

**МАТЕРИАЛЫ ПОЛИМЕРНЫЕ ДЛЯ  
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С  
ЯДЕРНЫМ РЕАКТОРОМ  
ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ РАДИАЦИОННЫХ  
ИСПЫТАНИЙ**

Издание официальное

БЗ 4—94/149

**ГОССТАНДАРТ РОССИИ**  
Москва

## Предисловие

**1 РАЗРАБОТАН** Филналом Научно-исследовательского физико-химического института им. Л. Я. Карлова и Всероссийским научно-исследовательским институтом стандартизации

**2 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ** Постановлением Госстандарта России от 01.11.94 № 259

**3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ**

© Издательство стандартов, 1995

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 Общие требования к проведению испытаний	2
4 Требования к методам дозиметрии смешанного гамма-нейтронного излучения	4
5 Расчет поглощения дозы смешанного гамма-нейтронного излучения	6
Приложение А Методы прогнозирования радиационного индекса (РИ) полимерного материала для физико-механических показателей	9
Приложение Б Значения $k_{\gamma}$ и $k_n$ для различных ПМ, химических элементов и соединений	11
Приложение В Значения $D_{\text{мало}}(E)$ , $D_{\text{т.п.}}$ и констант реакций для различных химических элементов	13

**МАТЕРИАЛЫ ПОЛИМЕРНЫЕ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ  
С ЯДЕРНЫМ РЕАКТОРОМ**

Требования к проведению радиационных испытаний  
Polymeric materials for spacecrafts with nuclear reactor.  
Requirements for radiation tests

Дата введения 1995—07—01**1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

Настоящий стандарт распространяется на органические полимерные материалы (ПМ), применяемые в изделиях, предназначенных для космических аппаратов с ядерным реактором.

Настоящий стандарт устанавливает общие требования к проведению радиационных испытаний ПМ, методам дозиметрии смешанного гамма-нейтронного излучения, расчета поглощенной дозы смешанного гамма-нейтронного излучения и прогнозирования радиационного индекса ПМ по результатам испытаний.

**2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ**

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 9.706—81 ЕСЗКС. Пластмассы. Методы испытаний для определения и прогнозирования изменения свойств при радиационном старении

ГОСТ 9.707—81 ЕСЗКС. Материалы полимерные. Методы ускоренных испытаний на климатическое старение

ГОСТ 9.715—86 ЕСЗКС. Материалы полимерные. Методы испытаний на стойкость к воздействию температуры

ГОСТ 25645.323—88 Материалы полимерные. Методы радиационных испытаний

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

Издание официальное



## 3 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ

3.1 ПМ, применяемые в изделиях, расположенных между отсеком ядерного реактора космического аппарата и радиационной защитой (зона 1, рисунок 1), а также за радиационной защитой в пределах создаваемой ею тени (зона 2), должны быть подвергнуты испытаниям на воздействие смешанного гамма-нейтронного излучения.

ПМ, применяемые в изделиях, расположенных в зоне защищенных объектов, например приборный отсек (зона 3), должны быть подвергнуты испытаниям на воздействие гамма-излучения ядерного реактора, а также протонного и электронного излучения космического пространства.

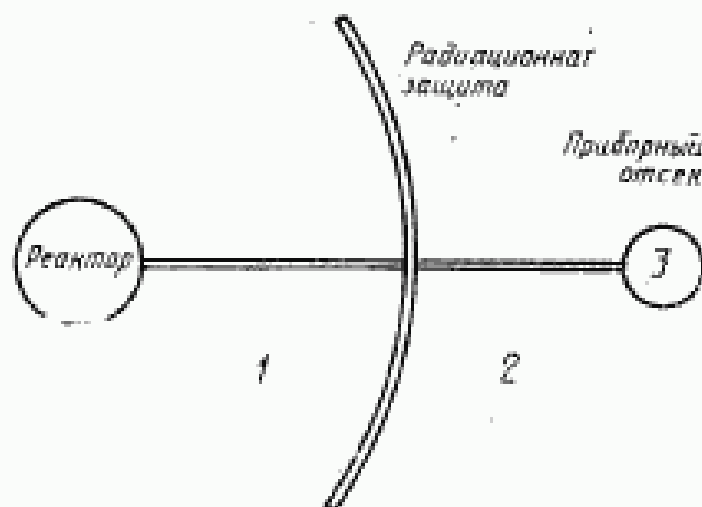


Рисунок 1 — Схема космического аппарата с бортовым ядерным реактором

3.2 Основные требования к проведению радиационных испытаний ПМ — по ГОСТ 25645.323, к оценке радиационной стойкости по результатам испытаний — по ГОСТ 25645.331 с учетом ограничений, установленных в 4.1.

3.3. Значения поглощенных доз ПМ в процессе испытаний должны соответствовать требованиям ТЗ на проведение испытаний, но быть не менее указанных в таблице 1 значений.

3.4. Радиационные испытания ПМ на воздействие гамма-излучения, протонов и электронов допускается проводить одновременно или последовательно в следующей очередности: протоны, фотоны и электроны. Облучение фотонами и электронами допускается в любой очередности.

Таблица 1

Номер зоны	Поглощенные дозы $D$ , кГр, не менее, от			
	нейтронов с $E > 0,1$ МэВ	фотонов с $E > 1$ МэВ	протонов с $E > 1$ МэВ	электронной с $E > 0,1$ МэВ
1	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^5$	10	1
2	$1 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^2$	10	1
3	0,2	50	10	1

3.5 Мерой радиационного воздействия на ПМ ионизирующих излучений, указанных в 3.1, является поглощенная доза. При воздействии гамма-нейтронного излучения обязательной дополнительной мерой служат компоненты поглощенной дозы:

- от гамма-излучения  $D_\gamma$ ;
- от быстрых нейтронов с энергией выше 0,1 МэВ  $D_n$ ;
- от тепловых нейтронов  $D_{т.н.}$ .

3.6. Радиационные испытания на воздействие смешанных гамма-нейтронных излучений проводят в экспериментальных устройствах статических ядерных реакторов при соотношении компонентов поглощенных доз, максимально приближенном к заданному в ТЗ на испытания. Если образец ПМ не содержит химических элементов с большим сечением поглощения тепловых нейтронов (В, Li и др.), то отличие соотношения интенсивности тепловых и быстрых нейтронов в выбранном экспериментальном устройстве от заданного в ТЗ не принимают во внимание. То же относится к образцам ПМ со значительным содержанием азота и хлора (более 15 % мас.) при толщине образцов, не превышающей 1 см.

3.7 Не допускается проводить радиационные испытания ПМ в экспериментальных устройствах ядерного реактора, где вклад быстрых нейтронов в поглощенную дозу составляет менее 15 %, за исключением тех случаев, когда такие условия соответствуют требованиям ТЗ.

3.8 Радиационные испытания ПМ, расположенных в зоне 3, допускается проводить на изотопных гамма-установках или ускорителях электронов. Максимальную поглощенную дозу устанавливают при испытаниях с учетом коэффициентов запаса по ГОСТ 9.706 при переходе от заданных в ТЗ видов ионизирующих излучений к имитационным.

3.9 Испытания ПМ, расположенных в зонах 1 и 2, проводят в вакууме или инертной среде. Мощность поглощенной дозы любого

вида ионизирующего излучения ограничивается только сверху значением  $10^3$  Гр/с, если иное не предусмотрено в ТЗ. Допускается проводить испытания в воздушной среде при мощности поглощенной дозы не менее 3 Гр/с.

3.10 Испытания ПМ, расположенных в зоне 3, проводят в инертной или воздушной среде или в вакууме в соответствии с требованиями ТЗ и ГОСТ 25645.323. Мощность дозы при облучении в воздушной среде не должна превышать мощности дозы в условиях эксплуатации более чем в три раза.

Требования к проведению ускоренных испытаний — по ГОСТ 9.706. Допускается прогнозировать радиационный индекс (РИ) ПМ для физико-механических показателей по результатам ускоренных радиационных испытаний в воздушной среде по методу 1 или 2 (приложение А).

3.11 Обязательным требованием к образцам при радиационных испытаниях является информация об их химическом составе.

3.12 Требования к методам дозиметрии смешанных гамма-нейтронных излучений регламентированы в разделе 4. Методы дозиметрии протонного излучения — в соответствии с требованиями РД 50—25645.308.

#### 4 ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДАМ ДОЗИМЕТРИИ СМЕШАННОГО ГАММА-НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

4.1 Любые методы дозиметрии смешанного гамма-нейтронного излучения при радиационных испытаниях ПМ должны отвечать следующим условиям:

— близость элементного состава и эффективного номера  $z_{эфф}$  вещества детектора и ПМ ( $z_{эфф} < 12$ );

— отсутствие зависимости радиационного эффекта от температуры в рабочем интервале детектора (за исключением calorиметрических методов);

— малая активация тепловыми нейтронами;

— вклад тепловых нейтронов в поглощенную дозу в веществе детектора не должен превышать 2 % суммарной дозы;

— погрешность измерения суммарной поглощенной дозы или мощности поглощенной дозы не выше  $\pm 20$  %.

4.2 Вне зависимости от выбранного метода дозиметрии необходимо обеспечить возможность определения компонентов поглощенной дозы  $D_\gamma$  и  $D_n$ . Погрешность определения компонентов дозы не должна превышать  $\pm 30$  %.

4.3 Материалы детекторов должны не менее чем вдвое отличаться по содержанию водорода, либо по величине радиационно-химических выходов  $G_\gamma$  и  $G_n$ .

4.4 Компоненты поглощенных доз  $D_\gamma$  и  $D_n$  определяют, используя не менее двух детекторов, материалы которых отвечают требованиям 4.3.

4.5 Любые типы дозиметрических детекторов, за исключением калориметров, можно использовать для определения суммарной поглощенной дозы, если различие  $G_n$  и  $G_\gamma$  не превышает 15 %. При  $G_n < 0,1 G_\gamma$  они пригодны для измерения гамма-компонента дозы.

4.6 Компоненты поглощенных доз в материалах двух детекторов рассчитывают по формулам:

$$D_{n_1} = m_1 \cdot D_1; \quad D_{n_2} = m_2 \cdot D_2; \quad (4.1)$$

$$D_{\gamma_1} = D_1 - D_{n_1}; \quad D_{\gamma_2} = D_2 - D_{n_2}, \quad (4.2)$$

где  $D_1$  и  $D_2$  — поглощенные дозы материалов двух детекторов;

$m_1$  и  $m_2$  — относительные доли нейтронных компонентов в поглощенных дозах материалов двух детекторов.

4.7 Для материалов детекторов, отличающихся содержанием водорода,  $m_1$  и  $m_2$  рассчитывают по формулам:

$$m_1 = \frac{K_n}{K_n - K_\gamma} \left( 1 - \frac{K_\gamma}{K} \right) \quad (4.3)$$

$$m_2 = \frac{K - K_\gamma}{K_n - K_\gamma}, \quad (4.4)$$

где  $K = \frac{D_1}{D_2}$ ;

$$K_\gamma = \frac{k_{\gamma_1}}{k_{\gamma_2}}, \quad K_n = \frac{k_{n_1}}{k_{n_2}}.$$

Значения  $k_{\gamma_1}$ ,  $k_{\gamma_2}$ ,  $k_{n_1}$ ,  $k_{n_2}$  выбирают из приложения Б для соответствующих материалов детекторов.

4.8 Для материалов детекторов с различными химическим составом и соотношениями радиационно-химических выходов  $G_\gamma$  /  $G_n$   $m_1$  и  $m_2$  рассчитывают по формулам:

$$m_1 = \frac{K - L_\gamma}{K - L_\gamma - \frac{G_{n_2}}{G_{\gamma_2}} \cdot \frac{L_\gamma}{L_n} (K - L_n)} \quad (4.5)$$

$$m_2 = \frac{K - L_\gamma}{K - L_\gamma - \frac{G_{n_1}}{G_{\gamma_1}} (K - L_n)}, \quad (4.6)$$



$$\text{где } L_{\gamma} = K_{\gamma} \cdot \frac{G_{\gamma d}}{G_{\gamma s}}; \quad L_n = K_n \cdot \frac{G_{n1}}{G_{n2}}. \quad (4.7)$$

4.9 Передачу значений поглощенной дозы и ее компонентов в материале детектора к материалу испытуемого образца проводят по формулам:

$$D_x = D_{\gamma n} + D_{n n} + D_{\tau. n}. \quad (4.8)$$

$$D_{\gamma n} = D_{\gamma s} \sum r_i K_{\gamma n} \quad (4.9)$$

$$D_{n n} = D_{n s} \sum r_i K_{n n}, \quad (4.10)$$

где  $D_n$  — поглощенная доза в материале испытуемого образца, Гр;

$D_{\gamma s}$ ,  $D_{n s}$  — компоненты поглощенной дозы в материале детектора;

$D_{\gamma n}$ ,  $D_{n n}$ ,  $D_{\tau. n}$  — компоненты поглощенной дозы в материале испытуемого образца;

$r_i$  — относительная массовая доля каждого химического элемента в ПМ;

$K_{\gamma n}$ ,  $K_{n n}$  — отношения  $K_{\gamma}$ ,  $K_n$  для материала испытуемого образца к  $K_{\gamma}$ ,  $K_n$  для материала детектора.

4.10 Компоненты поглощенной дозы от тепловых нейтронов определяют при наличии в составе ПМ таких химических элементов, как бор, литий, азот и хлор. Расчетные формулы и необходимые константы приведены в разделе 5.

4.11 При использовании calorиметрических и ионизационных методов дозиметрии рекомендуется в качестве материалов детекторов применять полиэтилен и графит.

4.12 Если используют детектор для определения только гамма-компонента поглощенной дозы, допускается определять нейтронный компонент дозы расчетным путем по данным о флюенсе и спектре потока нейтронов. Методы расчета приведены в разделе 5.

## 5 РАСЧЕТ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ СМЕШАННОГО ГАММА-НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

5.1 Расчет поглощенной дозы смешанного гамма-нейтронного излучения или мощности поглощенной дозы проводят при наличии данных о спектральных характеристиках нейтронного излучения и экспозиционной дозы сопутствующего гамма-излучения в условиях, оговоренных в 4.10 и 4.12.

5.2 Мощность поглощенной дозы (вермы) за счет упругого рассеяния быстрых нейтронов  $\dot{D}$ , Гр/с, вычисляют по формуле

$$\dot{D} = \frac{2N_A}{(A+1)^2} \int_{E_{\min}}^{E_{\max}} \varphi(E) \sigma_s (1 - \bar{\mu}_s) E dE, \quad (5.1)$$

где  $A$  — относительная атомная масса элемента;

$N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup> — число Авогадро;

$\sigma_s$  — микроскопическое сечение упругого рассеяния нейтронов, см<sup>2</sup>;

$\varphi$  — плотность потока нейтронов, см<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>;

$\bar{\mu}_s$  — средний косинус угла упругого рассеяния;

$E$  — энергия падающего нейтрона, МэВ;

$E_{\min} = 0,1$  МэВ,  $E_{\max} = 10$  МэВ.

Примечание — При толщине радиационной защиты из гидрида лития более 50 см рекомендуется принимать  $E_{\max} = 14$  МэВ.

5.3 Для единичного потока моноэнергетических нейтронов поглощенную дозу  $D_{\text{моно}}(E)$ , Гр/(нейтр·см<sup>-2</sup>), за счет упругого рассеяния определяют по формуле

$$D_{\text{моно}}(E) = \frac{2N_A}{(A+1)^2} E \sigma_{\text{тр}}, \quad (5.2)$$

где  $\sigma_{\text{тр}}$  — транспортное сечение, см<sup>2</sup>.

5.4 Для химического соединения  $D_{\text{соед}}(E)$  рассчитывают по формуле

$$D_{\text{соед}}(E) = 1,94 \cdot 10^{14} E \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{\text{тр}i} r_i}{(A_i+1)^2}, \quad (5.3)$$

где  $A_i$  — относительная атомная масса  $i$ -го химического элемента;

$r_i$  — массовая доля  $i$ -го химического элемента;

$n$  — количество химических элементов в соединении.

5.5 Поглощенную дозу за счет упругого рассеяния быстрых нейтронов  $D$ , Гр, рассчитывают по формуле (5.4), разбивая спектр нейтронов на соответствующие группы с известной плотностью потока

$$D = \sum \bar{\varphi}_i D_{i,\text{соед}}(E) \tau, \quad (5.4)$$

где  $\bar{\varphi}_i$  — средняя плотность потока нейтронов в соответствующей группе спектра, см<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>;

$D_{i,\text{соед}}(E)$  — поглощенная доза для единичного потока моноэнергетических нейтронов в  $i$ -ом химическом элементе;  
Значения  $D_{\text{соед}}(E)$  для различных химических элементов приведены в приложении В.

$\tau$  — время облучения, с.

Количество и энергетические диапазоны групп спектрально-энергетического распределения нейтронов — в соответствии с системой групповых констант для расчета ядерных реакторов.

5.6 Поглощенную дозу в ПМ за счет ядерных реакций при взаимодействии ряда элементов с тепловыми нейтронами, отнесенную к единичному флюенсу этих нейтронов, рассчитывают по формуле

$$D_{т.н. j} = 1,6 \cdot 10^{-34} \cdot \left( \frac{N_A}{A_j} \right) K_j \Theta_j \sigma_j \rho_j, \quad (5.5)$$

где  $K_j$  — относительное количество рассматриваемого изотопа в естественной смеси;

$\Theta_j$  — энергия заряженной частицы, МэВ/нейтр.;

$\sigma_j$  — сечение реакции, барн;

$\rho_j$  — относительная массовая доля химического элемента в ПМ.

Значения  $D_{т.н. j}$  для бора, лития, азота и хлора ( $\rho_j = 1$ ) приведены в приложении В.

5.7 Если дозиметрический детектор предназначен для измерения экспозиционной дозы, не чувствителен к нейтронам и градуирован в рентгенах, переход к поглощенной дозе в  $i$ -ом материале проводят по формуле

$$D_i = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\left( \frac{\mu_a}{\rho} \right)_i}{\left( \frac{\mu_a}{\rho} \right)_b} \cdot D_x, \quad (5.6)$$

где  $D_i$  — поглощенная доза в  $i$ -ом материале, Гр;

$\left( \frac{\mu_a}{\rho} \right)_i$ ,  $\left( \frac{\mu_a}{\rho} \right)_b$  — массовые коэффициенты поглощения энергии в  $i$ -ом материале и в воздухе соответственно для гамма-излучения со спектром, соответствующим спектру в точке облучения, см<sup>2</sup>/г;

$D_x$  — экспозиционная доза.

Приложение А  
(справочное)

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАДИАЦИОННОГО ИНДЕКСА (РИ)  
ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Метод 1

В основе метода лежит суперпозиция времени облучения — температуры облучения и мощности поглощенной дозы.

1 По ГОСТ 9.715 определяют температуру структурного перехода  $T_{пр}$  в ПМ (стеклование, плавление, текучесть), являющуюся предельной при проведении испытаний.

2 По ГОСТ 9.707 определяют время термического старения ПМ  $\tau_0$  на воздухе при повышенной температуре  $T_1 \leq T_{пр} - (10 \div 15) \text{ К}$  (но не выше 420 К), за которое характерный показатель ПМ изменяется на величину, определяемую арбитражным критерием радиационной стойкости (АКРС) по ГОСТ 25645.331.

3 Проводят облучение в вакууме или инертной среде при температуре  $T_1$ , определяют  $РИ_{вак}$  при том же значении АКРС. Время радиационного старения  $\tau_1$  не должно превышать  $0,1 \tau_0$ . При этом мощность дозы  $\dot{D}_1 \geq РИ_{вак} / 0,1 \tau_0$ .

4 При тех же значениях мощности дозы  $\dot{D}_1$  и температуры  $T_1$  проводят облучение ПМ на воздухе и определяют  $РИ_{воз.1}$ .

5 Если  $РИ_{воз.1} \geq 0,2 РИ_{вак}$ , даже при  $\dot{D}_1 = РИ_{вак} / 0,1 \tau_0$ , то понижают температуру  $T_1$  до выполнения условия пункта 6.

6 Если  $РИ_{воз.1} < 0,2 РИ_{вак}$ , то проводят облучение ПМ при мощности дозы  $\dot{D}_2 \approx \dot{D}_1 / 10$  на воздухе при температуре  $T_1$  и определяют  $РИ_{воз.2}$ .

7 Если  $РИ_{воз.1} / РИ_{воз.2} \leq 1,3$ , то принимают, что прогнозируемое значение  $РИ_0$  при мощности дозы  $\dot{D}_0$  и температуре  $T_0$  в условиях эксплуатации равно  $РИ_{воз.2}$ .

8 Если  $РИ_{воз.1} / РИ_{воз.2} > 1,3$ , то понижают температуру облучения до значения  $T_2 = T_1 - (20 \div 30) \text{ К}$  и при мощности дозы  $\dot{D}_2$  определяют  $РИ_{воз.3}$ .

9 Определяют коэффициент  $\alpha$  по формуле

$$\alpha = \frac{\lg(РИ_{воз.1} / РИ_{воз.2})}{\lg(\dot{D}_1 / \dot{D}_2)}$$

10 Находят энергию активации  $E_a$ , Дж/моль, по формуле

$$E_a = \frac{E_{a1} + E_{a2}}{2},$$

где 
$$E_{a1} = RT_1 T_2 \frac{\ln[(РИ_{воз.1} / РИ_{воз.3}) (\dot{D}_2 / \dot{D}_1)^2]}{T_2 - T_1};$$

$$E_{a2} = RT_1 T_2 \frac{\ln(РИ_{воз.2} / РИ_{воз.3})}{T_2 - T_1}.$$

где  $R=8,3$  Дж/(моль К) — газовая постоянная;  
 $\alpha$  — по пункту 9.

11 Находят коэффициент  $A$  по формуле

$$A = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3},$$

где  $A_1 = \frac{PI_{вз.1}}{(\dot{D}_1)^\alpha} \exp(-E_a/RT_1),$

$$A_2 = \frac{PI_{вз.2}}{(\dot{D}_2)^\alpha} \exp(-E_a/RT_1),$$

$$A_3 = \frac{PI_{вз.3}}{(\dot{D}_2)^\alpha} \exp(-E_a/RT_2)$$

12 Прогнозируемое значение  $PI_{вз}$  при мощности дозы  $\dot{D}_2$  и температуре  $T_2$  в условиях эксплуатации находят по формуле

$$PI_{вз} = A (\dot{D}_2)^\alpha \cdot \exp\left(\frac{E_a}{RT_2}\right),$$

где  $A, \alpha, E_a$  определены по пунктам 9, 10, 11. При этом максимальное значение  $PI_{вз} = PI_{вз.к}$ .

13 Максимально допустимое значение сдвига по мощности дозы от  $\dot{D}_1$  не должно превышать шесть порядков.

## Метод 2

1 Определяют  $PI_{ПМ}$  при заданных в ГОСТ 25645.331 значениях арбитражного критерия радиационной стойкости в вакууме ( $PI_{вз.к}$ ) и на воздухе ( $PI_{вз.2}$ ) при температуре эксплуатации  $T_2$  и  $\dot{D}_1 \leq 10^4$  Гр/ч.

2 Если  $PI_{вз.1}/PI_{вз.к} \geq 0,2$ , то  $PI_{вз.2}$  при мощности дозы в условиях эксплуатации  $\dot{D}_2$  определяют по формуле

$$PI_{вз.2} = PI_{вз.1} (\dot{D}_2/\dot{D}_1)^{1/3};$$

3 Если  $PI_{вз.1}/PI_{вз.к} < 0,2$ , то определяют  $PI_{вз.2}$  при мощности дозы  $\dot{D}_2$  и той же температуре  $T_2$ , причем  $\dot{D}_2 < 0,1\dot{D}_1$ .

Тогда

$$PI_{вз.2} = PI_{вз.1} (\dot{D}_2/\dot{D}_1)^\Delta,$$

где  $\Delta = \frac{\lg(PI_{вз.1}/PI_{вз.2})}{\lg(\dot{D}_1/\dot{D}_2)}.$

Приложение Б  
(справочное)

Значения  $k_{\gamma}$  и  $k_n$  для различных ПМ, химических элементов и соединений

Значения  $k_{\gamma}$  для ряда химических элементов, полимеров и воды приведены в таблице Б.1.

Таблица Б.1

Вещество	$k_{\gamma}$ *	Вещество	$k_{\gamma}$ *
Углерод	1,00	Полиэтилен	1,14
Водород	1,96	Полистирол	1,08
Азот	1,00	Полиметилметакрилат	1,08
Кислород	1,01	Поливинилхлорид	1,00
Сера	1,03	Политетрафторэтилен	0,97
Хлор	1,00	Натуральный каучук	1,12
		Вода	1,11

\* Значения  $k_{\gamma}$  рассчитаны для полимеров для  $\bar{E}_{\gamma} = 1$  МэВ, для химических элементов — по спектру гамма-излучения водо-водяного реактора в активной зоне

Значения  $k_n$  для химических элементов и соединений приведены в таблицах Б.2 и Б.3.

Таблица Б.2

Вещество	$k_n$ для различных спектров нейтронов и типов реакторов								
	Спектр $1/\Delta$			Гомогенный замедлитель			Легко-водные реакторы	Графитовые реакторы	Спектр деления $235 U$
	0—1 МэВ	0—2 МэВ	0—3 МэВ	C	D <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O			
Углерод	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,00	1,0	1,00
Водород	88,0	87,0	77,0	71,0	67,0	60,0	56,00	80,0	58,00
Дейтерий	16,0	19,0	21,0	21,0	21,0	21,0	—	19,0	22,00
Азот	—	—	—	—	—	—	0,90	0,7	0,72
Кислород	0,75	0,84	0,75	0,78	0,75	0,72	0,66	0,66—0,86	0,71
Вода	—	—	—	—	—	—	—	10,2	—
Полиэтилен	11,5	—	—	—	—	—	8,7—9,1	8,7—12,3	10,9
Полистирол	—	—	—	—	—	—	5,0—5,4	5,1—7,6	—

Таблица Б.3

Вещество	$k_p$ при $E$ , МэВ	
	2	1
Вода	8,6	9,0
Полиэтилен	11,4	11,4
Полистирол	6,3	6,3

Приложение В  
(справочное)

Значения  $D_{\text{мол}}(E)$ ,  $D_{\text{г.и.}}$  и констант реакций  
для различных химических элементов

Таблица В.1

E, МэВ	$D_{\text{мол}}(E)$ , $10^{-17}$ Гр/(нейтр-см <sup>-2</sup> ), для химических элементов			
	H	C	N	O
10,900	459	17,10	15,50	11,50
8,890	453	10,30	14,20	9,99
8,950	444	7,63	13,30	7,08
8,100	436	10,70	12,20	5,50
7,330	430	10,30	10,00	7,53
6,630	420	4,40	9,32	6,80
6,000	409	6,06	11,40	4,45
5,430	399	6,09	11,70	2,22
4,910	386	7,06	12,80	4,29
4,440	374	5,83	16,90	2,36
4,020	364	8,48	16,80	3,53
3,640	350	10,20	14,60	4,91
3,290	339	8,02	12,50	5,51
2,970	325	9,85	9,81	2,42
2,690	314	5,22	6,27	1,83
2,440	301	4,35	4,16	1,23
2,210	290	3,96	6,07	1,81
2,000	278	3,79	3,30	1,88
1,810	266	3,57	6,21	2,22
1,630	254	3,40	3,68	1,98
1,480	244	3,29	3,28	1,91
1,340	233	3,17	4,68	2,12
1,210	222	3,00	1,22	2,31
1,100	213	2,92	2,64	2,84
0,991	203,000	2,7700	1,440	5,2100
0,897	194,000	2,6500	1,090	1,8700
0,812	185,000	2,5100	1,320	1,3400
0,734	177,000	2,3800	1,490	1,1600
0,666	169,000	2,2500	3,070	1,0500
0,601	161,000	2,1200	1,280	0,9400
0,544	153,000	1,9900	1,040	0,8500
0,492	146,000	1,8600	1,880	1,0300
0,445	139,000	1,7400	1,190	3,5600
0,403	133,000	1,6200	1,030	1,9700
0,365	127,000	1,5100	0,920	1,2000



Окончание таблицы В.1

$E, \text{ МэВ}$	$D_{\text{молд}} (E), 10^{-9} \text{ Гр/(\text{нейтр}\cdot\text{см}^{-2})}$ , для химических элементов			
	H	C	N	O
0,330	121,000	1,4000	0,870	0,9400
0,299	115,000	1,3000	0,830	0,7800
0,270	109,000	1,2000	0,780	0,6800
0,244	103,000	1,1000	0,730	0,6000
0,221	98,000	1,0200	0,690	0,5400
0,200	92,800	0,9400	0,640	0,4800
0,050	37,300	0,2600	0,260	0,1200
0,010	9,140	0,0540	0,078	0,0240
$2,5 \cdot 10^{-2}$	2,390	0,0130	0,043	0,0063
$0,5 \cdot 10^{-2}$	0,490	0,0027	0,009	0,0013
$0,1 \cdot 10^{-2}$	0,097	0,0005	0,104	0,0003

Таблица В.2

Тип реакции	$\sigma_f$ бари	$\frac{\sigma_f}{\text{МэВ}\cdot\text{нейтр.}}$	$K_f$	$D_{\text{т.п.}} \frac{\sigma_f}{\text{Гр/(\text{нейтр}\cdot\text{см}^{-2})}}$
$^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$	3835,00	2,800	0,1980	$2,04 \cdot 10^{-8}$
$^6\text{Li}(n, \alpha)^3\text{H}$	926,00	4,790	0,0752	$5,35 \cdot 10^{-9}$
$^{14}\text{N}(n, p)^{14}\text{C}$	1,76	0,623	0,9960	$7,51 \cdot 10^{-12}$
$^{35}\text{Cl}(n, p)^{35}\text{S}$	0,17	0,620	0,7540	$2,19 \cdot 10^{-13}$

УДК 678.5.001.4:006.354

Л29

ОКСТУ 2202

Ключевые слова: полимерные материалы, космические аппараты, ядерный реактор, радиационные испытания, требования к проведению, методы дозиметрии, смешанное гамма-нейтронное излучение

Редактор *Р. С. Федорова*  
Технический редактор *О. Н. Никитина*  
Корректор *В. С. Черная*

Сдано в наб. 24.11.91. Подп. в печ. 18.01.95. Усл. п. л. 1,16. Усл. кр.-отт. 1,16.  
Уч.-изд. л. 0,82. Тир. 241 экз. © 2014.

---

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 107076, Москва, Колодезный пер., 14.  
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256. Зак. 2419  
ПЛР № 940188