

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

# **АППАРАТЫ КОСМИЧЕСКИЕ**

## **ХАРАКТЕРИСТИКИ ВТОРИЧНОГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ КОНСТРУКЦИИ**

**Издание официальное**

БЗ 4—94/147

**ГОССТАНДАРТ РОССИИ  
Москва**

## **Предисловие**

**1 РАЗРАБОТАН** Московским инженерно-физическим институтом (МИФИ) и Всероссийским научно-исследовательским институтом стандартизации (ВНИИСтандарт) Госстандарта России

**2 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН** в действие Постановлением Госстандарта России от 1.11.94 № 257

**3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ**

© Издательство стандартов, 1995

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Госстандарта России

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	IV
1 Область применения . . . . .	1
2 Удельные характеристики вторичного гамма-излучения конструкционных материалов . . . . .	1
Приложение А Расчет удельных характеристик вторичного гамма-излучения материалов КА . . . . .	20
Приложение Б Расчет удельных характеристик для эллиптических орбит . . . .	21

## ВВЕДЕНИЕ

При определении поглощенной дозы излучения объектов на борту космических аппаратов и орбитальных станций (далее — КА), проведении спектрометрических измерений гамма-квантов средних энергий наряду с диффузным космическим гамма-фоном, атмосферными альбедными гамма-квантами, гамма-излучением дискретных галактических источников, солнечными гамма-всплесками и мгновенным гамма-излучением материалов конструкции КА под действием адронов космических лучей необходимо учитывать фон, обусловленный гамма-излучением активированных ядер, образующихся при взаимодействии высокоэнергетических протонов первичного космического излучения и радиационных поясов Земли, ядер He, C, O, ряда тяжелых ядер, а также нейтронов альbedo Земли с материалами КА и установленной на них аппаратурой. При длительных полетах гамма-фон наведенной активности от материалов КА становится определяющим в спектрометрических исследованиях, определяет радиационную обстановку на борту КА в области энергий гамма-квантов до 10 МэВ в зависимости от массы активируемого материала, параметров орбиты и продолжительности полета КА.

Приведенные в стандарте значения удельных характеристик вторичного гамма-излучения конструкционных материалов КА получены расчетно-экспериментальным путем, при этом:

— на первом этапе смоделирован процесс взаимодействия адронов (протонов и нейтронов) с веществом КА. В процессе статистического моделирования методом Монте-Карло задается энергия падающей частицы в соответствии со спектром, ее направление движения и координаты точки взаимодействия с материалом КА. В результате моделирования получены скорости образования активированных ядер, их энергии возбуждения и пространственное распределение в объеме элемента конструкции;

— на втором этапе расчета, с использованием результатов первого этапа, рассчитаны активности всех нуклидов, образовавшихся как в процессе активации материала излучением, так и в результате радиоактивных превращений активированных ядер, проведены расчеты спектрального состава и плотности рентгеновского и гамма-излучений. На основе полученных данных определены мощность дозы на внутренней поверхности конструкции КА для каждого диапазона энергий первичных частиц.

## ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

## АППАРАТЫ КОСМИЧЕСКИЕ

Характеристики вторичного гамма-излучения  
материалов конструкции

## SPACECRAFTS

Gamma-activity characteristics induced in  
structural materials

Дата введения 1995—07—01

## 1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящий стандарт устанавливает удельные характеристики вторичного гамма-излучения, возникающего в конструкционных материалах космических аппаратов, орбитальных станций, оборудования и аппаратуры, установленных на них (далее — КА), под действием протонов и нейтронов космических лучей для минимума солнечной активности в зависимости от продолжительности полета, параметров орбиты и толщины материалов.

Стандарт применяется при решении задач, связанных с радиационной защитой экипажей КА, систем и оборудования КА, в том числе радиоэлектронной аппаратуры, фотоматериалов и др., а также при проведении спектрометрических исследований в области энергий гамма-квантов до 10 МэВ.

2 УДЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВТОРИЧНОГО  
ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.1 Удельными характеристиками вторичного гамма-излучения являются плотность потока вторичного гамма-излучения, испускаемого с единицы площади поверхности конструкционного материала КА в телесный угол  $2\pi$ , и мощность поглощенной дозы излучения.

## 2.2 При расчете характеристик учитывались:

— потоки протонов интегрального спектра первичного космического излучения с учетом воздействия магнитного поля Земли;

— потоки нейтронов альбеда Земли с учетом геомагнитной широты и высоты круговой орбиты;

— возрастание интенсивности протонной компоненты в зоне Южно-Атлантической аномалии Земли.

Потоки протонов и нейтронов соответствуют минимуму солнечной активности.

2.3 Значения удельных характеристик вторичного гамма-излучения материалов КА на круговой орбите высотой 400 км и наклонением  $51^\circ$  для материалов, указанных в таблице 1, приведены в таблицах 2—17. Удельные характеристики представлены в виде дроби, в числителе которой указана плотность потока гамма-квантов (гамма-квант/см<sup>2</sup>с), а в знаменателе — мощность дозы (Гр/с).

Т а б л и ц а 1 — Основные конструкционные материалы корпуса КА, оборудования и защиты

Материалы корпуса, оборудования, защиты	Толщина, мм		
Алюминий	3	6	10
Титан	2,5	5	8
Железо	2	4	8
Медь	1	2	3
Вольфрам	15	30	
Свинец	15	30	

Т а б л и ц а 2 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой  $H = 400$  км и наклонением  $i = 51^\circ$  для алюминия толщиной 0,3 см

Время нахождения на орбите, сут	Диапазон энергий, МэВ				
	0,03—0,1	0,1—0,3	0,3—1,0	1,0—3,0	3,0—10,0
1	$\frac{1,31-4}{4,90-17}$	$\frac{5,30-4}{3,43-16}$	$\frac{3,68-3}{8,96-15}$	$\frac{1,81-2}{1,41-13}$	$\frac{9,57-5}{1,62-15}$
10	$\frac{1,44-4}{5,40-17}$	$\frac{5,52-4}{3,57-16}$	$\frac{3,83-3}{9,30-15}$	$\frac{2,66-2}{2,06-13}$	$\frac{9,57-5}{1,62-15}$
30	$\frac{1,45-4}{5,44-17}$	$\frac{5,59-4}{3,62-16}$	$\frac{3,83-3}{9,30-15}$	$\frac{2,67-2}{2,07-13}$	$\frac{9,57-5}{1,62-15}$
100	$\frac{1,45-4}{5,44-17}$	$\frac{5,60-4}{3,63-16}$	$\frac{3,84-3}{9,32-15}$	$\frac{2,71-2}{2,10-13}$	$\frac{9,57-5}{1,62-15}$
180	$\frac{1,45-4}{5,44-17}$	$\frac{5,64-4}{3,65-16}$	$\frac{3,85-3}{9,34-15}$	$\frac{2,75-2}{2,14-13}$	$\frac{9,57-5}{1,62-15}$
360	$\frac{1,46-4}{5,48-17}$	$\frac{5,70-4}{3,69-16}$	$\frac{3,87-3}{9,40-15}$	$\frac{2,83-2}{2,20-13}$	$\frac{9,57-5}{1,62-15}$
720	$\frac{1,49-4}{5,59-17}$	$\frac{5,76-4}{3,73-16}$	$\frac{3,89-3}{9,45-15}$	$\frac{2,95-2}{2,29-13}$	$\frac{9,57-5}{1,62-15}$
1095	$\frac{1,52-4}{5,70-17}$	$\frac{5,83-4}{3,79-16}$	$\frac{3,91-3}{9,49-15}$	$\frac{3,07-2}{2,38-13}$	$\frac{9,57-5}{1,62-15}$
1825	$\frac{1,55-4}{5,81-17}$	$\frac{5,94-4}{3,84-16}$	$\frac{3,96-3}{9,62-15}$	$\frac{3,22-2}{2,50-13}$	$\frac{9,57-5}{1,62-15}$
3650	$\frac{1,59-4}{5,96-17}$	$\frac{6,01-4}{3,90-16}$	$\frac{3,99-3}{9,71-15}$	$\frac{3,33-2}{2,59-13}$	$\frac{9,57-5}{1,62-15}$

Т а б л и ц а 3 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой  $H \approx 400$  км и наклонением  $i = 51^\circ$  для алюминия толщиной 0,6 см

Время нахождения на орбите, сут	Диапазон энергий, МэВ				
	0,03—0,1	0,1—0,3	0,3—1,0	1,0—3,0	3,0—10,0
1	$\frac{3,78-4}{1,42-16}$	$\frac{1,29-3}{9,33-16}$	$\frac{7,57-3}{1,84-14}$	$\frac{3,58-2}{2,79-13}$	$\frac{1,90-4}{3,21-15}$
10	$\frac{4,15-4}{1,56-16}$	$\frac{1,40-3}{9,05-16}$	$\frac{7,95-3}{1,94-14}$	$\frac{5,27-2}{4,10-13}$	$\frac{1,90-4}{3,21-15}$
30	$\frac{4,17-4}{1,57-16}$	$\frac{1,40-3}{9,06-16}$	$\frac{7,96-3}{1,94-14}$	$\frac{5,30-2}{4,12-13}$	$\frac{1,90-4}{3,21-15}$
100	$\frac{4,20-4}{1,58-16}$	$\frac{1,41-3}{9,08-16}$	$\frac{7,99-3}{1,95-14}$	$\frac{5,36-2}{4,17-13}$	$\frac{1,91-4}{3,23-15}$
180	$\frac{4,22-4}{1,59-16}$	$\frac{1,41-3}{9,10-16}$	$\frac{8,02-3}{1,96-14}$	$\frac{5,49-2}{4,23-13}$	$\frac{1,91-4}{3,23-15}$
360	$\frac{4,26-4}{1,60-16}$	$\frac{1,43-3}{9,24-16}$	$\frac{8,06-3}{1,95-14}$	$\frac{5,59-2}{4,34-13}$	$\frac{1,91-4}{3,23-15}$
720	$\frac{4,35-4}{1,64-16}$	$\frac{1,45-3}{9,37-16}$	$\frac{8,15-3}{1,98-14}$	$\frac{5,84-2}{4,55-13}$	$\frac{1,91-4}{3,23-15}$
1095	$\frac{4,42-4}{1,66-16}$	$\frac{1,47-3}{9,49-16}$	$\frac{8,21-3}{2,00-14}$	$\frac{6,04-2}{4,70-13}$	$\frac{1,91-4}{3,23-15}$
1825	$\frac{4,50-4}{1,69-16}$	$\frac{1,50-3}{9,70-16}$	$\frac{8,32-3}{2,02-14}$	$\frac{6,37-2}{4,95-13}$	$\frac{1,91-4}{3,23-15}$
3650	$\frac{4,55-4}{1,71-16}$	$\frac{1,55-3}{1,00-15}$	$\frac{8,40-3}{2,04-14}$	$\frac{6,61-2}{5,14-13}$	$\frac{1,91-4}{3,23-15}$



Т а б л и ц а 4 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой  $H = 400$  км и наклонением  $i = 51^\circ$  для алюминия толщиной 1,0 см

Время нахождения на орбите, сут	Диапазон энергий, МэВ				
	0,03—0,1	0,1—0,3	0,3—1,0	1,0—3,0	3,0—10,0
1	$\frac{9,84-4}{3,70-16}$	$\frac{2,94-3}{1,90-15}$	$\frac{1,45-2}{3,51-14}$	$\frac{5,89-2}{4,58-13}$	$\frac{3,41-4}{5,77-15}$
10	$\frac{1,09-3}{4,10-16}$	$\frac{3,22-3}{2,09-15}$	$\frac{1,55-2}{3,75-14}$	$\frac{8,63-2}{6,71-13}$	$\frac{3,41-4}{5,77-15}$
30	$\frac{1,09-3}{4,10-16}$	$\frac{3,22-3}{2,09-15}$	$\frac{1,56-2}{3,80-14}$	$\frac{8,67-2}{6,74-13}$	$\frac{3,41-4}{5,77-15}$
100	$\frac{1,10-3}{4,11-16}$	$\frac{3,24-3}{2,10-15}$	$\frac{1,56-2}{3,80-14}$	$\frac{8,81-2}{6,85-13}$	$\frac{3,41-4}{5,77-15}$
180	$\frac{1,11-3}{4,15-16}$	$\frac{3,27-3}{2,12-15}$	$\frac{1,57-2}{3,81-14}$	$\frac{8,94-2}{6,95-13}$	$\frac{3,41-4}{5,77-15}$
360	$\frac{1,12-3}{4,19-16}$	$\frac{3,31-3}{2,15-15}$	$\frac{1,59-2}{3,86-14}$	$\frac{9,25-2}{7,19-13}$	$\frac{3,41-4}{5,77-15}$
720	$\frac{1,15-3}{4,30-16}$	$\frac{3,37-3}{2,19-15}$	$\frac{1,61-2}{3,91-14}$	$\frac{9,68-2}{7,53-13}$	$\frac{3,41-4}{5,77-15}$
1095	$\frac{1,17-3}{4,38-16}$	$\frac{3,44-3}{2,23-15}$	$\frac{1,63-2}{3,95-14}$	$\frac{1,02-1}{7,90-13}$	$\frac{3,41-4}{5,77-15}$
1825	$\frac{1,20-3}{4,49-16}$	$\frac{3,51-3}{2,28-15}$	$\frac{1,66-2}{4,03-14}$	$\frac{1,07-1}{8,29-13}$	$\frac{3,41-4}{5,77-15}$
3650	$\frac{1,23-3}{4,60-16}$	$\frac{3,56-3}{2,31-15}$	$\frac{1,68-2}{4,08-14}$	$\frac{1,10-1}{8,53-13}$	$\frac{3,41-4}{5,77-15}$

Т а б л и ц а 5 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой  $H = 400$  км и наклонением  $i = 51^\circ$  для железа толщиной 0,2 см

Время нахождения на орбите, сут	Диапазон энергий, МэВ				
	0,03—0,1	0,1—0,3	0,3—1,0	1,0—3,0	3,0—16,0
1	$\frac{4,16-4}{1,56-16}$	$\frac{1,10-3}{7,12-16}$	$\frac{8,51-3}{2,07-14}$	$\frac{4,30-3}{3,35-14}$	$\frac{8,23-5}{1,39-15}$
10	$\frac{7,66-4}{2,87-16}$	$\frac{2,18-3}{1,41-15}$	$\frac{2,12-2}{5,17-14}$	$\frac{1,14-2}{8,88-14}$	$\frac{2,79-4}{4,72-15}$
30	$\frac{9,80-4}{3,68-16}$	$\frac{2,86-3}{1,85-15}$	$\frac{1,4-2}{7,63-14}$	$\frac{1,79-2}{1,39-13}$	$\frac{6,69-4}{1,13-14}$
100	$\frac{1,32-3}{4,94-16}$	$\frac{3,84-3}{2,50-15}$	$\frac{4,65-2}{1,13-13}$	$\frac{2,82-2}{2,19-13}$	$\frac{1,59-3}{2,69-14}$
180	$\frac{1,51-3}{5,67-16}$	$\frac{4,43-3}{2,87-15}$	$\frac{5,63-2}{1,37-13}$	$\frac{3,37-2}{2,63-13}$	$\frac{2,14-3}{3,62-14}$
360	$\frac{1,73-3}{6,50-16}$	$\frac{5,12-3}{3,32-15}$	$\frac{6,71-2}{1,63-13}$	$\frac{3,82-2}{2,97-13}$	$\frac{2,57-3}{4,34-14}$
720	$\frac{1,90-3}{7,14-16}$	$\frac{5,74-3}{3,71-15}$	$\frac{7,70-2}{1,87-13}$	$\frac{3,93-2}{3,06-13}$	$\frac{2,66-3}{4,50-14}$
1095	$\frac{1,95-3}{7,34-16}$	$\frac{5,88-3}{3,81-15}$	$\frac{7,94-2}{1,93-13}$	$\frac{3,94-2}{3,06-13}$	$\frac{2,68-3}{4,53-14}$
1825	$\frac{2,00-3}{7,53-16}$	$\frac{6,05-3}{3,92-15}$	$\frac{8,24-2}{2,00-13}$	$\frac{3,94-2}{3,06-13}$	$\frac{2,68-3}{4,54-14}$
3650	$\frac{2,04-3}{7,68-16}$	$\frac{6,19-3}{4,01-15}$	$\frac{8,33-2}{2,02-13}$	$\frac{3,95-2}{3,07-13}$	$\frac{2,69-3}{4,45-14}$

Т а б л и ц а 6 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой  $H = 400$  км и наклонением  $i = 51^\circ$  для железа толщиной 0,4 см

Время нахождения на орбите, сут	Диапазон энергий, МэВ				
	0,03—0,1	0,1—0,3	0,3—1,0	1,0—3,0	3,0—10,0
1	$\frac{1,30-3}{4,87-16}$	$\frac{3,35-3}{2,17-15}$	$\frac{1,86-3}{4,53-14}$	$\frac{8,44-3}{6,57-14}$	$\frac{1,61-4}{2,73-15}$
10	$\frac{2,63-3}{9,89-16}$	$\frac{7,10-3}{4,60-15}$	$\frac{4,67-2}{1,14-13}$	$\frac{2,22-2}{1,73-13}$	$\frac{5,48-4}{9,27-15}$
30	$\frac{3,56-3}{1,34-15}$	$\frac{9,76-3}{6,32-15}$	$\frac{6,89-2}{1,67-13}$	$\frac{3,48-2}{2,78-13}$	$\frac{1,30-3}{2,19-14}$
100	$\frac{4,96-3}{1,75-15}$	$\frac{1,37-2}{8,88-15}$	$\frac{1,03-1}{2,50-13}$	$\frac{5,50-2}{4,28-13}$	$\frac{3,10-3}{5,25-14}$
180	$\frac{5,79-3}{2,18-15}$	$\frac{1,61-2}{1,05-14}$	$\frac{1,24-1}{3,01-13}$	$\frac{6,57-2}{5,11-13}$	$\frac{4,17-3}{7,05-14}$
360	$\frac{6,68-3}{2,51-15}$	$\frac{1,88-2}{1,22-14}$	$\frac{1,48-1}{3,59-13}$	$\frac{7,46-2}{5,81-13}$	$\frac{5,00-3}{8,46-14}$
720	$\frac{7,42-3}{2,78-15}$	$\frac{2,08-2}{1,35-14}$	$\frac{1,68-1}{4,09-13}$	$\frac{7,66-2}{5,96-13}$	$\frac{5,21-3}{8,80-14}$
1095	$\frac{7,74-3}{2,90-15}$	$\frac{2,17-2}{1,40-14}$	$\frac{1,76-1}{4,28-13}$	$\frac{7,67-2}{5,96-13}$	$\frac{5,23-3}{8,84-14}$
1825	$\frac{7,94-3}{2,99-15}$	$\frac{2,22-2}{1,44-14}$	$\frac{1,82-1}{4,43-13}$	$\frac{7,69-2}{5,98-13}$	$\frac{5,23-3}{8,84-14}$
3650	$\frac{8,16-3}{3,07-15}$	$\frac{2,34-2}{1,46-14}$	$\frac{1,86-1}{4,53-13}$	$\frac{7,70-2}{5,99-13}$	$\frac{5,23-3}{8,85-14}$

Т а б л и ц а 7 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой  $H = 400$  км и наклонением  $i = 51^\circ$  для железа толщиной 0,8 см

Время нахождения на орбите, сут	Диапазон энергий, МэВ				
	0,03—0,1	0,1—0,3	0,3—1,0	1,0—3,0	3,0—10,0
1	$\frac{3,07-3}{1,15-15}$	$\frac{8,11-3}{5,26-15}$	$\frac{3,36-2}{8,18-14}$	$\frac{1,35-2}{1,05-13}$	$\frac{3,26-4}{5,51-15}$
10	$\frac{6,37-3}{2,39-15}$	$\frac{1,73-2}{1,12-14}$	$\frac{8,06-2}{1,95-13}$	$\frac{3,31-2}{2,57-13}$	$\frac{8,39-4}{1,42-14}$
30	$\frac{8,77-3}{3,30-15}$	$\frac{2,42-2}{1,57-14}$	$\frac{1,17-1}{2,84-13}$	$\frac{5,02-2}{3,91-13}$	$\frac{1,85-3}{3,13-14}$
100	$\frac{1,24-2}{4,68-15}$	$\frac{3,46-2}{2,24-14}$	$\frac{1,75-1}{4,26-13}$	$\frac{7,78-2}{6,05-13}$	$\frac{4,24-3}{7,18-14}$
180	$\frac{1,47-2}{5,52-15}$	$\frac{4,06-2}{2,63-14}$	$\frac{2,12-1}{5,16-13}$	$\frac{9,31-2}{7,24-13}$	$\frac{5,65-3}{9,56-14}$
360	$\frac{1,72-2}{6,47-15}$	$\frac{4,77-2}{3,09-14}$	$\frac{2,58-1}{6,26-13}$	$\frac{1,04-1}{8,09-13}$	$\frac{6,70-3}{1,14-13}$
720	$\frac{1,91-2}{7,18-15}$	$\frac{5,32-2}{3,45-14}$	$\frac{2,95-1}{7,17-13}$	$\frac{1,08-1}{8,40-13}$	$\frac{7,03-3}{1,19-13}$
1095	$\frac{2,01-2}{7,57-15}$	$\frac{5,58-2}{3,62-14}$	$\frac{3,12-1}{7,58-13}$	$\frac{1,08-1}{8,40-13}$	$\frac{7,04-3}{1,19-13}$
1825	$\frac{2,07-2}{7,79-15}$	$\frac{5,75-2}{3,72-14}$	$\frac{3,21-1}{7,80-13}$	$\frac{1,08-1}{8,41-13}$	$\frac{7,05-3}{1,20-13}$
3650	$\frac{2,12-2}{7,94-15}$	$\frac{5,86-2}{3,79-14}$	$\frac{3,27-1}{7,96-13}$	$\frac{1,09-1}{8,48-13}$	$\frac{7,06-3}{1,21-13}$

Т а б л и ц а 8 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой  $H = 400$  км и наклоном  $i = 51^\circ$  для титана толщиной 0,25 см

Время нахождения на орбите, сут	Диапазон энергий, МэВ				
	0,03—0,1	0,1—0,3	0,3—1,0	1,0—3,0	3,0—10,0
1	$\frac{9,68-4}{3,64-16}$	$\frac{6,16-3}{3,99-15}$	$\frac{2,09-2}{5,08-14}$	$\frac{8,25-3}{6,42-14}$	$\frac{6,31-5}{1,07-15}$
10	$\frac{2,75-3}{1,03-15}$	$\frac{2,22-2}{1,44-14}$	$\frac{2,88-2}{7,0-14}$	$\frac{2,09-2}{1,63-13}$	$\frac{6,31-5}{1,07-15}$
30	$\frac{3,12-3}{1,17-15}$	$\frac{2,51-2}{1,63-14}$	$\frac{3,47-2}{8,44-14}$	$\frac{2,64-2}{2,05-13}$	$\frac{6,31-5}{1,07-15}$
100	$\frac{3,30-3}{1,24-15}$	$\frac{2,56-2}{1,66-14}$	$\frac{4,51-2}{1,10-13}$	$\frac{3,55-2}{2,76-13}$	$\frac{6,32-5}{1,07-15}$
180	$\frac{3,39-3}{1,27-15}$	$\frac{2,59-2}{1,68-14}$	$\frac{5,07-2}{1,23-13}$	$\frac{4,05-2}{3,15-13}$	$\frac{6,32-5}{1,07-15}$
360	$\frac{3,48-3}{1,31-15}$	$\frac{2,60-2}{1,69-14}$	$\frac{5,53-2}{1,34-13}$	$\frac{4,46-2}{3,46-13}$	$\frac{6,33-5}{1,08-15}$
720	$\frac{3,54-3}{1,33-15}$	$\frac{2,61-2}{1,69-14}$	$\frac{5,66-2}{1,38-13}$	$\frac{4,58-2}{3,56-13}$	$\frac{6,33-5}{1,08-15}$
1095	$\frac{3,56-3}{1,34-15}$	$\frac{2,62-2}{1,70-14}$	$\frac{5,67-2}{1,38-13}$	$\frac{4,58-2}{3,56-13}$	$\frac{6,33-5}{1,08-15}$
1825	$\frac{3,63-3}{1,36-15}$	$\frac{2,62-2}{1,70-14}$	$\frac{5,67-2}{1,39-13}$	$\frac{4,60-2}{3,58-13}$	$\frac{6,34-5}{1,08-15}$
3650	$\frac{3,64-3}{1,37-15}$	$\frac{2,63-2}{1,71-14}$	$\frac{5,68-2}{1,40-13}$	$\frac{4,64-2}{3,61-13}$	$\frac{6,34-5}{1,08-15}$

Т а б л и ц а 9 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой  $H = 400$  км и наклоном  $i = 51^\circ$  для титана толщиной 0,50 см

Время нахождения на орбите, сут	Диапазон энергий, МэВ				
	0,03—0,1	0,1—0,3	0,3—1,0	1,0—3,0	3,0—10,0
1	$\frac{6,57-3}{2,47-15}$	$\frac{2,13-2}{1,38-14}$	$\frac{4,99-2}{1,21-13}$	$\frac{1,67-2}{1,30-13}$	$\frac{1,29-4}{2,18-15}$
10	$\frac{1,76-2}{6,61-15}$	$\frac{6,03-2}{3,91-14}$	$\frac{7,26-2}{1,76-13}$	$\frac{4,2-2}{3,27-13}$	$\frac{1,29-4}{2,18-15}$
30	$\frac{2,0-2}{7,50-15}$	$\frac{6,82-2}{4,42-14}$	$\frac{8,84-2}{2,15-13}$	$\frac{5,32-2}{4,14-13}$	$\frac{1,29-4}{2,18-15}$
100	$\frac{2,12-2}{7,97-15}$	$\frac{7,19-2}{4,66-14}$	$\frac{1,17-1}{2,84-13}$	$\frac{7,12-2}{5,54-13}$	$\frac{1,29-4}{2,18-15}$
180	$\frac{2,19-2}{8,23-15}$	$\frac{7,39-2}{4,79-14}$	$\frac{1,32-1}{3,21-13}$	$\frac{8,10-2}{6,30-13}$	$\frac{1,30-4}{2,20-15}$
360	$\frac{2,25-2}{8,45-15}$	$\frac{7,55-2}{4,89-14}$	$\frac{1,45-1}{3,52-13}$	$\frac{8,91-2}{6,93-13}$	$\frac{1,30-4}{2,20-15}$
720	$\frac{2,27-2}{8,52-15}$	$\frac{7,59-2}{4,92-14}$	$\frac{1,49-1}{3,61-13}$	$\frac{9,15-2}{7,12-13}$	$\frac{1,30-4}{2,20-15}$
1095	$\frac{2,28-2}{8,56-15}$	$\frac{7,59-2}{4,92-14}$	$\frac{1,49-1}{3,62-13}$	$\frac{9,17-2}{7,13-13}$	$\frac{1,31-4}{2,22-15}$
1825	$\frac{2,29-2}{8,60-15}$	$\frac{7,60-2}{4,93-14}$	$\frac{1,49-1}{3,62-13}$	$\frac{9,19-2}{7,15-13}$	$\frac{1,31-4}{2,22-15}$
3650	$\frac{2,31-2}{8,67-15}$	$\frac{7,62-2}{4,94-14}$	$\frac{1,50-1}{3,64-13}$	$\frac{9,20-2}{7,16-13}$	$\frac{1,32-4}{2,23-15}$

Таблица 10 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой  $H = 400$  км и наклонением  $i = 51^\circ$  для титана толщиной 0,8 см

Время нахождения на орбите, сут	Диапазон энергий, МэВ				
	0,03—0,1	0,1—0,3	0,3—1,0	1,0—3,0	3,0—10,0
1	$\frac{1,74-2}{6,53-15}$	$\frac{4,92-2}{3,19-14}$	$\frac{9,85-2}{2,39-13}$	$\frac{2,81-2}{2,19-13}$	$\frac{2,07-4}{3,50-15}$
10	$\frac{4,86-2}{1,82-14}$	$\frac{1,35-1}{8,75-14}$	$\frac{1,57-1}{3,82-13}$	$\frac{7,61-2}{5,92-13}$	$\frac{2,07-4}{3,50-15}$
30	$\frac{5,70-2}{2,14-14}$	$\frac{1,58-1}{1,02-13}$	$\frac{2,21-1}{5,36-13}$	$\frac{1,12-1}{8,71-13}$	$\frac{2,07-4}{3,50-15}$
100	$\frac{6,47-2}{2,43-14}$	$\frac{1,80-1}{1,17-13}$	$\frac{3,63-1}{8,82-13}$	$\frac{1,90-1}{1,48-12}$	$\frac{2,07-4}{3,50-15}$
180	$\frac{6,95-2}{2,61-14}$	$\frac{1,94-1}{1,26-13}$	$\frac{4,49-1}{1,09-12}$	$\frac{2,37-1}{1,84-12}$	$\frac{2,08-4}{3,51-15}$
360	$\frac{7,34-2}{2,76-14}$	$\frac{2,05-1}{1,33-13}$	$\frac{5,19-1}{1,26-12}$	$\frac{2,75-1}{2,14-12}$	$\frac{2,08-4}{3,51-15}$
720	$\frac{7,45-2}{2,80-14}$	$\frac{2,07-1}{1,34-13}$	$\frac{5,39-1}{1,31-12}$	$\frac{2,86-1}{2,23-12}$	$\frac{2,08-4}{3,51-15}$
1095	$\frac{7,47-2}{2,81-14}$	$\frac{2,08-1}{1,35-13}$	$\frac{5,40-1}{1,31-12}$	$\frac{2,88-1}{2,24-12}$	$\frac{2,09-4}{3,53-15}$
1825	$\frac{7,50-2}{2,82-14}$	$\frac{2,09-1}{1,35-13}$	$\frac{5,41-1}{1,32-12}$	$\frac{2,88-1}{2,24-12}$	$\frac{2,09-4}{3,53-15}$
3650	$\frac{7,52-2}{2,83-14}$	$\frac{2,10-1}{1,36-13}$	$\frac{5,42-1}{1,32-12}$	$\frac{2,90-1}{2,25-12}$	$\frac{2,09-4}{3,53-15}$

Таблица 11 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой  $H = 400$  км и наклоном  $i = 51^\circ$  для меди толщиной 0,1 см

Время нахождения на орбите, сут	Диапазон энергий, МэВ				
	0,03—0,1	0,1—0,3	0,3—1,0	1,0—3,0	3,0—10,0
1	$\frac{1,52-3}{5,71-16}$	$\frac{3,96-3}{2,57-15}$	$\frac{1,78-2}{4,33-14}$	$\frac{1,78-3}{1,38-14}$	$\frac{3,85-5}{6,51-16}$
10	$\frac{1,75-3}{6,58-16}$	$\frac{4,77-3}{3,09-15}$	$\frac{2,38-2}{5,78-14}$	$\frac{2,75-3}{2,14-14}$	$\frac{5,10-5}{8,62-16}$
30	$\frac{1,88-3}{7,06-16}$	$\frac{5,43-3}{3,52-15}$	$\frac{2,68-2}{6,52-14}$	$\frac{3,41-3}{2,65-14}$	$\frac{7,68-5}{1,30-15}$
100	$\frac{2,24-3}{8,42-16}$	$\frac{7,22-3}{4,68-15}$	$\frac{3,32-2}{8,07-14}$	$\frac{4,77-3}{3,71-14}$	$\frac{1,39-4}{2,35-15}$
180	$\frac{2,55-3}{9,58-16}$	$\frac{8,80-3}{5,70-15}$	$\frac{3,67-2}{8,92-14}$	$\frac{5,72-3}{4,45-14}$	$\frac{1,76-4}{2,98-15}$
360	$\frac{2,99-3}{1,12-15}$	$\frac{1,12-2}{7,26-15}$	$\frac{3,94-2}{9,58-14}$	$\frac{7,04-3}{5,48-14}$	$\frac{2,05-4}{3,47-15}$
720	$\frac{3,48-3}{1,31-15}$	$\frac{1,39-2}{9,01-15}$	$\frac{4,03-2}{9,79-14}$	$\frac{8,18-3}{6,36-14}$	$\frac{2,12-4}{3,58-15}$
1095	$\frac{3,59-3}{1,35-15}$	$\frac{1,45-2}{9,40-15}$	$\frac{4,05-2}{9,85-14}$	$\frac{8,49-3}{6,61-14}$	$\frac{2,13-4}{3,60-15}$
1825	$\frac{3,72-3}{1,40-15}$	$\frac{1,52-2}{9,85-15}$	$\frac{4,07-2}{9,89-14}$	$\frac{9,35-3}{7,27-14}$	$\frac{2,13-4}{3,60-15}$
3650	$\frac{3,81-3}{1,43-15}$	$\frac{1,57-2}{1,02-14}$	$\frac{4,09-2}{9,94-14}$	$\frac{9,51-3}{7,40-14}$	$\frac{2,14-4}{3,62-15}$



Т а б л и ц а 12 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой  $H = 400$  км и наклоном  $i = 51^\circ$  для меди толщиной 0,2 см

Время нахождения на орбите, сут	Диапазон энергий, МэВ				
	0,03—0,1	0,1—0,3	0,3—1,0	1,0—3,0	3,0—10,0
1	$\frac{2,86-3}{1,07-15}$	$\frac{9,06-3}{5,87-15}$	$\frac{3,56-2}{8,65-14}$	$\frac{3,52-3}{2,74-14}$	$\frac{5,50-5}{9,30-16}$
10	$\frac{3,41-3}{1,28-15}$	$\frac{1,09-2}{7,06-15}$	$\frac{4,77-2}{1,16-13}$	$\frac{5,46-3}{4,25-14}$	$\frac{1,02-4}{1,72-15}$
30	$\frac{3,78-3}{1,42-15}$	$\frac{1,23-2}{7,97-15}$	$\frac{5,39-2}{1,31-13}$	$\frac{6,73-3}{5,24-14}$	$\frac{1,53-4}{2,59-15}$
100	$\frac{4,71-3}{1,77-15}$	$\frac{1,57-2}{1,02-14}$	$\frac{6,69-2}{1,63-13}$	$\frac{9,42-3}{7,33-14}$	$\frac{2,77-4}{4,68-15}$
180	$\frac{5,48-3}{2,06-15}$	$\frac{1,87-2}{1,21-14}$	$\frac{7,44-2}{1,81-13}$	$\frac{1,13-2}{8,79-14}$	$\frac{3,50-4}{5,92-15}$
360	$\frac{6,60-3}{2,48-15}$	$\frac{2,31-2}{1,50-14}$	$\frac{7,98-2}{1,94-13}$	$\frac{1,37-2}{1,07-13}$	$\frac{4,05-4}{6,85-15}$
720	$\frac{7,70-3}{2,89-15}$	$\frac{2,78-2}{1,80-14}$	$\frac{8,18-2}{1,99-13}$	$\frac{1,60-2}{1,24-13}$	$\frac{4,18-4}{7,07-15}$
1095	$\frac{8,14-3}{3,06-15}$	$\frac{2,93-2}{1,90-14}$	$\frac{8,20-2}{2,0-13}$	$\frac{1,69-2}{1,31-13}$	$\frac{4,20-4}{7,10-15}$
1825	$\frac{8,38-3}{3,15-15}$	$\frac{3,0-2}{1,94-14}$	$\frac{8,25-2}{2,01-13}$	$\frac{1,85-2}{1,44-13}$	$\frac{4,20-4}{7,10-15}$
3650	$\frac{8,52-3}{3,20-15}$	$\frac{3,08-2}{2,0-14}$	$\frac{8,29-2}{2,02-13}$	$\frac{1,88-2}{1,46-13}$	$\frac{4,21-4}{7,12-15}$

Т а б л и ц а 13 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой  $H = 400$  км и наклоном  $i = 51^\circ$  для меди толщиной 0,3 см

Время нахождения на орбите, сут	Диапазон энергий, МэВ				
	0,03—0,1	0,1—0,3	0,3—1,0	1,0—3,0	3,0—10,0
1	$\frac{3,83-3}{1,44-15}$	$\frac{1,42-2}{9,20-15}$	$\frac{4,66-2}{1,13-13}$	$\frac{5,81-3}{4,52-14}$	$\frac{1,03-4}{1,74-15}$
10	$\frac{4,66-3}{1,75-15}$	$\frac{1,70-2}{1,10-14}$	$\frac{6,16-2}{1,50-13}$	$\frac{8,98-3}{6,99-14}$	$\frac{1,22-4}{2,06-15}$
30	$\frac{5,19-3}{1,95-15}$	$\frac{1,89-2}{1,23-14}$	$\frac{6,88-2}{1,67-13}$	$\frac{1,05-2}{8,17-14}$	$\frac{1,65-4}{2,79-15}$
100	$\frac{6,49-3}{2,44-15}$	$\frac{2,33-2}{1,51-14}$	$\frac{8,40-2}{2,04-13}$	$\frac{1,38-2}{1,07-13}$	$\frac{2,75-4}{4,65-15}$
180	$\frac{7,61-3}{2,86-15}$	$\frac{2,73-2}{1,77-14}$	$\frac{9,24-2}{2,25-13}$	$\frac{1,61-2}{1,25-13}$	$\frac{3,41-4}{5,77-15}$
360	$\frac{9,24-3}{3,47-15}$	$\frac{3,30-2}{2,14-14}$	$\frac{9,92-2}{2,41-13}$	$\frac{1,93-2}{1,50-13}$	$\frac{3,92-4}{6,63-15}$
720	$\frac{1,09-2}{4,10-15}$	$\frac{3,89-2}{2,52-14}$	$\frac{1,02-1}{2,48-13}$	$\frac{2,29-2}{1,78-13}$	$\frac{4,03-4}{6,81-15}$
1095	$\frac{1,15-2}{4,32-15}$	$\frac{4,11-2}{2,66-14}$	$\frac{1,02-1}{2,48-13}$	$\frac{2,51-2}{1,95-13}$	$\frac{4,05-4}{6,85-15}$
1825	$\frac{1,17-2}{4,40-15}$	$\frac{4,22-2}{2,74-14}$	$\frac{1,03-1}{2,50-13}$	$\frac{2,69-2}{2,09-13}$	$\frac{4,05-4}{6,85-15}$
3650	$\frac{1,19-2}{4,47-15}$	$\frac{4,31-2}{2,79-14}$	$\frac{1,04-1}{2,53-13}$	$\frac{2,73-2}{2,12-13}$	$\frac{4,06-4}{6,87-15}$

Т а б л и ц а 14 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой  $H = 400$  км и наклоном  $i = 51^\circ$  для свинца толщиной 1,5 см

Время нахождения на орбите, сут	Диапазон энергий, МэВ				
	0,03—0,1	0,1—0,3	0,3—1,0	1,0—3,0	3,0—16,0
1	$\frac{4,55-2}{1,71-14}$	$\frac{1,44-1}{9,33-14}$	$\frac{8,93-1}{2,17-12}$	$\frac{1,54-1}{1,20-12}$	$\frac{1,94-5}{3,28-16}$
10	$\frac{7,22-2}{2,71-14}$	$\frac{2,39-1}{1,55-13}$	$\frac{1,34}{3,26-12}$	$\frac{2,95-1}{2,30-12}$	$\frac{2,75-5}{4,65-16}$
30	$\frac{7,96-2}{2,99-14}$	$\frac{2,62-1}{1,70-13}$	$\frac{1,494}{3,63-12}$	$\frac{3,56-1}{2,77-12}$	$\frac{2,79-5}{4,72-16}$
100	$\frac{8,18-2}{3,07-14}$	$\frac{2,68-1}{1,74-13}$	$\frac{1,538}{3,74-12}$	$\frac{3,83-1}{2,98-12}$	$\frac{2,80-5}{4,73-16}$
180	$\frac{8,20-2}{3,08-14}$	$\frac{2,68-1}{1,74-13}$	$\frac{1,540}{3,75-12}$	$\frac{3,85-1}{3,0-12}$	$\frac{2,80-5}{4,73-16}$
360	$\frac{8,21-2}{3,09-14}$	$\frac{2,69-1}{1,74-13}$	$\frac{1,542}{3,75-12}$	$\frac{3,87-1}{3,01-12}$	$\frac{2,80-5}{4,73-16}$
720	$\frac{8,24-2}{3,10-14}$	$\frac{2,70-1}{1,75-13}$	$\frac{1,546}{3,76-12}$	$\frac{3,90-1}{3,03-12}$	$\frac{2,80-5}{4,73-16}$
1095	$\frac{8,26-2}{3,11-14}$	$\frac{2,71-1}{1,76-13}$	$\frac{1,550}{3,77-12}$	$\frac{3,93-1}{3,06-12}$	$\frac{2,80-5}{4,73-16}$
1825	$\frac{8,30-2}{3,12-14}$	$\frac{2,72-1}{1,76-13}$	$\frac{1,555}{3,78-12}$	$\frac{3,98-1}{3,10-12}$	$\frac{2,80-5}{4,73-16}$
3650	$\frac{8,35-2}{3,13-4}$	$\frac{2,73-1}{1,77-13}$	$\frac{1,559}{3,79-12}$	$\frac{4,02-1}{3,13-12}$	$\frac{2,81-5}{4,75-16}$

Т а б л и ц а 15 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой  $H = 400$  км и наклоном  $i = 51^\circ$  для свинца толщиной 3,0 см

Время нахождения на орбите, сут	Диапазон энергий, МэВ				
	0,03—0,1	0,1—0,3	0,3—1,0	1,0—3,0	3,0—16,0
1	$\frac{6,79-2}{2,55-14}$	$\frac{2,01-1}{1,30-13}$	$\frac{1,06}{2,58-12}$	$\frac{1,93-1}{1,51-12}$	$\frac{2,94-5}{4,98-16}$
10	$\frac{1,08-1}{4,04-14}$	$\frac{3,33-1}{2,16-13}$	$\frac{1,59}{3,88-12}$	$\frac{3,71-1}{2,89-12}$	$\frac{4,17-5}{7,05-16}$
30	$\frac{1,19-1}{4,46-14}$	$\frac{3,65-1}{2,37-13}$	$\frac{1,78}{4,31-12}$	$\frac{4,47-1}{3,48-12}$	$\frac{4,23-5}{7,16-16}$
100	$\frac{1,22-1}{4,58-14}$	$\frac{3,73-1}{2,42-13}$	$\frac{1,82}{4,45-12}$	$\frac{4,81-1}{3,74-12}$	$\frac{4,25-5}{7,18-16}$
180	$\frac{1,22-1}{4,59-14}$	$\frac{3,73-1}{2,42-13}$	$\frac{1,83}{4,46-12}$	$\frac{4,83-1}{3,77-12}$	$\frac{4,25-5}{7,18-16}$
360	$\frac{1,23-1}{4,61-14}$	$\frac{3,74-1}{2,42-13}$	$\frac{1,83}{4,46-12}$	$\frac{4,86-1}{3,78-12}$	$\frac{4,25-5}{7,18-16}$
720	$\frac{1,24-1}{4,62-14}$	$\frac{3,76-1}{2,43-13}$	$\frac{1,838}{4,47-12}$	$\frac{4,90-1}{3,80-12}$	$\frac{4,25-5}{7,18-16}$
1095	$\frac{1,24-1}{4,64-14}$	$\frac{3,78-1}{2,45-13}$	$\frac{1,84}{4,48-12}$	$\frac{4,94-1}{3,84-12}$	$\frac{4,25-5}{7,18-16}$
1825	$\frac{1,25-1}{4,66-14}$	$\frac{3,79-1}{2,45-13}$	$\frac{1,85}{4,49-12}$	$\frac{5,00-1}{3,89-12}$	$\frac{4,25-5}{7,18-16}$
3650	$\frac{1,26-1}{4,67-14}$	$\frac{3,80-1}{2,47-13}$	$\frac{1,86}{4,51-12}$	$\frac{5,05-1}{3,93-12}$	$\frac{4,26-5}{7,20-16}$

Т а б л и ц а 16 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой  $H = 400$  км и наклоном  $i = 51^\circ$  для вольфрама толщиной 1,5 см

Время нахождения на орбите, сут	Диапазон энергий, МэВ				
	0,03—0,1	0,1—0,3	0,3—1,0	1,0—3,0	3,0—10,0
1	$\frac{1,16-2}{6,01-15}$	$\frac{3,98-2}{2,58-14}$	$\frac{1,16-1}{2,82-13}$	$\frac{1,30-1}{1,01-12}$	$\frac{6,16-5}{1,04-15}$
10	$\frac{1,69-2}{6,35-15}$	$\frac{5,79-2}{3,75-14}$	$\frac{1,76-1}{4,28-13}$	$\frac{1,91-1}{1,49-12}$	$\frac{1,49-4}{2,52-15}$
30	$\frac{1,82-2}{6,84-15}$	$\frac{6,16-2}{3,99-14}$	$\frac{1,91-1}{4,64-13}$	$\frac{1,97-1}{1,53-12}$	$\frac{1,53-4}{2,59-15}$
100	$\frac{2,05-2}{7,70-15}$	$\frac{6,86-2}{4,45-14}$	$\frac{2,19-1}{5,32-13}$	$\frac{2,01-1}{1,56-12}$	$\frac{1,54-4}{2,60-15}$
180	$\frac{2,18-2}{8,19-15}$	$\frac{7,26-2}{4,71-14}$	$\frac{2,35-1}{5,71-13}$	$\frac{2,02-1}{1,57-12}$	$\frac{1,54-4}{2,60-15}$
360	$\frac{2,29-2}{8,60-15}$	$\frac{7,63-2}{4,95-14}$	$\frac{2,53-1}{6,15-13}$	$\frac{2,05-1}{1,59-12}$	$\frac{1,54-4}{2,60-15}$
720	$\frac{2,36-2}{8,87-15}$	$\frac{7,85-2}{5,09-14}$	$\frac{2,66-1}{6,47-13}$	$\frac{2,08-1}{1,62-12}$	$\frac{1,54-4}{2,60-15}$
1095	$\frac{2,39-2}{8,98-15}$	$\frac{7,96-2}{5,16-14}$	$\frac{2,72-2}{6,61-13}$	$\frac{2,11-1}{1,64-12}$	$\frac{1,54-4}{2,60-15}$
1825	$\frac{2,41-2}{9,06-15}$	$\frac{8,02-2}{5,20-14}$	$\frac{2,76-1}{6,71-13}$	$\frac{2,14-1}{1,66-12}$	$\frac{1,54-4}{2,61-15}$
3650	$\frac{2,44-2}{9,17-15}$	$\frac{8,07-2}{5,23-14}$	$\frac{2,79-1}{6,78-13}$	$\frac{2,17-1}{1,69-12}$	$\frac{1,55-4}{2,62-15}$

Таблица 17 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой  $H = 400$  км и наклоном  $i = 51^\circ$  для вольфрама толщиной 3,0 см

Время нахождения на орбите, сут	Диапазон энергий, МэВ				
	0,03—0,1	0,1—0,3	0,3—1,0	1,0—3,0	3,0—10,0
1	$\frac{1,66-2}{8,61-15}$	$\frac{5,48-2}{3,55-14}$	$\frac{1,43-1}{3,48-13}$	$\frac{1,54-1}{1,20-12}$	$\frac{9,49-5}{1,60-15}$
10	$\frac{2,42-2}{9,09-15}$	$\frac{7,97-2}{5,16-14}$	$\frac{2,17-1}{5,29-13}$	$\frac{2,26-1}{1,77-12}$	$\frac{2,29-4}{3,88-15}$
30	$\frac{2,61-2}{9,79-15}$	$\frac{8,48-2}{5,49-14}$	$\frac{2,36-1}{5,72-13}$	$\frac{2,33-1}{1,82-12}$	$\frac{2,36-4}{3,99-15}$
100	$\frac{2,92-2}{1,10-14}$	$\frac{9,43-2}{6,11-14}$	$\frac{2,70-1}{6,57-13}$	$\frac{2,38-1}{1,85-12}$	$\frac{2,37-4}{4,0-15}$
180	$\frac{3,11-2}{1,15-14}$	$\frac{9,99-2}{6,48-14}$	$\frac{2,91-1}{7,05-13}$	$\frac{2,40-1}{1,86-12}$	$\frac{2,37-4}{4,0-15}$
360	$\frac{3,28-2}{1,24-14}$	$\frac{1,05-1}{6,81-14}$	$\frac{3,12-1}{7,59-13}$	$\frac{2,43-1}{1,88-12}$	$\frac{2,37-4}{4,0-15}$
720	$\frac{3,37-2}{1,26-14}$	$\frac{1,08-1}{7,0-14}$	$\frac{3,29-1}{7,99-13}$	$\frac{2,46-1}{1,92-12}$	$\frac{2,37-4}{4,0-15}$
1095	$\frac{3,43-2}{1,28-14}$	$\frac{1,10-1}{7,08-14}$	$\frac{3,40-1}{8,16-13}$	$\frac{2,50-1}{1,94-12}$	$\frac{2,37-4}{4,01-15}$
1825	$\frac{3,45-2}{1,30-14}$	$\frac{1,11-1}{7,16-14}$	$\frac{3,41-1}{8,29-13}$	$\frac{2,54-1}{1,97-12}$	$\frac{2,37-4}{4,02-15}$
3650	$\frac{3,49-2}{1,32-14}$	$\frac{1,12-1}{7,19-14}$	$\frac{3,45-1}{8,37-13}$	$\frac{2,57-1}{2,0-12}$	$\frac{2,38-4}{4,03-15}$
Примечание. — Число со знаком минус, стоящее после значения параметра, является показателем степени десяти — множителя значения параметра. Так, например, выражение $1,57^{-4}$ следует читать 0,000157					

2.4 Значения удельных характеристик вторичного гамма-излучения материалов КА для орбит с высотами 200, 300, 500, 600 и 800 км и наклонением 51°, 60°, 70° и 80° определяют умножением значений характеристик из таблиц 2—17 на соответствующие поправочные коэффициенты, приведенные в таблице 18.

Т а б л и ц а 18 — Поправочные коэффициенты для расчета удельных характеристик вторичного гамма-излучения для различных орбит

Наклонение орбиты	Высота круговой орбиты, км					
	200	300	400	500	600	800
51°	0,1	0,4	1,0	2,0	4,0	14,38
60°	0,091	0,363	0,906	1,813	3,63	13,0
70°	0,083	0,33	0,825	1,65	3,30	11,88
80°	0,07	0,28	0,7	1,4	2,8	10,0

2.5 Для материалов толщиной 0,1 см мощность дозы вторичного гамма-излучения  $D$  рассчитывают по формуле

$$D(0,1) = D(H) \times 0,1/H,$$

где  $D(H)$  — доза для минимальной толщины материала КА, приведенной в таблицах;

$H$  — толщина материала, см.

Плотность потока гамма-квантов для материалов толщиной 0,1 см определяют аналогично.

2.6 Значения удельных характеристик вторичного гамма-излучения для других толщин материалов конструкции КА и другой продолжительности полета КА получают методом линейного интерполирования.

2.7 Средние относительные погрешности значений удельных характеристик для орбиты высотой 400 км и углом наклона 51° составляют не более 100 %, для других круговых орбит — не более 125 %.

2.8 Пример расчета удельных характеристик вторичного гамма-излучения приведен в приложении А.

2.9 Приближенные оценки значений удельных характеристик вторичного гамма-излучения для эллиптических орбит можно получить, используя данные таблиц 2—18 и траекторные коэффициенты.

Пример расчета удельных характеристик для эллиптических орбит приведен в приложении Б.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### (справочное)

Расчет удельных характеристик вторичного гамма-излучения материалов КА

1 Исходные данные для расчета:

- высота круговой орбиты КА  $H$  — 300 км;
- угол наклона орбиты  $i$  —  $65^\circ$ ;
- диапазон энергий  $E$  — 0,1—0,3 МэВ,
- время нахождения на орбите  $t$  — 1 год;
- материал конструкции — титан;
- толщина материала — 0,1 см.

2 Определить по таблице 8 значения удельных характеристик для титана толщиной 0,25 см для заданных диапазона энергий и времени полета.

Плотность потока  $J$  составляет —  $0,026 \text{ см}^{-2} \times \text{с}^{-1}$ .

Мощность дозы  $D$  составляет —  $1,69 \times 10^{-14} \text{ Гр/с}$ .

3 Определяем в соответствии с 2.5 настоящего стандарта указанные выше характеристики для заданной толщины материала.

$$J(0,1) = 0,026 \times 1/0,25 = 0,0104 \text{ см}^{-2} \text{с}^{-1},$$

$$D(0,1) = 1,69 \times 10^{-14} \times 1/0,25 = 6,76 \times 10^{-15} \text{ Гр/с};$$

4 Определяем из таблицы 18 значения поправочного коэффициента для заданной высоты орбиты  $H = 300$  км и угла наклона  $65^\circ$  с учетом линейной интерполяции — 0,347

5 Определяем значения удельных характеристик для заданных условий:

$$J(0,1) = 0,0104 \times 0,347 = 0,00361$$

$$D(0,1) = 6,76 \times 10^{-15} \times 0,347 = 2,35 \times 10^{-15}$$



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### (справочное)

#### Расчет удельных характеристик для эллиптических орбит

Исходными данными для приближенной оценки значений удельных характеристик вторичного гамма-излучения для эллиптических орбит являются

- параметры орбиты (высота апогея  $H_a$ , км, высота перигея  $H_p$ , км, угол наклона орбиты  $i$ , °, угловое расстояние перигея  $\omega$ , °),
- диапазон энергий гамма-квантов, МэВ,
- время нахождения на орбите  $t_p$ , сут,
- материал корпуса, оборудования или защиты,
- толщина материала, см

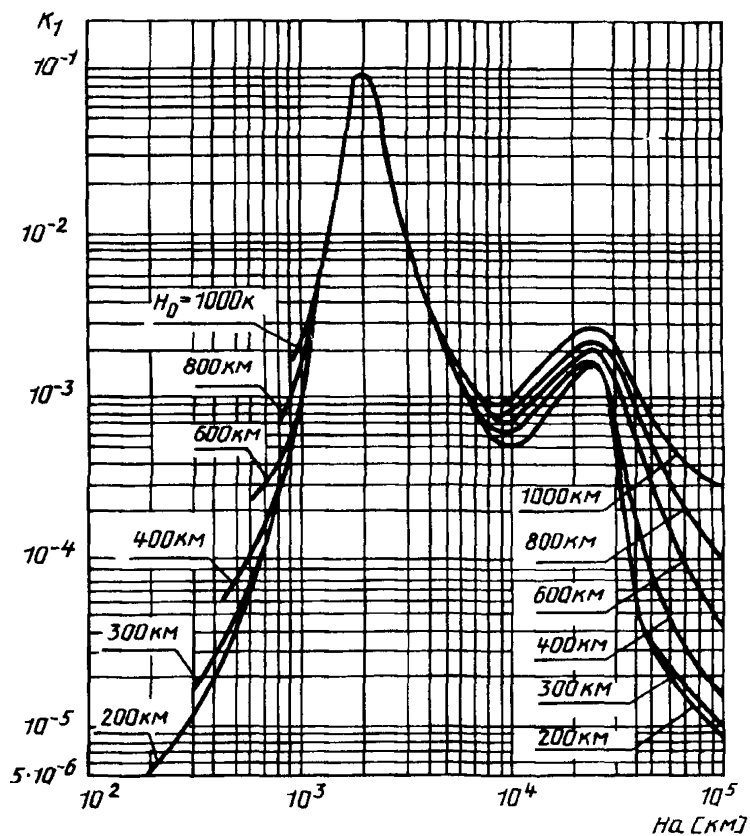
1 Определить значения плотности потока вторичного гамма-излучения  $J$  и мощности поглощенной дозы излучения  $\mathcal{D}$  на круговой орбите с высотой  $H = 400$  км и углом наклона  $i = 51^\circ$  для заданного материала заданной толщины, времени нахождения на орбите и диапазона энергий с использованием таблиц 2—18

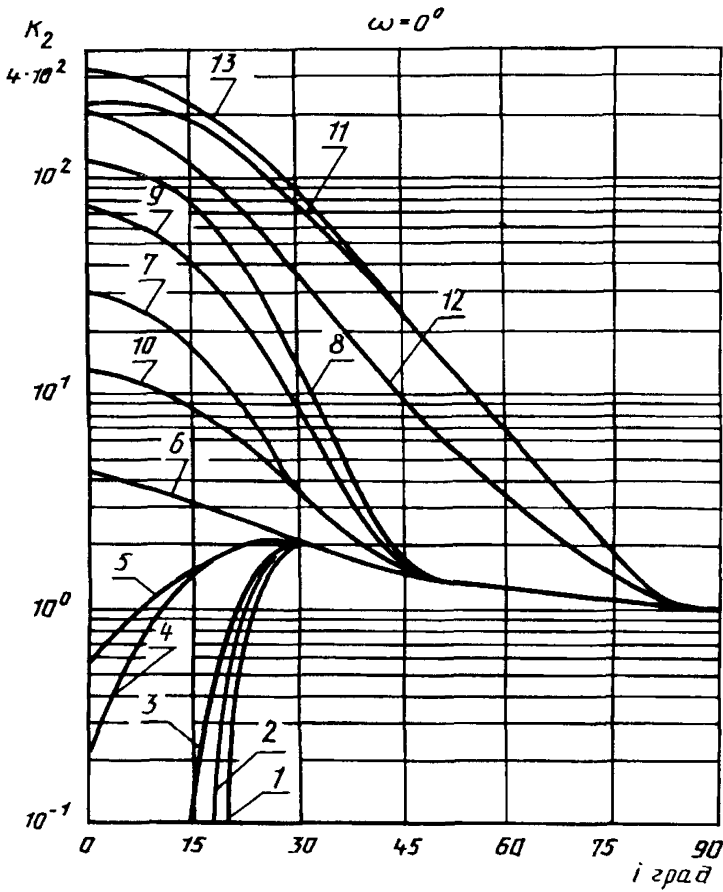
2 Вычислить значения  $J$  и  $\mathcal{D}$  на заданной эллиптической орбите по формулам

$$J = J_H \times K_1 \times K_2 \times K / 9,0 \text{ E-05},$$

$$\mathcal{D} = \mathcal{D}_H \times K_1 \times K_2 \times K / 9,0 \text{ E-05},$$

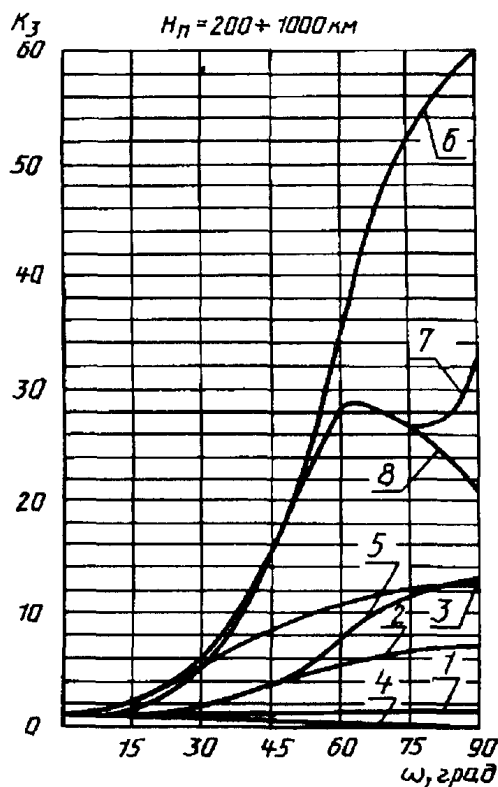
где  $J_H$  и  $\mathcal{D}_H$  — значения плотности потока и мощности дозы вторичного гамма-излучения для  $H=400$  км и  $i=51^\circ$  соответственно,  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K$  — траекторные коэффициенты. Значения траекторных коэффициентов для эллиптической орбиты с заданными параметрами определяют по рисункам Б 1—Б 4

Рисунок Б.1 — Зависимость  $K_1$  от высоты апогея



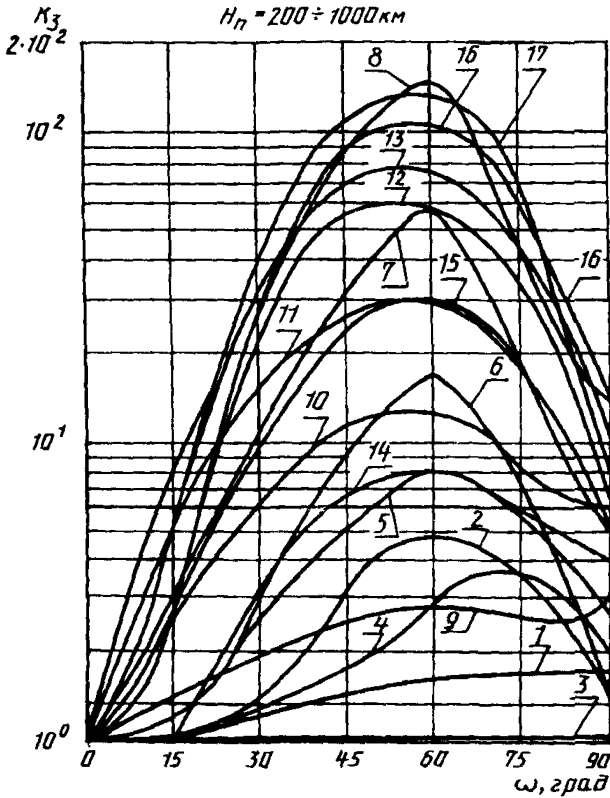
1 —  $H_3 = 300$  км, 2 —  $H_3 = 400$  км, 3 —  $H_3 = 600$  км, 4 —  $H_3 = 800$  км, 5 —  $H_3 = 1000$  км,  
 6 —  $H_3 = 2000$  км, 7 —  $H_3 = 3500$  км, 8 —  $H_3 = 8500$  км, 9 —  $H_3 = 13500$  км, 10 —  $H_3 =$   
 $= 25000$  км, 11 —  $H_3 = 40000$  км, 12 —  $H_3 = 80000$  км, 13 —  $H_3 = 100000$  км

Рисунок Б 2 — Зависимость  $K_2$  от угла наклона орбиты



1 —  $H_1 = 400 \text{ км}$ , ( $i = 0^\circ, 30^\circ + 90^\circ$ )  $H_1 = 600 \text{ км}$  ( $i = 0^\circ, 30^\circ + 90^\circ$ ),  $H_1 = 800 \text{ км}$  ( $i = 0^\circ + 90^\circ$ ),  $H_1 = 1000 \text{ км}$  ( $i = 0^\circ + 90^\circ$ )  $H_1 = 3500 \text{ км}$  ( $i = 0^\circ + 15^\circ$ ),  $H_1 = 8500 \text{ км}$  ( $i = 0^\circ + 15^\circ$ )  $H_1 = 13500 \text{ км}$  ( $i = 0^\circ + 15^\circ$ ) 2 —  $H_1 = 400 \text{ км}$  ( $i = 15^\circ$ ),  $H_1 = 3500 \text{ км}$  ( $i = 30^\circ$ ),  $H_1 = 8500 \text{ км}$  ( $i = 30^\circ$ ),  $H_1 = 13500 \text{ км}$  ( $i = 30^\circ$ ) 3 —  $H_1 = 600 \text{ км}$  ( $i = 15^\circ$ ),  $H_1 = 3500 \text{ км}$  ( $i = 45^\circ + 90^\circ$ ) 4 —  $H_1 = 2000 \text{ км}$  ( $i = 0^\circ + 90^\circ$ ) 5 —  $H_1 = 3500 \text{ км}$  ( $i = 45^\circ + 90^\circ$ ) 6 —  $H_1 = 8500 \text{ км}$  ( $i = 45^\circ + 90^\circ$ ) 7 —  $H_1 = 13500 \text{ км}$  ( $i = 45^\circ, 60^\circ$ ), 8 —  $H_1 = 13500 \text{ км}$  ( $i = 75^\circ, 90^\circ$ )

Рисунок Б 3 — Зависимость  $K_3$  от углового расстояния перигея



1 —  $H_3 = 2500 \text{ км}$  ( $i = 0^\circ \div 30^\circ$ ) 2 —  $H_3 = 2500 \text{ км}$  ( $i = 45^\circ \div 90^\circ$ ) 3 —  $H_3 = 4000 \text{ км}$  ( $i = 0^\circ \div 15^\circ$ )  $H_3 = 80000 \text{ км}$  ( $i = 0^\circ \div 15^\circ$ )  $H_3 = 100000 \text{ км}$  ( $i = 0^\circ \div 30^\circ$ ) 4 —  $H_3 = 40000 \text{ км}$  ( $i = 30^\circ$ ) 5 —  $H_3 = 40000 \text{ км}$  ( $i = 45^\circ$ ) 6 —  $H_3 = 40000 \text{ км}$  ( $i = 60^\circ$ ) 7 —  $H_3 = 40000 \text{ км}$  ( $i = 75^\circ$ ) 8 —  $H_3 = 40000 \text{ км}$  ( $i = 45^\circ$ ) 9 —  $H_3 = 80000 \text{ км}$  ( $i = 30^\circ$ ) 10 —  $H_3 = 80000 \text{ км}$  ( $i = 45^\circ$ ) 11 —  $H_3 = 80000 \text{ км}$  ( $i = 60^\circ$ ) 12 —  $H_3 = 80000 \text{ км}$  ( $i = 75^\circ$ ) 13 —  $H_3 = 80000 \text{ км}$  ( $i = 90^\circ$ ) 14 —  $H_3 = 100000 \text{ км}$  ( $i = 45^\circ$ ) 15 —  $H_3 = 100000 \text{ км}$  ( $i = 60^\circ$ ) 16 —  $H_3 = 100000 \text{ км}$  ( $i = 75^\circ$ ) 17 —  $H_3 = 100000 \text{ км}$  ( $i = 90^\circ$ )

Рисунок Б 4 — Зависимость  $K_3$  от углового расстояния перигея

УДК 629.78:620.193.6:006.354

T27

ОКСТУ 7702

Ключевые слова: вторичное гамма-излучение, космические аппараты, материалы конструкции, расчет, характеристики, спектральные, дозовые, параметры орбиты, продолжительность полета

---

Редактор *Р. И. Говердовская*  
Технический редактор *О. Н. Власова*  
Корректор *В. И. Варенцова*  
Оператор *Хоменко А. Г.*

Сдано в набор 09.12.94 Подписано в печать 24.01.95 Усл. печ. л. 1,86 Усл. кр. отт. 1,86  
Уч.-изд. т. 1,60 Тираж 231 экз. С. 2043 Зак. 2549

---

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов 107076 Москва Колодезный пер. 14  
Набрано в Калужской типографии стандартов на ПЭВМ  
Калужская типография стандартов ул. Московская 256

ПЛР № 040138