

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

БЕЗОПАСНОСТЬ РАДИАЦИОННАЯ ЭКИПАЖА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА В КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЕТЕ

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯДЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОТОНОВ

ГОСТ 25645.211—85

Издание официальное

Цена 5 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

ИСПОЛНИТЕЛИ

Г. И. **Бацких,** канд. техн. наук; **Е. К. Гельфанд,** канд. физ.-мат. наук; **А. И. Григорьев,** д-р мед. наук; **А. Р. Калмыков; Г. В. Красильников,** канд. техн. наук; **Е. Н. Лесновский,** канд. техн. наук; **Б. В. Манько; В. А. Панин; И. Я. Ремизов,** канд. техн. наук; **В. А. Сакович,** канд. техн. наук; **В. М. Сахаров,** канд. техн наук, **А. Я. Серов,** канд. физ-мат наук; **Б. С. Сычев,** канд. физ.-мат. наук; **В. Б. Хвостов,** канд. физ.-мат. наук.

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 17 декабря 1985 г. № 4050

УДК 629.78.067.001.24:006.354 Группа Ф40

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

БЕЗОПАСНОСТЬ РАДИАЦИОННАЯ ЭКИПАЖА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА В КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЕТЕ

Характеристики ядерного взаимодействия протонов

Space crew radiation safety during space flight
Nuclear interaction characteristics of protons

ГОСТ 25645.211—85

ОКСТУ 6968

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 17 декабря 1985 г. № 4050 срок введения установлен

с 01.07.87

Настоящий стандарт устанавливает характеристики ядерных взаимодействий протонов космических лучей, а также протонов и нейтронов (далее по тексту — нуклонов), образованных ими в защите космических аппаратов (КА), в диапазоне энергий нуклонов от 20 до 1000 МэВ для ядер элементов от углерода до свинца.

К характеристикам ядерных взаимодействий, предназначенным для расчетов пространственно-энергетических распределений плотности потока нуклонов в КА, относят:

средний пробег нуклонов до ядерного взаимодействия;

двойные дифференциальные по энергии и углу вылета распределения вторичных нуклонов в неупругих нуклон-ядерных взаимодействиях.

Термины, применяемые в настоящем стандарте, и их пояснения приведены в справочном приложении 1.

Издание официальное ★ Перепечатка воспрещена

© Издательство стандартов, 1986

1. СРЕДНИЕ ПРОБЕГИ НУКЛОНОВ ДО ЯДЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

1.1. Средние пробеги нуклонов с энергией E_0 до ядерного взаимодействия $\lambda(E_0)$ в веществе вычисляют по формулам

для простых веществ с атомной массой A

$$\lambda_i(E_0)=\frac{1{,}66A}{\sigma_i(E_0)}, \text{ г см}^{-2}, \quad (1)$$

где $i=p, H$ — протон или нейтрон, соответственно,

$\sigma_i(E_0)$ — микроскопическое сечение неупругого ядерного взаимодействия нуклона типа i, барн (1 барн $=10^{-24}$ см^2),

для вещества со сложным элементным составом $A=\Sigma C_k A_k$

$$\lambda_i(E_0) \quad 1{,}66\left(\sum_{k\ 1}^{k}\frac{\sigma_{ik}(E_0)C_k}{A_k}\right)^{1}, \text{ г см}^{-2}, \quad (2)$$

где $\sigma_{ik}(E_0)$ — микроскопическое сечение неупругого ядерного взаимодействия нуклона типа i с k-м элементом вещества, барн,

C_k — массовая концентрация k-го элемента в веществе, причем $\sum\limits_{k-1}^{k_1} C_k=1$

1.2 Микроскопические сечения неупругого ядерного взаимодействия $\sigma_i(E_0)$ одинаковы для протонов и нейтронов при $E_0\geqslant 40$ МэВ В табл 1 представлены значения сечений для различных элементов в узлах значении энергии E_{0j}.

Примечание Для энергий $E_0<40$ МэВ в скобках приведены значения сечений для нейтронов

1.3. Значения микроскопических сечений $\sigma_i(E_0)$ для энергий нуклона E_0, отличных от узловых значений E_{0j}, вычисляют путем квадратичной интерполяции по энергии значений $\sigma_i(E_{0j})$, приведенных в табл. 1

Таблица 1

Микроскопические сечения неупругого ядерного взаимодействия нуклонов $\sigma_i(E_0)$, барн

E_{0j}, МэВ	Элемент							
	^{12,01}C	^{16,00}O	^{26,98}Al	^{28,09}Si	^{55,85}Fe	^{63,55}Cu	^{118,7}Sn	^{207,2}Pb
20	0,425 (0,499)	0,507 (0,596)	0,695 (0,816)	0,682 (0,801)	1,02 (1,20)	1,20 (1,41)	1,56 (1,84)	1,83 (2,42)
25	0,439 (0,472)	0,521 (0,559)	0,709 (0,762)	0,711 (0,764)	1,04 (1,12)	1,21 (1,30)	1,60 (1,71)	2,12 (2,29)
30	0,433 (0,446)	0,511 (0,527)	0,696 (0,717)	0,706 (0,728)	1,03 (1,06)	1,18 (1,21)	1,58 (1,63)	2,14 (2,20)

Продолжение табл. 1

E_{0j}, МэВ	Элемент							
	$^{12,01}C$	$^{16,00}O$	$^{26,98}Al$	$^{28,09}Si$	$^{55,85}Fe$	$^{63,55}Cu$	$^{118,7}Sn$	$^{207,2}Pb$
35	0,416	0,491	0,671	0,686	0,999	1,13	1,54	2,11
	(0,422)	(0,497)	(0,679)	(0,695)	(1,01)	(1,15)	(1,56)	(2,13)
40	0,398	0,469	0,645	0,663	0,969	1,09	1,50	2,08
45	0,375	0,443	0,613	0,632	0,931	1,04	1,45	2,03
50	0,353	0,418	0,582	0,602	0,896	0,993	1,41	1,99
60	0,305	0,365	0,520	0,540	0,825	0,905	1,32	1,91
70	0,246	0,300	0,440	0,450	0,733	0,800	1,21	1,80
80	0,245	0,300	0,441	0,459	0,735	0,803	1,22	1,80
90	0,242	0,296	0,439	0,454	0,733	0,800	1,22	1,80
100	0,238	0,292	0,434	0,448	0,728	0,795	1,21	1,80
125	0,228	0,281	0,422	0,434	0,714	0,780	1,20	1,78
150	0,221	0,273	0,412	0,424	0,702	0,768	1,19	1,77
175	0,217	0,268	0,406	0,417	0,694	0,759	1,18	1,76
200	0,214	0,266	0,402	0,413	0,690	0,755	1,17	1,76
250	0,212	0,264	0,399	0,411	0,687	0,751	1,17	1,75
300	0,212	0,263	0,398	0,410	0,685	0,750	1,17	1,75
350	0,212	0,263	0,399	0,410	0,686	0,751	1,17	1,75
400	0,215	0,267	0,403	0,415	0,692	0,757	1,18	1,76
500	0,225	0,278	0,419	0,430	0,712	0,779	1,20	1,79
600	0,237	0,292	0,436	0,447	0,734	0,803	1,23	1,82
700	0,248	0,305	0,453	0,463	0,755	0,825	1,25	1,84
800	0,261	0,319	0,472	0,481	0,778	0,850	1,28	1,87
900	0,261	0,319	0,471	0,481	0,777	0,849	1,28	1,87
1000	0,262	0,320	0,473	0,482	0,779	0,851	1,28	1,87

1.4. Значения микроскопических сечений σ_i (E_0) для элементов, не представленных в табл. 1, вычисляют путем степенной интерполяции по атомной массе элемента A, значений приведенных в табл. 1.

2. ДВОЙНЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ ПО ЭНЕРГИИ И УГЛУ ВЫЛЕТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ НУКЛОНОВ В НЕУПРУГИХ НУКЛОН-ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

2.1. Двойные дифференциальные по энергии E и углу вылета $\vec{\Omega} = \{\Theta, \varphi\}$ распределения вторичных нуклонов $\frac{d^2N^{i\to j}}{dEd\Omega}(E_0,E,\Theta)(i,j=p,n)$ представляют в виде суммы распределений каскадных и испарительных нуклонов:

$$\frac{d^2N^{i\to j}}{dEd\Omega}(E_0,E,\Theta)=\frac{d^2N^{i\to j}_{\text{каск}}}{dEd\Omega}(E_0,E,\Theta)+\frac{d^2N^{i\to j}_{\text{исп}}}{dEd\Omega}(E_0,E,\Theta), \qquad (3)$$

где E_0 — энергия нуклона, испытавшего неупругое ядерное взаимодействие, МэВ;

E — энергия вторичных нуклонов, МэВ;

Θ — угол вылета вторичных нуклонов, отсчитываемый от направления движения первичного нуклона

2.2. Распределение каскадных нуклонов $\frac{d^2N^{i\to j}_{\text{каск}}}{dEd\Omega}(E_0,E,\Theta)$ одинаково по форме для нейтронов и протонов:

$$\frac{d^2N^{i\to j}_{\text{каск}}}{dEd\Omega}(E_0,E,\Theta)=\frac{N_{ij}(E_0)}{N_{\text{нукл}}(E_0)}\cdot F_1(E_0,E,\Theta), \qquad (4)$$

где N_{ij} (E_0) — среднее число (множественность) каскадных нуклонов типа j, образованных в неупругом взаимодействии нуклона типа i с ядром;

$N_{\text{нукл}}$ $(E_0)=\sum\limits_{j=p,n} N_{ij}$ (E_0) — множественность каскадных нуклонов;

$$F_1(E_0,E_1,\Theta)=\frac{dN}{dE}(E_0,E)\alpha(E_0,E)\exp\left[-\frac{E\Theta}{\tau(E_0)}\right], \qquad (5)$$

$\frac{dN}{dE}(E_0,E)$ — энергетическое распределение каскадных нуклонов;

$$\alpha(E_0,E)=\frac{1}{2\pi}\left(1+\frac{E^2}{\tau^2(E_0)}\right)/\left[1+\exp\left(-\frac{E\pi}{\tau(E_0)}\right)\right] \qquad (6)$$

— нормировочная функция;

$$\tau(E_0)=\frac{200E_0}{560+E_0}$$ — параметр углового распределения (7)

2.2.1. Множественность каскадных нуклонов $N_{\text{нукл}}$ (E_0) не зависит от типа нуклона, испытавшего неупругое ядерное взаимодействие и вычисляется по формуле

$$N_{\text{нукл}}(E_0)=(1+\sqrt{A})\exp\{-(0{,}087A^{2/3}+4{,}15)\cdot\exp[-0{,}72U_0(1+\ln A)^{-0{,}4}]\}, \qquad (8)$$

где $U_0=\ln\left(\frac{E_0}{3{,}68}\right)$ (9)

2.2.2. Соотношение множественностей каскадных нейтронов и протонов в нуклон-ядерных взаимодействиях вычисляют по формуле

$$\frac{N_p(E_0)}{N_n(E_0)}=[1+0{,}38\exp(-\frac{E_0}{3000})]\ \frac{z}{A-z}$$ — для первичных протонов; (10)

$$\frac{N_n(E_0)}{N_p(E_0)}=[1+0{,}52\exp(-\frac{E_0}{3000})]\frac{A-z}{z}$$ – для первичных нейтронов; (11)

где A и z — атомный вес и номер элемента ядра-мишени, соответственно.

2.2.3. Энергетическое распределение каскадных нуклонов вычисляют по формуле

$$\frac{dN}{dE}(E_0,E)=C(E_0)\varkappa(E), \quad (12)$$

причем $\int_0^{E_0}\frac{dN}{dE}(E_0, E)\,dE=N_{\text{нукл}}(E_0)$.

2.2.4. Значения функций $C(E_0)$ и $\varkappa(E)$ вычисляют с использованием данных табл. 2 и 3 для функций $C(U_0)$ и $\varkappa(U)$ по формулам:

$$C(E_0)=C(U_0); \quad (13)$$

$$\varkappa(E)=\frac{\varkappa(U)}{E}; \quad (14)$$

$$U=\ln\frac{E}{3{,}68}. \quad (15)$$

2.2.5. Величины $C(U_0)$ и $\varkappa(U)$ для значений U_0 и U, не совпадающих с узловыми значениями табл. 2, 3, а также для элементов, не представленных в таблицах, находят путем квадратичной интерполяции по U_0, U и A.

Таблица 2

Значения функции $c(U_0)$

E_0, МэВ	U_0	Элемент							
		^{12,01}C	^{16,01}O	^{26,98}Al	^{28,09}Si	^{55,85}Fe	^{63,55}Cu	^{118,7}Sn	^{207,2}Pb
3,68	0,0	0,687	0,699	0,688	0,685	0,576	0,543	0,355	0,178
6,07	0,5	1,110	1,120	1,100	1,100	0,959	0,913	0,645	0,363
10,0	1,0	1,560	1,580	1,570	1,560	1,410	1,360	1,030	0,644
16,5	1,5	2,010	2,040	2,050	2,050	1,920	1,870	1,510	1,040
27,2	2,0	2,470	2,520	2,580	2,580	2,510	2,470	2,110	1,570
44,8	2,5	2,680	2,690	2,870	2,890	3,150	3,160	2,950	2,320
73,9	3,0	2,700	2,790	3,160	3,190	3,790	3,840	3,870	3,280
122,0	3,5	2,610	2,790	3,350	3,400	4,340	4,490	4,850	4,420
201,0	4,0	2,460	2,720	3,460	3,520	4,830	5,080	5,850	5,700
331,0	4,5	2,390	2,710	3,620	3,690	5,370	5,710	6,940	7,170
546,0	5,0	2,560	2,940	4,010	4,100	6,190	6,620	8,400	9,130
900,0	5,5	2,840	3,290	4,560	4,670	7,230	7,780	10,20	11,60
1480,0	6,0	3,130	3,650	5,130	5,260	8,360	9,050	12,30	14,50

Таблица 3

Значения функции $\varkappa(U)$

E_0, МэВ	U_0	Элемент							
		$^{12,01}C$	$^{16,00}O$	$^{26,98}Al$	$^{28,09}Si$	$^{55,85}Fe$	$^{63,55}Cu$	$^{118,7}Sn$	$^{207,2}Pb$
3,68	0,0	5,72 2	5,72-2	5,72 2	5,72-2	5,72—2	5,72—2	5,72—2	5,72—2
6,07	0,5	8,09 2	8,09—2	8,09- 2	8,09—2	8,09 2	8,09—2	8,09—2	8,09—2
10,00	1,0	1,05—1	1,05—1	1,05—1	1,05- 1	1,05—1	1,05—1	1,05—1	1,05—1
16,5	1,5	1,22— 1	1,22 - 1	1,22—1	1,22- 1	1,22- 1	1,22—1	1,22—1	1,22—1
27,2	2,0	1,21—1	1,21—1	1,21 1	1,21- 1	1,21—1	1,21 -1	1,21—1	1,21—1
44,8	2,5	2,16- 1	2,08—1	1,76 1	1,74—1	1,29- 1	1,23—1	1,02—1	9,84—2
73,9	3,0	2,75 -1	2,53 1	1,98 1	1,94 1	1,33- 1	1,24—1	9,57—2	8,35—2
122,0	3,5	3,38 1	2,98— 1	2,19 1	2,19 1	1,37—1	1,26 -1	9,24—2	7,60—2
201,0	4,0	3,96 1	3,37 1	2,35 1	2,29—1	1,39—1	1,27—1	8,94—2	7,11—2
331,0	4,5	3,25—1	2,75 -1	1,81 1	1,84 -1	1,10—1	9,96 -2	6,74—2	5,08—2
546,0	5,0	2,47—1	2,11 - 1	1,47 1	1,43—1	8,50 2	7,72—2	5,13—2	3,76—2
900,0	5,5	2,39— 1	2,02— 1	1,33- 1	1,35 1	7,92—2	7,18—2	4,74—2	3,46—2
1480,0	6,0	2,36—1	1,98—1	1,34—1	1,30- 1	7,51—2	6,79—2	4,44—2	3,19—2

Примечание. Здесь и далее всюду запись типа 5,72—2 означает $5{,}72 \cdot 10^{-2}$.

2.3. Распределение испарительных нейтронов

$$\frac{d^2N^{n}_{\text{исп}}}{dEd\Omega}(E_0, E, \Theta).$$

2.3.1. Распределение испарительных нейтронов не зависит от типа нуклона, испытавшего неупругое ядерное взаимодействие.

Примечание. Испарительные протоны из-за малых длин ионизационного пробега в веществе не рассматривают при решении задач переноса излучения в защите КА

2.3.2. Угловое распределение испарительных нейтронов изотропно:

$$\frac{d^2N^{n}_{\text{исп}}}{dEd\Omega} = \frac{1}{4\pi}F_2(E_0, E), \tag{16}$$

где F_2 (E_0, E) — энергетическое распределение испарительных нейтронов, причем:

$$\int_0^{E_0} F_2(E_0, E) = n(E_0), \tag{17}$$

n (E_0) — множественность испарительных нейтронов.

2.3.3. Энергетическое распределение испарительных нейтронов вычисляют по формуле

$$F_2(E_0, E) = n(E_0)\sqrt{\frac{E}{\pi}}T^{-3/2}(E_0)\exp[-E/T(E_0)], \tag{18}$$

где $T(E_0)=\sqrt{\frac{[E^*(E_0)-E_c]\cdot 10}{A}}$ — средняя температура остаточного ядра, МэВ; (19)

$E_c = 10{,}5-0{,}02\ A$ — средняя энергия связи нуклона в ядре с атомным весом A; (20)

$$E^*(E_0)=E_c+\gamma(E_0)\left[1-\exp\left(-\frac{AE_c}{3\gamma(E_0)}\right)\right]- \quad (21)$$

— средняя энергия возбуждения остаточного ядра при $\gamma\ (E_0)=1{,}8\ E_0^{0{,}11\ln A+0{,}2}$ (22)

2.3.4. Множественность испарительных нейтронов вычисляют по формуле

$$n(E_0)=5{,}4\cdot 10^{-3}(0{,}58A+7{,}9\sqrt{A})(\sqrt{E^*(E_0)}-2{,}5)\frac{\sqrt{E^*(E_0)}}{\sqrt{E^*(E_0)}+\sqrt{E_c}}+ \quad (23)$$

$$+0{,}32A^{1/8}.$$

2.4. Для вещества со сложным элементным составом $A_k\ (k=1, \ldots, k_0)$ распределение $\frac{d^2N^{i\to j}}{dEd\Omega}(E_0,E,\Theta)$ вычисляют по формуле

$$\frac{d^2N^{i\to j}}{dEd\Omega}(E_0,E,\Theta)=\frac{\sum\limits_{k=1}^{k_0}\sigma_{ik}(E_0)C_k\cdot A_k^{-1}\frac{d^2N^{i\to j}}{dEd\Omega}(E_0,E,\Theta)}{\sum\limits_{k\ 1}^{k_0}\sigma_{ik}(E_0)C_kA_k^{-1}} \quad (24)$$

2.5. В справочном приложении 2 представлены результаты вычислений ряда интегральных характеристик протон-ядерного взаимодействия для углерода, кислорода, алюминия, кремния, железа, меди, олова, свинца.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ТЕРМИНЫ И ПОЯСНЕНИЯ

Термин	Обозначение	Пояснение
Средний пробег нуклона до ядерного взаимодействия	$\lambda_i(E_0)=\frac{1}{\Sigma_i(E_0)}$	Величина, обратная макроскопическому сечению взаимодействия нуклона с ядром
Макроскопическое сечение	$\Sigma_i(E_0)$	По ГОСТ 8417—81
Микроскопическое сечение	$\sigma_i(E_0)$	По ГОСТ 8417—81
Двойное дифференциальное по энергии E и углу вылета $\vec{\Omega}$ распределение вторичных нуклонов		Среднее число нуклонов типа j, вылетающих в направлении $\vec{\Omega}$ в интервал телесного угла $d\Omega$ с энергией в интервале E, $E+dE$ при неупругом взаимодействии с ядром нуклона типа i, имеющего энергию E_0
Множественность частиц типа j		Среднее число частиц типа j, возникающих в неупругом взаимодействии нуклона с ядром элемента

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОТОН-ЯДЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ

E	U	$N_{нукл}$	$N_н$	N_p	E^*, МэВ	T, МэВ	n
			Углерод				
16,5	1,5	0,403	0,172	0,237	16,5	2,28	0,60
27,2	2,0	0,653	0,273	0,380	18,0	2,54	0,62
44,8	2,5	0,952	0,402	0,550	20,0	2,83	0,65
73,9	3,0	1,290	0,543	0,750	22,0	3,15	0,68
122,0	3,5	1,650	0,695	0,950	24,5	3,42	0,71
201,0	4,0	2,000	0,850	1,150	27,3	3,75	0,75
331,0	4,5	2,340	1,000	1,340	30,0	4,06	0,78
546,0	5,0	2,660	1,150	1,510	32,7	4,32	0,82
900,0	5,5	2,940	1,290	1,650	35,5	4,55	0,85
1480,0	6,0	3,190	1,430	1,760	36,5	4,70	0,90
			Кислород				
16,5	1,5	0,414	0,174	0,240	17,0	2,07	0,655
27,2	2,0	0,666	0,280	0,385	18,9	2,33	0,687
44,8	2,5	0,978	0,412	0,566	21,1	2,62	0,726
73,9	3,0	1,330	0,563	0,772	23,9	2,93	0,772
122,0	3,5	1,720	0,726	0,991	27,2	3,26	0,842
201,0	4,0	2,110	0,894	1,210	30,7	3,59	0,879
331,0	4,5	2,480	1,060	1,420	34,6	3,90	0,936
546,0	5,0	2,830	1,220	1,610	38,4	4,20	0,991
900,0	5,5	3,170	1,390	1,780	42,1	4,47	1,040
1480,0	6,0	3,450	1,550	1,900	45,6	4,70	1,090
			Алюминий				
16,5	1,5	0,417	0,183	0,234	17,9	1,72	0,787
27,2	2,0	0,681	0,239	0,382	20,3	1,96	0,845
44,8	2,5	1,020	0,447	0,571	23,4	2,23	0,917
73,9	3,0	1,410	0,622	0,792	27,4	2,54	1,010
122,0	3,5	1,850	0,816	1,030	32,4	2,88	1,110
201,0	4,0	2,300	1,020	1,280	38,3	3,24	1,230
331,0	4,5	2,760	1,230	1,530	45,0	3,60	1,360
546,0	5,0	3,200	1,440	1,760	52,0	3,95	1,490
900,0	5,5	3,610	1,650	1,960	59,0	4,26	1,610
1480,0	6,0	3,980	1,860	2,120	65,6	4,54	1,720

E	U	$N_{пункт}$	$N_н$	$N_р$	F^4 МэВ	T, МэВ	n
			Кремний				
16,5	1,5	0,416	0,175	0,241	18,0	1,69	0,798
27,2	2,0	0,682	0,287	0,395	20,4	1,93	0,858
44,8	2,5	1,020	0,430	0,590	23,6	2,21	0,933
73,9	3,0	1,420	0,599	0,821	27,7	2,52	1,030
122,0	3,5	1,860	0,786	1,070	32,8	2,86	1,140
201,0	4,0	2,320	0,985	1,330	38,9	3,22	1,260
331,0	4,5	2,780	1,190	1,590	45,8	3,58	1,400
546,0	5,0	3,220	1,390	1,830	53,1	3,93	1,530
900,0	5,5	3,640	1,600	2,040	60,4	4,25	1,660
1480,0	6,0	4,020	1,800	2,220	67,3	4,53	1,780
			Железо				
16,5	1,5	0,390	0,178	0,212	19,1	1,32	1,07
27,2	2,0	0,663	0,302	0,361	22,6	1,53	1,21
44,8	2,5	1,030	0,469	0,559	27,2	1,78	1,37
73,9	3,0	1,480	0,675	0,802	33,4	2,07	1,59
122,0	3,5	1,990	0,914	1,080	41,8	2,40	1,86
201,0	4,0	2,560	1,180	1,380	52,5	2,78	2,18
331,0	4,5	3,150	1,460	1,690	65,6	3,17	2,54
546,0	5,0	3,730	1,740	1,990	80,6	3,57	2,92
900,0	5,5	4,300	2,040	2,260	96,3	3,94	3,29
1480,0	6,0	4,830	2,340	2,490	111,0	4,26	3,62
			Медь				
16,5	1,5	0,380	0,177	0,203	19,3	1,26	1,15
27,2	2,0	0,651	0,304	0,347	23,0	1,47	1,30
44,8	2,5	1,020	0,477	0,543	27,9	1,71	1,50
73,9	3,0	1,480	0,692	0,785	34,7	1,99	1,75
122,0	3,5	2,010	0,943	1,070	43,8	2,32	2,07
201,0	4,0	2,590	1,220	1,370	55,7	2,69	2,45
331,0	4,5	3,210	1,520	1,690	70,4	3,09	2,88
546,0	5,0	3,820	1,830	1,990	87,4	3,49	3,34
900,0	5,5	4,430	2,150	2,280	105,0	3,88	3,78
1480,0	6,0	4,990	2,470	2,520	123,0	4,21	4,19

E	U	$N_{\text{ущкл}}$	N_n	N_p	E^*, МэВ	T, МэВ	n
			Олово				
16,5	1,5	0,307	0,152	0,155	20,3	1,01	1,59
27,2	2,0	0,558	0,277	0,281	25,0	1,19	1,91
44,8	2,5	0,920	0,458	0,462	31,8	1,41	2,32
73,9	3,0	1,400	0,695	0,702	41,3	1,68	2,85
122,0	3,5	1,980	0,990	0,993	54,6	1,99	3,52
201,0	4,0	2,660	1,330	1,330	72,9	2,34	4,35
331,0	4,5	3,390	1,710	1,680	96,9	2,74	5,32
546,0	5,0	4,170	2,120	2,050	126,0	3,16	6,37
900,0	5,5	4,940	2,540	2,400	158,0	3,56	7,41
1480,0	6,0	5,700	2,990	2 710	189,0	3,92	8,35
			Свинец				
16,5	1,5	0,210	0,110	0,0998	20,4	0,824	2,26
27,2	2,0	0,415	0,218	0,1970	26,6	0,990	2,88
44,8	2,5	0,733	0,385	0,3480	35,6	1,190	3,70
73,9	3,0	1,190	0,625	0,5620	48,6	1,430	4,77
122,0	3,5	1,783	0,939	0,8406	67,3	1,720	6,13
201,0	4,0	2,500	1,320	1,1800	93,7	2,050	7,81
331,0	4,5	3,330	1,770	1,5600	129,0	2,440	9,78
546,0	5,0	4,250	2,280	1,9700	173,0	2,830	11,90
900,0	5,5	5,210	2,830	2,3800	220,0	3,210	13,90
1480,0	6,0	6,180	3,420	2,7600	267,0	3,550	15,70

Редактор *В. М. Лысенкина*
Технический редактор *М. И. Максимова*
Корректор *А. И. Зюбан*

Сдано в наб 07.01 86 Подп. в печ. 13 03 86 1,0 усл. п. л. 1,0 усл кр.-отт. 0,75 уч.-изд. л. Тир. 4000 Цена 5 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3.
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256. Зак. 89

gost.e-ecolog.ru