

# МАТЕРИАЛЫ ПОЛИМЕРНЫЕ ДЛЯ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

## ТРЕБОВАНИЯ К ИСПЫТАНИЯМ НА СТОЙКОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ВАКУУМНОГО УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Издание официальное

БЗ 4—96/153

ГОССТАНДАРТ РОССИИ  
Москва

## 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

II

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| 1 Область применения . . . . .  | 1  |
| 2 Нормативные ссылки . . . . .  | 1  |
| 3 Определения . . . . .   | 2  |
| 4 Общие требования . . . . .  | 3  |
| 5 Требования к методам дозиметрии вакуумного ультрафиоле-<br>тового излучения . . . . . | 8  |
| 6 Оценка стойкости материалов. . . . .  | 10 |

## 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  $\lambda$  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

1

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) отдельно или совместно с воздействием ВУФ.

4.2 Испытания материалов на воздействие ВУФ проводятся до энергетической экспозиции  $H_c$ , Дж/м<sup>2</sup>, соответствующей времени эксплуатации в космическом пространстве  $t$ , с, в составе изделия и указанному в техническом задании на проведение испытаний. Облученность  $E_c$  на околоземных орбитах составляет 0,1 Вт/м<sup>2</sup>.

Норма испытаний  $H_c$  определяется как

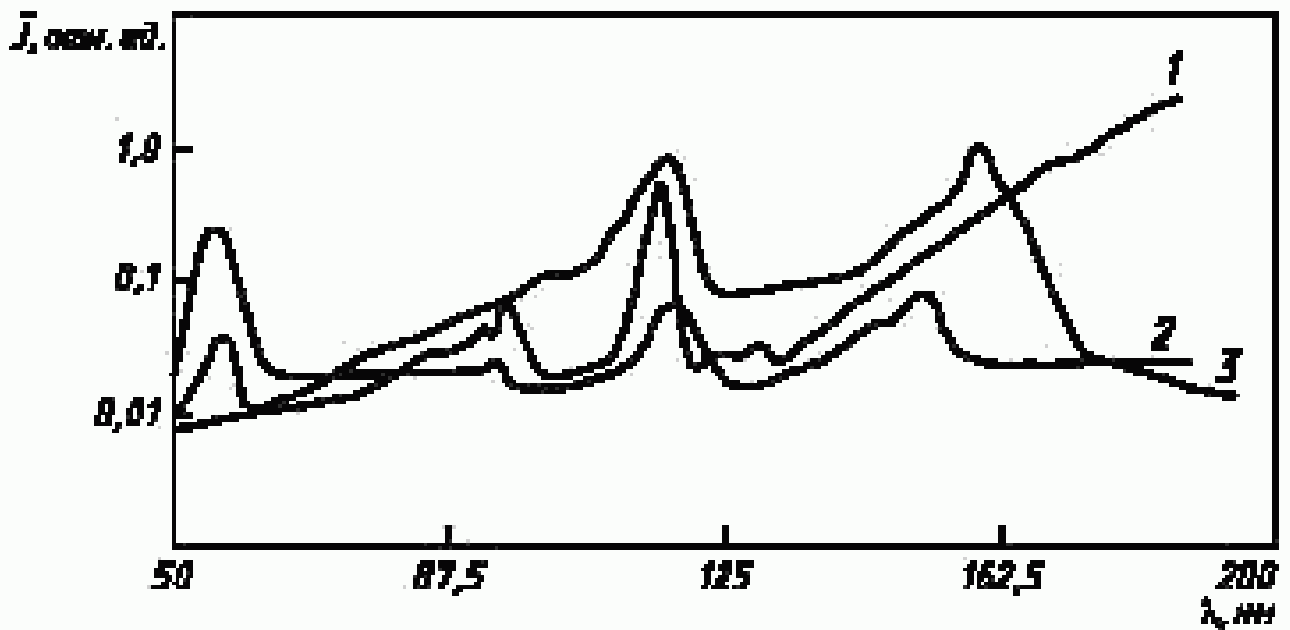
$$H_c = 0,1 t.$$

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  $I$  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  $E_c$  — не менее  $0,1 \text{ Вт/м}^2$ .

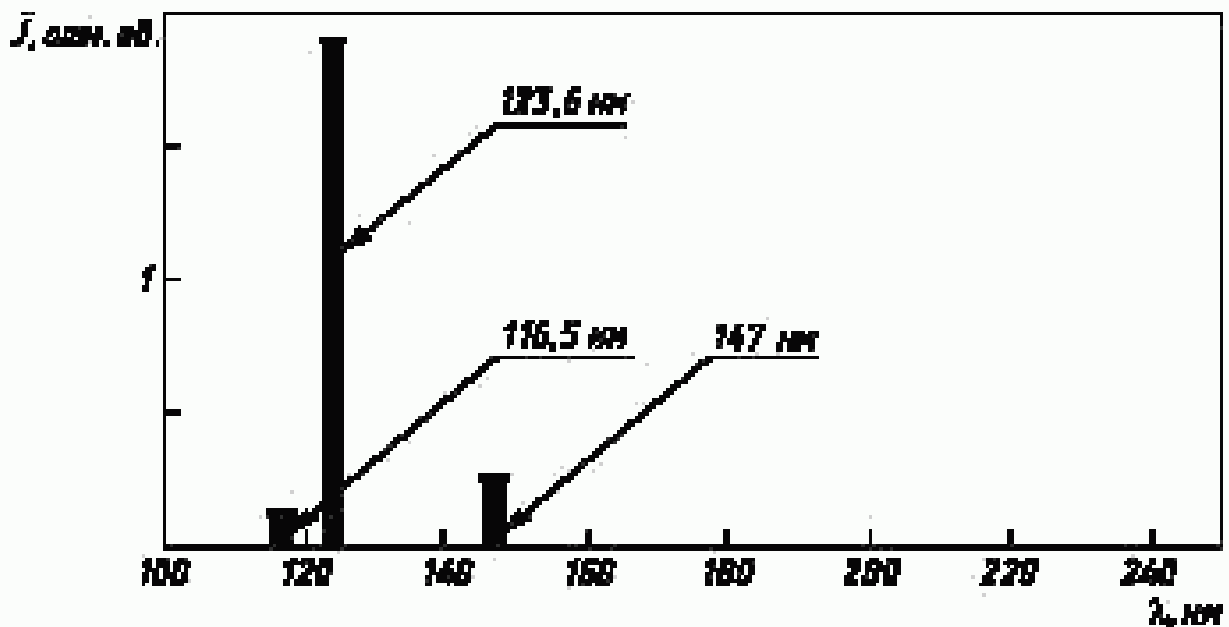


Рисунок 2 — Спектральное распределение излучения ксриптоновой лампы

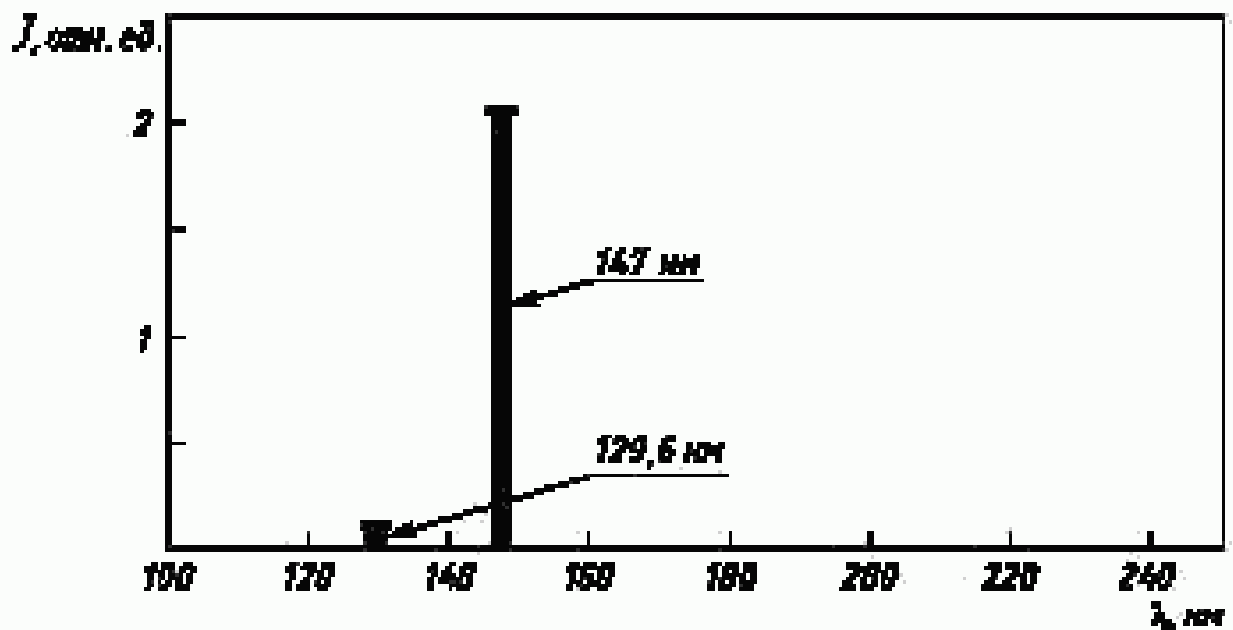


Рисунок 3 — Спектральное распределение излучения ксеноновой лампы

Таблица 1 — Облученность от газоструйного источника ВУФ\* и Солнца

| Спектральный интервал<br>$\Delta\lambda$ , нм | Облученность, Вт/м <sup>2</sup> , $10^{-3}$ , 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  $32 \text{ см}^3/\text{с}$ ; плотность тока  $0,15 \text{ а/см}^2$ ; оптимальная энергия возбуждающих электронов  $1,1 \text{ кэВ}$ ; расстояние от источника  $1 \text{ м}$ ; состав газа:  $\text{Ar} + 7 \cdot 10^{-2} \% \text{ Kr} + 1 \cdot 10^{-3} \% \text{ Xe} + 2 \cdot 10^{-4} \% \text{ CH}_4$



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 наполнителем.

Допускается применять:

- резонансные газонаполненные лампы типа КрР (криптон,  $\lambda = 123,6$  нм), КсР (ксенон,  $\lambda = 147$  нм) и ЛГВ (водород,  $\lambda = 121,6$  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  $\pm 15$  % за период испытаний в отсутствие мониторинга;
- облученность в месте расположения образца материала — не менее  $0,1$  Вт/мм<sup>2</sup>;
- равномерность облучения образца — не хуже  $\pm 15$  %.

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  $T_g$  материала, образец должен быть нагрет до  $T_g$  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  $E_c$  (не менее трех значений, каждое из которых отличается на порядок от предыдущего, начиная от 0,1 Вт/м<sup>2</sup>). 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  $E_c$ , равных  $(0,1 \pm 0,03)$  Вт/м<sup>2</sup>.

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<sup>2</sup>) и облученность (Вт/м<sup>2</sup>). В связи с полным поглощением энергии квантов ВУФ в детекторе соотношение между энергетической экспозицией  $H_c$  и потоком квантов ВУФ  $\phi$ , квант/м<sup>2</sup>, имеет вид

$$H_c = 1,6 \cdot 10^{-19} \sum_i^x \varphi_i E_i, \quad (1)$$

где  $\varphi_i$  — 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<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>, вычисляют по формуле

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

- где  $c$  — концентрация продуктов фотолиза, моль/дм<sup>3</sup>;  
 $V$  — объем дозиметрической ячейки, дм<sup>3</sup>;  
 $N_A$  — число Авогадро;  
 $\phi(\lambda)$  — квантовый выход продуктов фотолиза, молекул/квант;  
 $\tau$  — время облучения, ч;  
 $S$  — площадь выходного окна в ячейке, м<sup>2</sup>.

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  $\alpha$  и интегральную излучательную способность в полусферу  $\epsilon$ , а также их отношение  $\alpha/\epsilon$ .

К триботехническим показателям относят коэффициент трения.

К прочностным показателям относят прочность при изгибе.

6.4 Испытания на стойкость материалов по определяющим характеристикам 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.

Т а б л и ц а 2

| Назначение материала                                  | Характерный показатель стойкости                              | Арбитражный критерий стойкости, % |
|---|---|-----------------------------------|
| Оптические материалы и терморегулирующие покрытия     | Интегральный коэффициент поглощения $\alpha$                  | +25                               |
|   | Интегральная излучательная способность в полусферу $\epsilon$ | +25                               |
|   | Отношение $\alpha/\epsilon$                                   | +25                               |
| Конструкционные материалы антифрикционного назначения | Коэффициент трения  | $\pm 25$                          |
|   | 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.

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

---

*Редактор Р.С. Федорова*  
*Технический редактор В.И. Прусакова*  
*Корректор Р.А. Ментова*  
*Компьютерная верстка С.В. Рыбовой*

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. С/Д 2234. Зак. 309.

---

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