

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО УПРАВЛЕНИЮ  
КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И СТАНДАРТАМ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**БЕЗОПАСНОСТЬ РАДИАЦИОННАЯ ЭКИПАЖА  
КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА В КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЕТЕ**

**МЕТОД РАСЧЕТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
ПОГЛОЩЕННОЙ И ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗ  
КОСМИЧЕСКИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ПО ТОЛЩИНЕ  
МАТЕРИАЛОВ НА ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ  
КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НА ОРБИТАХ,  
ПРОХОДЯЩИХ ЧЕРЕЗ ЕРПЗ**

**РД 50—25645.216—90**

**10 коп. БЗ 3—90/8**

**Москва  
ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ**

**1990**

## РУКОВОДЯЩИЙ НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Безопасность радиационная экипажа космического аппарата в космическом полете

МЕТОД РАСЧЕТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
ПОГЛОЩЕННОЙ И ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗ  
КОСМИЧЕСКИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ПО ТОЛЩИНЕ  
МАТЕРИАЛОВ НА ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ  
КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НА ОРБИТАХ,  
ПРОХОДЯЩИХ ЧЕРЕЗ ЕРПЗ

РД

50—25645.216—90

ОКСТУ 6968

Дата введения 01.07.91

Настоящие методические указания устанавливают метод расчета поглощенной и эквивалентной доз от протонов и электронов естественного радиационного пояса Земли (ЕРПЗ) за защитой толщиной до  $1,5 \text{ г/см}^2$  (в массовых единицах длины), выполненной из материалов с зарядом  $z \leq 15$  при космических полетах на высотах от 200 до  $10^3$  км при разных наклонениях орбиты к плоскости экватора

Методические указания предназначены для расчетов дозовых нагрузок на биологические и технические объекты, в том числе на космонавтов при их работе вне космического аппарата.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Метод расчета доз от протонов основан на предположении прямолинейного распространения и непрерывного торможения протонов в веществе. Ослабление первичного потока протонов за счет ядерных взаимодействий не учитывают.

1.2 Метод расчета доз от электронов основан на рассмотрении многократного рассеяния в веществе с учетом ионизационных потерь, пренебрегая их флуктуациями. Вклад в дозу от тормозного излучения не учитывают.

1.3 Входная информация, необходимая для проведения расчетов, должна содержать:

— дифференциальные энергетические спектры протонов и электронов  $dN/dE_p$  и  $dN/dE_e$ , вычисляемые в соответствии с ГОСТ 25645 138, ГОСТ 25645 139,

— заряд  $z$  и массовое число  $A$  для вещества защиты;

— значения пробегов  $R(E)$  и ионизационных потерь  $S(E)$  в веществе защиты и веществе-поглотителе, определяемые для прото-

© Издательство стандартов, 1990

нов в соответствии с РД 50—25645.206 или приложением 1, для электронов — в соответствии с приложением 1. Разрешается использовать для определения  $R(E)$  и  $E(R)$  аппроксимационные выражения вида:

а) протоны (для защиты из алюминия):

$$R_{Al}(E) = 5,52 \cdot 10^2 \ln(1 + 2,219 \cdot 10^{-6} E^{0,421} + 5 \cdot 10^{-6} E^{1,78} + 8,66 \cdot 10^{-17} \cdot E^{4,9});$$

$$E_{Al}(R) = 7,18 \cdot 10^3 \ln(0,99977 + 3,878 \cdot 10^{-3} R^{0,5759} + 1,445 \cdot 10^{-6} \cdot R^{1,649});$$

б) протоны (для тканеэквивалентного вещества):

$$R_{тк}(E) = 4,14 \cdot 10^2 \ln(1 + 1,19 \cdot 10^{-6} E^{0,5834} + 4,116 \cdot 10^{-6} E^{1,808} + 5,17 \cdot 10^{-17} E^{5,001});$$

$$E_{тк}(R) = 5,50 \cdot 10^2 \ln(1 - 2,5515 \cdot 10^{-6} R^{-0,292} + 6,018 \cdot 10^{-3} R^{0,5623} + 2,123 \cdot 10^{-6} R^{1,696});$$

в) электроны (для защиты из алюминия):

$$R_{Al}(E) = 0,4 \cdot E^{1,32};$$

$$E_{Al}(R) = (2,50 \cdot R)^{0,76};$$

г) электроны (для тканеэквивалентного вещества):

$$R_{тк}(E) = 0,353 \cdot E^{1,32}; \quad E_{тк}(R) = (2,83 \cdot R)^{0,76},$$

где  $E$  в МэВ,  $R$  в г/см<sup>2</sup>;

— зависимость коэффициента качества  $K[S(E)]$  от ионизационных потерь  $S(E)$  для протонов, определяемую аппроксимацией регламентированных в НРБ—76/87 нормативных значений, в виде:

$$K[S(E)] = \begin{cases} 1,0 & \text{при } S < 35 \text{ МэВ см} \\ 2,858 \cdot 10^{-2} S & \text{« } 35 \leq S < 70 \text{ «} \\ 7,31 \cdot 10^{-2} S^{0,77} & \text{« } 70 \leq S < 230 \text{ «} \\ 4,90 \cdot 10^{-2} S^{0,848} & \text{« } 230 \leq S < 530 \text{ «} \\ -42,57 + 19,28 \lg S & \text{« } 530 \leq S < 1750 \text{ «} \\ 20 & \text{« } S \geq 1750 \text{ «} \end{cases}$$

## 2. АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПОГЛОЩЕННОЙ И ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗ ОТ ПРОТОНОВ И ЭЛЕКТРОНОВ

2.1. За исходные данные принимают нормальное падение широкого пучка частиц на плоский полубесконечный слой толщиной  $\delta$ . Защита выполнена из материала с  $z \leq 15$ , толщина защиты не превышает 1,5 г/см<sup>2</sup>. Дозу определяют в точке вещества — поглотителя, располагающегося непосредственно за защитой.

## 2.2. Алгоритм расчета доз от протонов

2.2.1. Поглощенную дозу в веществе защиты от протонов, имеющих энергетический спектр  $dN/dE$ , за защитой толщиной  $\delta$  вычисляют по формуле

$$D(\delta) = B \int_{E_{\min}}^{E_{\max}} \frac{dN}{dE} S_3(E) dE', \quad (1)$$

где  $S_3(E)$  — ионизационные потери протонов в веществе защиты,  $\text{МэВ} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{см}^2$ ;

$B$  — коэффициент перехода от поглощенной энергии к дозе, равный  $B = 1,6 \cdot 10^{-10} \text{ Гр} \cdot \text{МэВ}^{-1} \cdot \text{г}$ ;

$D$  — величина поглощенной дозы, Гр;

$E'$  — энергия протонов на глубине защиты  $\delta$ , связанная с энергией протонов, падающих на защиту  $E$ , соотношением «пробег — энергия»

$$R_3(E') = R_3(E) - \delta, \quad (2)$$

где  $R_3(E')$  и  $R_3(E)$  — ионизационные пробеги протонов с энергиями  $E'$  и  $E$ , соответственно, в веществе защиты;

$$E_{\min} = 0,1 \text{ МэВ}.$$

2.2.2. Поглощенную дозу в тканеэквивалентном веществе определяют по формуле

$$D(\delta) = B \int_{E_{\min}}^{E_{\max}} \frac{dN}{dE} S_3(E) \frac{S_{\text{тк}}(E')}{S_3(E')} dE', \quad (3)$$

где  $S_{\text{тк}}(E')$  — ионизационные потери протонов в тканеэквивалентном веществе.

2.2.3. Эквивалентную дозу от протонов за плоским слоем толщиной  $\delta$  вычисляют по формуле

$$H(\delta) = B \int_{E_{\min}}^{E_{\max}} \frac{dN}{dE} S_3(E) \frac{S_{\text{тк}}(E')}{S_3(E')} K |S_1(E')| dE'. \quad (4)$$

2.2.4 Для расчета доз от протонов по формулам (1—4) задают расчетную сетку изменения энергий, равномерную в логарифмическом масштабе:  $E_i = 1,122; 1,414; 1,778; 2,239; 2,818; 3,548; 4,467; 5,623; 7,079; 8,913 \text{ МэВ}$  в каждом порядке изменения значений  $E$ . При этом интервалы изменений  $\Delta E$  равны:  $\Delta E_i = 0,259; 0,326; 0,410; 0,517; 0,650; 0,819; 1,031; 1,298; 1,633; 2,057 \text{ МэВ}$ .

2.2.5. Вычисляют значения доз, заменяя интегрирование суммированием по  $i$ .

2.2.6. Переходят к другим слоям защиты и (или) тканеэквивалентного вещества.

## 2.3. Алгоритм расчета доз от электронов

2.3.1 Определяют  $f^{\min}$  и  $f^{\max}$ , где  $f(E_e)$  — дифференциальный энергетический спектр электронов ЕРПЗ в интервале энергий электронов  $E_e^{\min} = 0,04 \text{ МэВ}$  и  $E_e^{\max} = 4,0 \text{ МэВ}$ .

2.3.2. Задают полное число статистических испытаний  $N$  (от 1000 до 5000 историй), присваивают начальные значения накопителей для статистической оценки дозы  $V=0$  и квадрата дозы  $U=0$ , присваивают начальное значение номеру текущего испытания  $n=0$ .

2.3.3. *Определение начальных значений величин для  $n$ -го статистического испытания*

2.3.3.1. Присваивают начальные значения:

- глубине проникновения электрона в пластину  $x_0=0$ ;
- косинусу угла падения электрона ( $\alpha_0$ ) на пластину,  $\cos\alpha_0=1$  (нормальное падение).

2.3.3.2. Определяют начальное значение энергии падающего электрона  $E_0$  (метод Ноймана):

— генерируют  $\eta_1$ , здесь и далее  $\eta_i$  — случайные числа, равномерно распределенные в интервале  $[0; 1]$ ;

— вычисляют  $E = E_{\min} + \eta_1(E_e^{\max} - E_e^{\min})$ , МэВ, (5)

где  $E_e^{\min}$  и  $E_e^{\max}$  — минимальное и максимальное значения энергии в спектре электронов;

— если  $f(E_e) = f^{\min} + \eta_2(f^{\max} - f^{\min})$ , то переходят к генерации  $\eta_1$  и  $\eta_2$ .

Начальной энергии электрона  $E_0$  присваивают значение  $E$ ,  $E_0 = E$

2.3.3.3. Полагают  $n = n + 1$ .

2.3.4 *Движение электрона через слой вещества в пластине*

2.3.4.1. Вычисляют параметр экранирования Мольер  $\varepsilon$

$$\varepsilon = 10^{-5} \cdot z^{2/3} \cdot \frac{1,922 + 3,407 \cdot 10^{-4} z^2}{T(T+2)} \frac{(T+1)^2}{T(T+2)} \quad (6)$$

где  $T = E_0/0,511$ .

2.3.4.2. Определяют средний пробег электрона до рассеяния:

$$\lambda_0 = A/(N_A \sigma_0), \text{ г/см}^2, \quad (7)$$

где  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ , 1/моль;

$$\sigma_0 = 2\pi r_0^2 z(z+1) \frac{(T+2)^2}{T^2(T+2)^2 \cdot 2\varepsilon(1+\varepsilon)}, \quad (8)$$

где  $r_0 = 2,818 \cdot 10^{-13}$  см

2.3.4.3. Определяют пробег электрона до рассеяния

$$\lambda = -\lambda_0 \ln \eta_3, \text{ г/см}^2 \quad (9)$$

2.3.4.4. Рассчитывают пробег электрона с энергией  $E_0$

$$R_0 = g(E_0), \text{ г/см}^2, \quad (10)$$

где  $g(E)$  — аппроксимирующая функция, связывающая энергию электрона с его пробегом в веществе защиты.

2.3.4.5. Рассчитывают координату точки рассеяния  $x_1$ :

$$x_1 = x_0 + \cos\alpha_0 \cdot \lambda, \text{ г/см}^2. \quad (11)$$

2 3 4 6 Рассчитывают энергию электрона в точке рассеяния

$$E_1 = g^{-1}(R_0 - \lambda), \text{ МэВ}, \quad (12)$$

где  $g^{-1}$  — функция, обратная  $g(E)$

Если  $\lambda \geq R_0$ , перейти к п 2 3 3 2

2 3 4 7 Рассчитывают косинус угла рассеяния.

$$\cos \Theta = 1 + 2\varepsilon - \frac{2\varepsilon(1+\varepsilon)}{\varepsilon + \eta_4} \quad (13)$$

2 3 4 8 Рассчитывают косинус угла между импульсом электрона после рассеяния и нормалью к пластине ( $\cos \alpha_1$ )

$$\cos \sigma_1 = \cos \alpha_0 \cos \Theta + \sin \alpha_0 \sin \Theta \cos \varphi, \quad (14)$$

где  $\varphi = 2\pi\eta_5$ .

2 3 4 9 Если  $x_1 < 0$ , то переходят к п 2 3 3 2

2 3 4 10 Если  $E_1 < E_{\min}$ , то переходят к п. 2 3 3 2

2 3 4 11 Если  $0 < x < \delta$ , то присваивают  $E_0 = E$ ,

$\cos \alpha_0 = \cos \alpha_1$ ;  $x_0 = \lambda_1$  и переходят к п 2 3 4

2 3 5 *Определение вклада в поглощенную дозу от n-го испытания*

2 3 5 1 Вычисляют

$$D = 1,6 \cdot 10^{-10} S_i(E_1) \cos \alpha_1, \text{ Гр}, \quad (15)$$

где  $S_i$  — аппроксимирующая функция, связывающая энергию электрона и ионизационные потери в веществе-поглотителе.

$$V = V + D, \quad (16)$$

$$U = U + D^2$$

2 3 5 2 Если  $n < N$  то переходят к п 2 3 3

2 3 6 Определяют средние значения поглощенных доз

$$D_n = V/N, \text{ Гр} \quad (17)$$

и средние квадратичные отклонения

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \frac{V}{N} - (D_n)^2 \right]} \quad (18)$$

2 3 7 Поглощенную (эквивалентную) дозу от спектра электронов, распределенных по закону  $dN/dE_e$  в интервале  $[E_{\min}, E_{\max}]$  вычисляют по формуле

$$D = D_n \int_{E_{\min}}^{E_{\max}} \frac{dN}{dE_e} dE_e, \text{ Гр} \quad (19)$$

2 4 Примеры расчета поглощенной и эквивалентной доз от протонов и электронов ЕРПЗ приведены в приложении 2

ИОНИЗАЦИОННЫЕ ПОТЕРИ И ПРОБЕГИ ПРОТОНОВ И ЭЛЕКТРОНОВ В  
АЛЮМИНИИ И ТКАНЕЭКВИВАЛЕНТНОМ ВЕЩЕСТВЕ

1. Протоны

Таблица 1

Энергия МэВ	Алюминий		Тканеэквивалентное вещество	
	$S$ МэВ <sup>-1</sup> · см <sup>2</sup>	$R$ г см <sup>-2</sup>	$S$ МэВ <sup>-1</sup> см <sup>2</sup>	$R$ г см <sup>2</sup>
1 120E-01	4 377E+02	2 941E-04	8 793E+02	1 514E-04
1 410E-01	4 132E+02	3 623E-04	8 267E+02	1 854E-04
1 770E-01	3 826E+02	4 530E-04	7 631E+02	2 308E-04
2 240E-01	3 468E+02	5 823E-04	6 897E+02	2 958E-04
2 810E-01	3 104E+02	7 565E-04	6 159E+02	3 835E-04
3 540E-01	2 809E+02	1 004E-03	5 317E+02	5 115E-04
4 460E-01	2 614E+02	1 344E-03	4 622E+02	6 977E-04
5 610E-01	2 379E+02	1 806E-03	3 996E+02	9 663E-04
7 100E-01	2 121E+02	2 472E-03	3 423E+02	1 371E-03
8 800E-01	1 885E+02	3 324E-03	2 923E+02	1 910E-03
1 770E+00	1 211E+02	9 383E-03	1 830E+02	5 911E-03
2 240E+00	1 029E+02	1 361E-02	1 555E+02	8 709E-03
2 810E+00	8 751E+01	1 946E-02	1 312E+02	1 272E-02
3 540E+00	7 384E+01	2 877E-02	1 092E+02	1 885E-02
4 460E+00	6 236E+01	4 238E-02	9 065E+01	2 814E-02
5 610E+00	5 256E+01	6 256E-02	7 488E+01	4 217E-02
7 100E+00	4 398E+01	9 370E-02	6 119E+01	6 431E-02
8 800E+00	3 731E+01	1 358E-01	5 045E+01	9 506E-02
1 120E+01	3 105E+01	2 067E-01	4 176E+01	1 476E-01
1 410E+01	2 600E+01	3 093E-01	3 476E+01	2 241E-01
1 770E+01	2 178E+01	4 621E-01	2 894E+01	3 382E-01
2 240E+01	1 811E+01	6 990E-01	2 392E+01	5 177E-01
2 810E+01	1 516E+01	1 045E+00	1 991E+01	7 802E-01
3 540E+01	1 264E+01	1 575E+00	1 652E+01	1 185E+00
4 460E+01	1 055E+01	2 375E+00	1 373E+01	1 799E+00
5 610E+01	8 813E+00	3 572E+00	1 144E+01	2 721E+00
7 100E+01	7 375E+00	5 427E+00	9 516E+00	4 156E+00
8 800E+01	6 278E+00	7 936E+00	8 073E+00	6 104E+00
1 120E+02	5 264E+00	1 213E+01	6 746E+00	9 372E+00
1 410E+02	4 476E+00	1 813E+01	5 718E+00	1 406E+01
1 770E+02	3 842E+00	2 684E+01	4 894E+00	2 089E+01
2 240E+02	3 310E+00	4 008E+01	4 205E+00	3 129E+01
2 810E+02	2 898E+00	5 854E+01	3 627E+00	4 585E+01
3 540E+02	2 562E+00	8 541E+01	2 239E+00	6 708E+01
4 460E+02	2 297E+00	1 234E+02	2 897E+00	9 719E+01
5 610E+02	2 093E+00	1 760E+02	2 633E+00	1 389E+02
7 100E+02	1 933E+00	2 502E+02	2 427E+00	1 980E+02
8 800E+02	1 826E+00	3 408E+02	2 287E+00	2 702E+02

## 2. Электроны

Таблица 2

Энергия, МэВ	Алюминий		Тканеэквивалентное вещество	
	$S,$ МэВ $\text{г}^{-1} \text{см}^2$	$R,$ $\text{г} \text{см}^{-2}$	$S,$ МэВ $\text{г}^{-1} \cdot \text{см}^2$	$R,$ $\text{г} \text{см}^{-2}$
0,010	16,49	$3,539 \cdot 10^{-4}$	21,89	$2,592 \cdot 10^{-4}$
0,015	12,20	$7,111 \cdot 10^{-4}$	15,98	$5,304 \cdot 10^{-4}$
0,020	9,844	$1,170 \cdot 10^{-3}$	12,79	$8,827 \cdot 10^{-4}$
0,030	7,287	$2,367 \cdot 10^{-3}$	9,368	$1,810 \cdot 10^{-3}$
0,040	5,909	$3,900 \cdot 10^{-3}$	7,547	$3,008 \cdot 10^{-3}$
0,050	5,039	$5,738 \cdot 10^{-3}$	6,408	$4,451 \cdot 10^{-3}$
0,060	4,439	$7,855 \cdot 10^{-3}$	5,626	$6,121 \cdot 10^{-3}$
0,080	3,661	$1,284 \cdot 10^{-2}$	4,617	$1,007 \cdot 10^{-2}$
0,10	3,117	$1,872 \cdot 10^{-2}$	3,994	$1,474 \cdot 10^{-2}$
0,15	2,513	$3,659 \cdot 10^{-2}$	3,142	$2,903 \cdot 10^{-2}$
0,20	2,174	$5,804 \cdot 10^{-2}$	2,711	$4,624 \cdot 10^{-2}$
0,30	1,839	$1,083 \cdot 10^{-1}$	2,285	$8,677 \cdot 10^{-2}$
0,40	1,680	$1,652 \cdot 10^{-1}$	2,085	$1,327 \cdot 10^{-1}$
0,50	1,592	$2,260 \cdot 10^{-1}$	1,972	$1,820 \cdot 10^{-1}$
0,60	1,540	$2,894 \cdot 10^{-1}$	1,901	$2,335 \cdot 10^{-1}$
0,80	1,486	$4,206 \cdot 10^{-1}$	1,825	$3,408 \cdot 10^{-1}$
1,0	1,465	$5,546 \cdot 10^{-1}$	1,789	$4,508 \cdot 10^{-1}$
1,5	1,460	$8,912 \cdot 10^{-1}$	1,764	$7,306 \cdot 10^{-1}$
2,0	1,475	$1,224 \cdot 10^0$	1,767	$1,011 \cdot 10^0$
3,0	1,510	$1,869 \cdot 10^0$	1,792	$1,563 \cdot 10^0$
4,0	1,540	$2,491 \cdot 10^0$	1,818	$2,102 \cdot 10^0$

Примечание При пользовании табл 1 и 2 для промежуточных значений  $E$ ,  $S$  и  $R$  применяют линейную интерполяцию между двумя соседними значениями



1. Пример расчета поглощенной и эквивалентной дозы от протонов ЕРПЗ

1.1 Выбираем точку околоземного космического пространства с координатами  $B = 0,2$  Гс и  $L_0 = 2,0$ . Для эпохи максимума солнечной активности по ГОСТ 25645 138 находим коэффициенты для расчета энергетического спектра плотности потока протонов с энергией больше  $E$

$$\lg N = \sum_{k=0}^5 A_k (\lg E)^k, \quad (1.0)$$

$A_0 = 5,9910 \cdot 10^1$ ,  $A_1 = -8,6988 \cdot 10^1$ ,  $A_2 = 5,2703 \cdot 10^1$ ,  $A_3 = -1,5394 \cdot 10^1$ ,  $A_4 = 2,1688$ ,  $A_5 = -1,1921$ .

Дифференциальный энергетический спектр  $dN/dE$  вычисляем из выражения (20).

1.2 Из ГОСТ 25645 138 для выбранных  $B_0$ ,  $L_0$  находим  $E_{\min} = 0,1$  МэВ,  $E_{\max} = 200$  МэВ

1.3 Задаем заряд вещества защиты  $z = 13$  и массовое число  $A = 27$

1.4 Задаем толщину защиты  $\delta = 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1$  г/см<sup>2</sup>.

1.5. Вычисляем энергетический спектр плотности потока протонов в прот/(см<sup>2</sup>·с). Для значений энергий из п 2.2.4 получаем

Таблица 3

$E$ , МэВ	$\lambda$	$L$	$\lambda$	$I$	$\lambda$	$L$	$N$
0,1122	$2,73 \cdot 10^4$	1,122	$2,07 \cdot 10^4$	11,22	$1,12 \cdot 10^3$	112,2	$1,35 \cdot 10$
0,1414	$2,40 \cdot 10^4$	1,414	$1,78 \cdot 10^4$	14,14	$7,65 \cdot 10^2$	141,4	6,63
0,1778	$2,28 \cdot 10^4$	1,778	$1,48 \cdot 10^4$	17,78	$5,22 \cdot 10^2$	177,8	2,89
0,2239	$2,29 \cdot 10^4$	2,239	$1,17 \cdot 10^4$	22,39	$3,51 \cdot 10^2$	112,9	—
0,2818	$2,35 \cdot 10^4$	2,818	$9,01 \cdot 10^3$	28,18	$2,39 \cdot 10^2$		
0,3548	$2,44 \cdot 10^4$	3,548	$6,69 \cdot 10^3$	35,48	$1,60 \cdot 10^2$		
0,4467	$2,50 \cdot 10^4$	4,467	$4,88 \cdot 10^3$	44,67	$1,05 \cdot 10^2$		
0,5623	$2,51 \cdot 10^4$	5,623	$3,43 \cdot 10^3$	56,23	$6,80 \cdot 10^1$		
0,7079	$2,44 \cdot 10^4$	7,079	$2,37 \cdot 10^3$	70,79	$4,17 \cdot 10^1$		
0,8913	$2,30 \cdot 10^4$	8,913	$1,67 \cdot 10^3$	89,13	$2,54 \cdot 10^1$		

1.6 Вычисляя по полученным результатам дифференциальный энергетический спектр протонов и подставляя полученные значения в формулы (1—4), получаем мощности доз  $D$ , рад/с, и  $H$ , бэр/с.

Таблица 4

$\delta$ , г/см <sup>2</sup>	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0
$D$	$4,22 \cdot 10^{-2}$	$7,64 \cdot 10^{-3}$	$3,01 \cdot 10^{-3}$	$3,09 \cdot 10^{-4}$	$1,14 \cdot 10^{-4}$
$H$	$7,64 \cdot 10^{-1}$	$8,26 \cdot 10^{-2}$	$2,50 \cdot 10^{-2}$	$1,32 \cdot 10^{-2}$	$3,75 \cdot 10^{-4}$

## 2. Пример расчета поглощенной (эквивалентной) дозы от электронов ЕРПЗ

1. Выбираем точку околоземного космического пространства с координатами  $B_0=0,2$  Гс и  $L_0=2,0$ . Для эпохи максимума солнечной активности по ГОСТ 25645 139 находим коэффициенты для расчета энергетического спектра плотности потока электронов с энергией больше  $E$

$$\lg N = \sum_{k=0}^4 A_k (\lg E_e)^k, \quad (21)$$

где  $E$  — энергия электрона, кэВ;

$A_0 = -8.2008E+00$ ,  $A_1 = 2.1010E+01$ ;  $A_2 = -9.5091E+00$ ;  $A_3 = 1.6550E+00$ ;  
 $A_4 = -1.3243E-01$ .

Дифференциальный энергетический спектр  $dN/dE$  вычисляем из выражения (21).

2. Из ГОСТ 25645.139 для выбранных  $B_0$  и  $L_0$  находим  $E_{\min}=0,04$  МэВ,  $E_{\max}=4,0$  МэВ.

3. Задаем заряд вещества защиты  $z=13$  и массовое число  $A=27$  г/моль

4. Задаем толщины защиты  $\delta=0,005$ ; 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5.

5. Задаем полное число статистических испытаний  $N=1000$ .

6. Вычисляя по изложенному выше алгоритму, получаем значения мощности доз в ткани  $D$  за защитой из алюминия.

Т а б л и ц а 5

$\delta$ , г/см <sup>2</sup>	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1
$D$ , сГр/с	$3,46 \cdot 10^{-1}$	$2,65 \cdot 10^{-1}$	$1,40 \cdot 10^{-1}$	$1,83 \cdot 10^{-2}$	$2,26 \cdot 10^{-3}$
$\delta$ , г/см <sup>2</sup>	0,2	0,5	1,0	1,5	—
$D$ , сГр/с	$1,99 \cdot 10^{-4}$	$5,34 \cdot 10^{-6}$	$6,11 \cdot 10^{-8}$	$6,45 \cdot 10^{-9}$	—

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

## 1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Минздравом СССР

### РАЗРАБОТЧИКИ

Н. А. Анфимов, член-корр. АН СССР, В. В. Архангельский;  
В. Н. Васильев, канд. техн. наук, А. А. Волобуев; В. А. Гончарова;  
А. И. Григорьев, д-р мед. наук; В. Е. Дудкин, д-р физ.-мат. наук,  
Е. Е. Ковалев, д-р техн. наук; В. В. Козелкин, д-р техн. наук;  
Е. Н. Лесновский, канд. техн. наук; В. Г. Митрикас, канд. физ.-мат. наук;  
В. А. Панин, Е. В. Пашков, канд. техн. наук; В. М. Петров, канд. физ.-мат. наук;  
Ю. В. Потапов, канд. физ.-мат. наук; В. А. Шуршаков, канд. физ.-мат. наук

## 2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 28.03.90 № 660

## 3. Срок первой проверки — 1996 г., периодичность проверки — 5 лет

## 4. ВВЕДЕН ВПЕРВЫ

## 5. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на которые дана ссылка	Номер пункта, приложения
ГОСТ 25645 138—86	1 3, приложение 2
ГОСТ 25645 139—86	1 3, приложение 2
РД 50—25645 206—84	1 3
НРБ — 76/87	1 3

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Безопасность радиационная экипажа космического аппарата в космическом полете

### МЕТОД РАСЧЕТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГЛОЩЕННОЙ И ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗ КОСМИЧЕСКИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ПО ТОЛЩИНЕ МАТЕРИАЛОВ НА ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НА ОРБИТАХ, ПРОХОДЯЩИХ ЧЕРЕЗ ЕРПЗ

РД 50—25645.216—90

Редактор *В. П. Огурцов*  
Технический редактор *В. Н. Прусакова*  
Корректор *В. С. Черная*

Сдано в набор 10.05.90. Пошл. в печ. 11.07.90. Формат 60×90<sup>1/8</sup>. Бумага типографская № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая 0,75 усл. печ. л., 0,75 усл. кр. отт. 0,61 уч. изд. л. Тир. 3000 экз. Зак. 760. Изд. № 625/4. Цена 10 к.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов 123557 Москва ГСП  
Новопресненский пер., 3  
Калужская типография стандартов ул. Московская, 256 Зак. 760