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

gost.e-ecolog.ru

УДК 629.78—784.7:539.169 Группа Ф40

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 г/см^2 (в массовых единицах длины), выполненной из материалов с зарядом $z \leqslant 15$ 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):

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

$$E_{тк}(R)=5{,}50\cdot 10^{2}\ln(1-2{,}5515\cdot 10^{-6}R^{-0{,}262}+6{,}018\cdot 10^{-3}R^{0{,}7623}+ +2{,}123\cdot 10^{-6}R^{1{,}696});$$

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):

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

где E в МэВ, R в г/см^2;

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

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

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 $z\leqslant 15$, толщина защиты не превышает 1,5 г/см^2. 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

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

где $S_з(E)$ — ионизационные потери протонов в веществе защиты, МэВ·г$^{-1}$·см^2;

B — коэффициент перехода от поглощенной энергии к дозе, равный $B=1{,}6\cdot10^{-10}$ Гр·МэВ$^{-1}$·г;

D — величина поглощенной дозы, Гр;

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

$$R_з(E')=R_з(E)-\delta, \qquad (2)$$

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

$E_{min}=0{,}1$ МэВ.

2.2.2. Поглощенную дозу в тканеэквивалентном веществе определяют по формуле

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

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

2.2.3. Эквивалентную дозу от протонов за плоским слоем толщиной δ вычисляют по формуле

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

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 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 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 $E_e^{min}=0{,}04$ МэВ и $E_e^{max}=4{,}0$ 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_i, здесь и далее η_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 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

$$\varepsilon=10^{-5}\cdot z^{2/3}\cdot\frac{1{,}922+3{,}407\cdot10^{-4}\,z^2\,\frac{(T+1)^2}{T(T+2)}}{T(T+2)} \qquad (6)$$

где $T=E_0/0{,}511$.

2.3.4.2. Определяют средний пробег электрона до рассеяния:

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

где $N_A=6{,}022\cdot10^{23}$, 1/моль;

$$\sigma_0=2\pi r_0^2 z(z+1)\frac{(T+2)^2}{T^2(T+2)^2\cdot2\varepsilon(1+\varepsilon)}, \qquad (8)$$

где $r_0=2{,}818\cdot10^{-13}$ см

2.3.4.3. Определяют пробег электрона до рассеяния

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

2.3.4.4. Рассчитывают пробег электрона с энергией E_0

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

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

2.3.4.5. Рассчитывают координату точки рассеяния x_1:

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

2 3 4 6 Рассчитывают энергию электрона в точке рассеяния

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

где g^{-1} — функция, обратная $g(E)$

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

2 3 4 7 Рассчитывают косинус угла рассеяния.

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

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

$$\cos\alpha_1 = \cos\alpha_0\cos\Theta + \sin\alpha_0\sin\Theta\cos\varphi, \tag{14}$$

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

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

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

$$V = V + D, \tag{16}$$

$$U = U + D^2$$

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

2 3 6 Определяют средние значения поглощенных доз

$$D_n = V/N, \text{ Гр} \tag{17}$$

и средние квадратичные отклонения

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

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

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

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 г$^{-1}$ см^2	R, г см$^{-2}$	S, МэВ г$^{-1}$ см^2	R, г см$^{-2}$
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 101E—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 110E 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 $г^{-1}$ $см^2$	R, $г\ см^{-2}$	S, МэВ $г^{-1}\cdot см^2$	R, $г\ см^{-2}$
0,010	16,49	$3{,}539\cdot10^{-4}$	21,89	$2{,}592\cdot10^{-4}$
0,015	12,20	$7{,}111\cdot10^{-4}$	15,98	$5{,}304\ 10^{-4}$
0,020	9,844	$1{,}170\cdot10^{-3}$	12,79	$8{,}827\cdot10^{-4}$
0,030	7,287	$2{,}367\cdot10^{-3}$	9,368	$1{,}810\cdot10^{-3}$
0,040	5,909	$3{,}900\cdot10^{-3}$	7,547	$3{,}008\cdot10^{-3}$
0,050	5,039	$5{,}738\cdot10^{-3}$	6,408	$4{,}451\cdot10^{-3}$
0,060	4,439	$7{,}855\cdot10^{-3}$	5,626	$6{,}121\cdot10^{-3}$
0,080	3,661	$1{,}284\cdot10^{-2}$	4,617	$1{,}007\cdot10^{-2}$
0,10	3,117	$1{,}872\cdot10^{-2}$	3,994	$1{,}474\cdot10^{-2}$
0,15	2,513	$3{,}659\cdot10^{-2}$	3,142	$2{,}903\cdot10^{-2}$
0,20	2,174	$5{,}804\cdot10^{-2}$	2,711	$4{,}624\cdot10^{-2}$
0,30	1,839	$1{,}083\cdot10^{-1}$	2,285	$8{,}677\cdot10^{-2}$
0,40	1,680	$1{,}652\cdot10^{-1}$	2,085	$1{,}327\cdot10^{-1}$
0,50	1,592	$2{,}260\cdot10^{-1}$	1,972	$1{,}820\cdot10^{-1}$
0,60	1,540	$2{,}894\cdot10^{-1}$	1,901	$2{,}335\cdot10^{-1}$
0,80	1,486	$4{,}206\cdot10^{-1}$	1,825	$3{,}408\cdot10^{-1}$
1,0	1,465	$5{,}546\cdot10^{-1}$	1,789	$4{,}508\cdot10^{-1}$
1,5	1,460	$8{,}912\cdot10^{-1}$	1,764	$7{,}306\cdot10^{-1}$
2,0	1,475	$1{,}224\cdot10^{0}$	1,767	$1{,}011\cdot10^{0}$
3,0	1,510	$1{,}869\cdot10^{0}$	1,792	$1{,}563\cdot10^{0}$
4,0	1,540	$2{,}491\cdot10^{0}$	1,818	$2{,}102\cdot10^{0}$

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

$$\lg N = \sum_{k=0}^{5} A_k (\lg E)^k, \qquad (20)$$

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

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^2.

1 5. Вычисляем энергетический спектр плотности потока протонов в прот/(см^2·с). Для значений энергий из п 2 2 4 получаем

Таблица 3

E, МэВ	\	L	\	I	\	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

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	$7{,}64 \cdot 10^{-1}$	$8.26 \cdot 10^{-2}$	$2{,}50 \cdot 10^{-2}$	$1{,}32 \cdot 10^{-3}$	$3{,}75 \cdot 10^{-4}$

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

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

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.

Таблица 5

δ, г/см²	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1
D, сГр/с	$3{,}46\cdot10^{-1}$	$2{,}65\cdot10^{-1}$	$1{,}40\cdot10^{-1}$	$1{,}83\cdot10^{-2}$	$2{,}26\cdot10^{-3}$
δ, г/см²	0,2	0,5	1,0	1,5	—
D, сГр/с	$1{,}99\cdot10^{-4}$	$5{,}34\cdot10^{-6}$	$6{,}11\cdot10^{-8}$	$6{,}45\cdot10^{-9}$	—

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 ВПЕРВЫЕ**

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 Подп. 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.

gost.e-ecolog.ru

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