ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МАТЕРИАЛЫ ПОЛИМЕРНЫЕ ДЛЯ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

ТРЕБОВАНИЯ К ИСПЫТАНИЯМ НА СТОЙКОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ВАКУУМНОГО УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Издание официальное

БЗ 4—96/153

ГОССТАНДАРТ РОССИИ
Москва

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Государственным научным центром Российской Федерации «Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я. Карпова» (филиал) и Всероссийским научно-исследовательским институтом стандартизации Госстандарта России

2 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Госстандарта России от 3 декабря 1996 г. № 664

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© ИПК Издательство стандартов, 1997

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Госстандарта России

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Определения 2
4 Общие требования 3
5 Требования к методам дозиметрии вакуумного ультрафиолетового излучения 8
6 Оценка стойкости материалов 10

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МАТЕРИАЛЫ ПОЛИМЕРНЫЕ ДЛЯ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Требования к испытаниям на стойкость к воздействию вакуумного ультрафиолетового излучения

Polymeric materials for space technique.
Requirements for far ultraviolet radiation stability tests

Дата введения 1998—01—01

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящий стандарт распространяется на органические полимерные материалы (далее — материалы), применяемые в изделиях космической техники, расположенных на внешней поверхности космического аппарата.

Стандарт устанавливает общие требования к испытаниям материалов на стойкость к воздействию электромагнитного излучения Солнца в области вакуумного ультрафиолетового излучения (ВУФ) длиной волны λ от 10 до 200 нм.

Характеристики этой области излучения Солнца — по ГОСТ 25645.149.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.197—86 ГСИ. Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости оптического излучения в диапазоне длин волн 0,04—0,25 мкм

ГОСТ 8.552—86 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений потока излучения и энергетической освещенности в диапазоне длин волн 0,03—0,4 мкм

Издание официальное

ГОСТ 9.706—81 ЕСЗКС. Материалы полимерные. Методы испытаний на стойкость к радиационному старению

ГОСТ 25645.149—89 Излучение солнечное ультрафиолетовое коротковолновое. Характеристики величин потоков

ГОСТ 25645.323—88 Материалы полимерные. Методы радиационных испытаний

ГОСТ 25645.331—91 Материалы полимерные. Требования к оценке радиационной стойкости

ГОСТ 26148—84 Фотометрия. Термины и определения

ГОСТ Р 50109—91 Материалы неметаллические. Метод испытания на потерю массы и содержание летучих конденсируемых веществ при вакуумно-тепловом воздействии

3 ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем стандарте применяют следующие термины и их определения:

1 Вакуумное ультрафиолетовое излучение (ВУФ) — электромагнитное излучение Солнца в диапазоне длин волн 10—200 нм.

2 Облученность E_e — физическая величина, определяемая отношением потока излучения, падающего на малый участок поверхности, содержащий рассматриваемую точку, к площади этого участка $E_e = \frac{d\Phi_e}{dA}$ (ГОСТ 26148).

3 Энергетическая экспозиция H_e — физическая величина, определяемая интегралом облученности по времени (ГОСТ 26148—84).

4 ВУФ-индекс стойкости полимерного материала — энергетическая экспозиция (для необратимых эффектов) или облученность (для обратимых эффектов), при которой достигается арбитражный критерий по характерному или определяющему показателю.

5 Характерный показатель стойкости полимерного материала к воздействию ВУФ — показатель, характеризующий эксплуатационное свойство полимерного материала, по изменению которого контролируют результаты всех видов воздействия ВУФ на материалы.

6 Определяющий характерный показатель стойкости полимерного материала к воздействию ВУФ — характерный показатель стойкости материала к воздействию ВУФ, при нахождении значений которого в пределах установленных норм сохраняется способность материала выполнять свои функции в изделии в процессе или после облучения.

7 Арбитражный критерий стойкости полимерного материала к воздействию ВУФ — относительное изменение характерного или определяющего характерного показателя стойкости материала к воздействию ВУФ в процессе или после облучения.

4 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

4.1 Испытания материалов на стойкость к воздействию ВУФ являются предварительным этапом испытаний на стойкость к воздействию электромагнитного излучения Солнца (ЭМИС).

Материалы, стойкие к воздействию ВУФ, должны пройти испытания на воздействие ближнего ультрафиолетового излучения (длина волны 200—400 нм) раздельно или совместно с воздействием ВУФ.

4.2 Испытания материалов на воздействие ВУФ проводятся до энергетической экспозиции H_e, Дж/м^2, соответствующей времени эксплуатации в космическом пространстве τ, с, в составе изделия и указанному в техническом задании на проведение испытаний. Облученность E_e на околоземных орбитах составляет 0,1 Вт/м^2.

Норма испытаний H_e определяется как

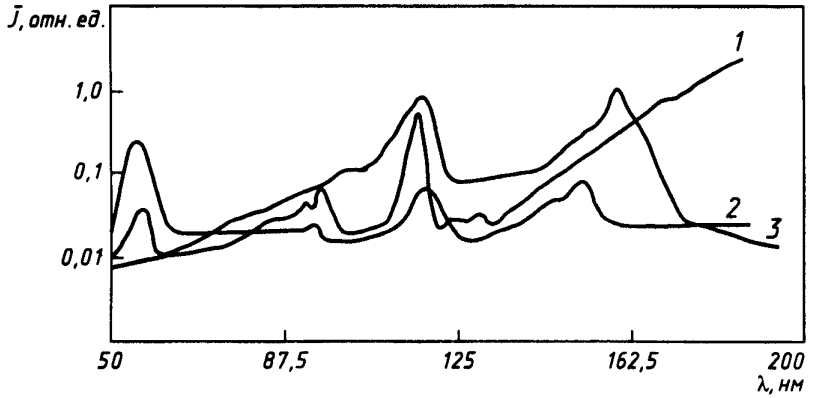
$$H_e = 0{,}1\ \tau$$

4.3 При проведении испытаний необходимо моделировать:

- спектральное распределение плотности излучения и интенсивность ВУФ в интервале 10—200 нм;
- остаточное давление, соответствующее собственной атмосфере космического аппарата;
- температуру изделий на поверхности космического аппарата.

4.4 Спектральное распределение плотности излучения J источника ВУФ должно быть максимально приближенным к спектру ЭМИС в указанном выше диапазоне длин волн (рисунок 1). В связи со спецификой взаимодействия ВУФ с органическими веществами спектр ВУФ допускается моделировать:

- излучением со спектральным распределением, приближенным к указанному на рисунке 1, в том числе ограниченным сверху по длине волны 160—170 нм, например, излучением в разряде газообразного водорода, гелия (рисунок 1) либо дейтерия;
- монохроматическим излучением с длиной волны в окрестности линии Лаймана $L\alpha$, равной 121,6 нм, например, в разряде криптона (рисунок 2) и ксенона (рисунок 3);



1 — излучение Солнца; *2* — излучение гелиевой лампы; *3* — излучение водородной лампы

Рисунок 1 — Спектральное распределение излучений

- непрерывным излучением газоструйного источника ВУФ (таблица 1).

Облученность E_e — не менее 0,1 Вт/м^2.

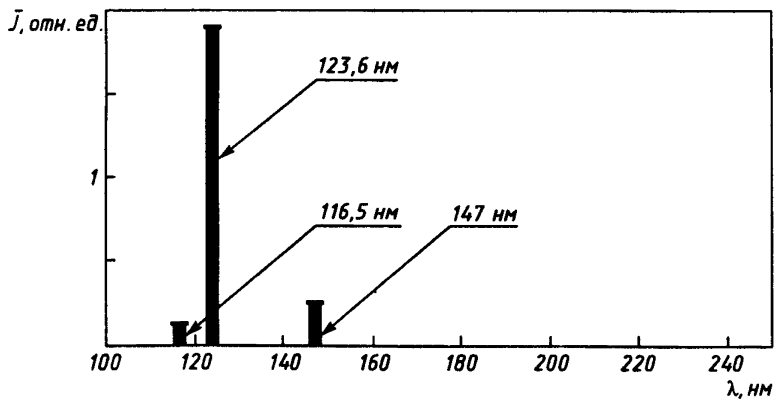


Рисунок 2 — Спектральное распределение излучения криптоновой лампы

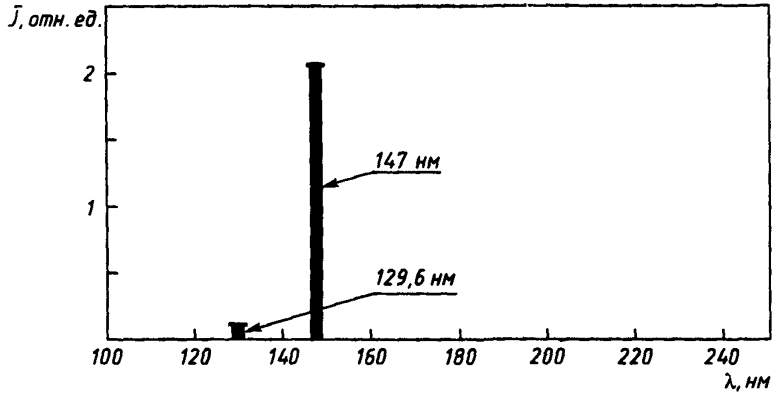


Рисунок 3 — Спектральное распределение излучения ксеноновой лампы

Таблица 1 — Облученность от газоструйного источника ВУФ* и Солнца

Спектральный интервал Δ λ, нм	Облученность, Вт/м^2, 10^{-3}, в спектре	
	Солнца	газоструйного источника
152,5—147,5	0,96	0,03
147,5—142,5	0,50	0,90
142,5—137,5	0,26	0,60
137,5—132,5	0,26	1,50
132,5—127,5	0,18	1,60
127,5—120,0	4,97	3,80
120,0—110,0	0,29	3,90
110,0—100,0	0,26	19,50
100,0—90,0	0,24	2,60
90,0—80,0	0,26	1,50
80,0—70,0	0,11	1,20
70,0—60,0	0,14	1,60
60,0—50,0	0,17	1,40

* Расход газа 32 см^3/с; плотность тока 0,15 а/см^2; оптимальная энергия возбуждающих электронов 1,1 кэВ; расстояние от источника 1 м; состав газа: Ar + $7 \cdot 10^{-2}$ % Kr + $1 \cdot 10^{-3}$ % Xe + $2 \cdot 10^{-4}$ % CH_4

4.5 Остаточное давление в испытательной камере должно быть в диапазоне $10^{-3} \div 10^{-4}$ Па.

4.6 Температура образца материала должна поддерживаться в диапазоне 170÷420 К и определяться требованиями ТЗ.

4.7 В качестве источников ВУФ следует применять водородные и дейтериевые разрядные лампы (например типов ДВС и ДДС, ВМФ-25), а также аналогичные лампы с гелиевым заполнителем.

Допускается применять:

- резонансные газонаполненные лампы типа КрР (криптон, λ = 123,6 нм), КсР (ксенон, λ = 147 нм) и ЛГВ (водород, λ = 121,6 нм);
- газоструйные источники типа ГИС;
- синхротронное излучение.

При использовании источников типа ГИС и синхротронного излучения необходимо обеспечить фильтрацию потока ВУФ от сопутствующих заряженных частиц, нейтральных молекул и атомов (например путем дифференциальной откачки газового тракта источника излучения).

4.8 При применении окон для ввода пучка излучения они должны выполняться из материалов, прозрачных в области ВУФ, например фтористого лития или дифторида магния.

4.9 Основные требования к источникам ВУФ:

- стабильность потока ВУФ не хуже ±15 % за период испытаний в отсутствие мониторирования;
- облученность в месте расположения образца материала — не менее 0,1 Вт/мм^2;
- равномерность облучения образца — не хуже ±15 %.

4.10 Основные требования к вакуумному оборудованию:

- испытательная вакуумная камера должна быть изготовлена из материалов, пригодных для работы в высоком вакууме. В этих целях могут использоваться нержавеющая сталь, неорганические стекла и керамика;
- температура стенок камеры должна быть ниже температуры образца (или подложки). С этой целью в камере должны быть криогенные экраны либо двойная стенка с зазором для охлаждения;
- необходимо постоянно контролировать состав газовой атмосферы в камере по содержанию органических примесей; во избежание влияния этих примесей на результаты испытаний рекомендуется периодически проводить обезгаживание внутренних поверхностей

камеры при температуре не ниже 420 К и обеспечить совместимость образцов по газовыделению;

- вакуум в камере создается и поддерживается с помощью безмасляных насосов. Рекомендуется использовать ионные, сублимационные, турбомолекулярные (например типов ТМН-200, ТМН-300 и т.п.), магниторазрядные (например типов МДО-100, МДО-200 и т.п.) насосы;

- вакуум в камере должен постоянно контролироваться;

- образец материала должен экранироваться от фотоэлектронов, образующихся при взаимодействии ВУФ с элементами конструкции камеры.

4.11 Характерные показатели материала необходимо измерять в процессе облучения. Допускается измерять необратимые эффекты в значениях характерных показателей до и после облучения без нарушения вакуума в камере. С этой целью конструкция вакуумной камеры должна обеспечивать:

- при испытании конструкционных материалов — приложение механической нагрузки к образцу вплоть до достижения разрушающего напряжения;

- при испытании электроизоляционных материалов — наложение электрических полей;

- при измерении оптических характеристик материалов — введение оптического измерительного тракта (зеркала, приемника, монохроматора зондирующего излучения и т.п.);

- нагрев и охлаждение образцов материала до заданных температур;

- при измерениях триботехнических характеристик материала — использование схемы трения.

Допускается измерять характерные показатели материалов после облучения в воздушной среде, если их значения не определяются состоянием поверхности образца, а толщина образцов не менее 100 мкм. При этом, если температура облучения была ниже температуры стеклования T_c материала, образец должен быть нагрет до T_c и выдержан в течение 30 мин до снижения вакуума.

4.12 Допускается проводить ускоренные испытания материалов на стойкость к воздействию ВУФ при определении необратимых эффектов при кратности ускорения до 10^3 (по соображениям нагрева). При этом повышение температуры образца сверх заданной за счет поглощения энергии излучения (в том числе в ИК-области) не

должно превышать 30 К, если в этот интервал не попадает фазовый переход данного материала.

Предварительно для одного из материалов того же класса, что и испытуемый, рекомендуется проверить зависимость эффекта воздействия ВУФ от облученности. С этой целью проводят испытания материала по заданному характерному показателю при различных значениях E_e (не менее трех значений, каждое из которых отличается на порядок от предыдущего, начиная от 0,1 Вт/м^2). Энергетическая экспозиция и температура образца во всех случаях должна быть одинаковой. За допустимую кратность ускорения принимают такое ее значение, при котором отличие в измеряемом необратимом эффекте по сравнению с предыдущим выходит за суммарную погрешность измерений характерного показателя и дозиметрии.

Обратимые эффекты определяют при значениях E_e, равных (0,1±0,03) Вт/м^2.

4.13 Набор заданной энергетической экспозиции рекомендуется проводить без перерывов в облучении. В противном случае не допускается превышать остаточное давление в испытательной камере при отключении источника ВУФ более 10^{-3} Па.

4.14 Размеры и количество образцов должны соответствовать требованиям ГОСТ 25645.323 и ГОСТ 9.706. Перед испытаниями образцы должны пройти кондиционирование — вакуумное обезгаживание при максимально допустимой для данного материала температуре не менее 1 ч.

4.15 В связи с поглощением ВУФ в тонком слое образцов материала измерения характерных показателей, определяемых состоянием поверхности материала (оптических, триботехнических, поверхностная электропроводность) проводить только с облучаемой стороны материала.

5 ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДАМ ДОЗИМЕТРИИ ВАКУУМНОГО УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

5.1 Мерой воздействия ВУФ на материалы является энергетическая экспозиция (Дж/м^2) и облученность (Вт/м^2). В связи с полным поглощением энергии квантов ВУФ в детекторе соотношение между энергетической экспозицией H_e и потоком квантов ВУФ φ, квант/м^2, имеет вид

$$H_e = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \sum_{1}^{n} \varphi_i E_i, \qquad (1)$$

где φ_i — число квантов ВУФ в пределах i-й энергетической группы спектра источника ВУФ;

E_i — средняя энергия квантов, эВ/квант.

5.2 Выбор детектора излучения определяется типом источника ВУФ, применяемого при испытаниях материалов (4.7), и требованиями ГОСТ 8.552 к рабочим средствам измерений в диапазонах длин волн 30—102 и 103—400 нм.

5.3 В соответствии с требованиями ГОСТ 8.552 пределы допускаемых относительных погрешностей детекторов ВУФ (рабочих средств измерений) не должны превышать:

в диапазоне длин волн 30—102 нм — $6 \cdot 10^{-2}$;

в диапазоне длин волн 103—400 нм — $(6—15) \cdot 10^{-2}$.

5.4 Для водородных, дейтериевых и гелиевых разрядных ламп рекомендуются детекторы на основе фотоумножителей с покрытием из фосфоров, например салицилового натрия, квантовый выход которых не зависит от длины волны в диапазоне 100—200 нм.

Допускается применять химический газовый дозиметр на основе кислорода, квантовый выход которого равен 2,0 молекул/квант и не зависит от энергии излучения в диапазоне длин волн 100—200 нм. В этом случае энергетическую экспозицию или облученность получают делением показания дозиметра на относительную долю энергии ВУФ в интервале длин волн 100—200 нм во всем спектральном распределении излучения источника.

5.5 Для криптоновых и ксеноновых ламп в качестве детекторов, кроме указанных в 5.4, можно применять:

- дозиметр на основе закиси азота N_2O с квантовыми выходами 1,4 и 1,1 молекул/квант — для длин волн излучения 147 и 123,6 нм соответственно:

- дозиметр на основе углекислого газа CO_2 с квантовыми выходами 0,7 и 0,75 молекул/квант — для длин волн излучения 147 и 123,6 нм соответственно.

Плотность потока квантов ВУФ J, квант·м$^{-2}$·с$^{-1}$, вычисляют по формуле

$$J = \frac{cVN_A}{3{,}6 \cdot 10^3 \varphi(\lambda) \tau S}, \qquad (2)$$

где c — концентрация продуктов фотолиза, моль/дм^3;

V — объем дозиметрической ячейки, дм^3;

N_A — число Авогадро;

$\varphi(\lambda)$ — квантовый выход продуктов фотолиза, молекул/квант;

τ — время облучения, ч;

S — площадь выходного окна в ячейке, м^2

Переход от плотности потока квантов ВУФ к плотности потока энергии — по соотношению, аналогичному формуле (1).

5.6 Для криптоновых ламп рекомендуется также применять ионизационную камеру типа КФЛ-2, заполненную окисью азота и имеющую выходные окна из фтористого лития или магния.

Чувствительность камеры ограничена диапазоном длин волн 115—125 нм с погрешностью 12 %.

Указанная камера допускается для дозиметрии источника с широким спектром ВУФ (разрядные лампы, ГИС, синхротронное излучение). Энергетическую экспозицию или облученность получают делением показания камеры на относительную долю энергии ВУФ в интервале длин волн 115—125 нм во всем спектре источника.

5.7 Каждый детектор должен градуироваться в энергетических единицах в соответствии со спектром излучения конкретного источника ВУФ и требованиями ГОСТ 8.197 и ГОСТ 8.552.

5.8 Дозиметрия ВУФ должна проводиться перед началом и по завершению каждого испытания.

6 ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ МАТЕРИАЛОВ

6.1 На основе сопоставления результатов испытаний и предельных значений характерных показателей, установленных в ТЗ, дают заключение о стойкости материала к воздействию ВУФ.

6.2 В зависимости от функционального назначения материала, указанного в ТЗ на испытания, определяющими характерными показателями стойкости материала к воздействию ВУФ являются оптические и (или) триботехнические и прочностные показатели.

6.3 К оптическим показателям относят интегральный коэффициент поглощения солнечного излучения α и интегральную излучательную способность в полусферу ε, а также их отношение α/ε.

К триботехническим показателям относят коэффициент трения.

К прочностным показателям относят прочность при изгибе.

6.4 Испытания на стойкость материалов по определяющим характерным показателям являются обязательными.

6.5 Характерный показатель для конкретного материала устанавливает в ТЗ заказчик, исходя из функционального назначения материала в конструкции космического аппарата.

6.6 К характерным показателям стойкости материала к воздействию ВУФ относят:

для конструкционных материалов силового назначения — прочность при разрыве, относительное удлинение при разрыве, радиационная долговременная прочность, радиационная потеря массы;

для конструкционных материалов электроизоляционного назначения — удельное поверхностное электрическое сопротивление, электрическая прочность.

6.7 Значения арбитражных критериев стойкости материалов к воздействию ВУФ и НТД на метод определения показателей для вышеперечисленных характерных показателей приведены в ГОСТ 25645.331. Метод определения радиационной потери массы по ГОСТ Р 50109.

6.8 Характерные показатели и арбитражные критерии стойкости к воздействию ВУФ для оптических и триботехнических характеристик материалов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Назначение материала	Характерный показатель стойкости	Арбитражный критерий стойкости, %
Оптические материалы и терморегулирующие покрытия	Интегральный коэффициент поглощения α	+25
	Интегральная излучательная способность в полусферу ε	+25
	Отношение α/ε	+25
Конструкционные материалы антифрикционного назначения	Коэффициент трения	±25
	Фрикционная долговечность	—50
	Износостойкость	—50

6.9 По аналогии с требованиями ГОСТ 25645.331 количественной характеристикой стойкости материалов к воздействию вакуумного ультрафиолетового излучения является ВУФ-индекс стойкости, определяемый как энергетическая экспозиция H_e (для необратимых эффектов) или как облученность E_e (для обратимых эффектов), при которой достигается арбитражный критерий по характерному или определяющему характерному показателю при определенной толщине материала в изделии и условиях эксплуатации.

УДК 678.5.001.4:006.354 ОКС 49.040.10 Л29 ОКСТУ 2202

Ключевые слова: полимерные материалы, космические аппараты, испытания, вакуумное ультрафиолетовое излучение, стойкость

Редактор *Р.С. Федорова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *С.В. Рябовой*

Изд. лиц. № 021007 от 10.08.95. Сдано в набор 09.01.97. Подписано в печать 20.01.97.
Усл.печ.л. 0,93. Уч.-изд.л. 0,80. Тираж 203 экз. С51. Зак. 60.

ИПК Издательство стандартов
107076, Москва, Колодезный пер., 14.
Набрано в Издательстве на ПЭВМ
Издательство стандартов — тип. "Московский печатник"
Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru