмечены и подробно изложены в протоколе испытаний (см. раздел 11).

6 Оценка результатов испытаний

Испытания считаются успешными и конструкция фотоэлектрического устройства с концентратором считается соответствующей утвержденному стандартом типу, если каждый испытанный образец соответствует следующим требованиям:

1) Снижение относительной мощности в группах испытаний A — D не превышает 13 %, если BAX измерены при естественном солнечном освещении, и 8 %, если BAX измерены под имитатором солнечного излучения.

2) Снижение относительной мощности в группе испытаний E не превышает 7 %, если BAX измерены при естественном солнечном освещении, и 5 %, если BAX измерены под имитатором солнечного излучения.

3) Ни в одном из образцов при проведении испытаний не произошло обрывов цепей.

4) Отсутствуют видимые функциональные повреждения, приведенные в разделе 7.

5) Требования к значению сопротивления изоляции выполнены в начале и конце каждой группы испытаний.

6) Требования к значению сопротивления изоляции, измеренному при проведении испытания изоляции на влагостойкость, выполнены в начале и конце каждой группы испытаний.

7) Значение сопротивления изоляции после каждого испытания на воздействие климатических факторов соответствует требованиям, установленным в 10.4.

8) Значение сопротивления изоляции, измеренное при проведении испытания изоляции на влагостойкость до и после каждой группы испытаний и в конце испытаний на воздействие высокой влажности при высокой температуре, соответствует требованиям, установленным в 10.5.

9) Выполнены специальные требования всех отдельных испытаний.

При определении соответствия результатов испытаний требованиям настоящего раздела необходимо учитывать неопределенность (погрешность) в лабораторных измерениях.

Если после какого-либо испытания или после завершения всех испытаний испытанные образцы не соответствуют указанным условиям успешных испытаний, то:

10) Если испытания не проходят два или более испытанных образцов, считается, что конструкция устройства не отвечает квалификационным требованиям.

11) Если только один из испытанных образцов не проходит какого-либо испытания, должны быть выбраны два дополнительных образца в соответствии с требованиями раздела 4 и подвергнуты всей соответствующей группе испытаний с самого начала.

12) Если оба дополнительных образца проходят все испытания соответствующей группы, такая конструкция считается отвечающей квалификационным требованиям.

13) Если один или оба указанных дополнительных образца также не проходят испытаний, конструкция фотоэлектрического устройства с концентратором считается не отвечающей квалификационным требованиям.

14) В случаях, когда два или более испытанных образца не соответствуют условиям успешных испытаний, вся программа испытаний, приведенная на рисунке 1 или 2, должна быть повторена с начала, как правило, после внесения изменений в конструкцию или технологию изготовления.

7 Видимые функциональные повреждения

С точки зрения подтверждения соответствия конструкции фотоэлектрического устройства с концентратором установленному стандартом типу и сертификации видимыми функциональными повреждениями считаются следующие:

- сломанные, треснутые, согнутые или разорванные внешние поверхности, включая линзы, зеркала, корпус приемника, рамы и распределительные коробки;
- сломанные или треснутые фотоэлектрические элементы;
- пузырьки или расслоения, образующие непрерывный путь между какой-либо частью электрической цепи и краем приемника излучения или устройства;
- видимая коррозия электрических подключений, соединений и выводов, в том числе подключения заземления;
- дефекты клеевых соединений и герметиков;
- нарушение механической целостности до степени, ухудшающей монтажные или рабочие характеристики испытуемого образца.

8 Модификации

Для подтверждения сертификата соответствия при любых изменениях конструкции, материалов, компонентов или обработки устройств, прошедших испытания, может потребоваться повторение некоторых или всех испытаний по настоящему стандарту. Изготовитель должен сообщать и согласовывать с испытательной лабораторией и сертифицирующей организацией все проводимые им изменения.

9 Предварительная обработка

До проведения испытаний все испытуемые образцы должны пройти предварительную обработку прямым или рассеянным и прямым (суммарным) солнечным излучением (естественным или искусственным).

Испытуемые образцы должны быть выдержаны при освещении с энергетической экспозицией от 5 до 5,5 кВт·ч/м^2. Этот этап предназначен для снижения влияния первоначального спада характеристик.

10 Проведение испытаний

10.1 Визуальный контроль

10.1.1 Цель

Выявление любых видимых дефектов испытуемых образцов.

Любой испытуемый образец, имеющий признаки исходных повреждений, полученных не при его изготовлении, должен быть исключен из испытаний, если эти повреждения могут ухудшить характеристики испытуемого образца или привести к неблагоприятному исходу последующих испытаний. Такой испытуемый образец может быть заменен на другой до начала испытаний.

10.1.2 Проведение испытания

Все испытуемые образцы должны быть внимательно осмотрены и при необходимости сфотографированы. Все дефекты и аномалии (включая первоначальные дефекты, такие как недостаточное или избыточное количество припоя, шарики припоя, погнутые соединения, смещение деталей и частей) должны быть описаны, описания должны быть включены в протокол испытаний вместе с соответствующими рисунками и фотографиями, показывающими их расположение. Такие компоненты как линзы, зеркала, первичные и вторичные концентраторы, теплоотводы и оболочки, также должны быть проверены на наличие дефектов. В частности, при осмотре должны быть выявлены:

- сломанные или треснутые фотоэлектрические элементы;
- пузырьки, отслоения и подобные им дефекты самих фотоэлектрических элементов или вдоль их краев;
- повреждения, полученные при транспортировании или перемещениях, такие как трещины линз, трещины или изгибы корпусов, сгибы клемм или крепежных кронштейнов;
- закрытые вентиляционные отверстия и отдушины (все вентиляционные отверстия и отдушины должны быть свободны);
- некомплектность соединений и материалов для выполнения заземления всех проводящих поверхностей;
- трещины, искривление, смещение или разрывы внешних поверхностей;
- повреждения контактов и соединений;
- видимая коррозия электрических подключений, соединений и выводов, в том числе подключения заземления;
- дефекты клеевых соединений и герметиков;
- липкость поверхностей пластиковых материалов;
- повреждения выводов, открытых проводящих частей, повреждения изоляции проводников и проводящих частей, находящихся под напряжением при работе испытуемого образца;
- нарушение механической целостности до степени, ухудшающей монтажные или рабочие характеристики испытуемого образца;
- какие-либо иные повреждения, которые могут повлиять на надежность или характеристики испытуемого образца.

Описывают или фотографируют состояние и положение всех обнаруженных повреждений, в том числе трещин, пузырьков или отслоений, которые могут ухудшить или отрицательно повлиять на характеристики испытуемого образца в последующих испытаниях.

Описания обнаруженных повреждений должны быть включены в протокол испытаний вместе с соответствующими рисунками и фотографиями, характеризующими их состояние и расположение.

Испытанные образцы считают выдержавшими испытания, если отсутствуют видимые функциональные повреждения, указанные в разделе 7.

10.2 Измерение вольт-амперных характеристик

10.2.1 Цель

Измерение ВАХ испытуемых образцов для оценки изменения их характеристик и после проведения испытаний на воздействие различных внешних факторов. Внимание при проведении этих испытаний сосредоточено на снижении мощности, а не на определении значения номинальной мощности, которое рассмотрено в отдельном стандарте на определение номинальной мощности и выработки энергии.

Наиболее важным для применения этого испытания при оценке изменения характеристик является воспроизводимость результатов испытания.

10.2.2 Измерение вольт-амперных характеристик при естественном солнечном освещении

Измерение ВАХ при естественном солнечном освещении позволяет оценить снижение мощности испытуемого образца в результате воздействия различных внешних факторов за счет сравнения значения относительной мощности испытуемого образца до и после испытания.

Относительная мощность определяется как максимальная мощность испытуемого образца, деленная на максимальную мощность контрольного образца, измеренную при тех же условиях. Этот метод основан на предположении, что можно пренебречь изменением электрических характеристик контрольного образца в течение всего периода испытаний. В этом случае нет необходимости учитывать изменение условий измерений от испытания к испытанию и использовать сложные процедуры внесения поправок.

Измерение ВАХ при естественном солнечном освещении каждого испытуемого образца (кроме оптических компонентов) должны проводиться при исходных измерениях до проведения испытаний на воздействие внешних факторов и при завершающих измерениях после проведения всех испытаний на воздействие внешних факторов. Проводить такие измерения после каждого испытания на воздействие внешних факторов необязательно, вместо них могут проводиться измерения темновых ВАХ.

10.2.2.1 Проведение испытаний

Испытательное оборудование в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-1*, а также приборы для контроля скорости расхода охладителя и его температуры на входе и выходе, если для охлаждения используется охлаждающая жидкость.

При использовании этого метода для приемников излучения контрольный и испытуемый образцы должны быть установлены с соответствующими оптическими и механическими компонентами испытуемого устройства так, чтобы во время испытаний поступающее на образцы концентрированное излучение и тепловые условия были сходны с реальными условиями работы приемника в фотоэлектрическом устройстве с концентратором.

Испытания проводят в ясный, безоблачный день в период времени, когда выполняются следующие условия:

- энергетическая освещенность прямого излучения, направленного по нормали к воспринимающей поверхности, больше 700 Вт/м^2 и изменение энергетической освещенности меньше 2 % в течение любого 5-минутного интервала;
- вокруг Солнца отсутствуют видимые облака или дымка;
- скорость ветра менее 6 м/с и за 10 мин до измерения отсутствуют порывы ветра выше 10 м/с.

Примечание — Необходимо обратить внимание на жесткость системы слежения и убедиться, что она устойчива при сильном ветре.

1) Испытуемый и контрольный образцы устанавливают на двухосевом следящем устройстве как можно ближе друг к другу таким образом, чтобы воспринимающие излучение поверхности испытуемого и контрольного образцов были компланарны.

2) Устанавливают и подключают измерительные приборы

3) Если в испытуемом образце предусмотрено активное охлаждение, подключают приборы контроля скорости расхода охладителя и его температуры на входе и выходе. Включают систему охлаждения. Система охлаждения должна функционировать в течение всего периода испытаний.

4) Выполняют согласование оптической оси образцов с направлением падающего потока излучения одним из указанных ниже способов:

- испытуемый и контрольный образцы устанавливают в одной плоскости, а затем выполняют их совместную ориентацию на Солнце;
- перед измерениями ВАХ выполняют отдельную ориентацию на Солнце для испытуемого и контрольного образцов.

Примечание — Если условия окружающей среды соответствуют указанным требованиям, измерения для испытуемого и контрольного образцов могут быть проведены на двух установленных рядом системах слежения, либо два приемника могут быть испытаны на одной оптической и следящей системе один за другим.

Ориентация должна отвечать требованиям изготовителя. Если такие требования отсутствуют, в качестве показателя качества наведения используется ток короткого замыкания испытуемого образца $I_{к.з\ СУИК}$. Ориентация считается неточной, если $I_{к.з\ СУИК}$ более чем на 2 % меньше значения, установленного производителем.

5) Ведут наблюдение за температурой образца с тем, чтобы изменение температуры образца в течение любого 1-минутного интервала составляло не более чем 2 °С.

6) Если в испытуемом образце используется охлаждающая жидкость, необходимо следить за скоростью расхода охладителя и температурой на входе и выходе. Изменения скорости расхода охладителя не должны быть более 2 %, и в течение любого 5-минутного интервала температура не должна меняться более чем на 1 °С.

7) Выполняют измерение ВАХ обоих образцов и определяют максимальную мощность.

Измерения должны быть выполнены достаточно быстро, чтобы изменения максимальной мощности, обусловленные изменением энергетической освещенности, температуры окружающей среды и скорости ветра на протяжении всего испытания, не превышали 2 %.

8) Рассчитывают относительную мощность образца P, %:

$$P = P_{max}/P_{max\ к} \cdot 100\ \%, \quad (1)$$

где P_{max} — максимальная мощность испытуемого образца, Вт;
$P_{max\ к}$ — максимальная мощность контрольного образца, измеренная при тех же условиях, что и P_{max}, Вт.

9) Определяют относительное снижение мощности ΔP по формуле:

$$\Delta P = (P_2 - P_1)/P_2 \cdot 100\ \%, \quad (2)$$

где P_2 — относительная мощность, измеренная после данного испытания;
P_1 — относительная мощность, измеренная перед данным испытанием, или относительная мощность, определенная при исходных измерениях, в зависимости от того, с чем сравнивают результаты испытаний.

Испытанные образцы считают выдержавшими испытания, если:

- параметры ВАХ, максимальная мощность испытуемых образцов P_{max}, ток короткого замыкания $I_{к.з}$ и напряжение холостого хода $U_{х.х}$ измерены точно и с хорошей воспроизводимостью;
- после проведения конкретного испытания на воздействие внешних факторов относительное снижение мощности соответствует требованиям этого испытания;
- после проведения всех испытаний ΔP меньше 8 % при измерении ВАХ с использованием имитатора солнечного излучения или ΔP менее 13 %, если измерение ВАХ проводилось при естественном солнечном освещении. Разница в 5 % учитывает бóльшую неопределенность измерений при естественном солнечном освещении.

10.2.3 Измерение вольт-амперных характеристик с использованием имитатора солнечного излучения

Измерение ВАХ испытуемых образцов при освещении для оценки снижения их мощности также может быть выполнено в лабораторных условиях с использованием имитатора солнечного излучения. Порядок измерений ВАХ с использованием имитатора солнечного излучения разрабатывается испытательной лабораторией, проводящей испытания. Условия измерений должны соответствовать условиям эксплуатации, для которых предназначен испытуемый образец, и требованиям настоящего стандарта. Относительную мощность и относительное снижение мощности определяют, как указано в 10.2.2.

10.2.4 Измерение темновых вольтамперных характеристик

Измерение темновых ВАХ позволяет оценить изменение характеристик испытуемого образца в результате воздействия различных внешних факторов за счет сравнения значения последовательного сопротивления испытуемого образца до и после испытания на воздействие внешних факторов. Эти измерения также проводятся до и после транспортирования испытуемого образца для оценки каких-либо возможных изменений.

Измерение темновых ВАХ является экономным способом наблюдения и выявления снижения мощности испытуемых образцов при проведении измерений между испытаниями на воздействие внешних факторов или для определения сохранения электрических характеристик контрольных образцов.

10.2.4.1 Испытательное оборудование

Для проведения испытаний требуется следующее оборудование:

a) источник питания (источник постоянного тока или заряженный аккумулятор), который выдает ток, в 1,6 раза превышающий ток короткого замыкания испытуемого образца $I_{к.з\ СУИК}$, указанный изготовителем. Источник тока должен обеспечивать регулирование значения тока таким образом, чтобы в интервале от $0{,}9I_{к.з\ СУИК}$ до $1{,}6I_{к.з\ СУИК}$ можно было задать не менее 10 значений примерно с равным интервалом или непрерывно снимать показания, постепенно изменяя ток. Для уменьшения влияния температуры рекомендуется использовать источник импульсного напряжения с промежутком между импульсами 10 с;

b) приборы для измерения напряжения и тока испытуемого образца с точностью ±0,2 % от измеряемого значения. Подключение следует выполнять независимыми проводами минимально возможной длины; четырехпроводное подключение должно выполняться к контактам или выводам;

c) прибор для непрерывной записи ВАХ: самописец, запоминающее устройство или иное аналогичное устройство;

d) иной прибор для измерения ВАХ вместо приборов по перечислениям b) и c).

10.2.4.2 Проведение испытаний

Если темновые ВАХ используются для оценки результатов испытаний на воздействие внешних факторов, то они должны быть измерены при проведении исходных измерений в дополнение к начальным измерениям ВАХ при освещении, для создания эталона сравнения с более поздними темновыми ВАХ.

1) Если имеется блокирующий диод, устанавливают перемычку между выводами блокирующего диода.

2) Подсоединяют положительный вывод источника питания к положительной клемме испытуемого образца и отрицательный вывод — к отрицательной клемме. Подсоединяют измерительные приборы.

3) Затеняют приемник, например накрыв защитным экраном или перевернув испытуемые образцы, так чтобы измеренное напряжение холостого хода испытуемого образца не превосходило 5 % значения его напряжение холостого хода $U_{х.х\ СУИК}$, указанного изготовителем.

4) Последовательно изменяя подаваемое на испытуемый образец напряжение, через примерно равные интервалы в диапазоне тока от $0{,}9I_{к.з}$ до $1{,}6I_{к.з}$ регистрируют не менее 10 точек значений тока, напряжения и эквивалентной температуры элемента или регистрируют значения тока, напряжения и эквивалентной температуры элемента непрерывно.

Примечание — Данный метод очень чувствителен к температуре. Измерения необходимо проводить настолько быстро, насколько это возможно, во избежание сильного нагрева элементов. Если нарастание температуры слишком велико для получения воспроизводимых результатов, прекращают подачу тока до тех пор, пока температура не стабилизируется, и регистрируют значения в стабильном состоянии.

5) По данным о токе и напряжении испытуемого образца строят график со значениями напряжения U на вертикальной оси и значениями тока I — на горизонтальной. Строят линейную регрессию в линейной части графика (обычно в области высоких значений тока):

$$U = R\,I + U_0, \qquad (3)$$

где R — последовательное сопротивление испытуемого образца;
U_0 — постоянная линейной регрессии.

Испытанные образцы считают выдержавшими испытания, если:

- параметры ВАХ измерены точно и с хорошей воспроизводимостью;
- увеличение последовательного сопротивления испытуемого образца после проведения испытания меньше 10 %.

Примечание — Если увеличение последовательного сопротивления больше 10 %, требуется провести измерение ВАХ при освещении.

Темновые ВАХ являются экономным способом определения ухудшения характеристик испытуемого образца после каждого отдельного испытания на воздействие внешних факторов. При оценке результатов после завершения всех испытаний темновые ВАХ не используются.

Для принятия решения о том, выдержал ли испытанный образец все испытания, установленные в настоящем стандарте, следует проводить измерения ВАХ испытанного образца при освещении.

10.3 Проверка целостности контура заземления

10.3.1 Цель

Проверка электрической проводимости между всеми открытыми проводящими частями испытуемого образца и точкой заземления при высоких значениях тока.

10.3.2 Испытательное оборудование

Для проведения испытаний требуется следующее оборудование:

a) омметр;

b) источник питания с напряжением до 10 В постоянного тока и ограниченным током;

c) приборы для измерения напряжения и тока испытуемого образца с точностью ±0,2 %.

10.3.3 Проведение испытаний

1) Соединяют точку заземления испытуемого образца, указанную изготовителем (заземляющий зажим, вывод для заземления), с помощью рекомендованного изготовителем заземляющего проводника с выходом источника постоянного тока.

Выбирают на открытой проводящей части испытуемого образца, электрически соединенной с точкой заземления, точку, наиболее удаленную от точки заземления. Подключают выбранную точку к другому выходу источника питания.

Если изготовитель испытуемого образца не снабдил его контактами для проведения данного испытания, для создания надежного контакта небольшую зону на открытой проводящей части испытуемого образца следует очистить от гальванического или иного покрытия.

2) Подают ток, равный $2I_{к.з\ СУИК}$ испытуемого образца, между заземляющим зажимом и выбранной точкой и измеряют напряжение между двумя точками, удаленными не далее 13 мм от выбранной точки соединения открытых проводящих частей испытуемого образца с источником питания.

3) Регистрируют установившиеся значения тока и напряжения.

4) Если в испытуемом образце возможно несколько путей протекания тока между точкой заземления и открытыми проводящими частями, последовательно соединяют источник питания с наиболее удаленной точкой открытой проводящей части каждого из путей протекания тока и определяют ток и напряжение.

5) Если для оценки всех путей протекания тока требуется несколько испытаний и во время испытания температура испытуемого образца значительно возрастает, необходимо обеспечить достаточное время охлаждения между испытаниями.

10.3.4 Завершающие испытания

Для оценки изменения характеристик испытанного образца проводят следующие испытания:

- визуальный контроль по 10.1;
- измерение сопротивления изоляции по 10.4.

Сравнивают полученные результаты с требованиями раздела 7 и 10.4.

Испытанные образцы считают выдержавшими испытания, если:

- сопротивление для всех измерений меньше 0,1 Ом;
- между соединениями различных открытых проводящих частей нет повреждений;
- отсутствуют видимые функциональные повреждения, указанные в разделе 7;
- сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4.

10.4 Измерение сопротивления изоляции

10.4.1 Цель

Определение того, насколько хорошо токоведущие части испытуемого образца изолированы от рамы и окружающей среды.

10.4.2 Испытательное оборудование

Прибор для измерения сопротивления изоляции, который обеспечивает следующие функции:

- ограничение тока до 10 мА;
- подачу напряжения постоянного тока 500 В или максимального напряжения фотоэлектрической системы, в которую может быть установлен испытуемый образец, указанное изготовителем в его

маркировке, в зависимости от того, какое из них выше. Величина напряжения должна измеряться с погрешностью не более 2 %;

- подачу напряжения постоянного тока 1000 В плюс удвоенное максимальное напряжение фотоэлектрической системы, в которую может быть установлен испытуемый образец, для испытуемых образцов класса применения В или 2000 В плюс четырехкратное максимальное напряжение фотоэлектрической системы для испытуемых образцов класса применения А. Величина напряжения должна измеряться с погрешностью не более 2 %;
- измерение тока по миллиамперной шкале.
- измерение сопротивления, если необходимо.

Для выполнения этих функций могут быть использованы одно или несколько различных приборов.

10.4.3 Проведение испытаний

Испытания должны проводиться при температуре окружающей среды (25 ± 10) °С и относительной влажности не более 75 %.

1) Если в испытуемых образцах предусмотрена система охлаждения с охлаждающей жидкостью, заполняют систему охлаждения охлаждающей жидкостью. При проведении испытания охлаждающая жидкость должна присутствовать в системе, но ее циркуляция не требуется.

2) Рабочие поверхности приемника должны быть защищены от попадания на них освещения и испытуемый образец не должен быть подключен к какому-либо источнику питания, кроме измерительного прибора.

3) Устанавливают перемычку между выводами испытуемого образца и соединяют их с положительным выходом измерительного прибора.

4) Соединяют открытую металлическую часть образца с отрицательным выходом измерительного прибора. Если у испытуемого образца отсутствует рама или она не проводит или плохо проводит ток, устанавливают образец на металлическую пластину или плотно оборачивают образец в фольгу и соединяют пластину или фольгу с отрицательной клеммой измерительного прибора.

5) Через 1 мин или более после выполнения этапа 2) со скоростью, не превышающей 500 В/с, увеличивают подаваемое измерительным прибором напряжение до максимума, равного 1000 В плюс удвоенное значение максимального напряжения фотоэлектрической системы, в которую может быть установлен испытуемый образец, указанное изготовителем в его маркировке, для испытуемых образцов класса применения В или 2000 В плюс четырехкратное максимальное напряжение фотоэлектрической системы для испытуемых образцов класса применения А. Если максимальное напряжение фотоэлектрической системы, для установки в которую предназначен испытуемый образец, не превышает 50 В, то приложенное напряжение должно составлять 500 В.

6) Поддерживают напряжение на этом уровне до момента стабилизации значения тока утечки и еще 2 мин после стабилизации его значения.

7) Определяют наличие следов нарушения изоляции или поверхностного пробоя.

8) Снижают приложенное напряжение до нуля и устанавливают перемычку между выводами измерительного прибора для сброса остаточного напряжения испытуемого образца.

9) Убирают перемычку между выводами измерительного прибора.

10) Со скоростью, не превышающей 500 В/с, увеличивают подаваемое измерительным прибором напряжение до 500 В или максимального напряжения фотоэлектрической системы, в зависимости от того, какое из них выше.

Поддерживают напряжение на этом уровне до того момента, как значение тока утечки стабилизируется, и еще 2 мин после стабилизации значения тока утечки.

11) Регистрируют приложенное напряжение и ток.

12) По полученным данным рассчитывают сопротивление изоляции испытуемого образца.

13) Снижают приложенное напряжение до нуля и устанавливают перемычку между выводами измерительного прибора для сброса остаточного напряжения испытуемого образца.

14) Убирают перемычку между выводами измерительного прибора и отсоединяют измерительное оборудование от испытуемого образца (и от металлической пластины, если она использовалась).

15) Проводят визуальный осмотр по 10.1.

Испытанные образцы считают выдержавшими испытания, если:

- в течение испытаний не происходит разрушения изоляции, поверхностного пробоя или образования пузырьков;
- у испытанных образцов с полной площадью апертуры приемника не более 0,1 $м^2$ измеренное сопротивление изоляции не менее 50 МОм;

- у испытанных образцов с полной площадью апертуры приемника более 0,1 м^2 произведение измеренного сопротивления изоляции на площадь не менее 5 МОм·м^2;
- общее сопротивление изоляции испытанных образцов более 1 МОм или более 10 МОм в случае двойной изоляции;
- отсутствуют видимые функциональные повреждения, указанные в разделе 7.

10.5 Испытание изоляции на влагостойкость

10.5.1 Цель

Оценка возможности повреждения изоляции испытуемого фотоэлектрического устройства с концентратором в условиях работы при повышенной влажности и проверка того, что влажность, создаваемая дождем, туманом, росой или тающим снегом, не проникает к токоведущим частям цепей испытуемого устройства, где она может вызвать коррозию, короткое замыкание или создать угрозу безопасности.

10.5.2 Испытательное оборудование

Для проведения испытаний требуется следующее оборудование:

a) бак достаточного размера для помещения испытуемого образца в жидкость для испытаний. Бак должен содержать жидкость для испытаний — некорродирующий раствор, отвечающий следующим требованиям:

- сопротивление .....3500 Ом·см или менее;
- поверхностное натяжение .....0,03 Н/м или менее;
- температура .....(22 ± 3) °С.

Глубина погружения должна быть достаточной для покрытия всех поверхностей, за исключением мест подключения к внешним устройствам, например входов коммутационной коробки, которые не рассчитаны на погружение;

b) оборудование для разбрызгивания указанного раствора;

c) прибор для измерения сопротивления изоляции, который обеспечивает следующие функции:

- ограничение тока до 10 мА;
- подачу напряжения постоянного тока 500 В или максимального напряжения фотоэлектрической системы, для установки в которую предназначен испытуемый образец, указанного изготовителем в его маркировке, в зависимости от того, какое из них выше. Величина напряжения должна измеряться с погрешностью не более 2 %;
- измерение сопротивления, если необходимо.

Для выполнения этих функции могут быть использованы одно или несколько различных приборов.

10.5.3 Проведение испытаний

Все соединения должны соответствовать рекомендациям изготовителя по выполнению проводки на месте эксплуатации, и, кроме того, необходимо принять меры, предупреждающие появление токов утечки через проводку приборов, подключенных к испытуемому образцу.

1) Наполняют бак раствором, указанным в 10.5.2.

2) Если в испытуемых образцах предусмотрена система охлаждения с охлаждающей жидкостью, заполняют систему охлаждающей жидкостью. При проведении испытания охлаждающая жидкость должна присутствовать в системе, но ее циркуляция не требуется.

3) Устанавливают перемычку между выводами испытуемого образца и соединяют их с положительным выходом измерительного прибора.

4) Погружают испытуемый образец в бак с раствором, за исключением коммутационных коробок, скруток, неизолированных подключений и других компонентов, не рассчитанных на погружение в жидкость.

Присоединяют к отрицательному выходу измерительного прибора соответствующий проводник и погружают второй конец проводника в раствор.

Тщательно обрызгивают указанным раствором части испытуемого образца, не рассчитанные на погружение, с тех сторон, откуда возможно попадание дождя или снега.

Если испытуемый образец полностью не помещается в бак с жидкостью для испытаний, допускается проводить испытания тщательно обрызгав части испытуемого образца, которые не удалось погрузить в бак, жидкостью для испытаний в течение не менее 5 мин. В течение всего времени испытаний указанные части должны быть полностью покрыты жидкостью.

Если испытуемый образец не удается погрузить в бак, допускается проводить испытания, тщательно обрызгав испытуемый образец жидкостью для испытаний в течение не менее 5 мин. В течение

всего времени испытаний испытуемый образец должен быть полностью покрыт жидкостью, за исключением частей, не рассчитанных на погружение в жидкость. В этом случае конец проводника, соединенного с отрицательным выходом испытательного прибора, должен быть закреплен таким образом, чтобы между ним и образцом постоянно находилась испытательная жидкость.

5) Со скоростью, не превосходящей 500 В/с, увеличивают напряжение на испытуемом образце до 500 В или до максимального напряжения фотоэлектрической системы, для установки в которую предназначен испытуемый образец, указанного изготовителем, в зависимости от того, какое из них выше.

6) Поддерживают напряжение на этом уровне до момента стабилизации значения тока утечки и еще 2 мин после стабилизации его значения. При этом продолжают следить за тем, чтобы все части испытуемого образца были покрыты жидкостью для испытаний и поддерживают это состояние испытуемого образца.

7) Определяют наличие следов нарушения изоляции, поверхностного пробоя или образования пузырьков и регистрируют приложенное напряжение и ток.

8) По полученным данным рассчитывают сопротивление изоляции испытуемого образца.

9) Снижают приложенное напряжение до нуля и устанавливают перемычку между выводами измерительного прибора для сброса остаточного напряжения испытуемого образца.

10) Убирают перемычку между выводами измерительного прибора и отсоединяют измерительный прибор от испытуемого образца.

11) Проводят визуальный контроль по 10.1.

Испытанные образцы считают выдержавшими испытания, если:

- в продолжение испытаний не происходит разрушения изоляции или поверхностного пробоя;
- у испытанных образцов с полной площадью апертуры приемника не более 0,1 $м^2$ измеренное сопротивление изоляции должно составлять не менее 50 МОм;
- у испытанных образцов с полной площадью апертуры приемника более 0,1 $м^2$ произведение измеренного сопротивления изоляции на площадь поверхности элементов не менее 5 МОм·$м^2$.
- общее сопротивление изоляции более 1 МОм или более 10 МОм в случае двойной изоляции;
- отсутствуют видимые функциональные повреждения, указанные в разделе 7.

10.6 Термоциклирование под нагрузкой

10.6.1 Цель

Определение способности испытуемых образцов противостоять резким перепадам температуры, термической усталости и другим факторам, обусловленным быстрыми, неравномерными или частыми изменениями температуры.

10.6.2 Образец для проведения испытаний

В тех случаях, когда полноразмерный образец слишком велик для помещения в климатическую камеру или его стоимость слишком велика, для проведения этого испытания допускается использование замещающего образца меньшего размера, отвечающего требованиям раздела 4.

При разработке замещающего образца требуется наряду с другими учесть следующие соображения:

- одинаковые части, входящие в состав полноразмерного испытуемого образца, могут быть исключены, хотя там, где это возможно, следует использовать не менее двух таких частей полного размера;
- в замещающие образцы должны быть включены все неповторяющиеся части или секции, электрические и механические соединения, датчики, шунтирующие или блокирующие диоды.

Примечание — При изготовлении замещающего образца необходимо учитывать, что возможные механизмы разрушения при термоциклировании могут быть связаны с недостаточной механической прочностью компонентов, некачественным выполнением клеммных и паяных соединений (ослабление соединений, некачественная пайка, слишком сильное натяжение), неправильной конструкцией соединений (например, слишком большая разница коэффициентов теплового расширения соединяемых слоев или недостаточная толщина прокладки между ними), неправильным выбором клеев и герметиков или низким качеством изготовления.

10.6.3 Испытательное оборудование

Для проведения испытаний требуется следующее оборудование:

a) климатическая камера с автоматическим управлением температурой, средствами обеспечения внутренней циркуляции воздуха и средствами минимизации образования конденсата на испытуемом образце(ах) при проведении испытаний, обеспечивающая выполнение циклов изменения температуры с одним или несколькими испытуемыми образцами в соответствии с рисунком 3;

b) приспособления для установки и закрепления испытуемых образцов в указанной климатической камере, обеспечивающие беспрепятственную циркуляцию окружающего воздуха. Теплопроводность

стоек и креплений должна быть настолько низкой, чтобы с практической точки зрения испытуемые образцы могли бы рассматриваться как теплоизолированные;

c) средства измерения и регистрации температуры испытуемого образца с точностью ±1 °С. Если одновременно проводят испытания нескольких испытуемых образцов, достаточно регистрировать температуру только одного типичного испытуемого образца;

d) внешний источник(и) постоянного тока для создания постоянного тока, равного току каждого испытуемого образца в точке максимальной мощности, измеренного при СУИ, в пределах ±2 %, если необходимо;

e) средства регистрации значений тока каждого из испытуемых образцов;

f) источник освещения, обеспечивающий требуемый уровень энергетической освещенности, если необходимо;

e) средства контроля целостности цепей в каждом из испытуемых образцов в продолжение испытаний;

g) приборы для контроля скорости расхода охладителя и его температуры на входе и выходе, если для охлаждения используется охлаждающая жидкость.

10.6.4 Проведение испытаний

Испытания проводят в климатической камере. В зависимости от материалов, из которых изготовлены испытуемые образцы, для проведения термоциклирования выбирают один из вариантов условий, указанных в таблице 3. Термоциклирование проводится в сухих условиях. Частота циклов должна составлять от 10 до 18 циклов в день.

Для периодического создания на испытуемом образце тока, равного $1{,}25I_{к.з\ СУИК}$ (см. рисунок 3), используют один из следующих режимов:

- термоциклирование в темноте. В этом режиме на испытуемый образец периодически подают обратный ток требуемого значения с помощью внешнего источника питания. Если установлены блокирующие диоды, они должны быть шунтированы;

Примечание — Если испытуемые образцы не могут быть испытаны в климатической камере под нагрузкой (см. примечание 2), ток во время термоциклирования не подается.

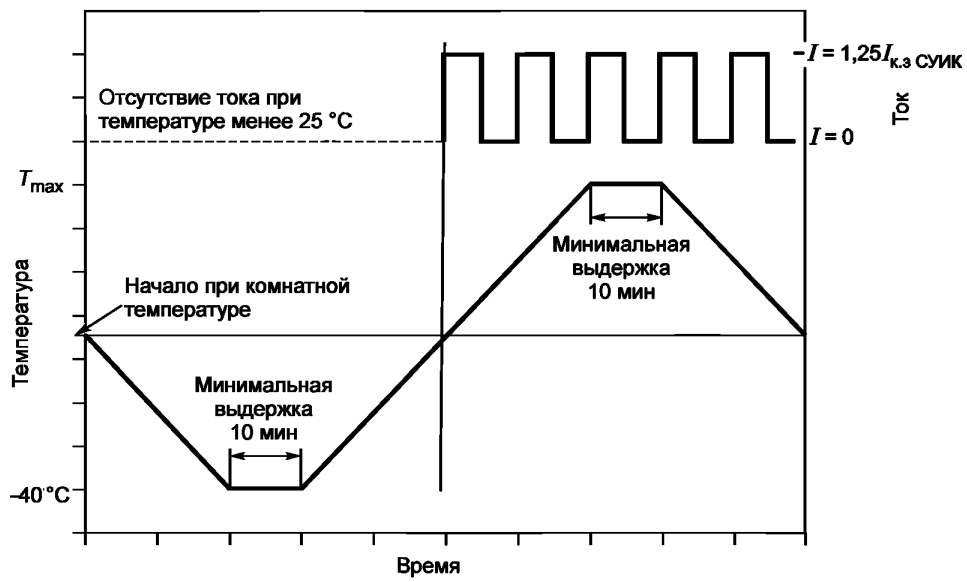


Рисунок 3 — Профиль изменения температуры и тока при термоциклировании (не в масштабе)

Таблица 3 — Условия термоциклирования под нагрузкой, группа испытаний А

Вариант	Максимальная температура элемента, °С	Количество циклов	Приложенный ток*
ТСА-1	85	1000	$1{,}25I_{к.з\ СУИК}$ при $T > 25$ °С. 10 выключений тока за один термический цикл

Окончание таблицы 3

Вариант	Максимальная температура элемента, °С	Количество циклов	Приложенный ток*
ТСА-2	110	500	$1,25I_{к.з\ СУИК}$ при $T > 25$ °С. 10 выключений тока за один термический цикл
ТСА-3	65	2000	$1,25I_{к.з\ СУИК}$ при $T > 25$ °С. 10 выключений тока за один термический цикл
* См. примечания 2, 3.			

- термоциклирование при полном освещении испытуемого образца. В этом режиме периодически включают источник освещения, обеспечивая поступление излучения на испытуемый образец с таким уровнем энергетической освещенности, чтобы испытуемый образец генерировал прямой ток требуемого значения;

- термоциклирование при частичном освещении испытуемого образца. В этом режиме ток требуемого значения на испытуемом образце создают с помощью периодического включения источника освещения совместно с внешним источником питания.

Примечание 1 — Если на выходе испытуемого образца соединяются несколько параллельно соединенных цепочек фотоэлектрических компонентов (например, фотоэлектрических элементов), необходимо убедиться, что значение тока в каждой такой цепочке равно $1,25I_{к.з\ СУИК}$ испытуемого образца. Иногда для этого требуется разъединить параллельные цепочки и подключить их к отдельным источникам питания.

Примечание 2 — На момент разработки настоящего стандарта не все приемники излучения фотоэлектрических устройств с концентраторами могли быть испытаны при указанных режимах создания тока на испытуемых образцах. Например, некоторые фотоэлектрические элементы типа A_3B_5 большой площади не могли быть испытаны при режимах в темноте и частичном освещении, а оборудование, необходимое для их испытания при режиме полного освещения, было доступно не для всех лабораторий.

Для таких приемников допускается термоциклирование без создания тока в испытуемом образце. Изготовитель в этом случае должен предоставить три дополнительных образца приемников с аналогичными, но «мертвыми», т. е. фотоэлектрически не активными элементами, тепловые характеристики которых совпадают с тепловыми характеристиками испытуемых образцов. С этими образцами проводят следующие испытания:

- определяют разницу температур между дополнительным образцом и теплоотводом в условиях эксплуатации с помощью компьютерного моделирования или непосредственным измерением в натурных условиях при энергетической освещенности прямого излучения, направленного нормально к воспринимающей поверхности, более 700 Вт/м^2 и скорости ветра менее 2 м/с;
- измеряют сопротивление дополнительных образцов;
- проводят термоциклирование, как указано в настоящем подразделе, но без нагрузки;
- вынимают образцы из климатической камеры;
- в отрицательном или положительном направлении подают ток не менее $1,25I_{к.з\ СУИК}$ и регулируют его так, чтобы разница температур между образцом и теплоотводом была равна или превосходила соответствующую разницу в условиях эксплуатации;
- поддерживают температуру между образцом и теплоотводом, для того чтобы возник местный нагрев, наличие которого позволяет оценить способность приемников противостоять перепадам температур, термической усталости и иным факторам;
- измеряют сопротивление дополнительных образцов.

Эти образцы считаются выдержавшими испытания, если изменение их сопротивления не превышает 2 %. Когда будут получены дополнительные данные, такой альтернативный порядок испытаний будет переработан и при необходимости будет опубликовано приложение к настоящему стандарту.

1) Если в испытуемых образцах предусмотрено активное охлаждение, подготавливают систему охлаждения для функционирования, например, заполняют ее охлаждающей жидкостью.

2) Если для создания тока в испытуемом образце используют освещение, устанавливают источник освещения, обеспечивающий требуемый уровень энергетической освещенности (если он не предусмотрен в испытательной камере).

3) При термоциклировании в темноте шунтируют имеющиеся блокирующие диоды.

4) Устанавливают датчики температуры. Если одновременно проводят испытания нескольких испытуемых образцов, достаточно установить датчики только на одном типичном испытуемом образце.

5) Устанавливают испытуемый образец(цы) в климатическую камеру при комнатной температуре.

6) Подключают приборы для регистрации температуры к датчикам температуры. Подключают средства контроля целостности цепей в каждом из испытуемых образцов.

7) Если для создания тока в испытуемом образце используют внешний источник питания, подключают каждый испытуемый образец, установленный в климатической камере, к соответствующему внешнему источнику питания: соединяют положительный вывод испытуемого образца с положительном выходом источника питания и соответственно подключают второй выход источника питания. Подключают прибор(ы) для регистрации тока. Подключают приборы контроля скорости расхода охладителя и его температуры на входе и выходе, если для охлаждения используется охлаждающая жидкость. Включают систему охлаждения.

8) Проводят требуемое количество циклов испытаний с циклическим изменением температуры от минус (40 ± 1,2) °С до температуры, указанной в таблице 3, в соответствии с графиком на рисунке 3. Температура испытуемого(ых) образца(ов) на нижнем и верхнем пределах должна оставаться постоянной не менее 10 мин и быть в пределах ±3 % от указанных значений.

9) При температуре испытуемого образца 25 °С и более 10 раз в течение одного термического цикла через равные промежутки времени создают ток на испытуемом образце, включая и отключая подачу питания от источника, и/или включают и выключают источник освещения.

10) В течение всего времени испытаний:

- регистрируют температуру испытуемого образца;
- следят за отсутствием обрывов электрических цепей в испытуемом образце(ах) и регистрируют результаты наблюдений.

11) Если в испытуемом образце используется охлаждающая жидкость, необходимо следить за скоростью расхода охладителя и температурой на входе и выходе. Изменение скорости расхода охладителя не должно быть более 2 %, и в течение любого 5-минутного интервала температура не должна меняться более чем на 1 °С.

12) Вынимают образец(цы) из климатической камеры.

Примечание 3 — Если термоциклирование не может быть проведено при периодическом протекании тока в испытуемом образце (см. примечание 2), то этапы 1, 2, 6 и 9 не выполняют.

10.6.5 Завершающие испытания

После восстановления испытуемых образцов в течение не менее 1 ч проводят следующие испытания:

- визуальный контроль по 10.1;
- измерение сопротивления изоляции по 10.4;
- испытание изоляции на влагостойкость по 10.5.

Сравнивают полученные результаты с требованиями раздела 7 и результатами исходных измерений по 10.4, 10.5.

Испытанные образцы считают выдержавшими испытания, если:

- отсутствуют видимые функциональные повреждения, указанные в разделе 7;
- отсутствовали обрывы электрических цепей испытуемого образца во время испытаний;
- сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4;
- сопротивление изоляции, измеренное при проведении испытания изоляции на влагостойкость, отвечает требованиям 10.5;
- изменение сопротивления дополнительных образцов не превышает 2 %, если они испытывались (см. примечание 2).

После всех испытаний рекомендуется провести испытания шунтирующих/блокирующих диодов на термостойкость по 10.11.

10.7 Испытания на воздействие высокой влажности при высокой температуре

10.7.1 Цель

Определение способности испытуемых образцов противостоять длительному воздействию, в том числе проникновению влаги при высокой температуре.

10.7.2 Образец для проведения испытаний

В тех случаях, когда полноразмерный образец слишком велик для помещения в климатическую камеру или его стоимость слишком велика, для проведения этого испытания допускается использование замещающего образца меньшего размера, отвечающего требованиям раздела 4.

При разработке замещающего образца требуется наряду с другими учесть следующие соображения:

- одинаковые части, входящие в состав полноразмерного испытуемого образца, могут быть исключены, хотя там, где это возможно, следует использовать не менее двух таких частей полного размера;
- следует сохранить те же размеры промежутков вдоль краев, что и у полноразмерных изделий.

Примечание — При изготовлении замещающего образца необходимо учитывать, что возможные механизмы разрушения при испытаниях на воздействие высокой влажности при высокой температуре могут быть связаны с повреждением материалов (ржавчина), слишком тонкими или некачественными материалами покрытий, наличием промежутков вдоль краев, размер которых допускает проникновение влаги к активным электрическим цепям, неправильным выбором клеев и герметиков или низким качеством изготовления.

10.7.3 Испытательное оборудование

Для проведения испытаний требуется следующее оборудование:

a) климатическая камера с автоматическим управлением температурой и влажностью, обеспечивающая поддержание относительной влажности на уровне (85 ± 5) % и температуры на уровне (85 ± 5) °С;

b) приспособления для установки и закрепления испытуемых образцов в указанной климатической камере, обеспечивающие беспрепятственную циркуляцию окружающего воздуха. Теплопроводность стоек и креплений должна быть настолько низкой, чтобы с практической точки зрения испытуемые образцы могли бы рассматриваться как теплоизолированные;

c) средства измерения и регистрации температуры испытуемого образца с точностью ±1 °С. Если одновременно проводят испытания нескольких испытуемых образцов, достаточно проводить регистрацию температуры только одного типичного испытуемого образца;

d) средства контроля целостности цепей в каждом из испытуемых образцов.

10.7.4 Проведение испытаний

1) Устанавливают датчики температуры. Если одновременно проводят испытания нескольких испытуемых образцов, достаточно установить датчики только на одном типичном испытуемом образце.

2) Устанавливают испытуемый образец(цы) в климатическую камеру при комнатной температуре.

3) Подключают приборы для регистрации температуры к датчикам температуры. Подключают средства контроля целостности цепей в каждом из испытуемых образцов.

4) Выдерживают испытуемые образцы в климатической камере в течение 1000 ч при относительной влажности (85 ± 5) % и температуре (85 ± 5) °С.

5) Если какие-либо компоненты испытуемого образца не рассчитаны на температуру 85 °С, допускается проведение их испытаний при (65 ± 5) °С и относительной влажности 85 % в течение 2000 ч.

6) В течение всего времени испытаний:

- регистрируют температуру испытуемого образца;
- следят за отсутствием разрывов электрических цепей в каждом из одновременно испытуемых образцов и регистрируют результаты наблюдений.

7) Вынимают испытуемые образцы из климатической камеры.

10.7.5 Завершающие испытания

После восстановления испытуемых образцов (в течение 2–4 ч) проводят следующие испытания:

- измерение сопротивления изоляции по 10.4;
- испытание изоляции на влагостойкость по 10.5;
- визуальный контроль по 10.1.

Сравнивают полученные результаты с требованиями раздела 7, результатами исходных измерений по 10.4 и 10.5.

Испытанные образцы считают выдержавшими испытания, если:

- отсутствуют видимые функциональные повреждения, указанные в разделе 7;
- отсутствуют обрывы цепей в испытуемых образцах;
- сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4;
- сопротивление изоляции, измеренное при проведении испытания изоляции на влагостойкость, отвечает требованиям 10.5.

10.8 Термоциклирование при высокой влажности

10.8.1 Цель

Определение способности испытуемого образца противостоять воздействию высокой температуры и высокой влажности с последующим охлаждением до температуры ниже температуры замерзания. Эти испытания не являются испытаниями на стойкость к термическому удару.

Данное испытание состоит из двух частей: термоциклирования в сухих условиях аналогично 10.6, но без нагрузки, и термоциклирования при высокой влажности.

10.8.2 Образец для проведения испытаний

В тех случаях, когда полноразмерный образец слишком велик для помещения в климатическую камеру или его стоимость слишком велика, для проведения этого испытания допускается использование замещающего образца меньшего размера, отвечающего требованиям раздела 4.

При разработке замещающего образца требуется наряду с другими учесть следующие соображения:

- одинаковые части, входящие в состав полноразмерного испытуемого образца, могут быть исключены, хотя там, где это возможно, следует использовать не менее двух таких частей полного размера;
- в замещающие образцы должны быть включены все неповторяющиеся части или секции, такие как электрические и механические соединения, датчики, шунтирующие или блокирующие диоды и т. п.;
- следует сохранить те же размеры промежутков вдоль краев, что и у полноразмерных изделий.

Примечание — При изготовлении замещающего образца необходимо учитывать, что возможные механизмы разрушения при проведении настоящего испытания могут быть связаны с недостаточной механической прочностью компонентов, некачественным выполнением клеммных и паяных соединений (ослабление соединений, некачественная пайка, слишком сильное натяжение), неправильной конструкцией соединений (например, слишком большая разница коэффициентов теплового расширения соединяемых слоев или недостаточная толщина прокладки между ними), неправильным выбором клеев и герметиков или низким качеством изготовления, а также с повреждением материалов (ржавчина), слишком тонкими или некачественными материалами покрытий, наличием промежутков вдоль краев, размер которых допускает проникновение влаги к активным электрическим цепям.

10.8.3 Испытательное оборудование

Для проведения испытаний требуется следующее оборудование:

a) климатическая камера с автоматическим управлением температурой и влажностью, обеспечивающая выполнение циклов изменения температуры и влажности с одним или несколькими испытуемыми образцами в соответствии с рисунком 4 или в соответствии с рисунками 3 и 4;

b) приспособления для установки и закрепления испытуемых образцов в указанной климатической камере, обеспечивающие беспрепятственную циркуляцию окружающего воздуха. Теплопроводность стоек и креплений должна быть настолько низкой, чтобы с практической точки зрения испытуемые образцы могли бы рассматриваться как теплоизолированные;

c) средства измерения и регистрации температуры испытуемых образцов с точностью ±1 °С. Датчики температуры должны быть закреплены на передней и тыльной сторонах примерно в середине испытуемого образца. Если одновременно проводят испытания нескольких испытуемых образцов, достаточно проводить регистрацию температуры только одного типичного испытуемого образца;

d) климатическая камера, указанная в 10.6.3, если термоциклирование без нагрузки и термоциклирование при высокой влажности не могут быть проведены в одной камере;

e) средства контроля целостности цепей в каждом из испытуемых образцов в продолжение испытаний.

10.8.4 Проведение испытаний

Выполняют термоциклирование:

1) Выполняют этапы 3)–5) по 10.6.4.

Подключают средства контроля целостности цепей в каждом из испытуемых образцов.

2) Проводят требуемое количество циклов испытаний в соответствии с одним из вариантов, указанных в таблице 4, и рисунком 3 и выполняют этап 9) по 10.6.4. Выбор варианта условий испытаний из таблицы 4 определяется материалами компонентов испытуемых образцов.

Таблица 4 — Условия термоциклирования без нагрузки, группа испытаний В

Вариант	Максимальная температура испытуемого образца, °С	Количество циклов	Приложенный ток
ТСВ-1	85	200	Отсутствует

Окончание таблицы 4

Вариант	Максимальная температура испытуемого образца, °С	Количество циклов	Приложенный ток
ТСВ-2	110	100	Отсутствует
ТСВ-3	65	400	Отсутствует

3) Если термоциклирование при высокой влажности проводят в другой климатической камере, вынимают испытуемые образцы из климатической камеры, помещают образцы в климатическую камеру для термоциклирования при высокой влажности и подключают все необходимое оборудование.

4) Проводят требуемое количество циклов испытаний в соответствии с одним из вариантов, указанных в таблице 5, и рисунком 4. Выбор варианта условий испытаний из таблицы 5 определяется материалами компонентов испытуемых образцов. Отклонение температуры испытуемого образца на нижнем и верхнем пределах не должно превышать ±2 % от указанных уровней.

Таблица 5 — Условия термоциклирования при высокой влажности, группа испытаний В

Вариант	Максимальная температура испытуемого образца, °С	Влажность, %	Количество циклов	Приложенный ток
HFC-1	85	85 ± 5	20	Отсутствует
HFC -2	65	85 ± 5	40	Отсутствует

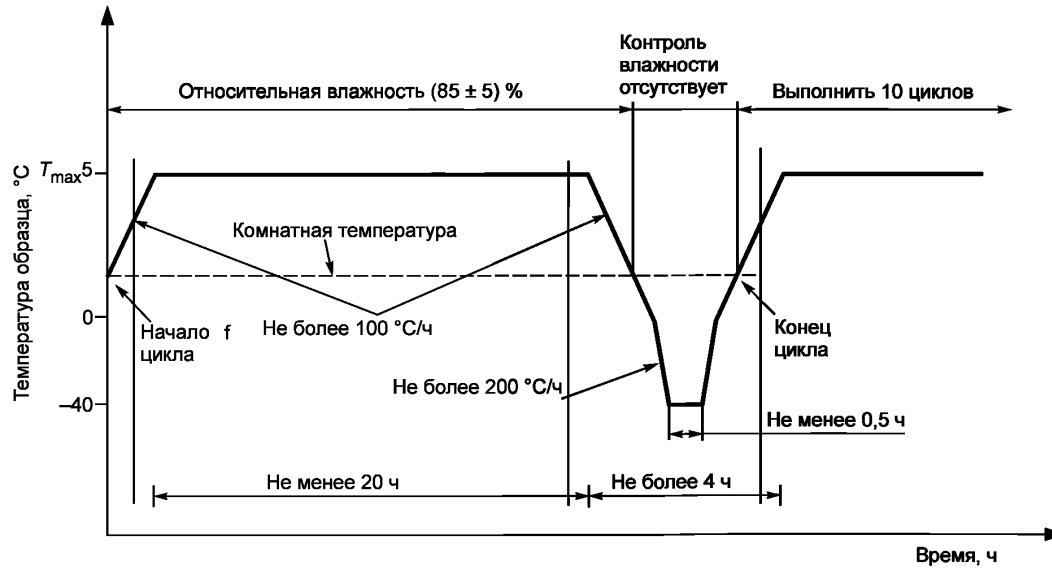


Рисунок 4 — Цикл термоциклирования при высокой влажности

5) В течение всего времени испытаний:

- регистрируют температуру испытуемого образца;
- следят за отсутствием разрывов электрических цепей в каждом из одновременно испытуемых образцов и регистрируют результаты наблюдений.

6) Вынимают испытуемые образцы из климатической камеры.

10.8.5 Завершающие испытания

После восстановления испытуемых образцов (в течение 2–4 ч) проводят следующие испытания:

- измерение сопротивления изоляции по 10.4;
- испытание изоляции на влагостойкость по 10.5;

- визуальный контроль по 10.1.

Сравнивают полученные результаты с требованиями раздела 7, результатами исходных измерений по 10.4 и 10.5.

Испытанные образцы считают выдержавшими испытания, если:

- отсутствуют видимые функциональные повреждения, указанные в разделе 7;
- отсутствуют обрывы цепей в испытуемых образцах;
- сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4;
- сопротивление изоляции, измеренное при проведении испытания изоляции на влагостойкость, отвечает требованиям 10.5.

10.9 Испытания на стойкость к ударам града

10.9.1 Цель

Проверка способности испытуемых образцов, в особенности линз и зеркал концентратора или иных доступных воздействию града частей, выдерживать удары града.

Если испытуемые образцы разработаны для условий, в которых выпадение града маловероятно, это испытание может быть пропущено. Этот факт должен быть отмечен в протоколе испытаний и сертификате соответствия.

10.9.2 Испытательное оборудование

Для проведения испытаний требуется следующее оборудование:

a) формы из подходящего материала для заморозки сферических градин необходимого диаметра. Стандартным диаметром градин является 25,4 мм ± 5 %;

b) морозильник с температурой (−10 ± 5) °C;

c) контейнер для хранения градин при температуре (−4 ± 2) °C;

d) пусковое устройство, обеспечивающее разгон градин до скорости 22,4 м/с ± 5 % и попадание градин в заданные места испытуемого образца. При условии соблюдения требований к испытаниям траектория полета градин от пускового устройства до испытуемого образца может быть горизонтальной, вертикальной или под любым промежуточным углом;

e) жесткая стойка для крепления испытуемого образца в соответствии с указаниями изготовителя;

f) весы для определения массы градин. Требуемая масса градины составляет 7,9 г ± 5 %;

g) прибор для измерения скорости градин с точностью ±2 %. Датчик скорости должен располагаться не далее 1 м от предполагаемого места удара.

10.9.3 Проведение испытаний

1) С помощью форм и морозильника готовят для испытаний необходимое количество градин требуемого диаметра, включая дополнительные градины для настройки пусковой установки.

2) Проверяют массу и размер градин. Масса градины должна составлять 7,9 г ± 5 %. У градин не должно быть видимых невооруженным глазом трещин.

3) Помещают градины в контейнер для хранения и перед использованием оставляют их там не менее чем на 1 ч.

4) Убеждаются, что все поверхности пусковой установки, которые возможно будут входить в контакт с градинами, имеют комнатную температуру.

5) Берут градину из контейнера для хранения и помещают ее в пусковую установку. Производят несколько контрольных выстрелов градинами по имитационной мишени и регулируют пусковую установку таким образом, чтобы скорость градин составляла 22,4 м/с ± 5 %. Время между взятием градины из контейнера и ее ударом по поверхности испытуемого образца не должно превышать 60 с.

6) Отмечают не менее 10 различных мест нанесения ударов на испытуемых образцах, выбирая:

- зоны, наиболее подверженные граду, падающему в пределах 45° к вертикали при нормальном рабочем положении системы или в ее свернутом положении;
- углы, удаленные не более 25 мм от края;
- края, удаленные не более 12 мм от сторон;
- точки, удаленные не более 12 мм от мест крепления к несущим конструкциям;
- точки, наиболее удаленные от мест крепления к несущим конструкциям;
- любые точки, которые легко могут быть повреждены градом.

7) Устанавливают испытуемый образец при комнатной температуре на жесткой стойке таким образом, чтобы область одного из выбранных мест на подвергаемой удару поверхности была перпендикулярна траектории градин.

8) Берут градину из контейнера для хранения и помещают ее в пусковую установку. Выполняют прицеливание в место первого удара и производят выстрел. Время между взятием градины из контейнера и ее ударом по поверхности испытуемого образца не должно превышать 60 с.

9) Осматривают испытуемый образец в месте удара для выявления следов повреждения и отмечают все видимые последствия удара. Допускаются промахи в пределах 10 мм от требуемого места попадания. Все видимые последствия удара описывают, фотографируют или зарисовывают места их расположения.

10) Повторяют в отношении остальных отмеченных мест ударов этапы 8), 9) или 7)–9) (в зависимости от расположения места удара).

Последствия от ударов града существенно зависят от мест попадания, поэтому общего критерия успешного или неуспешного испытания не существует. Результаты испытаний, однако, должны быть зафиксированы, и в протокол испытаний должны быть включены описания, фотографии (рисунки) всех последствий ударов, таких как:

- повреждения и видимые дефекты после каждого удара;
- любые осколки размером более 25 мм^2, отколотые или отлетевшие от образца.

10.10 Испытания на стойкость к воздействию воды

Эти испытания могут быть проведены как в лабораторных, так и в натурных условиях.

10.10.1 Цель

Определение того, может ли дождевая вода проникнуть внутрь испытуемого образца в реальных условиях, а также может ли проникнувшая вода вызвать замыкание на землю, угрозу безопасности или повреждение чувствительных материалов и компонентов.

10.10.2 Проведение испытаний

1) Устанавливают испытуемый образец в испытательной стойке, которая может обеспечить четыре следующих ориентации:

- с фронтальной поверхностью, наклоненной под 45° к горизонту;
- в свернутом состоянии;
- в предельном положении устройства слежения;
- в перевернутом положении (если такое положение является рабочим положением испытуемого образца).

Примечание 1 — Для некоторых конструкций такие ориентации являются резервными.

Примечание 2 — Для стационарных испытуемых образцов без слежения за Солнцем вместо третьего варианта ориентации выбирается любое положение испытуемого образца, в котором поступление воды наиболее вероятно.

2) Выполняют все подключения, необходимые для нормального функционирования испытуемого образца, тем способом, который указан в инструкциях по монтажу. Если возможно применение более чем одного метода, следует использовать тот метод, при котором попадание воды в места, где была выполнена проводка, наиболее вероятно.

3) Размещают испытательную дождевальную установку, отвечающую требованиям стандарта ANSI/UL 1703:2002 [3], раздел 33.5, над наиболее уязвимой частью испытуемого образца.

4) В каждой из указанных ориентаций поливают испытуемый образец из дождевальной установки в течение 1 ч с перерывом не менее 15 мин между обработкой в различных ориентациях. После каждой обработки проверяют признаки проникновения или накопления воды во все части испытуемого образца, содержащие активные электрические части или материалы, компоненты, чувствительные к действию воды. Если в таких зонах собирается вода, необходимо принять соответствующие меры, например, создать дренажные отверстия, которые обеспечивают такой уровень воды, при котором она не достигает неизолированных электрически активных частей.

5) В течение от 1 до 2 ч после последней обработки проводят измерение сопротивления изоляции по 10.4. Если будет обнаружено, что сопротивление изоляции оказалось ниже требуемого, то для определения того, вызвано ли это состояние наличием влаги внутри испытуемого образца, после высыхания испытуемого образца измерение сопротивления изоляции по 10.4 повторяют.

10.10.3 Завершающие испытания

Выполняют визуальный контроль по 10.1.

Испытанные образцы считают выдержавшими испытания, если:

- отсутствуют видимые функциональные повреждения, указанные в разделе 7;

- сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4;
- после проведения испытания внутри испытуемого образца не осталось значительного объема воды (глубина воды должна быть недостаточной для достижения электрически активных частей в любом возможном положении).

10.11 Испытания шунтирующих/блокирующих диодов на термостойкость

10.11.1 Цель

Проверка теплового расчета испытуемого фотоэлектрического устройства с концентратором и надежности шунтирующего/блокирующего диода(ов) при высокой температуре, возникающей в процессе выполнения шунтирующим/блокирующим диодом защитных функций.

10.11.2 Образец для проведения испытаний

Если шунтирующий/блокирующий диод(ы) в испытуемом образце недоступен(ны), для испытаний может быть необходимо изготовление специального замещающего образца. Данный образец должен быть изготовлен таким образом, чтобы обеспечить те же температурные условия при испытаниях, что и в обычном испытуемом образце, и необязательно должен быть рабочим. Он должен обеспечивать возможность измерять во время испытаний температуру той части шунтирующих/блокирующих диодов, тепловое сопротивление между которой и переходом диода указано изготовителем в сопроводительной документации или может быть найдено по типу диода (как правило, это корпус диода и тепловое сопротивление переход-корпус). Так же замещающий образец должен обеспечивать возможность устанавливать перемычки или переключатели, если они требуются.

Если измерение температуры шунтирующего/блокирующего диода будет проводиться с помощью датчика температуры, провода датчика температуры должны иметь малую теплоемкость и быть подключены таким образом, чтобы как можно меньше влиять на диод и его тепловое окружение. Датчик температуры может быть установлен на соответствующей части шунтирующего/блокирующего диода при изготовлении замещающего образца.

Данный замещающий образец должен использоваться только для испытаний шунтирующих/блокирующих диодов на термостойкость и не должен принимать участие во всех остальных испытаниях.

Испытания с использованием указанного замещающего образца называются испытаниями термостойкости с вмешательством в узел шунтирующего/блокирующего диода, в противном случае — это испытания без вмешательства в этот узел.

10.11.3 Испытательное оборудование

Для проведения испытаний требуется следующее оборудование:

a) источник постоянного тока, обеспечивающий ток, не менее чем в 1,25 раза превышающий ток короткого замыкания данного испытуемого образца при СУИК;

b) средства измерения и регистрации тока, протекающего через испытуемый образец с погрешностью не более ±0,5;

c) средства нагрева испытуемого образца до температуры (75 ± 5) °С;

d) средства измерения и регистрации температуры испытуемого образца с точностью ±1 °С;

e) средства измерения и регистрации температуры шунтирующих/блокирующих диодов, поставляемых вместе с испытуемым модулем. Следует принять меры по минимизации возможного изменения каких-либо характеристик шунтирующих/блокирующих диодов или путей теплоотвода при установке средств измерения температуры;

Примечание 1 — Для измерения и регистрации температуры шунтирующих/блокирующих диодов может использоваться ИК камера.

Примечание 2 — Под температурой диода имеется в виду температура той части диода, тепловое сопротивление между которой и переходом указано изготовителем в сопроводительной документации или может быть найдено по типу диода (как правило, это корпус диода).

Примечание 3 — Если используется замещающий образец, средства измерения температуры диода(ов) могут быть установлены при изготовлении замещающего образца (см. 10.11.2).

f) средства измерения и регистрации напряжения с погрешностью не более ±0,5.

10.11.4 Проведение испытаний

Испытания должны проводиться при температуре испытуемого образца (75 ± 5) °С. Во время испытаний образец не должен подвергаться освещению.

1) Замыкают все блокирующие диоды, если они установлены в испытуемом образце.

2) Устанавливают датчики измерения температуры испытуемого образца и датчики измерения температуры всех шунтирующих диодов или одновременно испытуемых диодов (см. этап 5).

Примечание 1 — Если измерение температур проводят бесконтактным способом, например с помощью ИК камеры, установка датчиков температуры не требуется.

Примечание 2 — Датчики устанавливают на ту часть шунтирующего диода, тепловое сопротивление между которой и переходом указано изготовителем в сопроводительной документации или может быть найдено по типу диода (как правило, это корпус диода).

Примечание 3 — Одновременно могут быть установлены датчики температуры блокирующих диодов.

Примечание 4 — Если используется замещающий образец, датчики могут быть установлены при его изготовлении.

3) Устанавливают средства нагрева испытуемого образца.

4) Подключают приборы для измерения температуры шунтирующих диодов и температуры испытуемого образца.

5) Подключают положительный выход источника питания постоянного тока к отрицательным выводам испытуемого образца и отрицательный выход источника питания постоянного тока к положительным выводам испытуемого образца с использованием проводов минимального сечения из рекомендованного изготовителем диапазона. Вводы в коммутационную коробку должны быть выполнены в соответствии с рекомендациями изготовителя, после чего она должна быть закрыта. При такой схеме соединений ток будет протекать через фотоэлектрические элементы в обратном направлении, а через диод — в прямом.

Во время испытаний через каждый шунтирующий диод, участвующий в испытаниях, должен протекать ток, равный току, подаваемому на испытуемый образец. Если в испытуемом образце установлено несколько шунтирующих диодов, для обеспечения указанного условия может потребоваться установка перемычки(чек) или переключателя.

Примечание — Как правило, это условие соблюдается, если ток протекает только через один шунтирующий диод.

6) Подключают приборы для измерения тока.

7) Нагревают испытуемый образец до температуры (75 ± 5) °С и поддерживают ее на этом уровне в течение всего времени испытаний. В течение 1 ч подают на испытуемый образец ток, равный току короткого замыкания испытуемого образца, измеренному при СУИК, ±2 %. Через 1 ч измеряют температуру каждого шунтирующего диода, принимающего участие в испытаниях.

8) Определяют тепловое сопротивление и максимальную допустимую температуру перехода шунтирующих/блокирующих диодов по сопроводительной документации или типу диодов. По измеренной температуре корпуса либо другой части диодов, на которую установлены датчики (см. примечание 2 этапа 2), рассчитывают температуру перехода каждого шунтирующего диода, участвовавшего в этапах испытаний 5)−7), с помощью следующего выражения:

$$T_{пер} = T_{кор} + R_{θпер\text{-}кор}\, U_{пр}\, I_{пр}, \quad (4)$$

где $T_{пер}$ — температура перехода диода;
$T_{кор}$ — измеренная температура корпуса диода;
$R_{θпер\text{-}кор}$ — указанное изготовителем значение теплового сопротивления переход-корпус;
$U_{пр}$ — постоянное прямое напряжение диода при $I_{пр}$;
$I_{пр}$ — постоянный прямой ток диода, $I_{пр}$ равен подаваемому на испытуемый образец току (току короткого замыкания испытуемого образца, измеренному при СУИК ±2 %).

Примечание — Если в испытуемом образце установлен радиатор теплоотвода, специально предназначенный для снижения рабочей температуры диода(ов), испытания могут быть проведены не при 75 °С, а при температуре, которой достигает радиатор теплоотвода при 1000 Вт/м^2, температуре окружающей его среды (43 ± 3) °С и отсутствии ветра.

Рассчитанная температура перехода шунтирующего диода не должна превышать заданную изготовителем максимальную допустимую температуру перехода. Если это условие выполняется, переходят к следующему этапу испытаний.

9) Увеличивают подаваемый на испытуемый образец ток до значения, превышающего в 1,25 раза ток короткого замыкания испытуемого образца, измеренный при СУИК. Поддерживают значение тока на указанном уровне и температуру испытуемого образца на уровне (75 ± 5) °С в течение 1 ч.

10) Проверяют работоспособность каждого шунтирующего диода, принимающего участие в испытаниях.

Одним из возможных способов является повторная подача прямого тока через шунтирующий диод и обратного тока через фотоэлектрические элементы и контроль температуры диода с помощью инфракрасной камеры. Перед выполнением проверки по этому способу необходимо дождаться, когда температура шунтирующего диода установится на уровне температуры окружающей среды.

Другим способом проверки работоспособности шунтирующего диода является поочередное затенение защищаемых каждым диодом фотоэлектрических элементов в испытуемом образце (одного фотоэлектрического элемента в каждой цепочке из последовательно соединенных элементов) и измерение параметров ВАХ при энергетической освещенности, близкой к СУИК. В этом случае необходимо подключить приборы для измерения напряжения.

11) Если в испытуемом образце установлено несколько шунтирующих диодов и нет возможности испытать все шунтирующие диоды одновременно (см. этап 5), при выключенном источнике питания устанавливают датчики температуры на следующий диод(ы), если они не были установлены ранее, меняют положение перемычек или переключателя и повторяют этапы 7)−10) поочередно с каждой группой шунтирующих диодов, которые можно испытать одновременно, или с каждым шунтирующим диодом.

12) Если в испытуемом образце установлены блокирующие диоды, выполняют этапы 13) и 14).

13) Размыкают блокирующие диоды, устанавливают на блокирующие диоды датчики температуры аналогично тому, как указано в примечании 2 этапа 2), если это не было сделано ранее, и устанавливают перемычки или переключатели таким образом, чтобы ток, равный току, подаваемому на испытуемый образец, протекал только через один блокирующий диод или через каждый из нескольких незамкнутых блокирующих диодов (см. этап 5).

14) Выполняют этапы 7)−11) для блокирующего диода (группы блокирующих диодов, которые можно испытать одновременно).

10.11.5 Завершающие испытания

Для оценки влияния испытания на характеристики испытанного образца проводят следующие испытания:

- визуальный контроль по 10.1;
- измерение сопротивления изоляции по 10.4.

Сравнивают полученные результаты с требованиями 7 и 10.4.

Испытанные образцы считают выдержавшими испытания, если:

- рассчитанные температуры перехода шунтирующих/блокирующих диодов не превышают заданную изготовителем максимальную допустимую температуру перехода;
- отсутствуют видимые функциональные повреждения, указанные в разделе 7;
- сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4;
- после проведения испытаний шунтирующие/блокирующие диоды сохраняют работоспособность.

10.12 Испытания надежности средств внешних соединений

10.12.1 Цель

Определение того, что средства внешних соединений и их крепление к испытуемым образцам могут противостоять нагрузкам, возникновение которых возможно при нормальных условиях монтажа и эксплуатации испытуемого фотоэлектрического устройства с концентратором.

10.12.2 Типы средств внешних соединений

В настоящем стандарте рассмотрены три типа средств внешних соединений:

- тип А: провода, кабели или незакрепленные выводы (незакрепленные соединительные устройства);
- тип В: неподвижные соединительные устройства (винтовые клеммы, нарезные штыри, винты и т. п.);
- тип С: соединители.

10.12.3 Проведение испытаний

Предварительная обработка: выдержка в течение 1 ч в стандартных условиях окружающей среды перед испытаниями и измерениями.

Тип А

Испытание натяжением: в соответствии с МЭК 60068-2-21 [4], испытания Ua, с соблюдением следующих условий:

- должны быть испытаны все провода, кабели и незакрепленные выводы;
- сила натяжения не должна превосходить веса испытуемого образца.

Испытание изгибом: в соответствии с [4], испытания Ub, с соблюдением следующих условий:

- должны быть испытаны все провода, кабели и незакрепленные выводы;

- метод 1, 10 циклов (один цикл представляет собой один изгиб в каждом из противоположных направлений).

Тип B

Испытание натяжением и изгибом

Для испытуемых образцов с открытыми выводами каждое соединительное устройство должно быть испытано как средство внешних соединений типа А.

Если подключения выполнены в коммутационной коробке, испытания проводятся в следующем порядке.

1) Кабель необходимой длины, того сечения и типа, который указан изготовителем, вставляют в кабельную муфту и подключают к соединительным устройствам (выводам) внутри коммутационной коробки в соответствии с определенным изготовителем порядком.

Следует обратить внимание на использование всех необходимых кабельных зажимов.

2) Надежно закрепляют крышку коммутационной коробки.

3) Проводят с испытуемым образцом испытания, определенные для средств внешних соединений типа А.

Испытания проворотом: в соответствии с [4], испытания Ud с соблюдением следующих условий:

- должны быть испытаны все соединительные устройства;
- условие 1.

После проведения испытаний должно быть возможно освобождение гаек и винтов соединительных устройств, за исключением случаев, когда они предназначены для постоянного закрепления.

Тип C

Подключают к выходному концу соединителя кабель необходимой длины, того сечения и типа, который указан изготовителем. После этого с испытуемым образцом проводят испытания, определенные для средств внешних соединений типа А.

10.12.4 Завершающие испытания

Для оценки влияния испытания на характеристики испытанного образца проводят следующие испытания:

- визуальный контроль по 10.1;
- измерение сопротивления изоляции по 10.4;
- испытание изоляции на влагостойкость по 10.5.

Сравнивают полученные результаты с требованиями раздела 7, 10.4 и 10.5.

Испытанные образцы считают выдержавшими испытания, если:

- отсутствуют видимые функциональные повреждения, указанные в разделе 7;
- сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4.
- сопротивление изоляции, измеренное при проведении испытания изоляции на влагостойкость, отвечает требованиям 10.5.

10.13 Испытания на стойкость к механическим нагрузкам

10.13.1 Цель

Определение способности испытуемых образцов противостоять механическим нагрузкам, связанным с такими климатическими факторами, как ветер, снег, лед, а также любым статическим нагрузкам.

Если изготовителем не разрешено применение испытуемых образцов в зонах с экстремальными погодными условиями, он должен указать допустимые для изделия ветровые, снеговые нагрузки, связанные с накоплением льда, и статические нагрузки. В данных испытаниях значения давлений следует рассчитывать в соответствии с наибольшими значениями, заданными изготовителем. В протоколе испытаний необходимо указать рекомендуемые изготовителем предельные уровни и результаты выполнения испытаний с этими значениями.

Данные испытания проводят с фотоэлектрическими устройствами с концентраторами обоих типов или замещающими их образцами, оно не выполняет оценку системы слежения или иных средств крепления. Для проверки того, насколько конструкция соответствует местным нормативам на месте эксплуатации, требуется, чтобы квалифицированный инженер провел доскональный анализ полномасштабного фотоэлектрического устройства с концентратором, включая несущие конструкции и фундаменты.

Примечание 1 — При отсутствии указаний на конкретное размещение несущие конструкции и фундаменты должны соответствовать следующим минимальным требованиям:

- выдерживать ветер со скоростью 27 м/с в наихудшей ориентации;

- выдерживать ветер со скоростью 45 м/с в свернутом положении;
- выдерживать снеговую нагрузку 5400 Па там, где это требуется.

Примечание 2 — Нагрузка 2400 Па соответствует давлению при скорости ветра 130 км/ч (примерно 800 Па) с коэффициентом запаса 3 для учета порывов ветра. Если необходима сертификация фотоэлектрического устройства с концентратором для применения в условиях сильного накопления снега или льда, то нагрузка на фронтальную сторону испытуемого образца в течение последнего цикла настоящих испытаний должна быть увеличена с 2400 до 5400 Па.

10.13.2 Испытательное оборудование

Для проведения испытаний требуется следующее оборудование:

a) жесткое испытательное основание, обеспечивающее возможность установки испытуемого образца фронтальной стороной, направленной как вверх, так и вниз. Испытательное основание также должно обеспечивать свободный прогиб испытуемого образца при приложении нагрузки;

b) приборы для определения отсутствия разрывов электрических цепей испытуемого образца во время испытаний;

c) необходимые грузы или средства создания давления, с помощью которых можно создать постепенно возрастающую, равномерно распределенную нагрузку.

10.13.3 Проведение испытаний

1) Устанавливают испытуемый образец на жестком основании по способу, указанному изготовителем. При наличии нескольких вариантов монтажа испытуемого образца используют наихудший вариант, при котором расстояние между точками закрепления наибольшее. Если нагрузка будет создаваться тяжестями, испытуемый образец должен быть установлен фронтальной поверхностью, направленной вверх или вниз. В протокол испытаний должны быть включены описание способа установки и фотографии.

2) Подключают к испытуемому образцу измерительные приборы, с помощью которых можно обнаружить разрыв внутренних электрических цепей испытуемого образца во время испытаний.

3) К фронтальной поверхности испытуемого образца прикладывают равномерно распределенную нагрузку, плавно возрастающую до уровня 2400 Па. Нагрузку можно прикладывать с помощью сжатого воздуха или грузов, равномерно распределенных по поверхности. В последнем случае фронтальная поверхность испытуемого образца должна быть расположена горизонтально. Сохраняют нагруженное состояние испытуемого образца в течение 1 ч, постоянно контролируя возникновение разрывов электрических цепей испытуемого образца.

4) Выполняют этап 3) для тыльной стороны испытуемого образца.

5) Повторяют этапы 3) и 4) еще два раза.

10.13.4 Завершающие измерения

Для оценки влияния испытания на характеристики испытанного образца проводят следующие испытания:

- визуальный контроль по 10.1;
- измерение сопротивления изоляции по 10.4.

Сравнивают полученные результаты с требованиями раздела 7 и 10.4.

Испытанные образцы считают выдержавшими испытания, если:

- в течение испытаний не возникало разрывов электрических цепей испытуемого образца;
- отсутствуют видимые функциональные повреждения, указанные в 10.1.2.
- сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4.

10.14 Испытания на повреждения при уходе луча

Для испытаний на повреждения при уходе луча требуется один полномасштабный испытуемый образец. Эти испытания могу быть проведены как в лабораторных, так и в натурных условиях.

10.14.1 Цель

Оценка того, что никакие части фотоэлектрического устройства с концентратором не будут повреждены концентрированным солнечным излучением при нарушении ориентации или рабочего режима.

10.14.2 Особые случаи

Из этих испытаний могут быть исключены фотоэлектрические устройства с концентраторами, в которых используются полное резервирование и безотказные системы ориентации. В руководстве по эксплуатации фотоэлектрического устройства с концентратором изготовитель должен указать, как достигается такой уровень безопасности, требуемый уровень обслуживания, допустимые места

установки, правила ввода в эксплуатацию и эксплуатации. Испытательная лаборатория должна согласовать с изготовителем процесс проверки такой системы полного резервирования и безотказной системы ориентации. При всех аварийных состояниях система защиты должна реагировать на нарушение ориентации или рабочего режима в соответствии с гарантиями изготовителя, в противном случае требуется провести испытания на повреждения при уходе луча в соответствии с настоящим подразделом.

10.14.3 Проведение испытаний

1) Проверяют конструкцию испытуемого образца и его приемника на наличие материалов, которые могут быть повреждены высокой температурой или концентрированным солнечным излучением, а также защиту таких материалов при их попадании под облучение.

2) Если обнаружены недостаточно защищенные материалы, ориентацию испытуемого образца изменяют так, чтобы сфокусированный свет попал на место их установки.

3) Система ориентации испытуемого образца должна следить за Солнцем в течение не менее 15 мин при энергетической освещенности более 800 Вт/м^2, при этом наблюдают за испытуемым образцом.

4) Проверяют наличие повреждений.

5) Повторяют этапы 3) и 4) для всех обнаруженных на этапе 1) сомнительных мест и материалов.

6) Проводят испытание по уходу Солнца при энергетической освещенности прямого излучения, направленного нормально к поверхности измерительного прибора, не менее 800 Вт/м^2 :

- ориентируют испытуемый образец на Солнце;
- отключают систему слежения, если она имеется;
- следят за перемещением Солнца относительно испытуемого образца – Солнце должно уйти на 45°(примерно 3 ч).

Если никакие конкретные сомнительные места во время этапа 1) не обнаружены, проводят только испытание по уходу Солнца.

10.14.4 Завершающие испытания

Для оценки влияния испытания на характеристики испытанного образца проводят следующие испытания:

- визуальный контроль по 10.1;
- измерение сопротивления изоляции по 10.4.

Сравнивают полученные результаты с требованиями раздела 7 и 10.4.

Испытанные образцы считают выдержавшими испытания, если:

- отсутствуют видимые функциональные повреждения, указанные в разделе 7.

В частности, не должно быть признаков расплавления, задымления, обугливания, деформирования или воспламенения какого-либо материала;

- сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4.

10.15 Испытания на воздействие ультрафиолетового излучения

Испытания на воздействие ультрафиолетового (УФ) излучения могут быть объединены с натурными испытаниями по 10.16 при соблюдении требований к источнику УФ-излучения, указанных в 10.15.2. Испытания могут быть проведены как в лабораторных, так и в натурных условиях. Испытания аналогичны испытаниям по *ГОСТ Р МЭК 61345.*

10.15.1 Цель

Выявить те материалы и клеевые соединения, которые подвержены старению под воздействием УФ-излучения, и возможные повреждения испытуемых образцов, вызванные воздействием УФ-излучения.

10.15.2 Испытательное оборудование

Для проведения испытаний требуется следующее оборудование:

а) источник УФ-излучения, обеспечивающий однородность энергетической освещенности по плоскости рабочей поверхности испытуемого образца ±15 %, имеющий незначительную энергетическую освещенность в спектре ниже 280 нм и позволяющий получить необходимые дозы излучения в требуемых диапазонах в соответствии с 10.15.3.

Источником УФ-излучения может быть естественное солнечное освещение (однократное или концентрированное) или может быть использован один или сочетание следующих источников: флуоресцентные ультрафиолетовые лампы типа QUV-A и QUV-B, дуговые ксеноновые лампы с фильтрами.

В протоколе испытаний должно быть указано, какой источник УФ-излучения был использован, и спектр ламп(ы), если они использовались;

b) средства измерения и регистрации температуры испытуемого образца с точностью не менее ±2 °С. Если одновременно проводят испытания нескольких испытуемых образцов, достаточно регистрировать температуру только одного типичного испытуемого образца;

c) откалиброванный радиометр, обеспечивающий измерение энергетической освещенности в плоскости, в которой будет располагаться лучевоспринимающая поверхность испытуемого образца;

d) прибор для измерения дозы УФ-излучения в плоскости испытуемого образца в спектральной полосе от 280 до 400 нм с погрешностью измерений ±15 %.

Если испытание проводится в натурных условиях:

e) прибор, обеспечивающий возможность проверки компланарности рабочих поверхностей приборов для измерения энергетической освещенности и дозы УФ-излучения и испытуемого образца в пределах угла ± 2°;

f) устройство для установки испытуемого образца в соответствии с требованиями изготовителя компланарно приборам для измерения энергетической освещенности и дозы УФ-излучения.

Если испытание проводится в лабораторных условиях:

g) испытательная камера с регулируемой температурой или иное устройство с окном или креплениями для источников УФ-излучения и испытуемого образца(ов). Камера должна обеспечивать поддержание температуры испытуемого образца на уровне (60 ± 5) °С в сухих условиях.

10.15.3 Проведение испытания

10.15.3.1 Испытание в натурных условиях

1) Устанавливают испытуемый образец в режиме холостого хода и приборы для измерения энергетической освещенности и дозы УФ-излучения в соответствии с требованиями изготовителя таким образом, чтобы рабочие поверхности измерительных приборов и лучевоспринимающая поверхность испытуемого образца были компланарны и перпендикулярны падающему излучению.

2) Устанавливают все рекомендуемые изготовителем испытуемого образца средства защиты от местного перегрева.

3) Устанавливают средства измерения температуры. Подключают все измерительные приборы.

4) Включают систему охлаждения, если в испытуемых образцах предусмотрено активное охлаждение.

5) Если предусмотрено активное слежение за Солнцем, включают систему слежения, если это необходимо.

6) Подвергают испытуемый образец воздействию УФ-излучения с суммарной накопленной дозой 50 кВт·ч/м^2 ± 10 % в диапазоне длин волн до 400 нм.

УФ-излучение при значении энергетической освещенности прямого излучения менее 600 Вт/м^2, не включается в суммарную дозу УФ-излучения.

7) В течение всего времени проведения испытаний регистрируют максимальную температуру испытуемого(ых) образца(ов) и температуру окружающей среды с интервалом не более 5 мин.

10.15.3.2 Испытание в лабораторных условиях

1) Используя откалиброванный радиометр, измеряют энергетическую освещенность в заданной плоскости измерений и убеждаются, что:

- во время испытаний в диапазоне длин волн от 280 до 400 нм спектральная энергетическая освещенность никогда не будет более чем в пять раз превышать стандартное значение спектральной энергетической освещенности при стандартном спектральном распределении энергетической освещенности АМ 1,5 (таблица 1 *ГОСТ Р МЭК 60904-3*);
- в диапазоне длин волн ниже 280 нм значимая энергетическая освещенность отсутствует;
- энергетическая освещенность однородна по все плоскости измерений с отклонением в пределах ±15 %.

2) Устанавливают средства измерения температуры.

3) Устанавливают испытуемый образец в режиме холостого хода в плоскости измерений, проверенной на этапе 1), таким образом, чтобы его лучевоспринимающая поверхность была перпендикулярна падающему излучению.

4) Устанавливают все рекомендуемые изготовителем испытуемого образа средства защиты от местного перегрева.

5) Подключают все измерительные приборы.

6) Включают систему охлаждения, если в испытуемых образцах предусмотрено активное охлаждение.

7) Убеждаются, что температура испытуемого образца составляет (60 ± 5) °С.

8) Поддерживая температуру испытуемого образца в диапазоне (60 ± 5) °С, воздействуют на испытуемый образец(ы) излучением с суммарной накопленной дозой 50 кВт·ч/м^2 ±10 % в диапазоне длин волн до 400 нм.

9) Если в испытуемом образце несколько лучевоспринимающих поверхностей, повторяют этапы 3)–8) для каждой лучевоспринимающей поверхности.

10.15.4 Завершающие измерения

Для оценки влияния испытания на характеристики испытанного образца проводят следующие испытания:

- визуальный контроль по 10.1;
- измерение световой ВАХ и определение мощности по 10.2.2 или 10.2.3;
- измерение сопротивления изоляции по 10.4.

Сравнивают полученные результаты с требованиями раздела 7 и 10.4, результатами исходных измерений по 10.2.

Примечание — Если оценка с использованием измерения темновой ВАХ дает достаточно точные результаты, вместо измерения световой ВАХ по 10.2.2 или 10.2.3 используют измерения темновой ВАХ по 10.2.4 и сравнивают темновую ВАХ, измеренную после данного испытания, с темновой ВАХ, измеренной после предыдущего испытания. При этом изменение последовательного сопротивления испытуемых образцов не должно превышать 10 %.

Испытанные образцы считают выдержавшими испытания, если:

- отсутствуют видимые функциональные повреждения, указанные в разделе 7;
- снижение мощности не превышает 5 % при измерении ВАХ с использованием имитатора солнечного излучения и 7 % при измерении ВАХ при естественном солнечном освещении;
- сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4.

10.16. Натурные испытания

10.16.1 Цель

Провести предварительную оценку способности испытуемого фотоэлектрического устройства с концентратором противостоять в рабочем режиме воздействию внешней среды и выявить совместное влияние внешних климатических факторов, ухудшающих характеристики устройства, которое невозможно определить в обычных лабораторных условиях.

Примечание — При принятии окончательного решения относительно срока службы фотоэлектрического устройства с концентратором по результатам успешного прохождения этого испытания следует быть осторожным, поскольку испытания являются кратковременными и изменения условий внешней среды при этих испытаниях могут быть представлены недостаточно. Эти испытания надо рассматривать как общее руководство или как указатель на возможные проблемы.

Это испытание проводят только с полноразмерными испытуемыми образцами. Замещающие образцы не должны участвовать в этом испытании.

Это испытание может быть проведено в натурных условиях или в лабораторных условиях в климатической камере.

10.16.2 Испытательное оборудование

Для проведения испытаний требуется следующее оборудование:

a) приборы для измерения энергетической экспозиции и суммарной энергетической экспозиции прямого излучения, направленного нормально к рабочей поверхности, с точностью не менее ±5 %;

b) прибор для проверки компланарности рабочих поверхностей приборов для измерения энергетической экспозиции и лучевоспринимающей поверхности испытуемого образца в пределах угла ± 2°;

c) устройство для установки испытуемого образца в соответствии с требованиями изготовителя компланарно приборам измерения энергетической экспозиции;

d) нагрузка, рассчитанная таким образом, что при СУИК испытуемый образец будет работать вблизи значения максимальной мощности;

e) прибор для измерения энергетической освещенности;

f) климатическая камера, если испытания проводят в лабораторных условиях. Условия в климатической камере должны соответствовать требованиям настоящего раздела и общим климатическим условиям в соответствии с [1];

g) приборы для контроля скорости расхода охладителя и его температуры на входе и выходе, если для охлаждения используется охлаждающая жидкость.

10.16.3 Проведение испытаний

1) Устанавливают испытуемый образец и приборы для измерения энергетической экспозиции в соответствии с требованиями изготовителя таким образом, чтобы рабочие поверхности измерительных приборов и воспринимающая поверхность испытуемого образца были компланарны.

2) Устанавливают все рекомендуемые изготовителем средства защиты от местного перегрева. Если в испытуемых образцах предусмотрено активное охлаждение, подготавливают систему охлаждения для функционирования, например, заполняют ее охлаждающей жидкостью.

3) Подключают нагрузку к испытуемому образцу в соответствии с требованиями изготовителя.

4) Если в испытуемом образце предусмотрено активное охлаждение, подключают приборы контроля скорости расхода охладителя и его температуры на входе и выходе. Включают систему охлаждения. Система охлаждения должна функционировать в течение всего периода испытаний.

5) Если предусмотрено активное слежение за солнцем, включают систему слежения (если это необходимо).

Примечание — Если испытание проводят в климатической камере, активное слежение не требуется.

6) Подвергают испытуемый образец воздействию внешних климатических факторов при соблюдении следующих условий:

- суммарная энергетическая экспозиция прямого излучения, направленного нормально к рабочей поверхности, 1000 кВт·ч/м^2;
- суммарная доза УФ-излучения 50 кВт·ч/м^2, если совместно с данным испытанием проводят испытание на воздействие УФ-излучения;
- при энергетической освещенности прямого излучения, направленного нормально к воспринимающей поверхности, менее 600 Вт/м^2 как прямое излучение, направленное нормально к рабочей поверхности, так и УФ-излучение не засчитываются в суммарную энергетическую экспозицию и суммарную дозу УФ-излучения.

7) Если в испытуемом образце используется охлаждающая жидкость, необходимо следить за скоростью расхода охладителя и температурой на входе и выходе. Изменения скорости расхода охладителя не должны быть более 2 %, и в течение любого 5-минутного интервала температура не должна меняться более чем на 1 °С.

10.16.4 Завершающие измерения

Для оценки влияния испытания на характеристики испытанного образца проводят следующие испытания:

- визуальный контроль по 10.1;
- измерение световой ВАХ и определение мощности по 10.2.2 или 10.2.3;
- измерение сопротивления изоляции по 10.4.

Сравнивают полученные результаты с требованиями раздела 7 и 10.4, результатами исходных измерений по 10.2.

Примечание — Если оценка с использованием измерения темновой ВАХ дает достаточно точные результаты, вместо измерения световой ВАХ по 10.2.2 или 10.2.3 используют измерения темновой ВАХ по 10.2.4 и сравнивают темновую ВАХ, измеренную после данного испытания, с темновой ВАХ, измеренной после предыдущего испытания. При этом изменение последовательного сопротивления испытуемых образцов не должно превышать 10 % .

Испытанные образцы считают выдержавшими испытания, если:

- отсутствуют видимые функциональные повреждения, указанные в разделе 7;
- снижение мощности не превышает 5 % при измерении ВАХ с использованием имитатора солнечного излучения и 7 % при измерении ВАХ при естественном солнечном освещении;
- сопротивление изоляции отвечает требованиям 10.4.

10.17 Испытания на стойкость к местному перегреву

Настоящее испытание может не проводиться, если в испытуемом образце каждый его элемент с концентратором снабжен шунтирующим диодом.

Испытания на стойкость к местному перегреву проводятся в соответствии с *ГОСТ Р 56980—2016 (МЭК 61215:2005)*, подраздел 10.9 «Испытания на стойкость к местному перегреву», за одним исключением — испытанные образцы считаются выдержавшими испытания, если снижение их максимальной мощности не превышает 8 % при измерении ВАХ с помощью имитатора и 10 % при измерении

в натурных условиях. Такое изменение требований учитывает бóльшую неопределенность измерения ВАХ в фотоэлектрических устройствах с концентраторами.

11 Протокол испытаний

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

a) название документа;

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

c) уникальную идентификацию протокола или сертификата и каждой страницы, четкое определение цели протокола испытаний;

d) наименование и адрес заказчика, когда это необходимо;

e) описание процедуры отбора образцов, когда это необходимо;

f) дату получения испытанных образцов и дату(ы) испытаний (если они выполнялись);

g) 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. Если испытание шунтирующих/блокирующих диодов на теплостойкость было проведено на замещающем образце, это должно быть ясно отражено в протоколе, с описанием отличий замещающего образца;

h) характеристику и состояние образцов после испытаний;

i) описание использованных методов испытаний;

j) описания всех отклонений, дополнений или исключений в процедурах испытаний, а также любую иную информацию, относящуюся к конкретному испытанию, например описание условий окружающей среды;

k) результаты измерений, проверок, расчетов, сопровождаемые необходимыми таблицами, графиками, схемами, рисунками и фотографиями, включая спектр лампы, использованной при испытаниях на воздействие УФ-излучения, выбранные режимы термоциклирования и т. п., максимальные потери мощности, определенные после всех испытаний, все отрицательные результаты, повреждения и т. п., описания всех неудовлетворительных и повторных испытаний;

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

m) должность и подпись либо равноценную идентификацию лиц, отвечающих за содержание сертификата соответствия и/или содержание протокола испытаний, а также дату его подписания/составления;

n) положение о том, что полученные результаты относятся только к испытанным образцам, если это необходимо;

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

p) 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 А
(справочное)

Классификация фотоэлектрических систем по максимальному значению рабочего напряжения и классы применения фотоэлектрических модулей

Классификация фотоэлектрических систем

В таблице А.1 приведены предельные значения рабочих напряжений фотоэлектрических систем для каждого класса.

Таблица А.1 — Предельные значения напряжения фотоэлектрической системы

Класс системы	Пределы рабочего напряжения, В		
	Напряжение переменного тока (эффективное)	Напряжение переменного тока (амплитудное)	Напряжение постоянного тока (среднее)
A*	≤ 25 (16)	≤ 35,4 (22,6)	> 35 и ≤ 60 (35)
B	> 25 и ≤ 50 (> 16 и ≤ 33)	> 35,4 и ≤ 71 (> 22,6 и ≤ 46,7)	> 60 и ≤ 120 (> 35 и ≤ 70)
C	> 50 (> 33)	> 71 (> 46,7)	> 120 (> 70)

* В цепях класса А при коротких замыканиях допускаются напряжения класса В в течение не более 0,2 с.

Примечание — Значения в скобках используются при выборе проводов и компонентов для установки во влажных условиях.

Примечание — Настоящая таблица является общим руководством по классификации напряжений, более подробные сведения приведены в МЭК 62109-1 [5].

Классы применения фотоэлектрических модулей

Класс А: общий доступ, опасное напряжение, опасная мощность. К этому классу относятся фотоэлектрические модули, которые предназначены для применения в фотоэлектрических системах с рабочим напряжением постоянного тока выше 50 В или мощностью выше 240 Вт, в которых возможен доступ к компонентам фотоэлектрической системы. Фотоэлектрические модули, удовлетворяющие требованиям *ГОСТ Р МЭК 61730-1* и *ГОСТ Р МЭК 61730-2* и требованиям данного класса применения, считаются соответствующими требованиям класса защиты электрооборудования II.

Класс В: ограниченный доступ, опасное напряжение, опасная мощность. К этому классу относятся фотоэлектрические модули, которые предназначены для применения только в фотоэлектрических системах, компоненты которых защищены от доступа посторонних лиц ограждениями, местом размещения и т. п. Фотоэлектрические модули, относящиеся к этому классу применения и защищенные основной изоляцией, считаются удовлетворяющими требованиям класса защиты электрооборудования 0.

Класс С: ограниченное напряжение, ограниченная мощность. К этому классу относятся фотоэлектрические модули, которые предназначены для применения в фотоэлектрических системах с рабочим напряжением постоянного тока ниже 50 В и мощностью ниже 240 Вт, в которых возможен контакт с компонентами фотоэлектрической системы вследствие их доступности. Фотоэлектрические модули, удовлетворяющие требованиям *ГОСТ Р МЭК 61730-1* и *ГОСТ Р МЭК 61730-2* и требованиям данного класса применения, считаются соответствующими требованиям класса защиты электрооборудования III.

Приложение В
(справочное)

Условия испытаний для определения электрических характеристик фотоэлектрических устройств и систем, устанавливаемые в стандартах

Стандартные условия испытаний (СУИ):
- температура элемента ..... 25 °С;
- энергетическая освещенность..... 1000 Вт/м^2;
- световой поток направлен нормально к воспринимающей поверхности;
- спектральный состав: АМ 1,5 в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-3*.

Номинальная рабочая температура элемента (НРТЭ):
- температура окружающей среды ..... 20 °С;
- температура элемента ..... НРТЭ;
- энергетическая освещенность..... 800 Вт/м^2;
- световой поток направлен нормально к воспринимающей поверхности;
- спектральный состав: АМ 1,5 в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-3*.

Условия низкой освещенности (УНО):
- температура элемента ..... 25 °С;
- энергетическая освещенность..... 200 Вт/м ^{2};
- световой поток направлен нормально к воспринимающей поверхности;
- спектральный состав: АМ 1,5 в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-3*.

Условия высокой температуры (УВТ):
- температура элемента ..... 75 °С;
- энергетическая освещенность..... 1000 Вт/м^2;
- световой поток направлен нормально к воспринимающей поверхности;
- спектральный состав: АМ 1,5 в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-3*.

Условия низкой температуры (УНТ):
- температура элемента ..... 15 °С;
- энергетическая освещенность..... 500 Вт/м^2;
- световой поток направлен нормально к воспринимающей поверхности;
- спектральный состав: АМ 1,5 в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-3*.

Стандартные внешние условиях (СВУ):
- энергетическая освещенность..... 800 Вт/м^2;
- температура окружающей среды ..... 20 °С;
- скорость ветра ..... 1 м/с;
- угол наклона..... 45° к горизонтали;
- электрическая нагрузка..... отсутствует (холостой ход).

Стандартные условия испытаний для фотоэлектрических устройств и систем с концентраторами (СУИК):
- энергетическая освещенность..... 1000 Вт/м^2;
- температура элемента ..... 25 °С;
- прямое излучение;
- световой поток направлен нормально к воспринимающей поверхности;
- спектральный состав: АМ 1,5 в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 60904-3*.

Стандартные рабочие условия для фотоэлектрических устройств и систем с концентраторами (СРУК):
- энергетическая освещенность..... 900 Вт/м^2;
- температура окружающей среды ..... 20 °С;
- прямое излучение;
- световой поток направлен нормально к воспринимающей поверхности;
- спектральный состав: АМ 1,5 в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60904-3;
- скорость ветра ..... 2 м/с.

Примечание — При определении значения энергетической освещенности прямого излучения, направленного нормально к воспринимающей поверхности, для фотоэлектрических приборов и систем с концентраторами, использующих одноосную систему слежения за Солнцем, должна быть сделана поправка на угол падения.

Приложение ДА
(справочное)

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

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного национального, межгосударственного 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 МЭК 60904-1—2013	IDT	IEC 60904-1:2006 «Приборы фотоэлектрические. Часть 1. Измерение вольт-амперных характеристик»
ГОСТ Р МЭК 60904-3—2013	IDT	IEC 60904-3:2008 «Приборы фотоэлектрические. Часть 3. Принципы измерения характеристик фотоэлектрических приборов с учетом стандартной спектральной плотности энергетической освещенности наземного солнечного излучения»
ГОСТ Р МЭК 61345—2013	IDT	IEC 61345:1998 «Модули фотоэлектрические. Испытания на воздействие ультрафиолетового излучения»
ГОСТ Р МЭК 61730-1—2013	IDT	IEC 61730-1:2004 «Модули фотоэлектрические. Оценка безопасности. Часть 1. Требования к конструкции»
ГОСТ Р МЭК 61730-2—2013	IDT	IEC 61730-2:2004 «Модули фотоэлектрические. Оценка безопасности. Часть 2. Методы испытаний»
ГОСТ Р 56980−2016 (МЭК 61215:2005)	MOD	IEC 61215:2005 «Модули фотоэлектрические из кристаллического кремния наземные. Методы испытаний»
ГОСТ Р МЭК 62670-1—2016	IDT	IEC 62670-1:2013 «Устройства и системы фотоэлектрические с концентраторами. Определение рабочих характеристик. Часть 1. Стандартные условия»

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

- IDT — идентичные стандарты;
- MOD — модифицированный стандарт.

Библиография

[1] МЭК 60721-2-1:2013 — Классификация внешних воздействующих факторов. Часть 2-1. Природные внешние воздействующие факторы. Температура и влажность (IEC 60721-2-1:2013, Classification of environmental conditions — Part 2-1: Environmental conditions appearing in nature — Temperature and humidity)

[2] МЭК 60410:1973 — Правила и планы выборочного контроля по качественным признакам (IEC 60410:1973, Sampling plans and procedures for inspection by attributes)

[3] ANSI/UL 1703, ред. 3, март 15, 2002 — Модули и панели фотоэлектрические. Плоские модули (UL 1703*ANSI 1703, Flat-plate photovoltaic modules and panels)

[4] МЭК 60068-2-21:2006 — Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2-21. Испытания. Испытание U. Прочность выводов и неразъемных крепежных устройств (IEC 60068-2-21:2006, Environmental testing — Part 2-21: Tests — Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices)

[5] МЭК 62109-1:2010 — Системы фотоэлектрические. Безопасность силовых преобразователей для фотоэлектрических систем. Часть 1. Общие требования (IEC 62109-1:2010, Safety of power converters for use in photovoltaic power systems — Part 1: General requirements)

УДК 697.329:006.354 ОКС 27.160

Ключевые слова: фотоэлектрические устройства с концентраторами, испытания, электрические характеристики, механические и прочностные характеристики, внешние воздействия, параметры безопасности

Редактор *О.В. Шеповалова*
Корректор *Г.В. Яковлева*
Компьютерная верстка *Ю.В. Поповой*

Сдано в набор 11.06.2016. Подписано в печать 18.07.2016. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 5,12. Уч.-изд. л. 4,66. Тираж 26 экз. Зак. 1890.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Набрано в ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

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

gost.e-ecolog.ru