ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МАТЕРИАЛЫ ПОЛИМЕРНЫЕ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ЯДЕРНЫМ РЕАКТОРОМ

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ РАДИАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Издание официальное

БЗ 4—94/149

ГОССТАНДАРТ РОССИИ
Москва

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Филиалом Научно-исследовательского физико-химического института им. Л. Я. Карпова 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

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_γ и k_n для различных ПМ, химических элементов и соединений 11
Приложение В Значения $D_{моно}(E)$, $D_{т.н.}$ и констант реакций для различных химических элементов 13

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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.

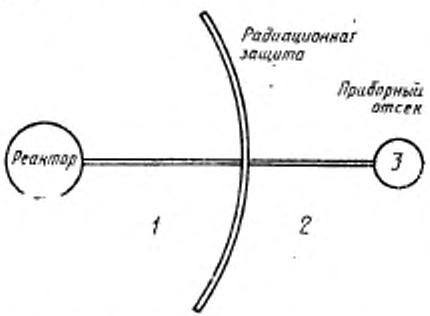

Рисунок 1 — Схема космического аппарата с бортовым ядерным реактором

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 $E>0,1$ МэВ	протонов с $E>1$ МэВ	электронов с $E>0,1$ МэВ
1	$1\cdot10^5$	$1\cdot10^5$	10	1
2	$1\cdot10^2$	$5\cdot10^2$	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_γ ;

— 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 (B, 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 калориметрических 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 ±20 %.

4.2 Вне зависимости от выбранного метода дозиметрии необходимо обеспечить возможность определения компонентов поглощенной дозы D_γ и D_n. Погрешность определения компонентов дозы не должна превышать ±30 %.

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

4.4 Компоненты поглощенных доз D_γ 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_γ 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:

$$D_{n_1}=m_1 D_1; \qquad D_{n_2}=m_2 D_2, \tag{4.1}$$

$$D_{\gamma_1}=D_1-D_{n_1}; \qquad D_{\gamma_2}=D_2-D_{n_2}, \tag{4.2}$$

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:

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

$$m_2=\frac{K-K_\gamma}{K_n-K_\gamma}, \tag{4.4}$$

где $K=\frac{D_1}{D_2}$;

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

Значения k_{γ_1}, k_{γ_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_γ/G_n m_1 и m_2 рассчитывают по формулам:

$$m_1=\frac{K-L_\gamma}{K-L_\gamma-\frac{G_{n_1}}{G_{\gamma_1}}\cdot\frac{L_\gamma}{L_n}(K-L_n)} \tag{4.5}$$

$$m_2=\frac{K-L_\gamma}{K-L_\gamma-\frac{G_{n_2}}{G_{\gamma_2}}(K-L_n)}, \tag{4.6}$$

где $L_\gamma = K_\gamma \cdot \frac{G_{\gamma_3}}{G_{\gamma_в}}$; $L_n = K_n \cdot \frac{G_{n_3}}{G_{n_в}}$. (4.7)

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

$$D_и = D_{\gamma и} + D_{nи} + D_{т.н.} \quad (4.8)$$

$$D_{\gamma и} = D_{\gamma_в} \Sigma r_i K_{\gamma и} \quad (4.9)$$

$$D_{n_и} = D_{n_в} \Sigma r_i K_{n_и}, \quad (4.10)$$

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

$D_{\gamma_в}$, $D_{n_в}$ — компоненты поглощенной дозы в материале детектора;

$D_{\gamma и}$, $D_{nи}$, $D_{т.н.}$ — компоненты поглощенной дозы в материале испытуемого образца;

r_i — относительная массовая доля каждого химического элемента в ПМ;

$K_{\gamma и}$, $K_{nи}$ — отношения K_γ, K_n для материала испытуемого образца к K_γ, 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 калориметрических 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 (кермы) за счет упругого рассеяния быстрых нейтронов $\dot{D}$, Гр/с, вычисляют по формуле

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

где A — относительная атомная масса элемента;

$N_A=6{,}02\cdot10^{23}$ моль$^{-1}$ — число Авогадро;

σ_s — микроскопическое сечение упругого рассеяния нейтронов, см^2;

φ — плотность потока нейтронов, см$^{-2}\cdot$с$^{-1}$;

μ_n — 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 $D_{моно}(E)$, Гр/(нейтр·см$^{-2}$), за счет упругого рассеяния определяют по формуле

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

где $\sigma_{тр}$ — транспортное сечение, см^2.

5.4 Для химического соединения $D_{моно}(E)$ рассчитывают по формуле

$$D_{моно}(E)=1{,}94\cdot10^{14}E\sum_{i=1}^{n}\frac{\sigma_{тр\,i}\cdot r_i}{(A_i+1)^2}, \qquad (5.3)$$

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

$$D=\Sigma\overline{\varphi}_i D_{i\,моно}(E)\,\tau, \qquad (5.4)$$

где $\overline{\varphi}_i$ — средняя плотность потока нейтронов в соответствующей группе спектра, см$^{-2}\cdot$с$^{-1}$;

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

τ — 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

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

где K_j — относительное количество рассматриваемого изотопа в естественной смеси;

Θ_j — энергия заряженной частицы, МэВ/нейтр.;

σ_j — сечение реакции, барн;

γ_j — относительная массовая доля химического элемента в ПМ.

Значения $D_{т.н.\,j}$ для бора, лития, азота и хлора ($\gamma_j = 1$) 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

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

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^2/г;

$D_э$ — 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 τ_0 на воздухе при повышенной температуре $T_1 \leqslant T_{пр} - (10 \div 15)$ 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 Проводя облучение в вакууме или инертной среде при температуре T_1, определяют $РИ_{вак}$ при том же значении АКРС. Время радиационного старения τ не должно превышать $0{,}1\ \tau_0$. При этом мощность дозы $\dot{D}_1 \geqslant РИ_{вак}/0{,}1\ \tau_0$.

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

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

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

7 Если $РИ_{в.1}/РИ_{в.2} \leqslant 1{,}3$, то принимают, что прогнозируемое значение $РИ_э$ при мощности дозы $\dot{D}_э$ и температуре $T_э$ в условиях эксплуатации равно $РИ_{в.2}$.

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

9 Определяют коэффициент α по формуле

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

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

$$E_а = \frac{E_{а1} + E_{а2}}{2},$$

где

$$E_{а1} = RT_1T_2\,\frac{\ln[(РИ_{в.1}/РИ_{в.3})\ (\dot{D}_2/\dot{D}_1)^{\alpha}]}{T_2 - T_1};$$

$$E_{а2} = RT_1T_2\,\frac{\ln(РИ_{в.2}/РИ_{в.3})}{T_2 - T_1},$$

где R=8,3 Дж/(моль К) — газовая постоянная;

α — по пункту 9.

11 Находят коэффициент A по формуле

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

где

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

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

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

12 Прогнозируемое значение $\text{РИ}_э$ при мощности дозы $\dot{D}_э$ и температуре $T_э$ в условиях эксплуатации находят по формуле

$$\text{РИ}_э=A(\dot{D}_э)^{\alpha}\cdot\exp\left(\frac{E_a}{RT_э}\right),$$

где A, α, E_a определены по пунктам 9, 10, 11. При этом максимальное значение $\text{РИ}_э=\text{РИ}_{\text{вак}}$.

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

Метод 2

1 Определяют РИ ПМ при заданных в ГОСТ 25645.331 значениях арбитражного критерия радиационной стойкости в вакууме ($\text{РИ}_{\text{вак}}$) и на воздухе ($\text{РИ}_{\text{вз}}$) при температуре эксплуатации $T_э$ и $\dot{D}_1\leqslant 10^4$ Гр/ч.

2 Если $\text{РИ}_{\text{вз. 1}}/\text{РИ}_{\text{вак}}\geqslant 0{,}2$, то $\text{РИ}_{\text{вз. э}}$ при мощности дозы в условиях эксплуатации $\dot{D}_э$ определяют по формуле

$$\text{РИ}_{\text{вз. э}}=\text{РИ}_{\text{вз. 1}}(\dot{D}_э/\dot{D}_1)^{1/3}.$$

3 Если $\text{РИ}_{\text{вз. 1}}/\text{РИ}_{\text{вак}}<0{,}2$, то определяют $\text{РИ}_{\text{вз. э}}$ при мощности дозы $\dot{D}_2$ и той же температуре $T_э$, причем $\dot{D}_2<0{,}1\dot{D}_1$.

Тогда

$$\text{РИ}_{\text{вз. э}}=\text{РИ}_{\text{вз. 1}}(\dot{D}_э/\dot{D}_1)^{\Delta},$$

где

$$\Delta=\frac{\lg(\text{РИ}_{\text{вз. 1}}/\text{РИ}_{\text{вз. 2}})}{\lg(\dot{D}_1/\dot{D}_2)}.$$

Приложение Б
(справочное)

Значения k_γ и k_n для различных ПМ, химических элементов и соединений

Значения k_γ для ряда химических элементов, полимеров и воды приведены в таблице Б.1.

Таблица Б.1

Вещество	k_γ*	Вещество	k_γ*
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_γ рассчитаны для полимеров для $\overline{E}_\gamma$ =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 $1/E$			Гомогенный замедлитель			Легководные реакторы	Графитовые реакторы	Спектр деления ^{235}U
	0—1 МэВ	0—2 МэВ	0—3 МэВ	C	D_2O	H_2O			
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 Б3

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

Приложение В
(справочное)

Значения $D_{моно}(E)$, $D_{i,n}$ и констант реакций для различных химических элементов

Таблица В.1

E, МэВ	$D_{моно}(E)$, 10^{-31} Гр/(нейтр·см$^{-2}$), 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	11,70	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, МэВ	$D_{моно}(E)$, 10^{-12} Гр·(нейтр·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
$2{,}5\ 10^{-3}$	2,390	0,0130	0,043	0,0063
$0{,}5\ 10^{-3}$	0,490	0,0027	0,059	0,0013
$0{,}1\ 10^{-3}$	0,097	0,0005	0,124	0,0003

Таблица В.2

Тип реакции	σ_j барн	Θ_j, МэВ/нейтр.	K_j	$D_{т.н.}$, Гр·(нейтр·см$^{-2}$)
$^{10}B(n, \alpha)^{7}Li$	3835,00	2,800	0,1380	$2{,}04 \cdot 10^{-8}$
$^{6}Li(n, \alpha)^{3}H$	926,00	4,790	0,0752	$5{,}35 \cdot 10^{-9}$
$^{14}N(n, p)^{14}C$	1,76	0,623	0,9960	$7{,}51 \cdot 10^{-12}$
$^{35}Cl(n, p)^{35}S$	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. 24.11.94 Подп. в печ. 18.01.95. Усл. п. л. 1,16 Усл. кр.-отт. 1,16. Уч.-изд. л. 0,82. Тир. 241 экз С 2014.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 107076, Москва, Колодезный пер., 14.
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256. Зак 2419
ПЛР № 040138

gost.e-ecolog.ru