ГОСТ 28205—89
(МЭК 68-2-9—75)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

# Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов

## Часть 2

# ИСПЫТАНИЯ

## Руководство по испытанию на воздействие солнечной радиации

Издание официальное

БЗ 12—2004

Москва
Стандартинформ
2006

gost.e-ecolog.ru

## ПРЕДИСЛОВИЕ

1. Официальные решения или соглашения МЭК по техническим вопросам, подготовленные техническими комитетами, в которых представлены все заинтересованные национальные комитеты, выражают с возможной точностью международную согласованную точку зрения по рассматриваемым вопросам.

2. Эти решения представляют собой рекомендации для международного пользования и в этом виде принимаются национальными комитетами.

3. В целях содействия международной унификации МЭК выражает пожелание, чтобы все национальные комитеты приняли настоящий стандарт МЭК в качестве своих национальных стандартов, насколько это позволяют условия каждой страны. Любое расхождение со стандартами МЭК должно быть четко указано в соответствующих национальных стандартах.

## ВВЕДЕНИЕ

Стандарт МЭК 68-2-9—75 подготовлен Техническим комитетом 50 МЭК «Испытания на воздействие внешних факторов».

Первый проект документа обсуждался на совещании в Ленинграде в 1971 г. В результате решений этого совещания в июле 1973 г. национальным комитетам был представлен на утверждение по Правилу шести месяцев Документ 50 (Центральное бюро) 171.

За принятие стандарта голосовали следующие страны:

Австралия
Бельгия
Великобритания*
Венгрия
Дания
Израиль
Индия
Испания
Италия
Канада
Нидерланды
Норвегия
Португалия
Румыния
Соединенные Штаты Америки
Союз Советских Социалистических Республик
Турция
Федеративная Республика Германия
Чехословакия
Швейцария
Швеция
Южно-Африканская Республика
Япония

* Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии.

УДК 621.38:620.193:006.354 Группа Э29

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

**Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов**

**Часть 2**

**ИСПЫТАНИЯ**

**Руководство по испытанию на воздействие солнечной радиации**

**ГОСТ 28205—89**

**(МЭК 68-2-9—75)**

Basic environmental testing procedures.
Part 2. Tests.
Guidance for solar radiation testing

МКС 19.040
31.020
ОКСТУ 6000, 6100, 6200, 6300

**Дата введения 01.03.90**

## ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Испытания на воздействие солнечной радиации представляют опасность для здоровья людей, поэтому лица, связанные с этими испытаниями, обязаны ознакомиться с п. 9 данного стандарта и обратить особое внимание на его выполнение.

## 1. ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Настоящий стандарт описывает методы имитации солнечной радиации, имеющие целью определить ее воздействие на аппаратуру и элементы, находящиеся у земной поверхности. Основными характеристиками окружающей среды, подлежащими имитации, являются спектральное распределение энергии Солнца, наблюдаемое на уровне земной поверхности, и интенсивность падающего излучения в сочетании с контролируемыми температурными условиями. Иногда учитывают сочетание солнечной радиации, включая рассеянную радиацию, с другими внешними факторами, например температурой, влажностью, скоростью воздуха и т. д.

## 2. СПЕКТРАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ И ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИСТОЧНИКА, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ

Воздействие на образец зависит от спектрального распределения энергии и интенсивности излучения.

### 2.1. Интенсивность излучения

Интенсивность солнечной радиации на среднем расстоянии от Солнца вне земной атмосферы в плоскости, перпендикулярной направлению излучения, называется солнечной постоянной $E_0$.

Интенсивность солнечной радиации у земной поверхности зависит от величины солнечной постоянной, степени поглощения и рассеяния радиации в атмосфере. При нахождении Солнца в зените интенсивность солнечной радиации у земной поверхности принята равной 1,120 кВт/м$^2$. Это значение основано на величине солнечной постоянной $E_0$ = 1,35 кВт/м$^2$.

**Издание официальное** **Перепечатка воспрещена**

© Издательство стандартов, 1990
© Стандартинформ, 2006

**2.2. Спектральное распределение энергии излучения**

Стандартное спектральное распределение энергии суммарной радиации, установленное для этого испытания согласно рекомендациям Международной комиссии по освещению, приведено в МЭК 68-2-5 (ГОСТ 28202). Если интерес представляет только тепловое воздействие солнечной радиации, то допускается применение вольфрамовых ламп накаливания.

В связи с тем, что спектральное распределение энергии излучения вольфрамовых ламп накаливания значительно отличается от распределения энергии в солнечном спектре (см. рис. 2), интенсивность излучения следует устанавливать в соответствии с требованиями п. 2.3.

**2.3. Интенсивность излучения, требуемая в случае распределения энергии, отличного от стандартного**

Если источник, применяемый для испытания, излучает энергию, спектральное распределение которой не соответствует стандартному, приведенному в МЭК 68-2-5 (ГОСТ 28202) (например в случае использования вольфрамовых ламп накаливания, применение которых допустимо, если испытание имеет целью только определение результатов теплового воздействия), то интенсивность излучения устанавливается такая, при которой тепловой эффект эквивалентен тепловому эффекту при облучении испытуемого образца суммарной солнечной радиацией.

Следовательно, поглощенное излучение искусственного источника должно быть равно величине суммарной солнечной радиации, т. е.

$$E_{ex} = 1{,}120\frac{a_{es}}{a_{ex}},$$

где $E_{ex}$ — интенсивность излучения искусственного источника, кВт/м$^2$;

$a_{ex}$ — коэффициент поглощения образцом излучения искусственного источника;

$a_{es}$ — коэффициент поглощения образцом солнечной радиации (см. приложение А).

## 3. МЕТОД И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИСПЫТАНИЯ

3.1. Следует принять решение относительно продолжительности облучения, его непрерывности или периодичности. При этом предусматривают три возможных метода испытания:

**Метод А**

24-часовой цикл состоит из 8-часовой фазы облучения и 16-часовой темной фазы. Количество циклов — по необходимости. (Это обеспечивает получение дозы облучения 8,96 кВт/м$^2$ за цикл, что приближается к наиболее жестким естественным условиям. Метод А применяют при определении результатов теплового воздействия.)

**Метод В**

24-часовой цикл состоит из 20-часовой фазы облучения и 4-часовой темной фазы. Количество циклов — по необходимости. (Это обеспечивает получение дозы облучения 22,4 кВт/м$^2$ за дневной цикл. Метод В применяют, когда основной целью испытания являются исследования процессов деградации.)

**Метод С**

Непрерывное облучение применяют согласно требованиям соответствующей НТД (это упрощенное испытание применяют, когда циклические тепловые нагрузки не учитывают и оценивают только фотохимический эффект. Его применяют также для определения тепловых воздействий на образцы с малой теплоемкостью).

3.2. Интенсивность излучения, установленная для испытания, равна 1,120 кВт/м$^2$ ± 10 %. Сокращение длительности испытания за счет увеличения интенсивности излучения сверх указанного значения нежелательно. Как уже упоминалось, суточная доза солнечной радиации, приближенно соответствующая наиболее жестким естественным условиям, имитируется применением метода А с выдержкой в стандартных условиях облучения в течение 8 ч в сутки. Таким образом, удлинение фаз облучения свыше 8 ч ускоряет воздействие радиации по сравнению с естественными условиями. Однако непрерывное 24-часовое облучение (метод С) может не выявить явлений деградации, обусловленных циклическими тепловыми нагрузками, поэтому этот метод не может быть рекомендован для всех случаев.

3.3. Продолжительность испытания зависит от цели испытания. Если интерес представляют только тепловые эффекты, то должно быть достаточно трех циклов (за исключением тех случаев, когда испытывают крупногабаритную аппаратуру, которая требует больше времени для достижения максимальной внутренней температуры). Для выявления процессов деградации необходимо увеличение продолжительности испытания.

## 4. ДРУГИЕ УЧИТЫВАЕМЫЕ ВНЕШНИЕ ФАКТОРЫ

**4.1. Температура воздуха в камере**

Температура воздуха в камере во время облучения и в течение темных фаз должна контролироваться на соответствие требованиям, установленным в методах А, В или С. В соответствующей НТД следует указать температуру во время облучения: 40 °С или 55 °С, в зависимости от предполагаемых условий эксплуатации аппаратуры или элементов.

**4.2. Влажность**

Различные условия влажности, особенно конденсация, могут значительно повлиять на фотохимические процессы деградации материалов, красок, пластмасс и т. д. Конкретные значения относительной влажности должны быть указаны в соответствующей НТД на изделие, например может быть предписано 4-часовое воздействие влажного тепла ((40 ± 2) °С и (93 ± 3) % относительной влажности) в начале испытания в соответствии с методом В.

**4.3. Поверхностные загрязнения**

Пыль и другие поверхностные загрязнения могут значительно изменить характеристики поглощения облучаемых поверхностей. Если нет иных указаний, испытуемые образцы должны иметь чистые поверхности. Если требуется оценить влияние загрязнения поверхности, в соответствующую НТД следует включать необходимые сведения о подготовке поверхностей образцов и т. п.

**4.4. Озон и другие посторонние газы**

Озон, образующийся при воздействии коротковолнового ультрафиолетового излучения источников света, обычно изолирован от рабочего объема испытательной камеры светофильтрами, используемыми для корректировки спектрального распределения энергии. Поскольку озон и другие посторонние газы могут оказывать значительное влияние на процессы деградации некоторых материалов, важно, чтобы эти газы отсутствовали в испытательной камере, если нет иных указаний в соответствующей НТД (см. п. 9.3).

**4.5. Скорость воздуха**

Следует учитывать возможность охлаждения образцов под действием воздушного потока. Охлаждающее действие воздушного потока может также привести к получению ошибочных результатов измерений при помощи термоэлементов открытого типа, применяемых для контроля интенсивности излучения. Даже такая сравнительно малая скорость воздуха, например 1 м/с, может вызвать понижение температуры перегрева более чем на 20 %. Поэтому необходимо измерять и контролировать скорость воздушного потока (которая должна быть минимальной) при одновременном контроле заданной температуры и влажности (если это требуется). Регулирование температуры воздуха в рабочем объеме камеры путем соответствующего нагрева и охлаждения стенок камеры устраняет необходимость в больших скоростях воздуха.

В действительности условия солнечной радиации высокой интенсивности редко сочетаются с полным безветрием. Поэтому необходимо учитывать воздействие на испытуемые аппаратуру и элементы потоков воздуха с различными скоростями. В этом случае в соответствующей НТД следует устанавливать конкретные требования.

**4.6. Опорное основание, установочное положение**

Поскольку тепловые свойства опорного основания и способ монтажа могут значительно влиять на температуру перегрева испытуемого образца, эти факторы необходимо учитывать, чтобы теплообмен был характерен для типичных условий эксплуатации. Образец обычно требуется устанавливать либо на стойках, либо на основании с определенным свойствами, например на слое бетона заданной толщины или на слое песка с определенной теплопроводностью. Подробные сведения относительно опорного основания, способа монтажа и положения образца должны быть приведены в соответствующей НТД (см. приложение В).

## 5. ИСТОЧНИК ИЗЛУЧЕНИЯ

### 5.1. Общие положения

Источник излучения может состоять из одной или нескольких ламп и связанных с ними оптических элементов, например рефлекторов, светофильтров и т. п., обеспечивающих получение требуемого спектра и заданной интенсивности излучения.

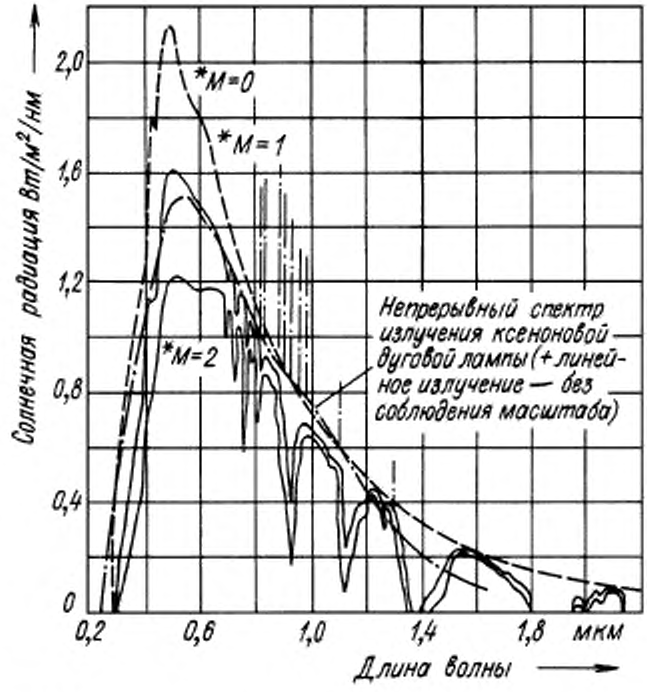
Ксеноновая газоразрядная лампа высокого давления, снабженная светофильтрами, может обеспечить наилучшую имитацию солнечной радиации. Ртутные и ксеноново-ртутные лампы в отношении имитации солнечной радиации имеют серьезные недостатки, которые могут привести к ошибочным результатам. Дуговые лампы с электродами из угля с добавлением специальных примесей имеют широкое применение, однако вследствие недостаточной стабильности и сложности в эксплуатации сфера их использования ограничена. Могут использоваться вольфрамовые лампы накаливания, если целью испытания является только оценка тепловых явлений. Однако эти лампы позволяют оценить фотохимический эффект, так как в спектре их излучения ультрафиолетовая часть почти полностью отсутствует.

Характеристики этих ламп, особенности светофильтров, оптических устройств и т. п. рассматриваются далее.

### 5.2. Ксеноновые лампы

Геометрическая форма и размер применяемых ламп определяются требованиями испытания. Типичный спектральный состав излучения ксенонового разрядного промежутка приведен на рис. 1.

**Сравнение излучения типичной ксеноновой дуговой лампы высокого давления с кривыми спектрального распределения солнечного излучения для воздушных масс 0—1 и 2**




* На рис. 1 и 2 условная толщина воздушной массы, сквозь которую проходит солнечное излучение, обозначена буквой М. Условная толщина воздушной массы различна для разных углов ($\delta$) положения Солнца (М = 1 — Солнце в зените; М = 2 при $\delta = 60°$).

Рис. 1

Следует учитывать также излучение раскаленных электродов. Относительная энергия этого излучения при коротких разрядных промежуточных значительно больше, чем при длинных, и она может существенно отразиться на имитации спектра, поскольку доля инфракрасного излучения электродов больше доли инфракрасного излучения разрядного промежутка. Установлено, что относительный спектральный состав излучения ксенонового разрядного промежутка практически не зависит от мощности лампы. У ламп с различной мощностью температура электродов будет различной, а следовательно, будет различен и спектральный состав их излучения. При использовании ламп с длинными разрядными промежутками излучение электродов можно легко сделать незначительным в общем балансе. Конструктивные особенности ламп с короткими разрядными промежутками обусловливают значительно более широкие производственные допуски, чем у ламп с длинными разрядными промежутками. Это особенно важно учитывать при замене ламп.

Все типы ламп нуждаются в периодической замене, поскольку их интенсивность излучения постоянно уменьшается с течением времени и в процессе эксплуатации интенсивность излучения может меняться у разных ламп по-разному. Несмотря на изменение интенсивности излучения в процессе эксплуатации относительный спектральный состав излучения ксенонового разрядного промежутка остается практически неизменным, так как ксенон является безпримесным чистым элементным газом.

**5.3. Вольфрамовые лампы накаливания**

Вольфрамовые лампы накаливания почти не излучают ультрафиолетовых лучей, поэтому они непригодны для испытаний, проводимых с целью выявления возможной деградации. Могут иметь место также серьезные расхождения в результатах испытаний с целью определения теплового воздействия на образцы, если не будут учтены значительные различия в спектральном распределении энергии излучения по отношению к солнечной радиации (см. п. 2.3). На рис. 2 для сравнения приведено спектральное распределение энергии излучения типичной вольфрамовой лампы накалива-

**Сравнение излучения вольфрамовой лампы накаливания с кривыми спектрального распределения излучения солнечной радиации для воздушных масс 0—1 и 2**

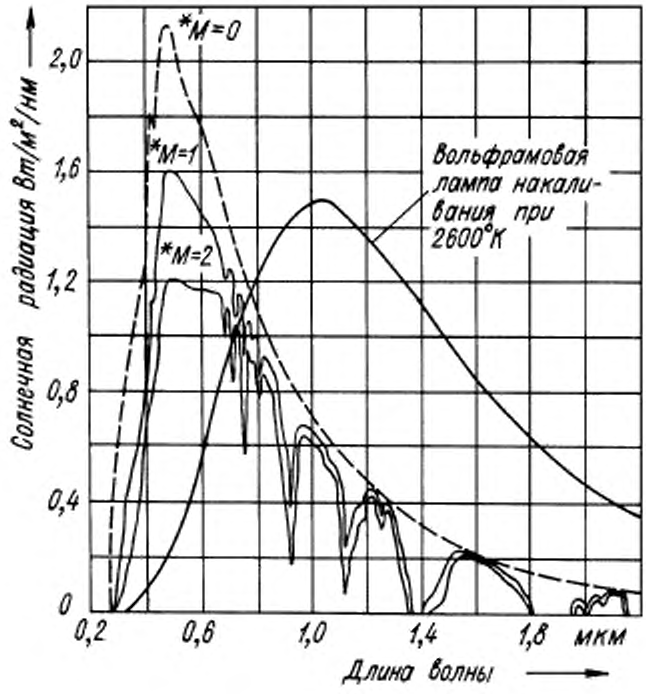



Рис.2

ния, имеющей температуру нити накала 2600 К, и распределение энергии солнечного излучения. Большая часть энергии, излучаемой вольфрамовой лампой, приходится на инфракрасную область спектра; максимум энергии в спектре соответствует длине волны около 1,0 мкм. В солнечном спектре приблизительно 50 % энергии приходится на видимую и ультрафиолетовую части спектра, что соответствует длинам волн короче 0,7 мкм. Лампа с вольфрамовой нитью, заключенная в колбу из кварцевого стекла с галогенным наполнителем, обладает лучшей стабильностью рабочих характеристик на протяжении срока службы.

**5.4. Дуговые лампы с угольными электродами**

При определенных условиях вольтова дуга между угольными электродами может обеспечить излучение, спектральный состав которого близок к солнечному, наблюдаемому на уровне земной поверхности. Однако корректирующие светофильтры все же необходимы, особенно в ультрафиолетовой области. Сгорание электродов не допускает точной локализации и фиксации источника света. Самым большим недостатком вольтовой дуги является ее постепенное затухание. Даже при очень продуманной системе подающего механизма время непрерывного горения не превышает 5 ч.

**5.5. Ртутные лампы**

Излучение ртутных ламп в красной и инфракрасной областях спектра недостаточно, и их спектр содержит несколько спектральных линий высокой интенсивности. Ртутные лампы используют совместно с вольфрамовыми лампами накаливания в соляриях, а ртутно-ксеноновые газоразрядные лампы используют в целях испытаний на воздействие внешних факторов. Однако высокая интенсивность спектральных линий делает ртутную лампу в большинстве случаев неприемлемой в качестве источника, имитирующего солнечное излучение.

**5.6. Светофильтры**

Жидкостные фильтры имеют определенные недостатки, например возможность вскипания, зависимость коэффициента пропускания от температуры и дрейф спектральной характеристики во времени. Поэтому предпочтительнее использовать стеклянные фильтры, хотя состав стекла воспроизвести сложнее, чем химический раствор. Для компенсации неодинаковой оптической плотности стекол можно применять пластины разной толщины, подбирая их по методу проб и ошибок. На технологические процессы изготовления стеклянных фильтров имеются патенты, поэтому при выборе нужных фильтров следует руководствоваться рекомендациями изготовителей. Выбор светофильтров зависит от источника излучения и способа его применения. Например, спектр излучения ксеноновой лампы может быть откорректирован при помощи комбинации абсорбционных светофильтров для инфракрасной и ультрафиолетовой областей.

Некоторые стеклянные светофильтры для инфракрасной области спектры имеют тенденцию быстро изменять свои спектральные характеристики под воздействием интенсивного ультрафиолетового излучения. Такое изменение можно в значительной степени предотвратить, поместив между источником излучения и светофильтром для инфракрасной области спектра светофильтр для ультрафиолетовой области спектра. Интерференционные фильтры, основанные не на поглощении, а на отражении нежелательного излучения, меньше нагреваются и обычно более стабильны, чем абсорбционные фильтры.

**5.7. Равномерность облучения**

Вследствие большой удаленности Солнца от Земли солнечные лучи падают на земную поверхность практически параллельно. Искусственные источники излучения находятся на сравнительно близком расстоянии от испытуемой поверхности, поэтому необходимо предусмотреть средства для направления и фокусирования лучей, чтобы обеспечить равномерное распределение интенсивности излучения в плоскости измерения в заданных пределах (т. е. 1,120 кВт/м$^2$ ± 10 %). Этого трудно добиться при использовании ксеноновой лампы с коротким разрядным промежутком, снабженной параболическим рефлектором, вследствие наличия теней от электродов и опор. К тому же температурное свечение анода может создать значительное излучение с более низкой цветовой температурой, несколько смещенной по отношению к основному пучку лучей, если только сама дуга находится в фокусе рефлектора. Равномерность облучения легче получить, используя лампы с длинным разрядным промежутком, укрепленные в желобообразном параболическом рефлекторе. Однако, используя соответствующую технику монтажа, можно облучать большую поверхность с достаточной равномерностью при помощи нескольких ксеноновых ламп с коротким разрядным промежутком.

Обычно рекомендуется размещать источник излучения вне рабочего объема испытательной камеры. Это позволяет избежать возможной деградации оптических элементов, например под воз-

действием условий повышенной влажности и загрязнения испытуемых образцов озоном, образующимся в результате излучения ксеноновых и других дуговых ламп. При таком размещении источника излучения необходимо принимать во внимание общий коэффициент пропускания материала, закрывающего оконный проем.

Обычно не требуется точной коллимации лучей, за исключением случаев испытания образцов, для которых это необходимо, например солнечных батарей, систем наблюдения за Солнцем и т. п. Однако некоторые технические средства имитации, предназначенные для космических исследований, можно приспособить для изучения солнечной радиации на уровне земной поверхности.

## 6. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

**6.1. Измерение интенсивности излучения**

Наиболее подходящим прибором для контроля интенсивности излучения считается пиранометр, который служит для измерения суммарной солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность.

Для измерения интенсивности имитированного солнечного излучения применяют два типа пиранометров. Их действие основано на использовании термопары.

а) Пиранометр Молля-Горчинского

Пиранометр Молля-Горчинского состоит из 14 константаново-манганиновых полосок ($10 \times 1 \times 0{,}005$ мм), расположенных таким образом, что их «горючие» спаи лежат в одной плоскости и образуют горизонтальную поверхность, покрытую черным лаком, имеющим низкую теплопроводность.

Концы «холодных» спаев загнуты вниз, чтобы осуществить хороший теплообмен с медной пластиной, имеющей большую теплоемкость. Чувствительная поверхность находится под двумя концентрически расположенными стеклянными полусферическими колпаками.

б) Пиранометр Эпли

Пиранометр Эпли состоит из двух концентрически расположенных серебряных колец толщиной 0,25 мм. Внутреннее кольцо зачернено для обеспечения полного поглощения излучения, а внешнее кольцо выбелено для отражения лучей в видимой и инфракрасной областях спектра. «Горячие» и «холодные» спаи находятся в теплообмене с кольцами, которые заключены в стеклянный баллон диаметром 76 мм, наполненный сухим воздухом.

При измерении этими приборами влияние длинноволновой части инфракрасного излучения образца или излучения стенок испытательной камеры не имеет существенного значения.

Модифицированный пиранометр Молля-Горчинского (соляриметр Киппа) используется в метеорологических службах многих стран. Пиранометр Эпли — один из наиболее широко применяемых в США. Стеклянные оболочки этих приборов плохо пропускают излучения с длиной волн более 3 мкм; это необходимо учитывать в случае применения вольфрамовых ламп накаливания без светофильтров, когда необходим поправочный коэффициент.

**6.2. Измерение спектрального распределения энергии**

Контроль суммарной интенсивности излучения не представляет трудностей. Труднее провести подробные исследования спектральных характеристик. Существенные спектральные изменения можно определить при помощи недорогостоящих обычных методов измерения, используя пиранометр в сочетании с избирательными фильтрами. Для подробных исследований характеристик распределения энергии необходимо прибегать к использованию сложных спектрорадиометрических приборов.

На практике такая калибровка может быть проведена при обслуживания оборудования его изготовителем или при проверке оборудования метрологической службой. Следует регулярно проводить сопоставление данных, полученных методом с применением фильтров и пиранометров и спектрорадиометрическим методом.

С течением времени могут произойти изменения спектральных характеристик ламп, рефлекторов и светофильтров, что обусловит значительное превышение допустимых отклонений в спектральном распределении энергии излучения. Производственные допуски могут быть настолько велики, что замена лампы приведет к неприемлемым изменениям интенсивности излучения по сравнению с первоначально установленными. Это требует регулярного контроля, однако во время испытания образца детальный контроль спектрального распределения энергии излучения в испытательном оборудовании не всегда возможен.

**6.3. Измерение температуры**

В связи с высоким уровнем интенсивности излучения необходимо применение соответствующих мер защиты термочувствительных элементов от теплового воздействия излучения как при измерении температуры воздуха в испытательной камере, так и при контроле температур образца и оборудования.

Для данных измерений можно использовать термопару, свободно установленную внутри радиационного экрана. Радиационный экран представляет собой вертикальную мельхиоровую трубку (приблизительно диаметром 15 мм и длиной 70 мм), установленную в металлическом колпаке, расположенном на некотором расстоянии от нее; внутренняя поверхность колпака полируется, а наружная покрывается белой краской.

Для измерения температуры аппаратуры термочувствительные элементы, например термопары, следует устанавливать на внутренней поверхности внешней оболочки, а не прикреплять к наружным поверхностям. Термоиндикаторные краски и воски для контроля температуры облучаемых поверхностей образцов не применяют, так как их характеристики поглощения иные, чем у образцов.

Для приближенного определения максимальной температуры на поверхности образца может быть использован зачерненный термометр. Он состоит из антикоррозионной металлической пластины, предварительно обработанной матово-черным лаком для защиты от атмосферных влияний. Температура пластины может быть измерена биметаллическим термометром.

## 7. ПОДГОТОВКА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ОБРАЗЦОВ

**7.1. Испытательное оборудование**

Оптика испытательного оборудования, лампы рефлекторы и т. п. должны быть чистыми.

Интенсивность излучения в заданной плоскости измерения должна измеряться непосредственно перед каждым испытанием.

Второстепенные параметры испытательного режима, например температуру окружающей среды, влажность, скорость воздуха и др., необходимо контролировать непрерывно в течение всего испытания.

**7.2. Образцы**

Воздействие тепла на образцы в значительной степени зависит от способа монтажа и положения образца относительно направления излучения. Образцы должны монтироваться либо на опорных стойках, либо на основании с определенными свойствами, например на слое бетона заданной толщины или на слое песка с определенной теплопроводностью и т. п. Все это, а также положение образцов должно быть указано в соответствующей НТД.

Особое внимание следует обратить на состояние поверхности образцов. Их покрытие должно быть чистым и соответствовать требованиям соответствующей НТД. Тепловое воздействие на испытуемые образцы в значительной степени зависит от состояния их поверхностей, поэтому с образцами следует обращаться осторожно. Особенно важно, чтобы не было масляных пленок, а покрытие и грунт полностью отвечали требованиям технологической документации. Датчики температуры необходимо прикреплять к образцам согласно требованиям соответствующей НТД (см. п. 6.3).

## 8. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ

**8.1. Соответствие НТД**

В соответствующей НТД должны быть указаны допустимые внешние изменения и (или) изменения рабочих характеристик испытуемого образца после требуемого воздействия облучения за указанные периоды времени. Кроме того, оценка результатов может проводиться со следующими целями:

**8.2. С целью сравнения с результатами, полученными в естественных условиях**

Ухудшение качества материалов и аппаратуры под воздействием солнечных лучей хорошо изучено (см. пп. 8.5 и 8.6). Любое значительное расхождение полученных результатов по сравнению с результатами воздействия солнечной радиации в естественных условиях должно подвергаться анализу для установления основных причин такого расхождения, обусловленных испытательным оборудованием, методом испытания или какими-то особенностями образцов.

**8.3. С целью определения результатов кратковременного воздействия облучения (тепловом воздействии)**

Тепловое воздействие в данном случае является доминирующим. Исследуемые кратковременные тепловые воздействия проявляются в основном в местном перегреве.

**8.4. С целью определения результатов длительного воздействия облучения**

Длительные испытания имеют целью установления деградации параметров образца исходя из двух задач: выявления наличия быстрых первоначальных изменений и определения полезного срока службы испытуемого образца.

**8.5. С целью оценки воздействия тепла**

Максимальные температуры поверхности и внутренних частей, достигаемые образцом или аппаратурой, зависят от следующих причин:

а) температуры окружающего воздуха;

б) интенсивности излучения;

в) скорости движения воздуха;

г) длительности облучения;

д) тепловых свойств самого образца, например коэффициента отражения, размеров, формы, теплопроводности и удельной теплоемкости.

Если аппаратура подвергается непосредственному воздействию солнечной радиации при температуре окружающей среды 35 °С — 40 °С, то ее температура может превысить 60 °С.

Коэффициент отражения поверхности образца в значительной мере определяет температуру перегрева вследствие нагрева солнечными лучами; изменение цвета покрытия, например с темного на глянцево-белый, приводит к значительному снижению температуры. С другой стороны, покрытие, предназначенное для уменьшения степени нагрева, может деградировать со временем, что приведет к повышению температуры.

Большинство материалов обладают избирательной отражательной способностью, т. е. их коэффициент отражения меняется с изменением длины волны. Например, все краски слабо отражают инфракрасные лучи, однако они могут эффективно отражать лучи в видимой части спектра. Более того, коэффициент отражения многих материалов резко меняется в видимой части спектра, вызывая заметные для глаза цветовые изменения, и в ближней инфракрасной области спектра. Поэтому важно, чтобы спектральное распределение энергии излучения источника, используемого для имитации солнечной радиации, как можно точнее соответствовало распределению энергии в солнечном спектре или установлению такой интенсивности излучения, при которой обеспечивалось бы аналогичное тепловое воздействие (см. п. 2.3 и приложение А).

**8.6. Деградация материалов**

Одновременное воздействие солнечной радиации, атмосферных газов, колебаний температуры, влажности и т.д. часто называется «атмосферным воздействием». Оно приводит к старению и полному разрушению большинства органических материалов (например пластмасс, резины, красок, древесины и т. д.).

Многие материалы, с успехом используемые в умеренной климатической зоне, оказываются совершенно непригодными в более суровых условиях тропиков. Типичным недостатком являются быстрое старение и отслаивание красок, растрескивание и разрушение оболочки кабеля и обесцвечивание пигментов.

Деградация материала под влиянием атмосферного воздействия происходит не в результате какой-либо одной реакции, а вследствие нескольких отдельных реакций различного типа, часто взаимодействующих. Хотя солнечная радиация, главным образом в ультрафиолетовой области спектра обусловливающая деградацию вследствие фотохимических процессов, является часто основным фактором, на практике ее действие неотделимо от других атмосферных факторов. В качестве примера можно привести разрушающее тепловое воздействие ультрафиолетовых лучей на поливинилхлорид, которое при отсутствии кислорода незначительно, а в его присутствии существенно увеличивается, причем кислород при этом играет главную роль.

К сожалению, испытания в искусственных условиях иногда приводят к дефектам, которые не возникают при естественных атмосферных воздействиях. Часто это происходит по следующим причинам:

а) многие лабораторные источники ультрафиолетового излучения значительно отличаются от солнечного излучения по спектральному распределению энергии;

б) при повышении интенсивности ультрафиолетового излучения, температуры, влажности и т. д. с целью ускорения испытания скорость протекания отдельных реакций, возникающих в естественных условиях воздействия, необязательно увеличивается в такой же степени;

в) испытания в искусственных условиях не имитируют все естественные атмосферные воздействия.

## 9. ОПАСНОСТИ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПЫТАНИЕМ, И ЗАЩИТА ПЕРСОНАЛА

### 9.1. Общие положения

Сложное оборудование, применяемое для испытаний на воздействие солнечной радиации, требует, чтобы его эксплуатация и обслуживание проводились квалифицированным персоналом не только в связи с необходимостью правильного проведения испытаний, но и с необходимостью соблюдения техники безопасности.

### 9.2. Ультрафиолетовое излучение

Наиболее явная опасность, которая должна быть учтена в мерах по технике безопасности, связана с вредными воздействиями интенсивного излучения в ближней ультрафиолетовой области спектра.

При естественном солнечном свете защита глаз обеспечивается двумя факторами: яркость солнца не позволяет смотреть на него прямо, а ультрафиолетовое излучение значительно ослабляется атмосферой. При использовании искусственных источников излучения для защиты глаз должны применяться защитные очки или смотровые отверстия, особенно при наладке оборудования. Весь персонал, занятый проведением испытаний, должен быть проинструктирован и осведомлен относительно того, что даже кратковременное воздействие прямого излучения дуговых ламп может быть очень вредно для глаз. Кроме того, на участках кожи, подверженных облучению, может возникнуть эритема (сильный солнечный ожог). Поэтому, даже если для облучения испытательного пространства применяют источники с фильтрами, рекомендуется при работе пользоваться специальной защитной одеждой, в комплект которой входят также средства защиты головы и рук.

### 9.3. Озон и вредные испарения

Другая опасность для здоровья, связанная с применением ксеноновых и других дуговых ламп, заключается в возможности образования местных токсических концентраций озона во время испытания. Однако максимальное количество озона образуется в первый момент после включения лампы, после чего нагревшаяся колба лампы способствует обратному превращению озона в кислород. В случае применения принудительного воздушного охлаждения, охлаждающий воздух должен отсасываться и удаляться из рабочего объема. Его проникновение в кожух лампы не допускается. Таким образом, опасность образования токсических концентраций озона значительно уменьшается.

Содержание озона в воздухе в количестве от 1,0 до 10,0 частей на миллион по объему вызывает головные боли, раздражение слизистой оболочки носоглотки, слезотечение. Однако следует иметь в виду, что токсичной является даже концентрация озона менее 0,1 части на миллион, что ниже уровня, обнаруживаемого по запаху (от 0,5 до 1,0 части на миллион). Комбинированное воздействие теплового и ультрафиолетового излучения на некоторые пластмассы (например слоистые пластики на основе меламина) может также привести к образованию ядовитых испарений. Поэтому при выборе конструкционных материалов для испытательного оборудования следует быть особенно осторожным.

### 9.4. Взрывоопасность ламп

Использование ксеноновых ламп высокого давления в качестве основного источника излучения, если отсутствуют разработанные правила обращения с газоразрядными трубками или если они не выполняются, может также привести к несчастным случаям. Все лампы такого типа (горячие или холодные, старые или новые) имеют тенденцию взрываться с большой силой вследствие высокого внутреннего давления (от 2 до 3 атм, когда лампы холодные, и до 20 атм, когда лампы горячие).

На поверхности ламп не должно быть видимой грязи или масла, поэтому необходимо регулярно проводить чистку моющими средствами и спиртом, выполняя эту операцию в хлопчатобумажных перчатках, и лицо должно быть защищено. При хранении холодных ламп последствия взрыва можно ослабить, применяя сложенный вдвое пластмассовый лист толщиной 0,25 мм. Особые меры следует предпринять для предупреждения цепной реакции поломок в многоламповом оборудовании. Для защиты от взрывов ламп можно использовать толстое стекло, которое одновременно может быть и корректирующим светофильтром.

Для обнаружения недопустимых изменений вольт-амперных характеристик ламп в формуляр на каждую лампу следует регулярно вносить результаты измерений.

**9.5. Электрический удар**

Должны быть приняты обычные меры безопасности против электрического удара, особенно при использовании высоковольтных систем зажигания дуговых ламп. В некоторых ксеноновых лампах импульс зажигания дуги превышает 60 кВ, что вызывает необходимость применения системы блокировки.

*ПРИЛОЖЕНИЕ А*
*Рекомендуемое*

## КОРРЕКТИРОВОЧНЫЙ РАСЧЕТ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ

Расчет применяется для источников излучения со спектральным распределением энергии, отличным от указанного в табл. 1 МЭК 68-2-5 (ГОСТ 28202). «Испытание Sa» (допускается, если цель испытания заключается только в оценке тепловых воздействий).

А.1. Для обеспечения эквивалентного теплового действия интенсивность излучения искусственного источника $E_{ex}$ (кВт/м$^2$) должна быть скорректирована с таким расчетом, чтобы

$$E_{ex} = 1{,}120\frac{a_{es}}{a_{ex}},$$

где $a_{ex}$ — коэффициент поглощения образца для излучения искусственного источника;

$a_{es}$ — коэффициент поглощения образца для суммарной солнечной радиации.

А.2. Коэффициенты поглощения ($a_{ex}$ и $a_{es}$) могут быть вычислены по следующим формулам:

$$a_{ex} = \frac{\int\limits_0^r S_{\lambda x} \cdot a(\lambda) d\lambda}{\int\limits_0^x S_{\lambda x} d\lambda},$$

$$a_{es} = \frac{\int\limits_0^r S_{\lambda s} \cdot a(\lambda) d\lambda}{\int\limits_0^x S_{\lambda s} d\lambda},$$

где $a(\lambda)$ — спектральный коэффициент поглощения образца;

$S_{\lambda x}$ — спектральное распределение энергии излучения искусственного источника;

$S_{\lambda s}$ — спектральное распределение* суммарной солнечной радиации.

А.3. Для образцов, не пропускающих радиацию (непрозрачных), спектральный коэффициент поглощения должен быть

$$a(\lambda) = 1 - \rho(\lambda),$$

где $\rho(\lambda)$ — спектральный коэффициент отражения образца.

Примечание. Спектральный коэффициент поглощения поверхности определяется исходя из данных по спектральному отражению. Для проведения спектральных измерений степени отражения имеется ряд приборов промышленного производства. В основе их действия лежит система монохроматор-шар Ульбрихта.

* Для расчетов пользуются более подробными данными, приведенными в табл. А.1.

Таблица А.1

**Детальное спектральное распределение энергии суммарной радиации для расчетов интенсивности излучения**

| Интервал спектра | Длина волны, мкм | Интенсивность излучения, Вт/м$^2$ | Отношение излучаемой мощности к интегральной мощности излучения, равной 1,120 кВт/м$^2$, % |
|---|---|---|---|
| Ультрафиолетовый В* | 0,28—0,32 | 5 | 0,4 |
| Ультрафиолетовый А | 0,32—0,36 | 27 | 2,4 |
| | 0,36—0,40 | 36 | 3,2 |
| | 0,40—0,44 | 56 | 5,0 |
| | 0,44—0,48 | 73 | 6,5 |
| | 0,48—0,52 | 71 | 6,4 |
| | 0,52—0,56 | 65 | 5,8 |
| Видимый | 0,56—0,64 | 121 | 10,8 |
| | 0,64—0,68 | 55 | 4,9 |
| | 0,68—0,72 | 52 | 4,6 |
| | 0,72—0,78 | 67 | 6,0 |
| | 0,78—1,0 | 176 | 15,7 |
| | 1,0—1,2 | 108 | 9,7 |
| | 1,2—1,4 | 65 | 5,8 |
| | 1,4—1,6 | 44 | 3,9 |
| Инфракрасный | 1,6—1,8 | 29 | 2,6 |
| | 1,8—2,0 | 20 | 1,8 |
| | 2,0—2,5 | 35 | 3,1 |
| | 2,5—3,0 | 15 | 1,4 |
| | | 1120 | 100 |

* Энергия излучения с длиной волны короче 0,30 мкм, достигающего земной поверхности, незначительная и ею можно пренебречь.

*ПРИЛОЖЕНИЕ В*
*Справочное*

## ТЕПЛОПЕРЕДАЧА ЧЕРЕЗ ОПОРНОЕ ОСНОВАНИЕ

В.1. Для правильного выбора необходимого материала для опорного основания следует определить тепловой поток, проходящей через основание.

В.2. Если известна температура вещества $k$, то плотность теплового потока $q$, проходящего через слой вещества толщиной $L$ и с площадью поверхности $A$, при разности температур поверхностей $\Delta T$ °С может быть вычислена по формуле [ВТ].

$$q = \frac{kA\Delta T}{L}.$$

Формула не учитывает распространения тепла конвекцией и излучением, которое обычно (но не обязательно) имеет второстепенное значение.

В.3. Удельные теплопроводности широко применяющихся материалов приведены в табл. В.1.

Таблица В.1

**Теплопроводность наиболее широко применяемых материалов**

| Материал | Температура, °С* | Теплопроводность Вт/м · К** |
|---|---|---|
| Серебро | 20 | 411 |
| Медь красная (высокой чистоты) | 20 | 395 |
| Медь промышленная | 20 | 372 |
| Золото чистое | 20 | 311 |
| Алюминий | 20 | 229 |
| Дюралюминий (Al — Cu) | 20 | 165 |
| Магний чистый | 20 | 143 |
| Электрон (Ni — St) | 20 | 116 |
| Латунь | 20 | 81—116 |
| Цинк | 20 | 113 |
| Олово | 20 | 66 |
| Железо сварочное, чистое | 0 | 59 |
| Сталь | 200 | 52 |
| Чугунное литье с содержанием углерода (3 %) | 20 | 58 |
| Хромированная сталь | 20 | 40 |
| Хромоникелевая сталь | 20 | 14,5 |
| Никель | 18 | 59,5 |
| Нейзельбер (Ni —Cu — Zn) | 0 | 29,3 |
| Свинец чистый | 0 | 35,1 |
| Графит опрессованный | 20 | 12—174 |
| Огнеупорная глина | 100 | 0,5—1,2 |
| Котельный камень | 100 | 0,08—2,3 |
| Бетон | 20 | 0,8—1,4 |
| Кирпич сухой | 20 | 0,38—0,52 |
| Листовое стекло | 20 | 0,76 |
| Мрамор | 20 | 2,8 |
| Бакелит | 20 | 0,233 |
| Резина | 20 | 0,13—0,23 |
| Плексиглас | 20 | 0,184 |
| Целлулоид | 20 | 0,215 |
| Древесина бука (вдоль волокон) | — | 0,35 |
| Древесина дуба (поперек волокон) | 20 | 0,17—0,21 |
| Древесина дуба (вдоль волокон) | — | 0,37 |
| Сосновая древесина (поперек волокон) | 20 | 0,14 |
| Сосновая древесина (вдоль волокон) | — | 0,26 |

* Температура, при которой измерялась теплопроводность материала. Практически различие температур поверхностей опорного основания, которое может иметь место при испытании Sa, будет мало.

** Единицы, в которых выражены интервалы или разности термодинамических температур (К) и (°С), одинаковы. См. табл. 1, п. 49 МЭК 27—1***.

*** Государственный стандарт находится в стадии разработки.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

**1. Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 15.08.89 № 2555 введен в действие государственный стандарт СССР ГОСТ 28205—89, в качестве которого непосредственно применен стандарт Международной Электротехнической Комиссии МЭК 68-2-9—75, с 01.03.90**

**2. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ**

| Обозначение отечественного нормативно-технического документа, на который дана ссылка | Обозначение соответствующего стандарта | Раздел, подраздел, пункт, в котором приведена ссылка |
|---|---|---|
| ГОСТ 28202—89 | МЭК 68-2-5—75 | Пп. 2.2, 2.3 |
| — | МЭК 27-1—71 | Приложение А, В |

**3. Замечания к внедрению ГОСТ 28205—89**

**Техническое содержание СТ МЭК 68-2-9—75 «Основные методы испытаний на внешние воздействия. Часть 2. Испытания. Руководство по испытанию на воздействие солнечной радиации» применяется для использования и распространяется на изделия электронной техники народно-хозяйственного назначения**

**4. В пп. 2.1, 4.2, 6.2, 6.3, рис. 1 и 2 введена Поправка № 1 (1984)**

Редактор *М.И. Максимова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *В.И. Варенцова*
Компьютерная верстка *В.И. Грищенко*

Сдано в набор 08.08.2006. Подписано в печать 18.09.2006. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,55. Тираж 54 экз. Зак. 650. С 3285.

ФГУП «Стандартинформ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «Стандартинформ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «Стандартинформ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6

gost.e-ecolog.ru