

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):

$$R_{Al}(E) = 5,52 \cdot 10^3 \ln(1 + 2,219 \cdot 10^{-6} E^{0,421} + 5 \cdot 10^{-6} E^{1,78} + 8,66 \cdot 10^{-17} \cdot E^{4,9});$$

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

б) протоны (для тканеэквивалентного вещества):

$$R_{тк}(E) = 4,14 \cdot 10^3 \ln(1 + 1,19 \cdot 10^{-6} E^{0,5834} + 4,116 \cdot 10^{-6} E^{1,808} + 5,17 \cdot 10^{-17} E^{5,004});$$

$$E_{тк}(R) = 5,50 \cdot 10^3 \ln(1 - 2,5515 \cdot 10^{-6} R^{-0,202} + 6,018 \cdot 10^{-3} R^{0,5623} + 2,123 \cdot 10^{-6} R^{1,696});$$

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/см²;

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

$$K[S(E)] = \begin{cases} 1,0 & \text{при } S < 35 \text{ МэВ см} \\ 2,858 \cdot 10^{-2} S & \text{« } 35 \leq S < 70 \text{ «} \\ 7,31 \cdot 10^{-2} S^{0,77} & \text{« } 70 \leq S < 230 \text{ «} \\ 4,90 \cdot 10^{-2} S^{0,848} & \text{« } 230 \leq S < 530 \text{ «} \\ -42,57 + 19,281 \lg S & \text{« } 530 \leq S < 1750 \text{ «} \\ 20 & \text{« } S \geq 1750 \text{ «} \end{cases}$$

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 δ . Защита выполнена из материала с $z \leq 15$, толщина защиты не превышает 1,5 г/см². 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 δ 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 δ , 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 δ вычисляют по формуле

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

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

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 (α_0) на пластину, $\cos\alpha_0=1$ (нормальное падение).

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

— генерируют η_1 , здесь и далее η_i — случайные числа, равномерно распределенные в интервале $[0; 1]$;

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

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

— если $f(E_c) = f^{\min} + \eta_2(f^{\max} - f^{\min})$, то переходят к генерации η_1 и η_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 слои вещества в пластине*

2.3.4.1. Вычисляют параметр экранирования Мольер ε

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

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

$$\lambda = -r_0 \ln \eta_3, \text{ г/см}^2 \quad (9)$$

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.

$$\cos \Theta = 1 + 2\varepsilon - \frac{2\varepsilon(1+\varepsilon)}{\varepsilon + \gamma_4} \quad (13)$$

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 $E_0 = E$,

$\cos \alpha_0 = \cos \alpha_1$; $x_0 = x_1$ 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_1 МэВ г ⁻¹ см ²	R_1 г см ⁻²	S_2 МэВ г ⁻¹ см ²	R_2 г см ⁻²
1 120E-01	4 377L+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 101L+02	7 565E-04	6 159L+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 379L+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 170E+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 110L 01	2 600E+01	3 093E-01	3 476E+01	2 241E-01
1 770E+01	2 178E+01	4 621E-01	2 894L+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 813L+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 240L+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 100L+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	
	$S, \text{ МэВ г}^{-1} \text{ см}^2$	$R, \text{ см}^{-2}$	$S, \text{ МэВ г}^{-1} \cdot \text{см}^2$	$R, \text{ см}^{-2}$
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/см².

1.5 Вычисляем энергетический спектр плотности потока протонов в прот/(см²·с). Для значений энергий из п 2.2.4 получаем

Таблица 3

E , МэВ	λ	L	λ	I	λ	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	$4,40 \cdot 10^4$	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

δ , г/см ²	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

δ , г/см ²	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1
D , сГр/с	$3,46 \cdot 10^{-1}$	$2,65 \cdot 10^{-1}$	$1,40 \cdot 10^{-1}$	$1,83 \cdot 10^{-2}$	$2,26 \cdot 10^{-3}$
δ , г/см ²	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 которое 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 60×90¹/₈. 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
Новопрессненский пер., 3
Калужская типография стандартов ул. Московская, 256 Зак. 760