ГОСТ Р 25645.335—94

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АППАРАТЫ КОСМИЧЕСКИЕ

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВТОРИЧНОГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ КОНСТРУКЦИИ

Издание официальное

БЗ 4—94/147

ГОССТАНДАРТ РОССИИ
Москва

gost.e-ecolog.ru

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 альбедо 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 2π, и мощность поглощенной дозы излучения.

Издание официальное
★

2.2 При расчете характеристик учитывались:

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

— потоки нейтронов альбедо 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° 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^{2}с), а в знаменателе — мощность дозы (Гр/с).

Таблица 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	

Таблица 2 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой H = 400 км и наклонением i = 51° 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	1,31—4 / 4,90—17	5,30—4 / 3,43—16	3,68—3 / 8,96—15	1,81—2 / 1,41—13	9,57—5 / 1,62—15
10	1,44—4 / 5,40—17	5,52—4 / 3,57—16	3,83—3 / 9,30—15	2,66—2 / 2,06—13	9,57—5 / 1,62—15
30	1,45—4 / 5,44—17	5,59—4 / 3,62—16	3,83—3 / 9,30—15	2,67—2 / 2,07—13	9,57—5 / 1,62—15
100	1,45—4 / 5,44—17	5,60—4 / 3,63—16	3,84—3 / 9,32—15	2,71—2 / 2,10—13	9,57—5 / 1,62—15
180	1,45—4 / 5,44—17	5,64—4 / 3,65—16	3,85—3 / 9,34—15	2,75—2 / 2,14—13	9,57—5 / 1,62—15
360	1,46—4 / 5,48—17	5,70—4 / 3,69—16	3,87—3 / 9,40—15	2,83—2 / 2,20—13	9,57—5 / 1,62—15
720	1,49—4 / 5,59—17	5,76—4 / 3,73—16	3,89—3 / 9,45—15	2,95—2 / 2,29—13	9,57—5 / 1,62—15
1095	1,52—4 / 5,70—17	5,83—4 / 3,79—16	3,91—3 / 9,49—15	3,07—2 / 2,38—13	9,57—5 / 1,62—15
1825	1,55—4 / 5,81—17	5,94—4 / 3,84—16	3,96—3 / 9,62—15	3,22—2 / 2,50—13	9,57—5 / 1,62—15
3650	1,59—4 / 5,96—17	6,01—4 / 3,90—16	3,99—3 / 9,71—15	3,33—2 / 2,59—13	9,57—5 / 1,62—15

Таблица 3 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой $H = 400$ км и наклонением $i = 51°$ 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	3,78—4 / 1,42—16	1,29—3 / 9,33—16	7,57—3 / 1,84—14	3,58—2 / 2,79—13	1,90—4 / 3,21—15
10	4,15—4 / 1,56—16	1,40—3 / 9,05—16	7,95—3 / 1,94—14	5,27—2 / 4,10—13	1,90—4 / 3,21—15
30	4,17—4 / 1,57—16	1,40—3 / 9,06—16	7,96—3 / 1,94—14	5,30—2 / 4,12—13	1,90—4 / 3,21—15
100	4,20—4 / 1,58—16	1,41—3 / 9,08—16	7,99—3 / 1,95—14	5,36—2 / 4,17—13	1,91—4 / 3,23—15
180	4,22—4 / 1,59—16	1,41—3 / 9,10—16	8,02—3 / 1,96—14	5,49—2 / 4,23—13	1,91—4 / 3,23—15
360	4,26—4 / 1,60—16	1,43—3 / 9,24—16	8,06—3 / 1,95—14	5,59—2 / 4,34—13	1,91—4 / 3,23—15
720	4,35—4 / 1,64—16	1,45—3 / 9,37—16	8,15—3 / 1,98—14	5,84—2 / 4,55—13	1,91—4 / 3,23—15
1095	4,42—4 / 1,66—16	1,47—3 / 9,49—16	8,21—3 / 2,00—14	6,04—2 / 4,70—13	1,91—4 / 3,23—15
1825	4,50—4 / 1,69—16	1,50—3 / 9,70—16	8,32—3 / 2,02—14	6,37—2 / 4,95—13	1,91—4 / 3,23—15
3650	4,55—4 / 1,71—16	1,55—3 / 1,00—15	8,40—3 / 2,04—14	6,61—2 / 5,14—13	1,91—4 / 3,23—15

Таблица 4 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой H = 400 км и наклонением i = 51° 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	9,84—4 / 3,70—16	2,94—3 / 1,90—15	1,45—2 / 3,51—14	5,89—2 / 4,58—13	3,41—4 / 5,77—15
10	1,09—3 / 4,10—16	3,22—3 / 2,09—15	1,55—2 / 3,75—14	8,63—2 / 6,71—13	3,41—4 / 5,77—15
30	1,09—3 / 4,10—16	3,22—3 / 2,09—15	1,56—2 / 3,80—14	8,67—2 / 6,74—13	3,41—4 / 5,77—15
100	1,10—3 / 4,11—16	3,24—3 / 2,10—15	1,56—2 / 3,80—14	8,81—2 / 6,85—13	3,41—4 / 5,77—15
180	1,11—3 / 4,15—16	3,27—3 / 2,12—15	1,57—2 / 3,81—14	8,94—2 / 6,95—13	3,41—4 / 5,77—15
360	1,12—3 / 4,19—16	3,31—3 / 2,15—15	1,59—2 / 3,86—14	9,25—2 / 7,19—13	3,41—4 / 5,77—15
720	1,15—3 / 4,30—16	3,37—3 / 2,19—15	1,61—2 / 3,91—14	9,68—2 / 7,53—13	3,41—4 / 5,77—15
1095	1,17—3 / 4,38—16	3,44—3 / 2,23—15	1,63—2 / 3,95—14	1,02—1 / 7,90—13	3,41—4 / 5,77—15
1825	1,20—3 / 4,49—16	3,51—3 / 2,28—15	1,66—2 / 4,03—14	1,07—1 / 8,29—13	3,41—4 / 5,77—15
3650	1,23—3 / 4,60—16	3,56—3 / 2,31—15	1,68—2 / 4,08—14	1,10—1 / 8,53—13	3,41—4 / 5,77—15

Таблица 5 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой H = 400 км и наклонением i = 51° 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—10,0
1	4,16—4 1,56—16	1,10—3 7,12—16	8,51—3 2,07—14	4,30—3 3,35—14	8,23—5 1,39—15
10	7,66—4 2,87—16	2,18—3 1,41—15	2,12—2 5,17—14	1,14—2 8,88—14	2,79—4 4,72—15
30	9,80—4 3,68—16	2,86—3 1,85—15	3,14—2 7,63—14	1,79—2 1,39—13	6,69—4 1,13—14
100	1,32—3 4,94—16	3,84—3 2,50—15	4,65—2 1,13—13	2,82—2 2,19—13	1,59—3 2,69—14
180	1,51—3 5,67—16	4,43—3 2,87—15	5,63—2 1,37—13	3,37—2 2,63—13	2,14—3 3,62—14
360	1,73—3 6,50—16	5,12—3 3,32—15	6,71—2 1,63—13	3,82—2 2,97—13	2,57—3 4,34—14
720	1,90—3 7,14—16	5,74—3 3,71—15	7,70—2 1,87—13	3,93—2 3,06—13	2,66—3 4,50—14
1095	1,95—3 7,34—16	5,88—3 3,81—15	7,94—2 1.93—13	3,94—2 3,06—13	2,68—3 4,53—14
1825	2,00—3 7,53—16	6,05—3 3,92—15	8,24—2 2,00—13	3,94—2 3,06—13	2,68—3 4,54—14
3650	2,04—3 7,68—16	6,19—3 4,01—15	8,33—2 2,02—13	3,95—2 3,07—13	2,69—3 4,45—14

Таблица 6 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой $H = 400$ км и наклонением $i = 51°$ 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	1,30—3 / 4,87—16	3,35—3 / 2,17—15	1,86—3 / 4,53—14	8,44—3 / 6,57—14	1,61—4 / 2,73—15
10	2,63—3 / 9,89—16	7,10—3 / 4,60—15	4,67—2 / 1,14—13	2,22—2 / 1,73—13	5,48—4 / 9,27—15
30	3,56—3 / 1,34—15	9,76—3 / 6,32—15	6,89—2 / 1,67—13	3,48—2 / 2,78—13	1,30—3 / 2,19—14
100	4,96—3 / 1,75—15	1,37—2 / 8,88—15	1,03—1 / 2,50—13	5,50—2 / 4,28—13	3,10—3 / 5,25—14
180	5,79—3 / 2,18—15	1,61—2 / 1,05—14	1,24—1 / 3,01—13	6,57—2 / 5,11—13	4,17—3 / 7,05—14
360	6,68—3 / 2,51—15	1,88—2 / 1,22—14	1,48—1 / 3,59—13	7,46—2 / 5,81—13	5,00—3 / 8,46—14
720	7,42—3 / 2,78—15	2,08—2 / 1,35—14	1,68—1 / 4,09—13	7,66—2 / 5,96—13	5,21—3 / 8,80—14
1095	7,74—3 / 2,90—15	2,17—2 / 1,40—14	1,76—1 / 4,28—13	7,67—2 / 5,96—13	5,23—3 / 8,84—14
1825	7,94—3 / 2,99—15	2,22—2 / 1,44—14	1,82—1 / 4,43—13	7,69—2 / 5,98—13	5,23—3 / 8,84—14
3650	8,16—3 / 3,07—15	2,34—2 / 1,46—14	1,86—1 / 4,53—13	7,70—2 / 5,99—13	5,23—3 / 8,85—14

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

Таблица 8 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой H = 400 км и наклонением i = 51° 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	9,68—4 / 3,64—16	6,16—3 / 3,99—15	2,09—2 / 5,08—14	8,25—3 / 6,42—14	6,31—5 / 1,07—15
10	2,75—3 / 1,03—15	2,22—2 / 1,44—14	2,88—2 / 7,0—14	2,09—2 / 1,63—13	6,31—5 / 1,07—15
30	3,12—3 / 1,17—15	2,51—2 / 1,63—14	3,47—2 / 8,44—14	2,64—2 / 2,05—13	6,31—5 / 1,07—15
100	3,30—3 / 1,24—15	2,56—2 / 1,66—14	4,51—2 / 1,10—13	3,55—2 / 2,76—13	6,32—5 / 1,07—15
180	3,39—3 / 1,27—15	2,59—2 / 1,68—14	5,07—2 / 1,23—13	4,05—2 / 3,15—13	6,32—5 / 1,07—15
360	3,48—3 / 1,31—15	2,60—2 / 1,69—14	5,53—2 / 1,34—13	4,46—2 / 3,46—13	6,33—5 / 1,08—15
720	3,54—3 / 1,33—15	2,61—2 / 1,69—14	5,66—2 / 1,38—13	4,58—2 / 3,56—13	6,33—5 / 1,08—15
1095	3,56—3 / 1,34—15	2,62—2 / 1,70—14	5,67—2 / 1,38—13	4,58—2 / 3,56—13	6,33—5 / 1,08—15
1825	3,63—3 / 1,36—15	2,62—2 / 1,70—14	5,67—2 / 1,39—13	4,60—2 / 3,58—13	6,34—5 / 1,08—15
3650	3,64—3 / 1,37—15	2,63—2 / 1,71—14	5,68—2 / 1,40—13	4,64—2 / 3,61—13	6,34—5 / 1,08—15

Таблица 9 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой $H = 400$ км и наклонением $i = 51°$ 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	6,57—3 / 2,47—15	2,13—2 / 1,38—14	4,99—2 / 1,21—13	1,67—2 / 1,30—13	1,29—4 / 2,18—15
10	1,76—2 / 6,61—15	6,03—2 / 3,91—14	7,26—2 / 1,76—13	4,2—2 / 3,27—13	1,29—4 / 2,18—15
30	2,0—2 / 7,50—15	6,82—2 / 4,42—14	8,84—2 / 2,15—13	5,32—2 / 4,14—13	1,29—4 / 2,18—15
100	2,12—2 / 7,97—15	7,19—2 / 4,66—14	1,17—1 / 2,84—13	7,12—2 / 5,54—13	1,29—4 / 2,18—15
180	2,19—2 / 8,23—15	7,39—2 / 4,79—14	1,32—1 / 3,21—13	8,10—2 / 6,30—13	1,30—4 / 2,20—15
360	2,25—2 / 8,45—15	7,55—2 / 4,89—14	1,45—1 / 3,52—13	8,91—2 / 6,93—13	1,30—4 / 2,20—15
720	2,27—2 / 8,52—15	7,59—2 / 4,92—14	1,49—1 / 3,61—13	9,15—2 / 7,12—13	1,30—4 / 2,20—15
1095	2,28—2 / 8,56—15	7,59—2 / 4,92—14	1,49—1 / 3,62—13	9,17—2 / 7,13—13	1,31—4 / 2,22—15
1825	2,29—2 / 8,60—15	7,60—2 / 4,93—14	1,49—1 / 3,62—13	9,19—2 / 7,15—13	1,31—4 / 2,22—15
3650	2,31—2 / 8,67—15	7,62—2 / 4,94—14	1,50—1 / 3,64—13	9,20—2 / 7,16—13	1,32—4 / 2,23—15

Таблица 10 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой H = 400 км и наклонением i = 51° 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	1,74—2 / 6,53—15	4,92—2 / 3,19—14	9,85—2 / 2,39—13	2,81—2 / 2,19—13	2,07—4 / 3,50—15
10	4,86—2 / 1,82—14	1,35—1 / 8,75—14	1,57—1 / 3,82—13	7,61—2 / 5,92—13	2,07—4 / 3,50—15
30	5,70—2 / 2,14—14	1,58—1 / 1,02—13	2,21—1 / 5,36—13	1,12—1 / 8,71—13	2,07—4 / 3,50—15
100	6,47—2 / 2,43—14	1,80—1 / 1,17—13	3,63—1 / 8,82—13	1,90—1 / 1,48—12	2,07—4 / 3,50—15
180	6,95—2 / 2,61—14	1,94—1 / 1,26—13	4,49—1 / 1,09—12	2,37—1 / 1,84—12	2,08—4 / 3,51—15
360	7,34—2 / 2,76—14	2,05—1 / 1,33—13	5,19—1 / 1,26—12	2,75—1 / 2,14—12	2,08—4 / 3,51—15
720	7,45—2 / 2,80—14	2,07—1 / 1,34—13	5,39—1 / 1,31—12	2,86—1 / 2,23—12	2,08—4 / 3,51—15
1095	7,47—2 / 2,81—14	2,08—1 / 1,35—13	5,40—1 / 1,31—12	2,88—1 / 2,24—12	2,09—4 / 3,53—15
1825	7,50—2 / 2,82—14	2,09—1 / 1,35—13	5,41—1 / 1,32—12	2,88—1 / 2,24—12	2,09—4 / 3,53—15
3650	7,52—2 / 2,83—14	2,10—1 / 1,36—13	5,42—1 / 1,32—12	2,90—1 / 2,25—12	2,09—4 / 3,53—15

Таблица 11 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой $H = 400$ км и наклонением $i = 51°$ 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	1,52—3 / 5,71—16	3,96—3 / 2,57—15	1,78—2 / 4,33—14	1,78—3 / 1,38—14	3,85—5 / 6,51—16
10	1,75—3 / 6,58—16	4,77—3 / 3,09—15	2,38—2 / 5,78—14	2,75—3 / 2,14—14	5,10—5 / 8,62—16
30	1,88—3 / 7,06—16	5,43—3 / 3,52—15	2,68—2 / 6,52—14	3,41—3 / 2,65—14	7,68—5 / 1,30—15
100	2,24—3 / 8,42—16	7,22—3 / 4,68—15	3,32—2 / 8,07—14	4,77—3 / 3,71—14	1,39—4 / 2,35—15
180	2,55—3 / 9,58—16	8,80—3 / 5,70—15	3,67—2 / 8,92—14	5,72—3 / 4,45—14	1,76—4 / 2,98—15
360	2,99—3 / 1,12—15	1,12—2 / 7,26—15	3,94—2 / 9,58—14	7,04—3 / 5,48—14	2,05—4 / 3,47—15
720	3,48—3 / 1,31—15	1,39—2 / 9,01—15	4,03—2 / 9,79—14	8,18—3 / 6,36—14	2,12—4 / 3,58—15
1095	3,59—3 / 1,35—15	1,45—2 / 9,40—15	4,05—2 / 9,85—14	8,49—3 / 6,61—14	2,13—4 / 3,60—15
1825	3,72—3 / 1,40—15	1,52—2 / 9,85—15	4,07—2 / 9,89—14	9,35—3 / 7,27—14	2,13—4 / 3,60—15
3650	3,81—3 / 1,43—15	1,57—2 / 1,02—14	4,09—2 / 9,94—14	9,51—3 / 7,40—14	2,14—4 / 3,62—15

Таблица 12 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой $H = 400$ км и наклонением $i = 51°$ 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	2,86—3 / 1,07—15	9,06—3 / 5,87—15	3,56—2 / 8,65—14	3,52—3 / 2,74—14	5,50—5 / 9,30—16
10	3,41—3 / 1,28—15	1,09—2 / 7,06—15	4,77—2 / 1,16—13	5,46—3 / 4,25—14	1,02—4 / 1,72—15
30	3,78—3 / 1,42—15	1,23—2 / 7,97—15	5,39—2 / 1,31—13	6,73—3 / 5,24—14	1,53—4 / 2,59—15
100	4,71—3 / 1,77—15	1,57—2 / 1,02—14	6,69—2 / 1,63—13	9,42—3 / 7,33—14	2,77—4 / 4,68—15
180	5,48—3 / 2,06—15	1,87—2 / 1,21—14	7,44—2 / 1,81—13	1,13—2 / 8,79—14	3,50—4 / 5,92—15
360	6,60—3 / 2,48—15	2,31—2 / 1,50—14	7,98—2 / 1,94—13	1,37—2 / 1,07—13	4,05—4 / 6,85—15
720	7,70—3 / 2,89—15	2,78—2 / 1,80—14	8,18—2 / 1,99—13	1,60—2 / 1,24—13	4,18—4 / 7,07—15
1095	8,14—3 / 3,06—15	2,93—2 / 1,90—14	8,20—2 / 2,0—13	1,69—2 / 1,31—13	4,20—4 / 7,10—15
1825	8,38—3 / 3,15—15	3,0—2 / 1,94—14	8,25—2 / 2,01—13	1,85—2 / 1,44—13	4,20—4 / 7,10—15
3650	8,52—3 / 3,20—15	3,08—2 / 2,0—14	8,29—2 / 2,02—13	1,88—2 / 1,46—13	4,21—4 / 7,12—15

Таблица 13 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой $H = 400$ км и наклонением $i = 51°$ 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	3,83—3 / 1,44—15	1,42—2 / 9,20—15	4,66—2 / 1,13—13	5,81—3 / 4,52—14	1,03—4 / 1,74—15
10	4,66—3 / 1,75—15	1,70—2 / 1,10—14	6,16—2 / 1,50—13	8,98—3 / 6,99—14	1,22—4 / 2,06—15
30	5,19—3 / 1,95—15	1,89—2 / 1,23—14	6,88—2 / 1,67—13	1,05—2 / 8,17—14	1,65—4 / 2,79—15
100	6,49—3 / 2,44—15	2,33—2 / 1,51—14	8,40—2 / 2,04—13	1,38—2 / 1,07—13	2,75—4 / 4,65—15
180	7,61—3 / 2,86—15	2,73—2 / 1,77—14	9,24—2 / 2,25—13	1,61—2 / 1,25—13	3,41—4 / 5,77—15
360	9,24—3 / 3,47—15	3,30—2 / 2,14—14	9,92—2 / 2,41—13	1,93—2 / 1,50—13	3,92—4 / 6,63—15
720	1,09—2 / 4,10—15	3,89—2 / 2,52—14	1,02—1 / 2,48—13	2,29—2 / 1,78—13	4,03—4 / 6,81—15
1095	1,15—2 / 4,32—15	4,11—2 / 2,66—14	1,02—1 / 2,48—13	2,51—2 / 1,95—13	4,05—4 / 6,85—15
1825	1,17—2 / 4,40—15	4,22—2 / 2,74—14	1,03—1 / 2,50—13	2,69—2 / 2,09—13	4,05—4 / 6,85—15
3650	1,19—2 / 4,47—15	4,31—2 / 2,79—14	1,04—1 / 2,53—13	2,73—2 / 2,12—13	4,06—4 / 6,87—15

Таблица 14 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой $H = 400$ км и наклонением $i = 51°$ 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	4,55—2 / 1,71—14	1,44—1 / 9,33—14	8,93—1 / 2,17—12	1,54—1 / 1,20—12	1,94—5 / 3,28—16
10	7,22—2 / 2,71—14	2,39—1 / 1,55—13	1,34 / 3,26—12	2,95—1 / 2,30—12	2,75—5 / 4,65—16
30	7,96—2 / 2,99—14	2,62—1 / 1,70—13	1,494 / 3,63—12	3,56—1 / 2,77—12	2,79—5 / 4,72—16
100	8,18—2 / 3,07—14	2,68—1 / 1,74—13	1,538 / 3,74—12	3,83—1 / 2,98—12	2,80—5 / 4,73—16
180	8,20—2 / 3,08—14	2,68—1 / 1,74—13	1,540 / 3,75—12	3,85—1 / 3,0—12	2,80—5 / 4,73—16
360	8,21—2 / 3,09—14	2,69—1 / 1,74—13	1,542 / 3,75—12	3,87—1 / 3,01—12	2,80—5 / 4,73—16
720	8,24—2 / 3,10—14	2,70—1 / 1,75—13	1,546 / 3,76—12	3,90—1 / 3,03—12	2,80—5 / 4,73—16
1095	8,26—2 / 3,11—14	2,71—1 / 1,76—13	1,550 / 3,77—12	3,93—1 / 3,06—12	2,80—5 / 4,73—16
1825	8,30—2 / 3,12—14	2,72—1 / 1,76—13	1,555 / 3,78—12	3,98—1 / 3,10—12	2,80—5 / 4,73—16
3650	8,35—2 / 3,13—4	2,73—1 / 1,77—13	1,559 / 3,79—12	4,02—1 / 3,13—12	2,81—5 / 4,75—16

Таблица 15 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой $H = 400$ км и наклонением $i = 51°$ 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—10,0
1	6,79—2 / 2,55—14	2,01—1 / 1,30—13	1,06 / 2,58—12	1,93—1 / 1,51—12	2,94—5 / 4,98—16
10	1,08—1 / 4,04—14	3,33—1 / 2,16—13	1,59 / 3,88—12	3,71—1 / 2,89—12	4,17—5 / 7,05—16
30	1,19—1 / 4,46—14	3,65—1 / 2,37—13	1,78 / 4,31—12	4,47—1 / 3,48—12	4,23—5 / 7,16—16
100	1,22—1 / 4,58—14	3,73—1 / 2,42—13	1,82 / 4,45—12	4,81—1 / 3,74—12	4,25—5 / 7,18—16
180	1,22—1 / 4,59—14	3,73—1 / 2,42—13	1,83 / 4,46—12	4,83—1 / 3,77—12	4,25—5 / 7,18—16
360	1,23—1 / 4,61—14	3,74—1 / 2,42—13	1,83 / 4,46—12	4,86—1 / 3,78—12	4,25—5 / 7,18—16
720	1,24—1 / 4,62—14	3,76—1 / 2,43—13	1,838 / 4,47—12	4,90—1 / 3.80—12	4,25—5 / 7,18—16
1095	1,24—1 / 4,64—14	3,78—1 / 2,45—13	1,84 / 4,48—12	4,94—1 / 3,84—12	4,25—5 / 7,18—16
1825	1,25—1 / 4,66—14	3,79—1 / 2,45—13	1,85 / 4,49—12	5,00—1 / 3,89—12	4,25—5 / 7,18—16
3650	1,26—1 / 4,67—14	3,80—1 / 2,47—13	1,86 / 4,51—12	5,05—1 / 3,93—12	4,26—5 / 7,20—16

Таблица 16 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой $H = 400$ км и наклонением $i = 51°$ 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	1,16—2 / 6,01—15	3,98—2 / 2,58—14	1,16—1 / 2,82—13	1,30—1 / 1,01—12	6,16—5 / 1,04—15
10	1,69—2 / 6,35—15	5,79—2 / 3,75—14	1,76—1 / 4,28—13	1,91—1 / 1,49—12	1,49—4 / 2,52—15
30	1,82—2 / 6,84—15	6,16—2 / 3,99—14	1,91—1 / 4,64—13	1,97—1 / 1,53—12	1,53—4 / 2,59—15
100	2,05—2 / 7,70—15	6,86—2 / 4,45—14	2,19—1 / 5,32—13	2,01—1 / 1,56—12	1,54—4 / 2,60—15
180	2,18—2 / 8,19—15	7,26—2 / 4,71—14	2,35—1 / 5,71—13	2,02—1 / 1,57—12	1,54—4 / 2,60—15
360	2,29—2 / 8,60—15	7,63—2 / 4,95—14	2,53—1 / 6,15—13	2,05—1 / 1,59—12	1,54—4 / 2,60—15
720	2,36—2 / 8,87—15	7,85—2 / 5,09—14	2,66—1 / 6,47—13	2,08—1 / 1,62—12	1,54—4 / 2,60—15
1095	2,39—2 / 8,98—15	7,96—2 / 5,16—14	2,72—2 / 6,61—13	2,11—1 / 1,64—12	1,54—4 / 2,60—15
1825	2,41—2 / 9,06—15	8,02—2 / 5,20—14	2,76—1 / 6,71—13	2,14—1 / 1,66—12	1,54—4 / 2,61—15
3650	2,44—2 / 9,17—15	8,07—2 / 5,23—14	2,79—1 / 6,78—13	2,17—1 / 1,69—12	1,55—4 / 2,62—15

Таблица 17 — Удельные характеристики вторичного гамма-излучения на орбите с высотой $H = 400$ км и наклонением $i = 51°$ 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	1,66–2 / 8,61–15	5,48–2 / 3,55–14	1,43–1 / 3,48–13	1,54–1 / 1,20–12	9,49–5 / 1,60–15
10	2,42–2 / 9,09–15	7,97–2 / 5,16–14	2,17–1 / 5,29–13	2,26–1 / 1,77–12	2,29–4 / 3,88–15
30	2,61–2 / 9,79–15	8,48–2 / 5,49–14	2,36–1 / 5,72–13	2,33–1 / 1,82–12	2,36–4 / 3,99–15
100	2,92–2 / 1,10–14	9,43–2 / 6,11–14	2,70–1 / 6,57–13	2,38–1 / 1,85–12	2,37–4 / 4,0–15
180	3,11–2 / 1,15–14	9,99–2 / 6,48–14	2,91–1 / 7,05–13	2,40–1 / 1,86–12	2,37–4 / 4,0–15
360	3,28–2 / 1,24–14	1,05–1 / 6,81–14	3,12–1 / 7,59–13	2,43–1 / 1,88–12	2,37–4 / 4,0–15
720	3,37–2 / 1,26–14	1,08–1 / 7,0–14	3,29–1 / 7,99–13	2,46–1 / 1,92–12	2,37–4 / 4,0–15
1095	3,43–2 / 1,28–14	1,10–1 / 7,08–14	3,40–1 / 8,16–13	2,50–1 / 1,94–12	2,37–4 / 4,01–15
1825	3,45–2 / 1,30–14	1,11–1 / 7,16–14	3,41–1 / 8,29–13	2,54–1 / 1,97–12	2,37–4 / 4,02–15
3650	3,49–2 / 1,32–14	1,12–1 / 7,19–14	3,45–1 / 8,37–13	2,57–1 / 2,0–12	2,38–4 / 4,03–15

Примечание. — Число со знаком минус, стоящее после значения параметра, является показателем степени десяти — сомножителя 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.

Таблица 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 $Д$ рассчитывают по формуле

$$Д(0,1)=Д(\text{Н})\times 0,1/H,$$

где $Д(\text{Н})$ — 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 крутовой орбиты КА H — 300 км;

— угол наклона орбиты i — 65°;

— 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 $см^{-2} \times с^{-1}$.

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

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

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

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

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

5 Определяем значения удельных характеристик для заданных условий:

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

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

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 $H_а$, км; высота перигея $H_п$, км; угол наклона орбиты i, . . . ; угловое расстояние перигея ω, . . .);

— диапазон энергий гамма-квантов, МэВ;

— время нахождения на орбите $t_п$, сут;

— материал корпуса, оборудования или защиты;

— толщина материала, см.

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

2 Вычислить значения J и $Д$ на заданной эллиптической орбите по формулам:

$$J = J_Н \times K_1 \times K_2 \times K_3/9{,}0\ E{-}05;$$

$$Д = Д_Н \times K_1 \times K_2 \times K_3/9{,}0\ E{-}05,$$

где $J_н$ и $Д_н$ — значения плотности потока и мощности дозы вторичного гамма-излучения для H=400 км и i=51° соответственно, K_1, K_2, K_3 — траекторные коэффициенты. Значения траекторных коэффициентов для эллиптической орбиты с заданными параметрами определяют по рисункам Б.1—Б.4.

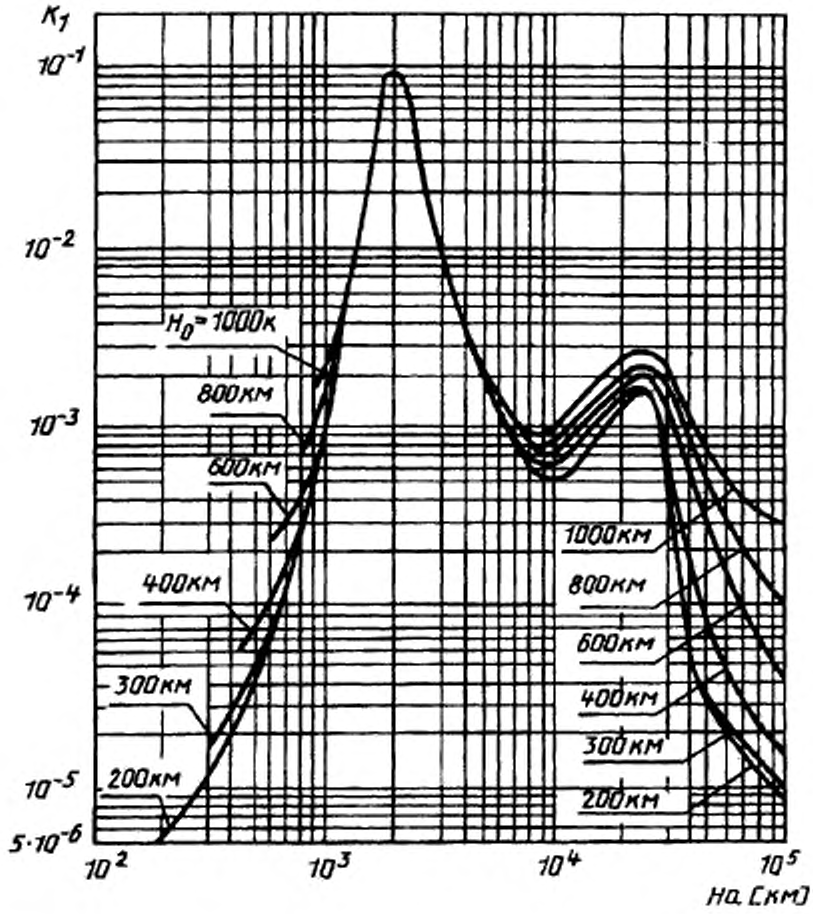
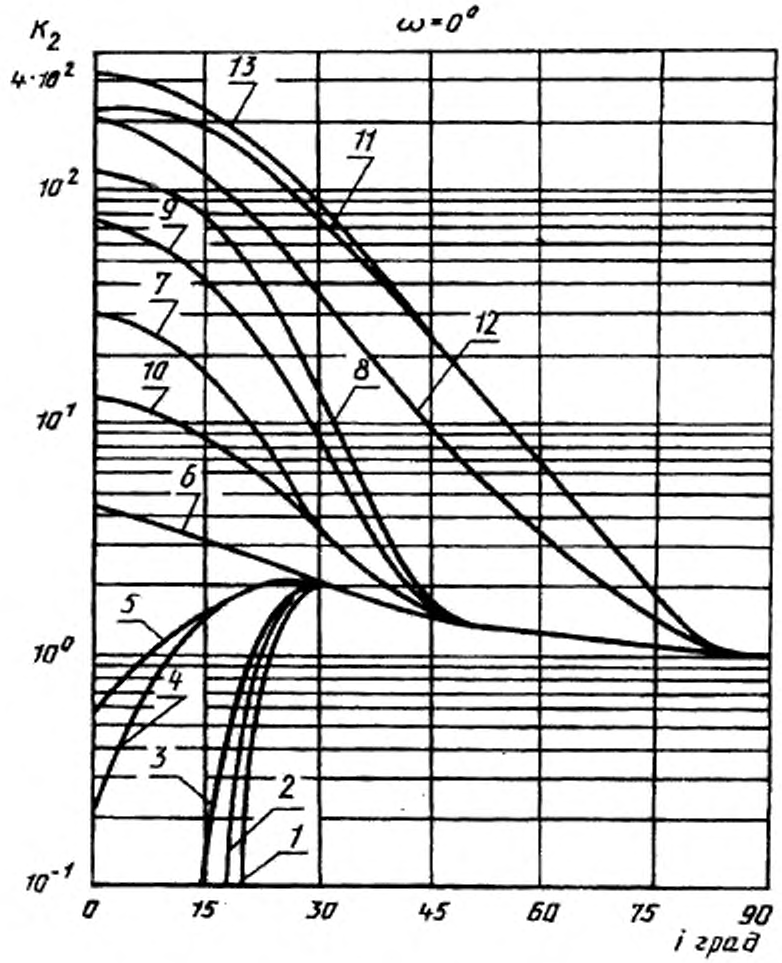
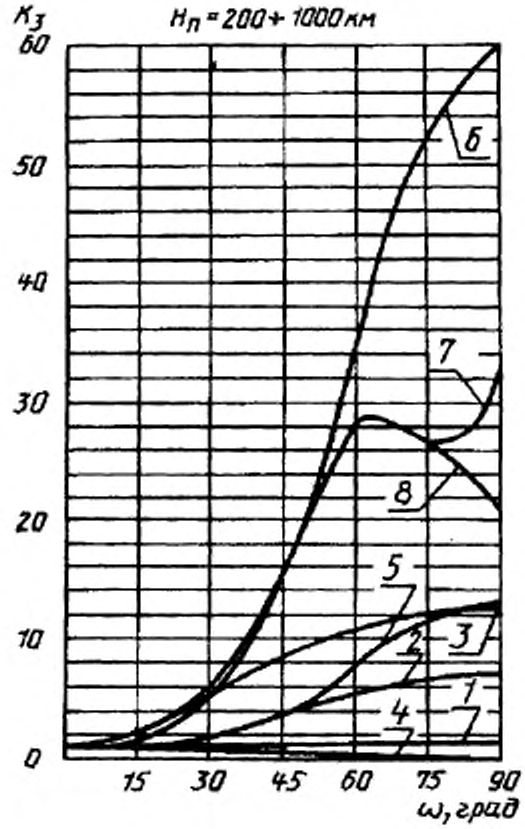


Рисунок Б.1 —Зависимость K_1 от высоты апогея



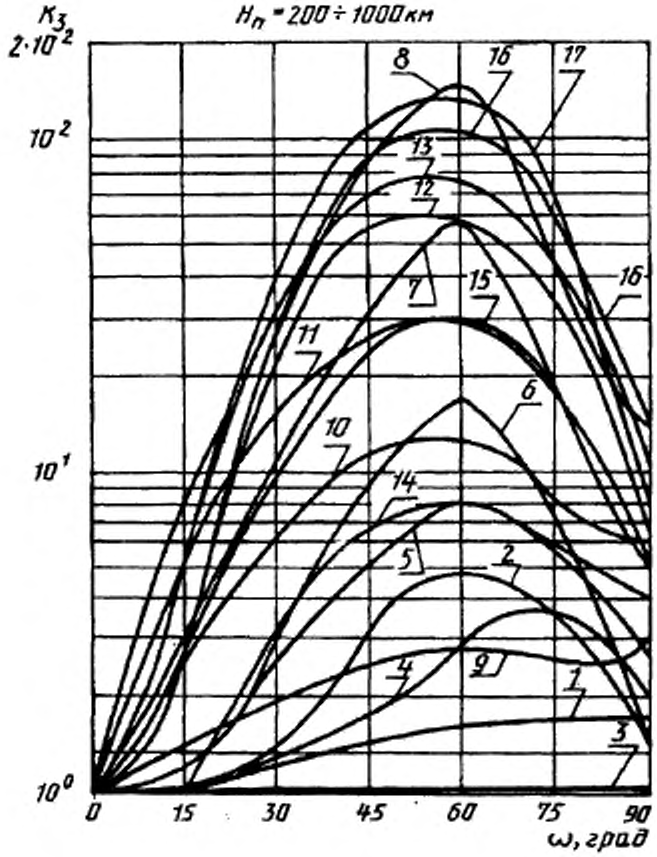
1 — H_1 = 300 км; *2* — H_2 = 400 км; *3* — H_3 = 600 км; *4* — H_4 = 800 км; *5* — H_5 = 1000 км; *6* — H_6 = 2000 км; *7* — H_7 = 3500 км; *8* — H_8 = 8500 км; *9* — H_9 = 13500 км; *10* — H_{10} = =25000 км; *11* — H_{11} = 40000 км; *12* — H_{12} = 80000 км; *13* — H_{13} = 100000 км

Рисунок Б.2 — Зависимость K_2 от угла наклона орбиты



1 — H_1 = 400 км; (i = 0°, 30÷90°); H_2 = 600 км (i = 0°, 30÷90°); H_3 = 800 км (i = 0°÷90°), H_4 = 1000 км (i = 0°÷90°); H_5 = 3500 км (i = 0°÷15°); H_6 = 8500 км (i = 0°÷15°); H_7 = 13500 км (i = 0°÷15°), *2* — H_1 = 400 км (i = 15°); H_2 = 3500 км (i = 30°); H_3 = 8500 км (i = 30°); H_4 = 13500 км (i = 30°); *3* — H_2 = 600 км (i = 15°); *4* — H_4 = 2000 км (i = 0°÷90°); *5* — H_5 = 3500 км (i = 45°÷90°); *6* — H_6 = 8500 км (i = 45°÷90°); *7* — H_7 = 13500 км (i = 45°; 60°); *8* — H_8 = 13500 км (i = 75°; 90°)

Рисунок Б.3 — Зависимость $K_З$ от углового расстояния перигея



1 — H_3 = 2500 км (i = 0°÷30°); *2* — H_2 = 2500 км (i = 45°÷90°); *3* — H_3 = 4000 км (i = 0°÷15°); H_2 = 80000 км (i = 0°÷15°); H_3 = 100000 км (i = 0°÷30°); *4* — H_4 = 40000 км (i = 30°); *5* — H_2 = 40000 км (i = 45°); *6* — H_1 = 40000 км (i = 60°); *7* — H_3 = 40000 км (i = 75°); *8* — H_2 = 40000 км (i = 45°); *9* — H_3 = 80000 км (i = 30°); *10* — H_3 = 80000 км (i = 45°); *11* — H_3 = 80000 км (i = 60°); *12* — H_4 = 80000 км (i = 75°), *13* — H_2 = 80000 км (i = 90°); *14* — H_4 = 100000 км (i = 45°); *15* — H_2 = 100000 км (i = 60°); *16* — H_4 = 100000 км (i = 75°); *17* — H_3 = 100000 км (i = 90°)

Рисунок Б.4 — Зависимость K_3 от углового расстояния перигея

УДК 629.78:620.193.6:006.354 Т27 ОКСТУ 7702

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

Редактор *Р. Г. 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. л. 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

gost.e-ecolog.ru