ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

БЕЗОПАСНОСТЬ РАДИАЦИОННАЯ ЭКИПАЖА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА В КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЕТЕ

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОГЛОЩЕННОЙ И ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗ ОТ ПРОТОНОВ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ЗА ЗАЩИТОЙ

РД 50—25645.208—86

Цена 3 коп.

Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
1986

gost.e-ecolog.ru

ИСПОЛНИТЕЛИ

Ю. А. Винтенко, канд. техн. наук; **В. А. Гончарова; А. И. Григорьев,** д-р мед. наук; **Е. Е. Ковалев,** д-р техн. наук; **Г. В. Красильников; В. Г. Кузнецов; В. С. Литвиненко,** канд. техн. наук; **В. А. Панин; И. Я. Ремизов,** канд. техн. наук; **В. А. Сакович,** канд. техн. наук; **В. М. Сахаров,** канд. техн. наук; **М. А. Сычков,** канд. техн. наук; **В. Б. Хвостов,** канд. физ.-мат. наук

УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 24 января 1986 г. № 180

УДК 629.78—784.7 : 539.169 Группа Ф40

РУКОВОДЯЩИЙ НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Безопасность радиационная экипажа космического аппарата в космическом полете Методика расчета поглощенной и эквивалентной доз от протонов космических лучей за защитой

РД 50—25645.208—86

Введены впервые

ОКСТУ 6968

Утверждены Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 24 января 1986 г. № 180, срок введения установлен

с 01.07.87

Настоящие методические указания устанавливают методику расчета поглощенной и эквивалентной доз от протонов космических лучей (КЛ) с энергией от 30 до 1000 МэВ за защитой космического аппарата (КА), средняя толщина которой в массовых единицах длины составляет 1—15 г/см^2, в произвольной точке тканеэквивалентного фантома.

Термины, применяемые в настоящих методических указаниях, и их пояснения приведены в справочном приложении.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Методика основана на предположении прямолинейного распространения и непрерывного торможения протонов в веществе.

1.2. При изотропном падении протонов, имеющих спектр $\varphi(E)$, на объект из однородного вещества дозу в произвольной точке фантома с координатой $\vec{r}_0$, находящейся внутри объекта, вычисляют по формуле

$$D(\vec{r}_0)=\Phi\int_0^\infty D(\xi)\,w(\xi,\vec{r}_0)\,d\xi, \qquad (1)$$

где Φ — флюенс падающих протонов;

$D(\xi)$ — удельная доза на глубине ξ от протонов, имеющих спектр $\varphi(E)$, рассчитываемая по формулам разд. 2;

$w(\xi, \vec{r}_0)$ — функция экранированности, представляющая собой плотность вероятности для луча, испущенного из точки $\vec{r}_0$ в случайном направлении $\vec{\Omega}$, встретить на своем пути количество вещества ξ.

★

© Издательство стандартов, 1986

1.3. Для учета различия в защитных свойствах тканеэквивалентного вещества и веществ, входящих в состав защиты, для каждого из таких веществ вводится коэффициент эквивалентности $\gamma_к$, который вычисляют по формуле

$$\gamma_к = \frac{S_к(E_0)}{S(E_0)}, \qquad (2)$$

где $S_к(E_0)$ и $S(E_0)$ — понизационные потери протонов в данном веществе защиты и в тканеэквивалентном веществе при энергии $E_0 = 50$ МэВ.

1.4. Дозу в произвольной точке фантома $\vec{r_0}$, расположенного внутри КА, вычисляют по формуле (1), используя функцию экранированности $w(\xi, \vec{\Omega})$, рассчитываемую по ГОСТ 25645.204—83 с заменой для каждой зоны защиты $K_п$ величины плотности $\rho_{\kappa_п}(\vec{r_0}\vec{\Omega})$ на величину $\gamma_к \rho_{\kappa_п}(\vec{r_0}\vec{\Omega})$

Примечание. Если отсутствуют данные, позволяющие задать фантом и КА как единый объект, но известны по отдельности функция самоэкранированности для фантома $w_1(\xi_1, \vec{r_0})$ и функция экранированности защитой $w_2(\xi_2, \vec{r_0})$ для КА, то для случайного положения фантома внутри КА функцию экранированности рассчитывают по формуле

$$w(\xi', \vec{r_0}) = \int_0^{\xi'} w_1(x, \vec{r_0}) w_2(\xi' - x, \vec{r_0}) dx, \qquad (3)$$

где

$$w_2(\xi', \vec{r_0}) = \gamma^{-1} w_2(\gamma\xi_2, \vec{r_0}), \text{ а}$$

γ — вычисляют по формуле (2) для алюминия.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ ПОГЛОЩЕННОЙ И ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗ $D(\xi)$ НА ГЛУБИНЕ ξ ТКАНЕЭКВИВАЛЕНТНОГО ВЕЩЕСТВА

2.1. Удельную дозу за слоем тканеэквивалентного вещества толщиной ξ при нормальном падении протонов, имеющих спектр $\varphi(E)$, вычисляют по формуле

$$D(\xi) = D_1(\xi) + D_2(\xi), \qquad (4)$$

где $D_1(\xi)$ — удельная доза от первичных протонов;
$D_2(\xi)$ — удельная доза, создаваемая продуктами ядерных взаимодействий протонов с веществом.

2.2. Удельную дозу от первичных протонов $D_1(\xi)$ вычисляют по формуле

$$D_1(\xi) = \int_{E_{min}}^{E_{max}} F(\xi, E') G(E') dE', \qquad (5)$$

где E' — энергия на глубине ξ в тканеэквивалентном веществе;

E — энергия на поверхности слоя, определяемая из энергии на глубине ξ и соотношения «пробег — энергия»:

$$R(E)=R(E')+\xi,$$

$R(E)$ и $R(E')$ — ионизационные пробеги протонов в тканеэквивалентном веществе с энергией E и E';

$F(\xi, E')$ — плотность пространственно-энергетического распределения по флюенсу на глубине ξ в тканеэквивалентном веществе,

$$F(\xi, E')=\frac{S(E)}{S(E')}F(0, E),$$

$F(0, E)$ — плотность пространственно-энергетического распределения по флюенсу на поверхности слоя, нормированная на единичный флюенс,

$$F(0, E)=\varphi(E)\Big/\int_{E_{min}}^{E_{max}}\varphi(E)dE;$$

$S(E)$ и $S(E')$ — ионизационные потери в тканеэквивалентном веществе при энергиях E и E';

$G(E')=1{,}6\cdot10^{-10}S(E')$ — для поглощенной дозы;

$G(E')=1{,}6\cdot10^{-10}S(E')K[S(E')]$ — для эквивалентной дозы;

$K[S(E')]$ — коэффициент качества ионизирующего излучения;

$$E_{min}=1\ \text{МэВ},\quad E_{max}=1000\ \text{МэВ}.$$

2.3. Удельную дозу от продуктов ядерных взаимодействий протонов с веществом защиты и фантома вычисляют по формуле

$$D_2(\xi)=\int_{E_{min}}^{E_{max}}F(0, E)f(\xi, E)dE, \qquad (6)$$

где $f(\xi, E)=4{,}9\cdot10^{-14}E^{1,85}\ln(E/10)\cdot\exp\left[\frac{-\xi}{15+0{,}2(\ln E/10)^{3,9}}\right]$ — для поглощенной дозы;

$f(\xi, E)=5{,}6\cdot10^{-13}E^{1,65}\ln(E/10)\exp\left[\frac{-\xi}{15+0{,}2(\ln E/10)^{3,9}}\right]$ — для эквивалентной дозы.

3. АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ДОЗЫ В ФАНТОМЕ ЗА ЗАЩИТОЙ

3.1. В качестве исходных данных для расчета поглощенной и эквивалентной доз от протонов КЛ берут:

флюенсы Φ и энергетические спектры $\varphi(E)$ протонов КЛ, заданные в соответствии с ГОСТ 25645.122—85 и ГОСТ 25645.134—86;

ионизационные потери $S(E)$ и ионизационные пробеги $R(E)$ протонов, определяемые по РД 50—25645.206—84;

зависимость коэффициента качества ионизирующего излучения от полной линейной передачи энергии — $K(L_\infty)$, определяемую по ГОСТ 8.496—83. В настоящих методических указаниях принимают $L_\infty(E)=S(E)$;

функции экранированности $\omega(\xi, \vec{r_0})$, определяемые по ГОСТ 25645.204—83.

3.2. Задают расчетную сетку $\{\xi_l\}$ в диапазоне $0<\xi<L_{max}$.

3.3. Вычисляют функцию экранированности $\omega(\xi, \vec{r_0})$ в соответствии с пп. 1.3, 1.4 в виде постоянной на отрезке (ξ_l, ξ_{l+1}) функции $\omega(\vec{r_0})$, где $l=1, \ldots, L_{\max}$.

Ширину интервала $\Delta\xi_l$ принимают равной 1 г/см^2.

3.4. Задают плотность пространственно-энергетического распределения протонов КЛ на поверхности объекта —

$$F(0, E)=\begin{cases} \varphi(E) \Big/ \int\limits_{E_{\min}}^{E_{\max}} \varphi(E)dE & \begin{array}{r} E<30 \text{ МэВ} \\ 30 \text{ МэВ}\leqslant E\leqslant 1000 \text{ МэВ} \\ E>1000 \text{ МэВ} \end{array} \\ 0 & \end{cases}$$

3.5. Вычисляют значения функции $D(\xi)$ в точках $\xi_l=0{,}5(\xi_{l-1}+\xi_l)$ путем численного интегрирования выражений (5) и (6) разд. 2.

3.6. Вычисляют значения доз в точке $\vec{r_0}$ по формуле (1), заменяя интегрирование суммированием по l

$$D(\vec{r_0})=\Phi \sum_{l=1}^{L_{\max}} D(\xi_l)\omega(\vec{r_0})\Delta\xi_l. \qquad (7)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ
Справочное

Термины, применяемые в настоящих методических указаниях, и их пояснения

Термин	Пояснение
Поглощенная доза ионизирующего излучения	По ГОСТ 15484—81
Эквивалентная доза ионизирующего излучения	По ГОСТ 15484—81
Удельная доза	Доза при флюенсе равном 1 част./см^2
Коэффициент качества ионизирующего излучения	По ГОСТ 15484—81
Энергетический спектр космических лучей	По ГОСТ 25645.104—84
Ионизационные потери протонов	Средние потери энергии на единицу пути в среде, обусловленные взаимодействием протона с электронными оболочками атомов тормозящей среды
Ионизационный пробег протона	Средний путь, проходимый протоном с данной энергией до остановки, т. е. до полной потери энергии
Массовая единица длины	Произведение линейной единицы длины на плотность вещества

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 3

2 Определение удельных поглощенной и эквивалентной доз $D(\xi)$ на глубине ξ тканеэквивалентного вещества 4

3 Алгоритм расчета дозы в фантоме за защитой 5

Приложение. Справочное 7

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Безопасность радиационная экипажа космического аппарата в космическом полете

Методика расчета поглощенной и эквивалентной доз от протонов космических лучей за защитой

РД 50—25645.208—86

Редактор *Т А Киселева*
Технический редактор *Н. С Гришанова*
Корректор *С. И. Ковалева*

Н/К

Сдано в наб 12.03 86 Подп в печ 08 05 86 Т—11144 Формат 60×90¹/₁₆ Бумага книжно-журальная Гарнитура литературная Печать высокая 0,5 усл. п. л 0,5 усл кр -отт. 0,38 уч -изд. л. Тир. 7000 Зак 2128 Цена 3 коп. Изд № 9060/4.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., д 3
Вильнюсская типография Издательства стандартов, ул. Миндауго, 12/14.

gost.e-ecolog.ru