ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 25645.167— 2005

КОСМИЧЕСКАЯ СРЕДА (ЕСТЕСТВЕННАЯ И ИСКУССТВЕННАЯ)

Модель пространственно-временного распределения плотности потоков техногенного вещества в космическом пространстве

Издание официальное

БЗ 1—2004/253

Москва
Стандартинформ
2005

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации, а также правила разработки и утверждения Российских национальных стандартов установлены Федеральным законом «О техническом регулировании» от 27.12.02 № 184-ФЗ

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Научный центр космических информационных систем и технологий наблюдений» (ФГУП ЦНК) и Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации» (ФГУП ВНИИстандарт)

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 февраля 2005 г. № 11-ст

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в указателе «Национальные стандарты», а текст изменений — в информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в информационном указателе «Национальные стандарты»

© Стандартинформ, 2005

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Определения 1
4 Сокращения и обозначения 2
5 Общие положения 3
6 Определение плотности потока техногенного вещества относительно инерциальной системы координат 5
7 Определение потока техногенного вещества относительно космических аппаратов с типовыми орбитами 15
8 Прогнозирование плотности потока техногенного вещества 24
Приложение А (справочное) Характеристики компьютерных программ для определения пространственно-временного распределения техногенного вещества 35

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КОСМИЧЕСКАЯ СРЕДА (ЕСТЕСТВЕННАЯ И ИСКУССТВЕННАЯ)

Модель пространственно-временного распределения плотности потоков техногенного вещества в космическом пространстве

Space environment (natural and artificial).
Model of spatial and time distribution for space debris flux density in LEO

Дата введения — 2006—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает модель пространственно-временного распределения плотности потоков техногенного вещества размером более 0,1 см на удалении от поверхности Земли от 200 до 2000 км в произвольный момент времени с 2000 по 2025 г.

Стандарт предназначен для:

- использования в расчетах при определении условий функционирования и полета космических аппаратов в околоземном пространстве;
- разработки мероприятий по обеспечению экологической безопасности при создании и эксплуатации орбитальных средств;
- обоснования и оценки эффективности мероприятий и рекомендаций, направленных на ослабление антропогенного воздействия на космическую среду;
- обоснования параметров и условий применения наземной и бортовой аппаратуры, предназначенной для измерения характеристик техногенного вещества в околоземном космическом пространстве.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующий стандарт:

ГОСТ 25645.103 — 84 Условия физические космического пространства. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов по указателю «Национальные стандарты», составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяют в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **околоземное космическое пространство:** По ГОСТ 25645.103.

3.2 **космический объект**; КО: Тело искусственного происхождения, находящееся в околоземном пространстве.

3.3 **каталогизированный космический объект:** Космический объект размером более 10—30 см, включенный в каталоги сопровождаемых объектов систем контроля космического пространства или других служб и организаций.

Издание официальное

3.4 **некаталогизированный космический объект:** Космический объект размером, как правило, менее 10—30 см, образовавшийся в процессе или после прекращения функционирования орбитальных средств в околоземном пространстве и не включенный в каталоги сопровождаемых объектов.

3.5 **техногенное вещество:** Совокупность каталогизированных и некаталогизированных космических объектов техногенного происхождения, находящихся в околоземном пространстве.

3.6 **концентрация техногенного вещества:** Среднее число КО в единице объема (в окрестности фиксированной точки) околоземного пространства.

3.7 **поток техногенного вещества:** Среднее число КО, проходящих в единицу времени через некоторую заданную поверхность.

3.8 **плотность потока техногенного вещества:** Поток через сферическую поверхность единичного сечения.

3.9 **статистические характеристики скорости техногенного вещества:** Функции распределения и числовые характеристики радиальной и тангенциальной составляющих скорости КО, а также возможных направлений тангенциальной составляющей скорости в околоземном пространстве.

3.10 **относительная скорость сближающихся космических объектов:** Векторная разность скоростей некоторого произвольного и заданного КО в момент их максимального сближения.

3.11 **средняя относительная скорость:** Среднее значение относительной скорости, полученное усреднением относительных скоростей всех КО в окрестности траектории заданного КО (произвольный КО участвует в усреднении один раз).

3.12 **средняя скорость возможных столкновений:** Среднее значение относительной скорости, полученное усреднением относительных скоростей всех КО, с которыми может столкнуться заданный КО, т. е. усреднением по множеству возможных столкновений.

3.13 **коэффициент технической политики:** Показатель интенсивности образования техногенного вещества в интервале прогноза, определяемый отношением числа ежегодно образующихся космических объектов в интервале прогноза (после 2000 г.) к соответствующей средней оценке за время с 1990 по 2000 г.

4 Сокращения и обозначения

4.1 В настоящем стандарте применяют следующие сокращения:

КО — космический объект;

КА — космический аппарат;

ОКП — околоземное космическое пространство;

4.2 В настоящем стандарте применяют следующие обозначения:

h — высота точки;

φ — широта точки;

j — номер диапазона размеров КО;

d_j — левая граница размеров КО, соответствующая j-му диапазону их размеров;

$\rho\,(h, \varphi)_j$ — концентрация техногенного вещества для j-го диапазона размеров КО в зависимости от высоты и широты точки;

i — наклонение плоскости орбиты;

V_τ — тангенциальная составляющая скорости КО (направлена в плоскости орбиты перпендикулярно к радиусу-вектору);

$\overline{V}_\tau\,(h)$ — среднее значение тангенциальной составляющей скорости, полученное усреднением скоростей всех КО, которые в произвольный момент времени могут находиться на данной высоте;

$V_{\text{ОТН}}$ — относительная скорость сближающихся КО;

A — угол между тангенциальными составляющими скорости заданного КО и относительной скорости некоторого произвольного КО;

$pV_{\text{ОТН}}\,(A)$ — статистическая плотность распределения направления тангенциальной составляющей относительной скорости, полученная путем усреднения относительных скоростей всех

КО, которые находятся в окрестности траектории заданного КО (произвольный КО участвует в усреднении один раз);

$pV_{СТЛ}(A)$ — статистическая плотность распределения направления тангенциальной составляющей скорости возможных столкновений, полученная усреднением по множеству возможных столкновений;

$\overline{V}_{СТЛ}$ — средняя скорость возможных столкновений КА с техногенным веществом;

P — поток техногенного вещества;

$Q(h, \varphi)_j$ — плотность потока техногенного вещества для j-го диапазона размеров КО относительно инерциальной системы координат в зависимости от высоты и широты точки;

$Q_{ОТН}(h, i)_j$ — плотность потока техногенного вещества для j-го диапазона размеров КО относительно КА, находящегося на круговой орбите с высотой h и наклонением i;

$N(t_1, t_2)_j$ — среднее число возможных столкновений некоторого заданного КА с КО j-го диапазона размеров за время от t_1 до t_2;

C_N — коэффициент, учитывающий форму и ориентацию рассматриваемого КА;

α, β — углы, характеризующие ориентацию заданной оси по отношению к подвижной связанной с рассматриваемым КА системой координат;

S — характерная площадь поперечного сечения КА;

$F(t)$ — функция, учитывающая изменение потока техногенного вещества в интервале прогноза от начального момента t_0 до момента времени t;

K — коэффициент технической политики.

5 Общие положения

5.1 В соответствии с моделью пространственно-временного распределения техногенного вещества в околоземном пространстве определяют:

- плотность потока техногенного вещества относительно инерциальной системы координат в начальный момент времени t_0 = 2000 г.;
- плотность потока техногенного вещества относительно КА, движущихся по типовым орбитам, в начальный момент времени t_0 = 2000 г.;
- плотность потока техногенного вещества в произвольный момент времени от 2000 до 2025 г.

5.2 Для определения пространственно-временного распределения плотности потока техногенного вещества в околоземном пространстве используют следующие исходные данные:

- данные систем контроля космического пространства;
- сведения о разрушении космических аппаратов и ступеней ракет-носителей, а также о выполнении различных операций, предусмотренных программами космических полетов;
- данные радиолокационных и оптических измерений техногенного вещества;
- результаты космических экспериментов по определению непосредственного воздействия техногенного вещества на конструкцию КА.

Примечание — Перечисленные исходные данные используют для настройки математических моделей техногенного вещества. Их точностные характеристики определяются физическими принципами, методами и средствами обнаружения, наблюдения и контроля техногенного вещества в околоземном пространстве.

5.3 Характеристики пространственно-временного распределения техногенного вещества строят на основе данных, перечисленных в 5.2, с помощью математического моделирования техногенного загрязнения околоземного пространства. Точность характеристик пространственно-временного распределения техногенного вещества определяется точностью исходных данных, а также допущениями, применяемыми при математическом моделировании. Основные характеристики компьютерных программ для определения пространственно-временного распределения техногенного вещества приведены в приложении А.

5.4 Характеристики пространственно-временного распределения космических объектов определяют для восьми диапазонов их размеров, приведенных в таблице 5.1.

Таблица 5.1 — Разбиение размеров и средней массы КО на диапазоны

Наименование показателя	Диапазон размеров для j							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Размеры, см	От 0,10 до 0,25	От 0,25 до 0,50	От 0,5 до 1,0	От 1,0 до 2,5	От 2,5 до 5,0	От 5,0 до 10	От 10 до 20	Свыше 20
Средняя масса, кг	$0,86 \cdot 10^{-5}$	$0,58 \cdot 10^{-4}$	$0,28 \cdot 10^{-3}$	0,0018	0,010	0,064	0,363	300
Плотность, г/см^3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9
Примечание — Диапазон j = 8 относится к каталогизированным космическим объектам.								

5.5 Значения функции $Q(h, \varphi)_j$, м$^{-2}$•год$^{-1}$, характеризующей плотность потока космических объектов j-го диапазона размеров относительно инерциальной системы координат в зависимости от высоты и широты точки, вычисляют в процессе математического моделирования по формуле

$$Q(h,\varphi)_j = \rho(h,\varphi)_j \overline{V}_\tau(h), \quad (1)$$

где $\rho(h, \varphi)_j$ — концентрация космических объектов для j-го диапазона размеров в зависимости от высоты и широты точки;

$\overline{V}_\tau(h)$ — средняя тангенциальная составляющая скорости.

5.6 Значения функции $Q_{ОТН}(h, i)_j$, м$^{-2}$•год$^{-1}$, характеризующей плотность потока космических объектов относительно КА для различных диапазонов размеров КО, определяют для круговых орбит КА в зависимости от высоты h и наклонения i.

Значения $Q_{ОТН}(h, i)_j$ вычисляют в процессе математического моделирования усреднением мгновенных значений плотности потока, определяемых концентрацией КО и их относительной скоростью в различных точках.

5.7 Значения потока P_j за год для космических объектов различных диапазонов размеров относительно КА простой формы определяют по формуле

$$P_j = C_N S Q_{ОТН}(h, i)_j, \quad (2)$$

где C_N — коэффициент, учитывающий форму и ориентацию КА;

S — характерная площадь КА, м^2;

$Q_{ОТН}(h, i)_j$ — соответствующая плотность потока.

При этом используют допущение, что размеры КА существенно больше размеров КО.

Значения коэффициента C_N устанавливают для элементов конструкции КА различной формы (цилиндр, конус, панель) в виде функций углов α и β, характеризующих ориентацию заданной оси по отношению к подвижной, связанной с рассматриваемым КА, системой координат. Для КА сферической формы принимают

$$C_N = 1,$$

$$S = \pi D^2/4,$$

где D — диаметр КА, м.

5.8 В связи с тем, что тангенциальная составляющая скорости КО в среднем на порядок больше радиальной, т. е. вектор относительной скорости $V_{ОТН}$ отклоняется от горизонтальной скорости незначительно, поток КО относительно заданного КА принимают плоским, а направление относительной скорости характеризуют только ее отклонением A от тангенциальной составляющей скорости КА V_τ. В общем случае в процессе математического моделирования относительную скорость вычисляют как векторную раз-

ность скоростей соответственно некоторого произвольного и заданного объектов. Для приближенных вычислений относительной скорости при значениях угла A в пределах ± 90° применяют формулу

$$V_{\text{отн}}(A) \approx 2\ V_{\tau} \cos(A). \qquad (3)$$

Погрешность вычислений по этой формуле в большинстве случаев не превышает 0,5 км/с.

5.9 Статистическую плотность распределения направления тангенциальной составляющей относительной скорости $pV_{\text{отн}}(A)$ вычисляют в процессе математического моделирования усреднением соответствующих мгновенных значений в различных точках траектории с учетом концентрации техногенного вещества и возможных направлений относительной скорости КО в этих точках.

Статистическую плотность распределения направления тангенциальной составляющей скорости возможных столкновений $pV_{\text{стл}}(A)$ в процессе математического моделирования вычисляют по формуле

$$pV_{\text{стл}}(A) = \frac{V_{\text{отн}}(A)\ pV_{\text{отн}}(A)}{\int\limits_{A} V_{\text{отн}}(A)\ pV_{\text{отн}}(A)\,dA}. \qquad (4)$$

Применение этой формулы учитывает влияние различного вклада КО с различными относительными скоростями в суммарную оценку плотности потока, при этом реализуется переход к усреднению по множеству возможных столкновений.

Среднюю скорость возможных столкновений КА с космическими объектами в процессе математического моделирования вычисляют по формуле

$$\overline{V}_{\text{стл}} = \int\limits_{A} V_{\text{отн}}(A)\ pV_{\text{стл}}(A)\,dA. \qquad (5)$$

5.10 Среднее число столкновений КА сферической формы с техногенным веществом разного размера $N(t_1, t_2)_j$ в интервале времени (t_1, t_2) определяют по формуле

$$N(t_1, t_2)_j = P_j\,[F(t_2) - F(t_1)], \qquad (6)$$

где P_j — поток техногенного вещества для j-го диапазона размеров;

$F(t)$ (годы) — функция, учитывающая влияние изменения потока техногенного вещества в интервале прогноза от начального момента времени t_0 до момента времени t.

Значения функции рассчитывают в зависимости от размеров техногенного вещества, высоты h, для которой определены значения потока P_j, а также при различных гипотезах об интенсивности образования техногенного вещества на интервале прогноза, характеризуемых коэффициентом технической политики K. Для приближенных расчетов, а также для высот более 1000 км может быть принято приближенное значение $F(t) \approx t - t_0$. За начальный момент t_0 принят 2000 г.

5.11 Приведенные значения плотности потока техногенного вещества относительно типовых орбит КА не охватывают все возможные виды орбит, например эллиптические орбиты. Поэтому для оценок потока техногенного вещества относительно КА, не рассмотренных в настоящем стандарте, используют математические модели, данные о которых приведены в приложении А.

6 Определение плотности потока техногенного вещества относительно инерциальной системы координат

6.1 При оценке текущей плотности потока КО $Q(h, \varphi)_j$ относительно инерциальной системы координат высоту h и широту точки φ задают дискретно соответственно с шагом 100 км и 5°.

6.2 Средние значения тангенциальной составляющей скорости КО $\overline{V}_{\tau}(h)_j$, которые при вычислениях по формуле (1) использовались для определения плотности потока $Q(h, \varphi)_j$, приведены в таблице 6.1. Эти значения получены усреднением скоростей всех КО заданного диапазона размеров, орбиты которых отличаются высотами, эксцентриситетами и наклонениями.

Таблица 6.1 — Средние значения тангенциальной составляющей скорости

Высота, км	Средняя скорость, км/с, для диапазона размеров j							
	1	2	3	4	5	6	7	8
250	8,259	8,250	8,241	8,232	8,223	8,214	8,205	8,196
350	8,197	8,188	8,179	8,170	8,161	8,152	8,143	8,134
450	8,137	8,123	8,127	8,103	8,098	8,077	8,086	8,067
550	8,083	8,067	8,061	8,038	8,040	8,017	8,012	8,006
650	8,022	8,011	7,998	7,977	7,973	7,956	7,943	7,951
750	7,977	7,960	7,948	7,931	7,915	7,907	7,894	7,891
850	7,926	7,908	7,888	7,879	7,868	7,854	7,850	7,850
950	7,861	7,845	7,827	7,814	7,810	7,792	7,789	7,797
1050	7,800	7,787	7,768	7,754	7,736	7,730	7,726	7,738
1150	7,739	7,720	7,699	7,689	7,677	7,674	7,665	7,688
1250	7,677	7,655	7,638	7,629	7,623	7,616	7,626	7,648
1350	7,613	7,605	7,581	7,568	7,567	7,566	7,566	7,599
1450	7,578	7,575	7,555	7,543	7,540	7,533	7,533	7,555
1550	7,518	7,504	7,490	7,483	7,474	7,471	7,470	7,490
1650	7,471	7,452	7,446	7,424	7,420	7,404	7,428	7,444
1750	7,405	7,395	7,377	7,363	7,354	7,362	7,361	7,407
1850	7,334	7,324	7,315	7,299	7,296	7,300	7,312	7,357
1950	7,266	7,243	7,244	7,231	7,229	7,238	7,250	7,291

6.3 Плотность потока $Q(h, \varphi)_j$ для объектов различных диапазонов размеров определяют в соответствии с таблицами 6.2—6.9.

Таблица 6.2 — Плотность потока КО размером 0,1 — 0,25 см (j = 1) относительно инерциальной системы координат

Высота, км	Плотность потока, $м^{-2} \cdot год^{-1}$, для широты																	
	2,5°	7,5°	12,5°	17,5°	22,5°	27,5°	32,7°	37,5°	42,5°	47,7°	52,5°	57,5°	62,5°	67,5°	72,5°	77,5°	82,5°	87,5°
250	1,01E-3	1,01E-3	1,01E-3	1,05E-3	1,13E-3	1,29E-3	1,17E-3	1,05E-3	1,05E-3	1,17E-3	1,37E-3	1,45E-3	1,93E-3	2,05E-3	2,18E-3	1,61E-3	3,51E-3	2,82E-4
350	1,82E-3	1,82E-3	1,82E-3	1,89E-3	2,03E-3	2,32E-3	2,11E-3	1,89E-3	1,89E-3	2,11E-3	2,47E-3	2,61E-3	3,49E-3	3,70E-3	3,92E-3	2,90E-3	6,32E-3	5,08E-4
450	2,61E-3	2,61E-3	2,61E-3	2,72E-3	2,92E-3	3,34E-3	3,03E-3	2,72E-3	2,72E-3	3,03E-3	3,55E-3	3,76E-3	5,01E-3	5,33E-3	5,64E-3	4,18E-3	9,09E-3	7,31E-4
550	6,23E-3	6,23E-3	6,23E-3	6,64E-3	7,16E-3	8,20E-3	7,37E-3	6,43E-3	6,54E-3	7,37E-3	8,72E-3	9,13E-3	1,20E-2	1,29E-2	1,37E-2	1,01E-2	2,21E-2	1,76E-3
650	8,75E-3	8,75E-3	8,75E-3	9,27E-3	9,99E-3	1,14E-2	1,03E-2	9,06E-3	9,17E-3	1,03E-2	1,23E-2	1,28E-2	1,70E-2	1,81E-2	1,93E-2	1,41E-2	3,10E-2	2,47E-3
750	1,36E-2	1,36E-2	1,37E-2	1,44E-2	1,57E-2	1,79E-2	1,61E-2	1,41E-2	1,43E-2	1,61E-2	1,90E-2	2,00E-2	2,64E-2	2,83E-2	2,99E-2	2,20E-2	4,83E-2	3,79E-3
850	1,67E-2	1,68E-2	1,69E-2	1,75E-2	1,85E-2	2,05E-2	1,96E-2	1,92E-2	2,00E-2	2,21E-2	2,51E-2	2,78E-2	3,52E-2	4,49E-2	4,47E-2	4,07E-2	8,04E-2	1,36E-2
950	1,92E-2	1,93E-2	1,95E-2	2,01E-2	2,10E-2	2,28E-2	2,25E-2	2,28E-2	2,40E-2	2,62E-2	2,96E-2	3,32E-2	4,15E-2	5,57E-2	5,45E-2	5,23E-2	1,01E-1	1,94E-2
1050	1,59E-2	1,60E-2	1,62E-2	1,66E-2	1,74E-2	1,88E-2	1,87E-2	1,91E-2	2,01E-2	2,20E-2	2,47E-2	2,79E-2	3,47E-2	4,72E-2	4,59E-2	4,45E-2	8,55E-2	1,67E-2
1150	1,23E-2	1,24E-2	1,25E-2	1,29E-2	1,35E-2	1,47E-2	1,45E-2	1,47E-2	1,55E-2	1,69E-2	1,90E-2	2,14E-2	2,67E-2	3,58E-2	3,50E-2	3,35E-2	6,48E-2	1,23E-2
1250	1,02E-2	1,02E-2	1,03E-2	1,06E-2	1,12E-2	1,22E-2	1,20E-2	1,20E-2	1,27E-2	1,39E-2	1,57E-2	1,75E-2	2,20E-2	2,93E-2	2,87E-2	2,73E-2	5,29E-2	9,95E-3
1350	1,03E-2	1,04E-2	1,05E-2	1,08E-2	1,12E-2	1,22E-2	1,21E-2	1,23E-2	1,31E-2	1,44E-2	1,60E-2	1,82E-2	2,24E-2	2,92E-2	3,44E-2	3,01E-2	4,58E-2	8,50E-3
1450	1,29E-2	1,30E-2	1,31E-2	1,35E-2	1,40E-2	1,49E-2	1,52E-2	1,60E-2	1,71E-2	1,90E-2	2,08E-2	2,40E-2	2,89E-2	3,75E-2	5,30E-2	4,35E-2	4,78E-2	9,24E-3
1550	1,01E-2	1,02E-2	1,03E-2	1,06E-2	1,10E-2	1,17E-2	1,20E-2	1,24E-2	1,33E-2	1,48E-2	1,63E-2	1,88E-2	2,26E-2	2,90E-2	4,13E-2	3,37E-2	3,69E-2	6,95E-3
1650	6,91E-3	6,91E-3	7,00E-3	7,19E-3	7,48E-3	8,06E-3	8,06E-3	8,34E-3	8,92E-3	9,88E-3	1,09E-2	1,26E-2	1,52E-2	1,93E-2	2,72E-2	2,21E-2	2,46E-2	4,41E-3
1750	4,85E-3	4,85E-3	4,94E-3	5,04E-3	5,32E-3	5,70E-3	5,70E-3	5,80E-3	6,18E-3	6,84E-3	7,61E-3	8,65E-3	1,06E-2	1,33E-2	1,79E-2	1,46E-2	1,82E-2	3,14E-3
1850	4,33E-3	4,43E-3	4,43E-3	4,61E-3	4,80E-3	5,18E-3	5,18E-3	5,27E-3	5,56E-3	6,21E-3	6,87E-3	7,81E-3	9,51E-3	1,20E-2	1,62E-2	1,32E-2	1,63E-2	2,82E-3
1950	4,38E-3	4,38E-3	4,48E-3	4,57E-3	4,85E-3	5,22E-3	5,13E-3	5,32E-3	5,60E-3	6,25E-3	6,90E-3	7,93E-3	9,61E-3	1,19E-2	1,71E-2	1,35E-2	1,50E-2	2,52E-3

Примечание к таблицам 6.2 — 6.9 — Обозначение «E-x» означает 10^{-x}.

Таблица 6.3 — Плотность потока КО размером 0,25 — 0,50 см (j = 2) относительно инерциальной системы координат

Высота, км	Плотность потока, $м^{-2} \cdot год^{-1}$, для широты																	
	2,5°	7,5°	12,5°	17,5°	22,5°	27,5°	32,7°	37,5°	42,5°	47,7°	52,5°	57,5°	62,5°	67,5°	72,5°	77,5°	82,5°	87,5°
250	7,87E-5	7,87E-5	7,87E-5	8,53E-5	9,18E-5	1,05E-4	9,51E-5	8,20E-5	8,53E-5	9,51E-5	1,12E-4	1,18E-4	1,54E-4	1,64E-4	1,74E-4	1,28E-4	2,82E-4	2,30E-5
350	1,42E-4	1,42E-4	1,42E-4	1,54E-4	1,66E-4	1,89E-4	1,71E-4	1,48E-4	1,54E-4	1,71E-4	2,01E-4	2,13E-4	2,78E-4	2,96E-4	3,13E-4	2,31E-4	5,08E-4	4,14E-5
450	2,04E-4	2,04E-4	2,04E-4	2,21E-4	2,38E-4	2,72E-4	2,46E-4	2,12E-4	2,21E-4	2,46E-4	2,89E-4	3,06E-4	3,99E-4	4,25E-4	4,50E-4	3,31E-4	7,30E-4	5,94E-5
550	5,06E-4	5,06E-4	5,06E-4	5,31E-4	5,82E-4	6,58E-4	5,99E-4	5,23E-4	5,31E-4	5,99E-4	7,08E-4	7,42E-4	9,78E-4	1,05E-3	1,10E-3	8,18E-4	1,79E-3	1,43E-4
650	7,20E-4	7,20E-4	7,20E-4	7,62E-4	8,29E-4	9,46E-4	8,46E-4	7,45E-4	7,62E-4	8,54E-4	1,00E-3	1,05E-3	1,40E-3	1,49E-3	1,58E-3	1,16E-3	2,55E-3	2,01E-4
750	1,12E-3	1,13E-3	1,13E-3	1,20E-3	1,29E-3	1,48E-3	1,33E-3	1,17E-3	1,19E-3	1,33E-3	1,57E-3	1,65E-3	2,19E-3	2,33E-3	2,47E-3	1,82E-3	3,99E-3	3,16E-4
850	1,36E-3	1,37E-3	1,39E-3	1,44E-3	1,52E-3	1,67E-3	1,61E-3	1,58E-3	1,64E-3	1,81E-3	2,06E-3	2,28E-3	2,88E-3	3,69E-3	3,67E-3	3,35E-3	6,61E-3	1,13E-3
950	1,55E-3	1,56E-3	1,57E-3	1,62E-3	1,70E-3	1,84E-3	1,83E-3	1,84E-3	1,95E-3	2,13E-3	2,39E-3	2,70E-3	3,36E-3	4,53E-3	4,42E-3	4,25E-3	8,20E-3	1,57E-3
1050	1,29E-3	1,29E-3	1,30E-3	1,34E-3	1,41E-3	1,52E-3	1,51E-3	1,55E-3	1,64E-3	1,78E-3	1,99E-3	2,26E-3	2,81E-3	3,83E-3	3,72E-3	3,61E-3	6,94E-3	1,37E-3
1150	9,84E-4	9,93E-4	1,00E-3	1,03E-3	1,08E-3	1,18E-3	1,16E-3	1,18E-3	1,24E-3	1,36E-3	1,53E-3	1,72E-3	2,14E-3	2,87E-3	2,81E-3	2,70E-3	5,20E-3	9,93E-4
1250	8,16E-4	8,16E-4	8,24E-4	8,56E-4	8,96E-4	9,76E-4	9,60E-4	9,68E-4	1,02E-3	1,11E-3	1,26E-3	1,41E-3	1,76E-3	2,35E-3	2,30E-3	2,20E-3	4,26E-3	8,08E-4
1350	8,27E-4	8,35E-4	8,43E-4	8,66E-4	9,06E-4	9,78E-4	9,78E-4	9,94E-4	1,06E-3	1,16E-3	1,30E-3	1,47E-3	1,80E-3	2,36E-3	2,81E-3	2,45E-3	3,65E-3	6,76E-4
1450	1,05E-3	1,05E-3	1,06E-3	1,09E-3	1,13E-3	1,20E-3	1,23E-3	1,29E-3	1,39E-3	1,54E-3	1,69E-3	1,96E-3	2,34E-3	3,03E-3	4,35E-3	3,55E-3	3,80E-3	7,36E-4
1550	8,00E-4	8,08E-4	8,16E-4	8,39E-4	8,71E-4	9,25E-4	9,41E-4	9,88E-4	1,06E-3	1,18E-3	1,29E-3	1,49E-3	1,79E-3	2,31E-3	3,32E-3	2,70E-3	2,86E-3	5,41E-4
1650	5,30E-4	5,30E-4	5,37E-4	5,53E-4	5,76E-4	6,15E-4	6,23E-4	6,46E-4	6,85E-4	7,63E-4	8,41E-4	9,74E-4	1,17E-3	1,49E-3	2,13E-3	1,72E-3	1,86E-3	3,35E-4
1750	3,56E-4	3,56E-4	3,63E-4	3,71E-4	3,94E-4	4,17E-4	4,17E-4	4,33E-4	4,56E-4	5,10E-4	5,64E-4	6,42E-4	7,81E-4	9,89E-4	1,35E-3	1,10E-3	1,32E-3	2,32E-4
1850	3,21E-4	3,21E-4	3,29E-4	3,37E-4	3,52E-4	3,75E-4	3,75E-4	3,83E-4	4,06E-4	4,52E-4	5,05E-4	5,74E-4	6,97E-4	8,80E-4	1,22E-3	9,87E-4	1,16E-3	1,99E-4
1950	3,18E-4	3,26E-4	3,26E-4	3,33E-4	3,48E-4	3,79E-4	3,79E-4	3,86E-4	4,09E-4	4,62E-4	5,07E-4	5,83E-4	7,04E-4	8,71E-4	1,29E-3	1,01E-3	1,04E-3	1,74E-4

Таблица 6.4 — Плотность потока КО размером 0,5 — 1,0 см (j = 3) относительно инерциальной системы координат

Высота, км	Плотность потока, $м^{-2} \cdot год^{-1}$, для широты																	
	2,5°	7,5°	12,5°	17,5°	22,5°	27,5°	32,7°	37,5°	42,5°	47,7°	52,5°	57,5°	62,5°	67,5°	72,5°	77,5°	82,5°	87,5°
250	1,70E-5	1,70E-5	1,70E-5	1,77E-5	1,96E-5	2,21E-5	2,02E-5	1,77E-5	1,77E-5	2,02E-5	2,34E-5	2,46E-5	3,28E-5	3,47E-5	3,73E-5	2,71E-5	6,00E-5	4,42E-6
350	3,07E-5	3,07E-5	3,07E-5	3,19E-5	3,53E-5	3,98E-5	3,64E-5	3,19E-5	3,19E-5	3,64E-5	4,21E-5	4,44E-5	5,92E-5	6,26E-5	6,71E-5	4,89E-5	1,08E-4	7,97E-6
450	4,41E-5	4,41E-5	4,41E-5	4,58E-5	5,07E-5	5,72E-5	5,23E-5	4,58E-5	4,58E-5	5,23E-5	6,05E-5	6,38E-5	8,50E-5	8,99E-5	9,65E-5	7,03E-5	1,55E-4	1,14E-5
550	1,02E-4	1,04E-4	1,04E-4	1,10E-4	1,18E-4	1,35E-4	1,22E-4	1,07E-4	1,09E-4	1,22E-4	1,44E-4	1,51E-4	1,99E-4	2,14E-4	2,27E-4	1,67E-4	3,66E-4	2,92E-5
650	1,48E-4	1,50E-4	1,50E-4	1,58E-4	1,71E-4	1,95E-4	1,75E-4	1,54E-4	1,56E-4	1,75E-4	2,08E-4	2,17E-4	2,88E-4	3,07E-4	3,27E-4	2,40E-4	5,26E-4	4,18E-5
750	2,29E-4	2,30E-4	2,30E-4	2,45E-4	2,64E-4	3,02E-4	2,72E-4	2,38E-4	2,41E-4	2,72E-4	3,21E-4	3,36E-4	4,46E-4	4,76E-4	5,05E-4	3,73E-4	8,15E-4	6,40E-5
850	2,68E-4	2,70E-4	2,71E-4	2,82E-4	2,98E-4	3,28E-4	3,17E-4	3,09E-4	3,24E-4	3,55E-4	4,05E-4	4,48E-4	5,67E-4	7,24E-4	7,19E-4	6,55E-4	1,30E-3	2,21E-4
950	2,98E-4	2,99E-4	3,02E-4	3,12E-4	3,28E-4	3,56E-4	3,51E-4	3,56E-4	3,75E-4	4,09E-4	4,60E-4	5,18E-4	6,47E-4	8,69E-4	8,49E-4	8,16E-4	1,57E-3	3,02E-4
1050	2,42E-4	2,44E-4	2,45E-4	2,53E-4	2,64E-4	2,86E-4	2,86E-4	2,91E-4	3,08E-4	3,34E-4	3,77E-4	4,25E-4	5,28E-4	7,19E-4	7,00E-4	6,80E-4	1,31E-3	2,56E-4
1150	1,83E-4	1,84E-4	1,86E-4	1,92E-4	2,01E-4	2,18E-4	2,17E-4	2,18E-4	2,29E-4	2,51E-4	2,83E-4	3,18E-4	3,97E-4	5,33E-4	5,20E-4	4,99E-4	9,63E-4	1,84E-4
1250	1,49E-4	1,51E-4	1,52E-4	1,57E-4	1,64E-4	1,78E-4	1,75E-4	1,77E-4	1,86E-4	2,03E-4	2,29E-4	2,57E-4	3,21E-4	4,29E-4	4,19E-4	3,99E-4	7,74E-4	1,46E-4
1350	1,48E-4	1,48E-4	1,49E-4	1,54E-4	1,62E-4	1,74E-4	1,74E-4	1,77E-4	1,88E-4	2,07E-4	2,30E-4	2,62E-4	3,22E-4	4,19E-4	4,99E-4	4,35E-4	6,53E-4	1,20E-4
1450	1,82E-4	1,82E-4	1,85E-4	1,90E-4	1,96E-4	2,08E-4	2,13E-4	2,25E-4	2,42E-4	2,67E-4	2,93E-4	3,40E-4	4,07E-4	5,29E-4	7,57E-4	6,22E-4	6,66E-4	1,31E-4
1550	1,37E-4	1,37E-4	1,39E-4	1,43E-4	1,48E-4	1,57E-4	1,61E-4	1,69E-4	1,81E-4	2,00E-4	2,20E-4	2,55E-4	3,06E-4	3,95E-4	5,70E-4	4,64E-4	4,91E-4	9,34E-5
1650	8,69E-5	8,69E-5	8,84E-5	8,99E-5	9,44E-5	1,00E-4	1,02E-4	1,06E-4	1,14E-4	1,26E-4	1,39E-4	1,60E-4	1,92E-4	2,46E-4	3,55E-4	2,86E-4	3,03E-4	5,54E-5
1750	5,64E-5	5,64E-5	5,64E-5	5,79E-5	6,08E-5	6,53E-5	6,53E-5	6,68E-5	7,12E-5	8,01E-5	8,76E-5	1,01E-4	1,22E-4	1,54E-4	2,15E-4	1,74E-4	2,03E-4	3,56E-5
1850	4,86E-5	5,00E-5	5,00E-5	5,15E-5	5,44E-5	5,74E-5	5,74E-5	5,89E-5	6,33E-5	7,06E-5	7,80E-5	8,83E-5	1,07E-4	1,35E-4	1,91E-4	1,53E-4	1,75E-4	3,09E-5
1950	4,81E-5	4,96E-5	4,96E-5	5,10E-5	5,25E-5	5,68E-5	5,68E-5	5,83E-5	6,27E-5	7,00E-5	7,72E-5	8,89E-5	1,06E-4	1,31E-4	2,00E-4	1,56E-4	1,50E-4	2,48E-5

Таблица 6.5 — Плотность потока КО размером 1,0 — 2,5 см (j = 4) относительно инерциальной системы координат

Высота, км	Плотность потока, $м^{-2} \cdot год^{-1}$, для широты																	
	2,5°	7,5°	12,5°	17,5°	22,5°	27,5°	32,7°	37,5°	42,5°	47,7°	52,5°	57,5°	62,5°	67,5°	72,5°	77,5°	82,5°	87,5°
250	3,08E-6	3,08E-6	3,08E-6	3,28E-6	3,49E-6	4,00E-6	3,59E-6	3,18E-6	3,18E-6	3,59E-6	4,31E-6	4,51E-6	5,95E-6	6,36E-6	6,66E-6	4,92E-6	1,09E-5	8,20E-7
350	5,54E-6	5,54E-6	5,54E-6	5,91E-6	6,28E-6	7,20E-6	6,47E-6	5,73E-6	5,73E-6	6,47E-6	7,76E-6	8,13E-6	1,07E-5	1,15E-5	1,20E-5	8,87E-6	1,96E-5	1,48E-6
450	7,94E-6	7,94E-6	7,94E-6	8,47E-6	9,00E-6	1,03E-5	9,26E-6	8,20E-6	8,20E-6	9,26E-6	1,11E-5	1,16E-5	1,53E-5	1,64E-5	1,72E-5	1,27E-5	2,81E-5	2,12E-6
550	1,84E-5	1,84E-5	1,84E-5	1,94E-5	2,10E-5	2,42E-5	2,18E-5	1,92E-5	1,94E-5	2,18E-5	2,57E-5	2,68E-5	3,57E-5	3,81E-5	4,04E-5	2,97E-5	6,51E-5	5,25E-6
650	2,61E-5	2,63E-5	2,63E-5	2,79E-5	3,00E-5	3,44E-5	3,10E-5	2,74E-5	2,76E-5	3,10E-5	3,67E-5	3,83E-5	5,08E-5	5,42E-5	5,76E-5	4,25E-5	9,30E-5	7,29E-6
750	3,91E-5	3,94E-5	3,94E-5	4,14E-5	4,48E-5	5,13E-5	4,61E-5	4,07E-5	4,12E-5	4,64E-5	5,47E-5	5,72E-5	7,59E-5	8,11E-5	8,60E-5	6,35E-5	1,39E-4	1,09E-5
850	4,45E-5	4,48E-5	4,53E-5	4,68E-5	4,97E-5	5,46E-5	5,28E-5	5,15E-5	5,38E-5	5,92E-5	6,72E-5	7,44E-5	9,42E-5	1,21E-4	1,20E-4	1,09E-4	2,16E-4	3,68E-5
950	4,82E-5	4,85E-5	4,90E-5	5,05E-5	5,28E-5	5,74E-5	5,69E-5	5,74E-5	6,07E-5	6,61E-5	7,45E-5	8,40E-5	1,05E-4	1,41E-4	1,38E-4	1,32E-4	2,55E-4	4,93E-5
1050	3,85E-5	3,87E-5	3,93E-5	4,05E-5	4,23E-5	4,56E-5	4,56E-5	4,66E-5	4,91E-5	5,34E-5	6,00E-5	6,79E-5	8,43E-5	1,15E-4	1,12E-4	1,09E-4	2,09E-4	4,13E-5
1150	2,89E-5	2,89E-5	2,91E-5	3,01E-5	3,16E-5	3,44E-5	3,39E-5	3,44E-5	3,62E-5	3,94E-5	4,44E-5	5,00E-5	6,23E-5	8,39E-5	8,19E-5	7,86E-5	1,52E-4	2,91E-5
1250	2,32E-5	2,34E-5	2,37E-5	2,44E-5	2,54E-5	2,79E-5	2,74E-5	2,77E-5	2,92E-5	3,16E-5	3,59E-5	4,01E-5	5,03E-5	6,70E-5	6,58E-5	6,28E-5	1,21E-4	2,29E-5
1350	2,27E-5	2,27E-5	2,30E-5	2,37E-5	2,47E-5	2,67E-5	2,67E-5	2,72E-5	2,89E-5	3,19E-5	3,53E-5	4,03E-5	4,94E-5	6,45E-5	7,76E-5	6,72E-5	9,89E-5	1,83E-5
1450	2,86E-5	2,88E-5	2,91E-5	2,98E-5	3,08E-5	3,25E-5	3,35E-5	3,55E-5	3,82E-5	4,24E-5	4,63E-5	5,37E-5	6,41E-5	8,30E-5	1,21E-4	9,88E-5	1,01E-4	1,97E-5
1550	2,10E-5	2,10E-5	2,13E-5	2,18E-5	2,27E-5	2,40E-5	2,47E-5	2,59E-5	2,79E-5	3,10E-5	3,40E-5	3,93E-5	4,69E-5	6,04E-5	8,92E-5	7,21E-5	7,23E-5	1,39E-5
1650	1,29E-5	1,31E-5	1,31E-5	1,36E-5	1,41E-5	1,48E-5	1,50E-5	1,58E-5	1,70E-5	1,89E-5	2,09E-5	2,40E-5	2,86E-5	3,66E-5	5,41E-5	4,34E-5	4,36E-5	8,00E-6
1750	7,94E-6	7,94E-6	7,94E-6	8,18E-6	8,42E-6	9,14E-6	9,14E-6	9,38E-6	1,01E-5	1,13E-5	1,25E-5	1,42E-5	1,73E-5	2,19E-5	3,08E-5	2,50E-5	2,79E-5	5,05E-6
1850	6,91E-6	6,91E-6	6,91E-6	7,15E-6	7,39E-6	7,87E-6	7,87E-6	8,11E-6	8,82E-6	9,77E-6	1,07E-5	1,24E-5	1,50E-5	1,88E-5	2,69E-5	2,17E-5	2,36E-5	4,05E-6
1950	6,61E-6	6,61E-6	6,61E-6	6,85E-6	7,08E-6	7,79E-6	7,79E-6	8,03E-6	8,50E-6	9,45E-6	1,04E-5	1,20E-5	1,44E-5	1,77E-5	2,81E-5	2,15E-5	1,94E-5	3,07E-6

Таблица 6.6 — Плотность потока КО размером 2,5 — 5,0 см (j = 5) относительно инерциальной системы координат

Высота, км	Плотность потока, $м^{-2} \cdot год^{-1}$, для широты																	
	2,5°	7,5°	12,5°	17,5°	22,5°	27,5°	32,7°	37,5°	42,5°	47,7°	52,5°	57,5°	62,5°	67,5°	72,5°	77,5°	82,5°	87,5°
250	7,25E-7	7,25E-7	7,25E-7	7,67E-7	8,29E-7	9,53E-7	8,49E-7	7,46E-7	7,67E-7	8,49E-7	1,02E-6	1,06E-6	1,41E-6	1,49E-6	1,60E-6	1,16E-6	2,57E-6	2,07E-7
350	1,31E-6	1,31E-6	1,31E-6	1,38E-6	1,49E-6	1,72E-6	1,53E-6	1,34E-6	1,38E-6	1,53E-6	1,83E-6	1,90E-6	2,54E-6	2,69E-6	2,88E-6	2,09E-6	4,63E-6	3,73E-7
450	1,87E-6	1,87E-6	1,87E-6	1,98E-6	2,14E-6	2,46E-6	2,19E-6	1,92E-6	1,98E-6	2,19E-6	2,62E-6	2,73E-6	3,64E-6	3,85E-6	4,12E-6	2,99E-6	6,63E-6	5,35E-7
550	4,25E-6	4,25E-6	4,25E-6	4,51E-6	4,88E-6	5,57E-6	4,99E-6	4,41E-6	4,46E-6	5,04E-6	5,94E-6	6,21E-6	8,23E-6	8,81E-6	9,34E-6	6,90E-6	1,51E-5	1,17E-6
650	5,90E-6	5,95E-6	6,00E-6	6,32E-6	6,84E-6	7,79E-6	7,00E-6	6,16E-6	6,26E-6	7,05E-6	8,32E-6	8,68E-6	1,15E-5	1,23E-5	1,31E-5	9,63E-6	2,11E-5	1,68E-6
750	8,36E-6	8,41E-6	8,47E-6	8,94E-6	9,67E-6	1,10E-5	9,93E-6	8,73E-6	8,88E-6	9,98E-6	1,18E-5	1,23E-5	1,63E-5	1,75E-5	1,85E-5	1,36E-5	2,98E-5	2,35E-6
850	9,30E-6	9,35E-6	9,40E-6	9,77E-6	1,03E-5	1,14E-5	1,10E-5	1,07E-5	1,12E-5	1,23E-5	1,40E-5	1,55E-5	1,96E-5	2,50E-5	2,49E-5	2,27E-5	4,48E-5	7,64E-6
950	9,74E-6	9,80E-6	9,90E-6	1,02E-5	1,07E-5	1,16E-5	1,14E-5	1,16E-5	1,22E-5	1,34E-5	1,51E-5	1,70E-5	2,11E-5	2,85E-5	2,78E-5	2,67E-5	5,16E-5	9,95E-6
1050	7,61E-6	7,66E-6	7,76E-6	7,97E-6	8,32E-6	8,99E-6	8,99E-6	9,19E-6	9,70E-6	1,06E-5	1,18E-5	1,34E-5	1,67E-5	2,28E-5	2,22E-5	2,16E-5	4,14E-5	8,22E-6
1150	5,63E-6	5,63E-6	5,68E-6	5,88E-6	6,13E-6	6,69E-6	6,59E-6	6,69E-6	7,04E-6	7,70E-6	8,67E-6	9,78E-6	1,22E-5	1,64E-5	1,60E-5	1,54E-5	2,97E-5	5,73E-6
1250	4,48E-6	4,53E-6	4,53E-6	4,68E-6	4,93E-6	5,33E-6	5,28E-6	5,33E-6	5,64E-6	6,14E-6	6,89E-6	7,75E-6	9,71E-6	1,30E-5	1,27E-5	1,22E-5	2,35E-5	4,48E-6
1350	4,35E-6	4,40E-6	4,45E-6	4,55E-6	4,75E-6	5,10E-6	5,10E-6	5,25E-6	5,55E-6	6,14E-6	6,84E-6	7,79E-6	9,54E-6	1,24E-5	1,52E-5	1,31E-5	1,87E-5	3,45E-6
1450	5,57E-6	5,57E-6	5,67E-6	5,77E-6	5,97E-6	6,32E-6	6,52E-6	6,92E-6	7,42E-6	8,26E-6	9,01E-6	1,05E-5	1,25E-5	1,61E-5	2,41E-5	1,94E-5	1,90E-5	3,68E-6
1550	4,00E-6	4,05E-6	4,10E-6	4,19E-6	4,29E-6	4,59E-6	4,69E-6	4,93E-6	5,33E-6	5,92E-6	6,46E-6	7,55E-6	8,98E-6	1,15E-5	1,74E-5	1,39E-5	1,32E-5	2,52E-6
1650	2,40E-6	2,40E-6	2,45E-6	2,50E-6	2,60E-6	2,79E-6	2,84E-6	2,99E-6	3,18E-6	3,53E-6	3,87E-6	4,51E-6	5,39E-6	6,81E-6	1,03E-5	8,18E-6	7,84E-6	1,42E-6
1750	1,41E-6	1,41E-6	1,41E-6	1,46E-6	1,51E-6	1,60E-6	1,65E-6	1,70E-6	1,80E-6	1,99E-6	2,23E-6	2,57E-6	3,06E-6	3,88E-6	5,63E-6	4,52E-6	4,86E-6	8,74E-7
1850	1,20E-6	1,20E-6	1,20E-6	1,25E-6	1,30E-6	1,40E-6	1,40E-6	1,45E-6	1,54E-6	1,73E-6	1,88E-6	2,17E-6	2,60E-6	3,28E-6	4,82E-6	3,85E-6	4,05E-6	7,23E-7
1950	1,15E-6	1,15E-6	1,15E-6	1,19E-6	1,24E-6	1,34E-6	1,34E-6	1,38E-6	1,48E-6	1,67E-6	1,81E-6	2,10E-6	2,48E-6	3,05E-6	4,96E-6	3,77E-6	3,15E-6	5,25E-7

Таблица 6.7 — Плотность потока КО размером 5,0 — 10,0 см (j = 6) относительно инерциальной системы координат

Высота, км	Плотность потока, $м^{-2} \cdot год^{-1}$, для широты																	
	2,5°	7,5°	12,5°	17,5°	22,5°	27,5°	32,7°	37,5°	42,5°	47,7°	52,5°	57,5°	62,5°	67,5°	72,5°	77,5°	82,5°	87,5°
250	2,76E-7	2,76E-7	2,76E-7	2,97E-7	3,18E-7	3,61E-7	3,25E-7	2,90E-7	2,90E-7	3,25E-7	3,89E-7	4,03E-7	5,37E-7	5,73E-7	6,08E-7	4,45E-7	9,83E-7	7,78E-8
350	4,97E-7	4,97E-7	4,97E-7	5,35E-7	5,73E-7	6,50E-7	5,86E-7	5,23E-7	5,23E-7	5,86E-7	7,01E-7	7,26E-7	9,69E-7	1,03E-6	1,10E-6	8,03E-7	1,77E-6	1,40E-7
450	7,10E-7	7,10E-7	7,10E-7	7,64E-7	8,19E-7	9,28E-7	8,37E-7	7,46E-7	7,46E-7	8,37E-7	1,00E-6	1,04E-6	1,38E-6	1,47E-6	1,57E-6	1,15E-6	2,53E-6	2,00E-7
550	1,63E-6	1,64E-6	1,64E-6	1,73E-6	1,88E-6	2,15E-6	1,93E-6	1,70E-6	1,72E-6	1,93E-6	2,28E-6	2,38E-6	3,16E-6	3,38E-6	3,58E-6	2,64E-6	5,78E-6	4,52E-7
650	2,22E-6	2,24E-6	2,24E-6	2,37E-6	2,56E-6	2,92E-6	2,64E-6	2,33E-6	2,35E-6	2,64E-6	3,12E-6	3,26E-6	4,34E-6	4,62E-6	4,91E-6	3,62E-6	7,92E-6	6,27E-7
750	2,99E-6	3,03E-6	3,03E-6	3,21E-6	3,46E-6	3,96E-6	3,56E-6	3,14E-6	3,17E-6	3,56E-6	4,20E-6	4,42E-6	5,84E-6	6,24E-6	6,61E-6	4,88E-6	1,07E-5	8,37E-7
850	3,22E-6	3,24E-6	3,27E-6	3,40E-6	3,57E-6	3,95E-6	3,80E-6	3,73E-6	3,89E-6	4,28E-6	4,87E-6	5,40E-6	6,83E-6	8,78E-6	8,71E-6	7,98E-6	1,57E-5	2,71E-6
950	3,28E-6	3,30E-6	3,34E-6	3,44E-6	3,60E-6	3,90E-6	3,86E-6	3,93E-6	4,14E-6	4,53E-6	5,09E-6	5,74E-6	7,15E-6	9,69E-6	9,43E-6	9,13E-6	1,76E-5	3,42E-6
1050	2,53E-6	2,54E-6	2,56E-6	2,65E-6	2,75E-6	2,96E-6	2,98E-6	3,07E-6	3,24E-6	3,54E-6	3,95E-6	4,48E-6	5,56E-6	7,66E-6	7,42E-6	7,30E-6	1,39E-5	2,82E-6
1150	1,82E-6	1,82E-6	1,83E-6	1,90E-6	1,99E-6	2,14E-6	2,13E-6	2,18E-6	2,30E-6	2,51E-6	2,82E-6	3,18E-6	3,96E-6	5,38E-6	5,24E-6	5,08E-6	9,77E-6	1,92E-6
1250	1,42E-6	1,42E-6	1,44E-6	1,49E-6	1,54E-6	1,68E-6	1,66E-6	1,70E-6	1,78E-6	1,96E-6	2,20E-6	2,49E-6	3,09E-6	4,19E-6	4,08E-6	3,95E-6	7,59E-6	1,48E-6
1350	1,38E-6	1,40E-6	1,41E-6	1,45E-6	1,50E-6	1,62E-6	1,62E-6	1,67E-6	1,79E-6	1,98E-6	2,18E-6	2,51E-6	3,05E-6	3,97E-6	5,06E-6	4,31E-6	5,71E-6	1,07E-6
1450	1,82E-6	1,82E-6	1,85E-6	1,88E-6	1,95E-6	2,05E-6	2,12E-6	2,26E-6	2,43E-6	2,72E-6	2,95E-6	3,45E-6	4,07E-6	5,23E-6	8,13E-6	6,45E-6	5,75E-6	1,10E-6
1550	1,26E-6	1,26E-6	1,28E-6	1,31E-6	1,35E-6	1,43E-6	1,46E-6	1,57E-6	1,68E-6	1,87E-6	2,04E-6	2,37E-6	2,83E-6	3,59E-6	5,69E-6	4,46E-6	3,82E-6	7,24E-7
1650	7,17E-7	7,17E-7	7,34E-7	7,51E-7	7,84E-7	8,17E-7	8,51E-7	8,84E-7	9,68E-7	1,07E-6	1,17E-6	1,37E-6	1,62E-6	2,05E-6	3,24E-6	2,54E-6	2,19E-6	4,00E-7
1750	3,82E-7	3,82E-7	3,82E-7	3,82E-7	3,98E-7	4,31E-7	4,31E-7	4,64E-7	4,98E-7	5,47E-7	5,97E-7	6,97E-7	8,29E-7	1,06E-6	1,59E-6	1,26E-6	1,23E-6	2,32E-7
1850	3,13E-7	3,13E-7	3,13E-7	3,29E-7	3,29E-7	3,62E-7	3,62E-7	3,78E-7	4,11E-7	4,44E-7	4,93E-7	5,76E-7	6,91E-7	8,55E-7	1,32E-6	1,04E-6	9,70E-7	1,81E-7
1950	2,77E-7	2,94E-7	2,94E-7	2,94E-7	3,10E-7	3,26E-7	3,26E-7	3,42E-7	3,75E-7	4,24E-7	4,57E-7	5,38E-7	6,36E-7	7,67E-7	1,34E-6	9,95E-7	6,85E-7	1,14E-7

Таблица 6.8 — Плотность потока КО размером 10,0 — 20,0 см (j = 7) относительно инерциальной системы координат

Высота, км	Плотность потока, $м^{-2} \cdot год^{-1}$, для широты																	
	2,5°	7,5°	12,5°	17,5°	22,5°	27,5°	32,7°	37,5°	42,5°	47,7°	52,5°	57,5°	62,5°	67,5°	72,5°	77,5°	82,5°	87,5°
250	1,02E-7	1,04E-7	1,04E-7	1,09E-7	1,18E-7	1,36E-7	1,23E-7	1,06E-7	1,09E-7	1,23E-7	1,43E-7	1,50E-7	2,01E-7	2,13E-7	2,27E-7	1,67E-7	3,66E-7	3,01E-8
350	1,83E-7	1,88E-7	1,88E-7	1,96E-7	2,13E-7	2,46E-7	2,21E-7	1,92E-7	1,96E-7	2,21E-7	2,59E-7	2,71E-7	3,63E-7	3,84E-7	4,09E-7	3,00E-7	6,59E-7	5,42E-8
450	2,62E-7	2,68E-7	2,68E-7	2,80E-7	3,04E-7	3,52E-7	3,16E-7	2,74E-7	2,80E-7	3,16E-7	3,70E-7	3,87E-7	5,19E-7	5,48E-7	5,84E-7	4,29E-7	9,42E-7	7,75E-8
550	6,08E-7	6,14E-7	6,14E-7	6,50E-7	7,03E-7	8,03E-7	7,26E-7	6,38E-7	6,44E-7	7,26E-7	8,56E-7	8,98E-7	1,19E-6	1,27E-6	1,35E-6	9,92E-7	2,17E-6	1,71E-7
650	7,73E-7	7,79E-7	7,85E-7	8,26E-7	8,96E-7	1,02E-6	9,19E-7	8,08E-7	8,20E-7	9,19E-7	1,09E-6	1,14E-6	1,51E-6	1,62E-6	1,71E-6	1,26E-6	2,76E-6	2,17E-7
750	1,02E-6	1,02E-6	1,03E-6	1,09E-6	1,18E-6	1,34E-6	1,21E-6	1,06E-6	1,08E-6	1,21E-6	1,43E-6	1,50E-6	1,98E-6	2,12E-6	2,25E-6	1,66E-6	3,63E-6	2,85E-7
850	1,06E-6	1,07E-6	1,08E-6	1,12E-6	1,18E-6	1,30E-6	1,26E-6	1,24E-6	1,29E-6	1,42E-6	1,61E-6	1,79E-6	2,26E-6	2,92E-6	2,89E-6	2,66E-6	5,24E-6	9,14E-7
950	1,06E-6	1,07E-6	1,08E-6	1,11E-6	1,16E-6	1,26E-6	1,25E-6	1,28E-6	1,35E-6	1,47E-6	1,65E-6	1,87E-6	2,32E-6	3,16E-6	3,08E-6	2,99E-6	5,74E-6	1,13E-6
1050	7,75E-7	7,80E-7	7,92E-7	8,09E-7	8,43E-7	9,06E-7	9,11E-7	9,45E-7	1,00E-6	1,09E-6	1,22E-6	1,39E-6	1,71E-6	2,38E-6	2,30E-6	2,28E-6	4,34E-6	8,88E-7
1150	5,37E-7	5,42E-7	5,48E-7	5,65E-7	5,88E-7	6,33E-7	6,33E-7	6,50E-7	6,89E-7	7,52E-7	8,42E-7	9,55E-7	1,18E-6	1,62E-6	1,58E-6	1,54E-6	2,95E-6	5,88E-7
1250	4,22E-7	4,22E-7	4,27E-7	4,39E-7	4,61E-7	4,95E-7	4,95E-7	5,12E-7	5,40E-7	5,85E-7	6,58E-7	7,42E-7	9,22E-7	1,26E-6	1,23E-6	1,20E-6	2,30E-6	4,61E-7
1350	4,18E-7	4,24E-7	4,24E-7	4,41E-7	4,57E-7	4,85E-7	4,91E-7	5,13E-7	5,47E-7	6,02E-7	6,69E-7	7,64E-7	9,26E-7	1,20E-6	1,60E-6	1,34E-6	1,67E-6	3,18E-7
1450	5,61E-7	5,61E-7	5,72E-7	5,83E-7	6,00E-7	6,33E-7	6,55E-7	6,94E-7	7,50E-7	8,39E-7	9,11E-7	1,07E-6	1,26E-6	1,60E-6	2,58E-6	2,01E-6	1,65E-6	3,11E-7
1550	3,80E-7	3,80E-7	3,85E-7	3,96E-7	4,07E-7	4,30E-7	4,46E-7	4,74E-7	5,07E-7	5,67E-7	6,17E-7	7,21E-7	8,54E-7	1,07E-6	1,77E-6	1,37E-6	1,06E-6	1,93E-7
1650	2,14E-7	2,14E-7	2,14E-7	2,19E-7	2,30E-7	2,41E-7	2,46E-7	2,63E-7	2,85E-7	3,18E-7	3,45E-7	4,05E-7	4,76E-7	5,97E-7	9,86E-7	7,61E-7	5,91E-7	1,10E-7
1750	1,03E-7	1,09E-7	1,09E-7	1,09E-7	1,14E-7	1,19E-7	1,25E-7	1,30E-7	1,41E-7	1,57E-7	1,68E-7	2,01E-7	2,33E-7	2,98E-7	4,67E-7	3,64E-7	3,26E-7	5,97E-8
1850	8,62E-8	8,62E-8	8,62E-8	9,16E-8	9,16E-8	9,70E-8	1,02E-7	1,08E-7	1,13E-7	1,24E-7	1,40E-7	1,62E-7	1,89E-7	2,37E-7	3,83E-7	2,96E-7	2,53E-7	4,31E-8
1950	7,48E-8	8,02E-8	8,02E-8	8,02E-8	8,55E-8	9,09E-8	9,09E-8	9,62E-8	1,02E-7	1,18E-7	1,23E-7	1,44E-7	1,71E-7	2,08E-7	3,69E-7	2,78E-7	1,76E-7	2,67E-8

Таблица 6.9 — Плотность потока КО размером > 20,0 см (j = 8) относительно инерциальной системы координат

Высота, км	Плотность потока, $м^{-2} \cdot год^{-1}$, для широты																	
	2,5°	7,5°	12,5°	17,5°	22,5°	27,5°	32,7°	37,5°	42,5°	47,7°	52,5°	57,5°	62,5°	67,5°	72,5°	77,5°	82,5°	87,5°
250	1,30E-7	1,30E-7	1,30E-7	1,35E-7	1,46E-7	1,67E-7	1,51E-7	1,35E-7	1,35E-7	1,51E-7	1,78E-7	1,89E-7	2,48E-7	2,65E-7	2,81E-7	2,05E-7	4,54E-7	3,78E-8
350	2,34E-7	2,34E-7	2,34E-7	2,43E-7	2,63E-7	3,02E-7	2,73E-7	2,43E-7	2,43E-7	2,73E-7	3,21E-7	3,41E-7	4,48E-7	4,77E-7	5,06E-7	3,70E-7	8,18E-7	6,81E-8
450	3,33E-7	3,33E-7	3,33E-7	3,47E-7	3,75E-7	4,30E-7	3,89E-7	3,47E-7	3,47E-7	3,89E-7	4,58E-7	4,86E-7	6,39E-7	6,80E-7	7,22E-7	5,28E-7	1,17E-6	9,72E-8
550	8,27E-7	8,41E-7	8,41E-7	8,82E-7	9,51E-7	1,09E-6	9,78E-7	8,68E-7	8,82E-7	9,78E-7	1,16E-6	1,21E-6	1,61E-6	1,72E-6	1,83E-6	1,35E-6	2,95E-6	2,34E-7
650	1,19E-6	1,20E-6	1,20E-6	1,27E-6	1,37E-6	1,57E-6	1,41E-6	1,25E-6	1,26E-6	1,41E-6	1,67E-6	1,75E-6	2,33E-6	2,48E-6	2,63E-6	1,93E-6	4,24E-6	3,42E-7
750	1,93E-6	1,94E-6	1,94E-6	2,05E-6	2,21E-6	2,54E-6	2,28E-6	2,01E-6	2,04E-6	2,30E-6	2,70E-6	2,84E-6	3,75E-6	4,01E-6	4,25E-6	3,14E-6	6,86E-6	5,43E-7
850	2,19E-6	2,20E-6	2,23E-6	2,30E-6	2,39E-6	2,59E-6	2,58E-6	2,65E-6	2,80E-6	3,05E-6	3,42E-6	3,86E-6	4,80E-6	6,57E-6	6,38E-6	6,23E-6	1,19E-5	2,36E-6
950	2,34E-6	2,35E-6	2,38E-6	2,43E-6	2,52E-6	2,70E-6	2,74E-6	2,87E-6	3,06E-6	3,31E-6	3,69E-6	4,23E-6	5,19E-6	7,34E-6	7,06E-6	7,10E-6	1,34E-5	2,83E-6
1050	1,40E-6	1,41E-6	1,43E-6	1,47E-6	1,52E-6	1,61E-6	1,65E-6	1,74E-6	1,85E-6	2,01E-6	2,22E-6	2,56E-6	3,14E-6	4,47E-6	4,29E-6	4,34E-6	8,19E-6	1,76E-6
1150	7,01E-7	7,01E-7	7,15E-7	7,28E-7	7,67E-7	8,20E-7	8,34E-7	8,60E-7	9,26E-7	1,01E-6	1,11E-6	1,27E-6	1,56E-6	2,21E-6	2,13E-6	2,13E-6	4,04E-6	8,47E-7
1250	4,61E-7	4,61E-7	4,61E-7	4,74E-7	5,00E-7	5,27E-7	5,40E-7	5,66E-7	5,92E-7	6,45E-7	7,24E-7	8,16E-7	1,01E-6	1,42E-6	1,37E-6	1,36E-6	2,58E-6	5,40E-7
1350	5,10E-7	5,23E-7	5,23E-7	5,36E-7	5,62E-7	5,89E-7	6,02E-7	6,28E-7	6,80E-7	7,59E-7	8,24E-7	9,55E-7	1,15E-6	1,45E-6	2,22E-6	1,75E-6	1,66E-6	3,01E-7
1450	1,38E-6	1,38E-6	1,40E-6	1,43E-6	1,48E-6	1,56E-6	1,61E-6	1,72E-6	1,85E-6	2,08E-6	2,26E-6	2,64E-6	3,09E-6	3,80E-6	6,89E-6	5,11E-6	3,02E-6	5,07E-7
1550	7,09E-7	7,22E-7	7,22E-7	7,48E-7	7,73E-7	8,12E-7	8,38E-7	8,90E-7	9,54E-7	1,07E-6	1,17E-6	1,37E-6	1,60E-6	1,97E-6	3,52E-6	2,62E-6	1,64E-6	2,84E-7
1650	3,20E-7	3,20E-7	3,20E-7	3,33E-7	3,46E-7	3,59E-7	3,72E-7	3,97E-7	4,23E-7	4,74E-7	5,25E-7	6,02E-7	7,18E-7	8,84E-7	1,52E-6	1,14E-6	7,94E-7	1,28E-7
1750	1,40E-7	1,40E-7	1,40E-7	1,53E-7	1,53E-7	1,66E-7	1,66E-7	1,66E-7	1,78E-7	2,04E-7	2,29E-7	2,55E-7	3,06E-7	3,82E-7	6,12E-7	4,72E-7	4,08E-7	6,37E-8
1850	1,27E-7	1,27E-7	1,27E-7	1,39E-7	1,39E-7	1,52E-7	1,52E-7	1,52E-7	1,65E-7	1,90E-7	2,03E-7	2,41E-7	2,79E-7	3,42E-7	5,44E-7	4,18E-7	3,67E-7	6,33E-8
1950	1,25E-7	1,25E-7	1,25E-7	1,25E-7	1,25E-7	1,38E-7	1,38E-7	1,51E-7	1,51E-7	1,76E-7	1,88E-7	2,13E-7	2,64E-7	3,26E-7	5,14E-7	3,89E-7	3,51E-7	6,27E-8

7 Определение потока техногенного вещества относительно космических аппаратов с типовыми орбитами

7.1 При оценке плотности потока КО $Q_{\text{отн}}(h, i)_j$ относительно КА, движущихся по типовым орбитам, в качестве расчетных значений высоты и наклонений приняты следующие значения:

- для высоты h — 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400 км;
- для наклонений — 55°, 65°, 75°, 85°, 95°, 105°.

Плотность потока определяют для различных диапазонов размеров КО (j), приведенных в таблице 5.1.

7.2 Средние скорости столкновений, рассчитанные по формуле (5), мало зависят от размеров КО. Для рассмотренных высот и наклонений типовых орбит средние скорости определяют по данным, приведенным в таблице 7.1.

Таблица 7.1 — Средние скорости столкновений $\overline{V}_{\text{СТЛ}}$

Наклонение	Средняя скорость столкновений $\overline{V}_{\text{СТЛ}}$, км/с, на высоте, км					
	400	600	800	1000	1200	1400
55°	10,8	10,9	10,9	11,6	10,9	10,8
65°	11,3	11,5	11,3	11,9	11,3	11,1
75°	12,2	12,4	12,3	12,8	12,1	11,9
85°	12,5	12,7	12,6	13,2	12,5	12,4
95°	13,1	13,3	13,2	13,0	12,4	12,2
105°	13,0	13,2	13,1	13,0	12,3	12,0

7.3 Плотность потока $Q_{\text{отн}}(h, i)_j$ КО различных размеров через поверхность КА, движущихся по круговым орбитам с различными высотами и наклонениями, определяют по таблице 7.2. В каждой из клеток последовательно записаны значения плотности потока для 1, 2, . . . , 8-го диапазона размеров КО (j = 1, 2, . . . , 8).

Таблица 7.2 — Плотность потока КО

Наклонение	Номер диапазона размеров	Плотность потока КО, $м^{-2} \cdot год^{-1}$, на высоте, км						
		200	400	600	800	1000	1200	1400
55°	1	5,18E-4	2,49E-3	9,02E-3	1,91E-2	2,74E-2	1,67E-2	1,67E-2
	2	4,18E-5	2,00E-4	7,39E-4	1,58E-3	2,22E-3	1,34E-3	1,35E-3
	3	8,85E-6	4,23E-5	1,52E-4	3,17E-4	4,25E-4	2,47E-4	2,38E-4
	4	1,60E-6	7,64E-6	2,70E-5	5,34E-5	6,85E-5	3,88E-5	3,69E-5
	5	3,78E-7	1,81E-6	6,18E-6	1,13E-5	1,37E-5	7,53E-6	7,15E-6
	6	1,44E-7	6,90E-7	2,35E-6	4,01E-6	4,63E-6	2,43E-6	2,31E-6
	7	5,39E-8	2,57E-7	8,54E-7	1,35E-6	1,47E-6	7,23E-7	7,07E-7
	8	6,69E-8	3,20E-7	1,23E-6	2,67E-6	3,08E-6	8,96E-7	1,26E-6
65°	1	5,62E-4	2,69E-3	9,81E-3	2,10E-2	2,89E-2	1,75E-2	1,74E-2
	2	4,52E-5	2,16E-4	8,03E-4	1,73E-3	2,35E-3	1,40E-3	1,41E-3
	3	9,58E-6	4,59E-5	1,65E-4	3,48E-4	4,49E-4	2,59E-4	2,49E-4
	4	1,73E-6	8,29E-6	2,94E-5	5,87E-5	7,25E-5	4,06E-5	3,86E-5

Окончание таблицы 7.2

Наклонение	Номер диапазона размеров	Плотность потока КО, $м^{-2} \cdot год^{-1}$, на высоте, км						
		200	400	600	800	1000	1200	1400
65°	5	4,09E-7	1,96E-6	6,72E-6	1,24E-5	1,45E-5	7,90E-6	7,48E-6
	6	1,56E-7	7,48E-7	2,56E-6	4,41E-6	4,90E-6	2,55E-6	2,41E-6
	7	5,84E-8	2,79E-7	9,29E-7	1,48E-6	1,56E-6	7,60E-7	7,39E-7
	8	7,25E-8	3,47E-7	1,34E-6	2,95E-6	3,28E-6	9,45E-7	1,31E-6
75°	1	6,87E-4	3,29E-3	1,19E-2	2,62E-2	3,63E-2	2,20E-2	2,35E-2
	2	5,50E-5	2,63E-4	9,77E-4	2,17E-3	2,95E-3	1,76E-3	1,90E-3
	3	1,17E-5	5,60E-5	2,01E-4	4,35E-4	5,64E-4	3,25E-4	3,36E-4
	4	2,11E-6	1,01E-5	3,57E-5	7,33E-5	9,11E-5	5,11E-5	5,24E-5
	5	5,00E-7	2,39E-6	8,18E-6	1,55E-5	1,83E-5	9,94E-6	1,02E-5
	6	1,91E-7	9,13E-7	3,12E-6	5,50E-6	6,17E-6	3,22E-6	3,34E-6
	7	7,13E-8	3,41E-7	1,13E-6	1,85E-6	1,97E-6	9,64E-7	1,03E-6
	8	8,85E-8	4,23E-7	1,63E-6	3,72E-6	4,19E-6	1,21E-6	1,91E-6
85°	1	7,46E-4	3,57E-3	1,30E-2	2,90E-2	4,18E-2	2,52E-2	2,47E-2
	2	5,99E-5	2,86E-4	1,06E-3	2,40E-3	3,40E-3	2,03E-3	1,99E-3
	3	1,27E-5	6,08E-5	2,18E-4	4,80E-4	6,50E-4	3,74E-4	3,52E-4
	4	2,30E-6	1,10E-5	3,88E-5	8,10E-5	1,05E-4	5,87E-5	5,46E-5
	5	5,43E-7	2,60E-6	8,88E-6	1,72E-5	2,11E-5	1,14E-5	1,06E-5
	6	2,08E-7	9,92E-7	3,38E-6	6,08E-6	7,12E-6	3,71E-6	3,40E-6
	7	7,75E-8	3,70E-7	1,23E-6	2,04E-6	2,28E-6	1,11E-6	1,04E-6
	8	9,61E-8	4,59E-7	1,77E-6	4,15E-6	4,88E-6	1,41E-6	1,80E-6
95°	1	8,21E-4	3,93E-3	1,43E-2	3,20E-2	4,12E-2	2,48E-2	2,44E-2
	2	6,59E-5	3,15E-4	1,17E-3	2,64E-3	3,35E-3	1,99E-3	1,97E-3
	3	1,40E-5	6,69E-5	2,40E-4	5,29E-4	6,40E-4	3,68E-4	3,48E-4
	4	2,53E-6	1,21E-5	4,26E-5	8,93E-5	1,03E-4	5,78E-5	5,40E-5
	5	5,98E-7	2,86E-6	9,77E-6	1,89E-5	2,07E-5	1,13E-5	1,04E-5
	6	2,29E-7	1,09E-6	3,72E-6	6,70E-6	7,01E-6	3,65E-6	3,36E-6
	7	8,53E-8	4,08E-7	1,35E-6	2,25E-6	2,25E-6	1,10E-6	1,03E-6
	8	1,06E-7	5,06E-7	1,95E-6	4,58E-6	4,79E-6	1,38E-6	1,80E-6
105°	1	8,13E-4	3,89E-3	1,41E-2	3,08E-2	3,87E-2	2,35E-2	2,47E-2
	2	6,52E-5	3,12E-4	1,15E-3	2,54E-3	3,14E-3	1,88E-3	2,00E-3
	3	1,39E-5	6,62E-5	2,37E-4	5,10E-4	6,01E-4	3,48E-4	3,53E-3
	4	2,50E-6	1,20E-5	4,21E-5	8,60E-5	9,70E-5	5,46E-5	5,51E-5
	5	5,92E-7	2,83E-6	9,63E-6	1,82E-5	1,95E-5	1,06E-5	1,07E-5
	6	2,26E-7	1,08E-6	3,67E-6	6,45E-6	6,57E-6	3,44E-6	3,49E-6
	7	8,44E-8	4,03E-7	1,33E-6	2,17E-6	2,10E-6	1,03E-6	1,08E-6
	8	1,05E-7	5,00E-7	1,92E-6	4,36E-6	4,45E-6	1,29E-6	1,98E-6

7.4 Статистические плотности $pV_{стл}(A)$ распределения направления тангенциальной составляющей скорости возможных столкновений для круговых орбит с различными наклонениями определяют по данным таблицы 7.3 и рисунка 7.1. Эти распределения мало зависят от размеров космических объектов и высоты орбиты КА. Они являются симметричными относительно направления тангенциальной составляющей скорости КА.

Таблица 7.3 — Распределение направлений скорости столкновений для круговых орбит с разными наклонениями

Угол A	Вероятность попадания направления относительной скорости в интервал A ±1° для наклонений					
	55°	65°	75°	85°	95°	105°
1°	0,00013	0,00020	0,01623	0,04703	0,04839	0,01978
3°	0,00010	0,00037	0,02419	0,03806	0,03629	0,03242
5°	0,00008	0,00282	0,03164	0,03089	0,02588	0,04742
7°	0,00017	0,00967	0,02207	0,03472	0,03968	0,02880
9°	0,00098	0,02084	0,01843	0,02402	0,04051	0,02247
11°	0,00607	0,02148	0,02181	0,02202	0,03251	0,02370
13°	0,01294	0,01786	0,02614	0,02337	0,02139	0,02619
15°	0,02273	0,01787	0,01852	0,02255	0,01675	0,02393
17°	0,01831	0,02293	0,02001	0,01702	0,01405	0,01597
19°	0,01581	0,02115	0,02260	0,01476	0,01128	0,01479
21°	0,01781	0,02081	0,02238	0,01354	0,00905	0,01326
23°	0,02546	0,02146	0,01738	0,01229	0,01062	0,01125
25°	0,01978	0,02318	0,01366	0,01380	0,01061	0,01119
27°	0,02108	0,01927	0,01332	0,01460	0,00983	0,01075
29°	0,02380	0,01622	0,01323	0,01387	0,00980	0,01038
31°	0,02454	0,01651	0,01158	0,01065	0,00872	0,00924
33°	0,01962	0,01446	0,01050	0,00865	0,00774	0,00850
35°	0,01697	0,01217	0,00877	0,00752	0,00655	0,00849
37°	0,01498	0,01098	0,00844	0,00659	0,00593	0,00763
39°	0,01405	0,01017	0,00762	0,00543	0,00508	0,00805
41°	0,01237	0,01000	0,00776	0,00542	0,00550	0,00733
43°	0,01401	0,01112	0,00765	0,00516	0,00495	0,00758
45°	0,01346	0,01122	0,00842	0,00473	0,00509	0,00740
47°	0,01195	0,01008	0,00777	0,00502	0,00486	0,00690
49°	0,01019	0,00908	0,00784	0,00464	0,00447	0,00743
51°	0,00934	0,00771	0,00700	0,00409	0,00435	0,00624
53°	0,00823	0,00753	0,00689	0,00405	0,00379	0,00554
55°	0,01006	0,00680	0,00598	0,00389	0,00406	0,00567
57°	0,00981	0,00582	0,00528	0,00443	0,00501	0,00515
59°	0,00992	0,00700	0,00625	0,00412	0,00515	0,00604
61°	0,00970	0,00737	0,00537	0,00449	0,00473	0,00516
63°	0,00934	0,00797	0,00583	0,00430	0,00465	0,00555

Продолжение таблицы 7.3

Угол A	Вероятность попадания направления относительной скорости в интервал A ±1° для наклонений					
	55°	65°	75°	85°	95°	105°
65°	0,00945	0,00668	0,00505	0,00484	0,00710	0,00653
67°	0,01083	0,00676	0,00488	0,00512	0,00750	0,00537
69°	0,01107	0,00736	0,00482	0,00422	0,00566	0,00486
71°	0,01092	0,00767	0,00429	0,00369	0,00478	0,00548
73°	0,00885	0,00797	0,00507	0,00366	0,00450	0,00567
75°	0,00710	0,00858	0,00408	0,00261	0,00377	0,00659
77°	0,00661	0,00821	0,00392	0,00309	0,00396	0,00500
79°	0,00582	0,00800	0,00432	0,00302	0,00403	0,00472
81°	0,00611	0,00559	0,00455	0,00300	0,00415	0,00332
83°	0,00490	0,00434	0,00419	0,00282	0,00308	0,00326
85°	0,00289	0,00454	0,00449	0,00326	0,00348	0,00325
87°	0,00243	0,00329	0,00320	0,00309	0,00338	0,00281
89°	0,00260	0,00355	0,00234	0,00377	0,00157	0,00193
91°	0,00226	0,00336	0,00195	0,00270	0,00186	0,00145
93°	0,00158	0,00201	0,00166	0,00264	0,00168	0,00112
95°	0,00131	0,00161	0,00157	0,00199	0,00127	0,00106
97°	0,00126	0,00105	0,00144	0,00224	0,00160	0,00090
99°	0,00074	0,00074	0,00112	0,00128	0,00099	0,00081
101°	0,00046	0,00094	0,00132	0,00103	0,00103	0,00079
103°	0,00035	0,00091	0,00110	0,00051	0,00075	0,00059
105°	0,00016	0,00067	0,00096	0,00067	0,00092	0,00053
107°	0,00007	0,00069	0,00083	0,00018	0,00029	0,00044
109°	0,00010	0,00059	0,00068	0,00044	0,00050	0,00042
111°	0,00005	0,00031	0,00047	0,00038	0,00045	0,00025
113°	0,00004	0,00046	0,00044	0,00020	0,00021	0,00028
115°	0,00006	0,00034	0,00034	0,00026	0,00035	0,00023
117°	0,00004	0,00033	0,00027	0,00034	0,00035	0,00016
119°	0,00002	0,00024	0,00017	0,00023	0,00025	0,00008
121°	0,00001	0,00019	0,00013	0,00026	0,00020	0,00009
123°	0,00001	0,00020	0,00013	0,00016	0,00009	0,00009
125°	0,00001	0,00018	0,00011	0,00016	0,00012	0,00007
127°	0,00001	0,00014	0,00011	0,00017	0,00025	0,00004
129°	0,00001	0,00019	0,00013	0,00018	0,00021	0,00006
131°	0,00001	0,00006	0,00003	0,00018	0,00021	0,00003
133°	0,00000	0,00014	0,00012	0,00011	0,00011	0,00003
135°	0,00000	0,00015	0,00005	0,00013	0,00012	0,00003
137°	0,00000	0,00010	0,00002	0,00009	0,00006	0,00005

Окончание таблицы 7.3

Угол A	Вероятность попадания направления относительной скорости в интервал A ±1° для наклонений					
	55°	65°	75°	85°	95°	105°
139°	0,00000	0,00011	0,00005	0,00004	0,00003	0,00003
141°	0,00000	0,00012	0,00004	0,00009	0,00009	0,00004
143°	0,00000	0,00006	0,00003	0,00003	0,00005	0,00003
145°	0,00000	0,00007	0,00001	0,00010	0,00015	0,00003
147°	0,00001	0,00003	0,00003	0,00008	0,00009	0,00002
149°	0,00000	0,00012	0,00007	0,00014	0,00009	0,00006
151°	0,00000	0,00003	0,00006	0,00009	0,00004	0,00001
153°	0,00000	0,00002	0,00001	0,00010	0,00011	0,00002
155°	0,00000	0,00007	0,00004	0,00008	0,00007	0,00001
157°	0,00000	0,00002	0,00005	0,00006	0,00004	0,00002
159°	0,00000	0,00010	0,00003	0,00005	0,00007	0,00002
161°	0,00000	0,00007	0,00001	0,00004	0,00003	0,00001
163°	0,00000	0,00003	0,00002	0,00003	0,00002	0,00003
165°	0,00000	0,00007	0,00001	0,00003	0,00002	0,00001
167°	0,00000	0,00006	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001
169°	0,00000	0,00006	0,00001	0,00005	0,00004	0,00001
171°	0,00000	0,00003	0,00002	0,00002	0,00003	0,00002
173°	0,00000	0,00006	0,00004	0,00006	0,00005	0,00001
175°	0,00000	0,00004	0,00002	0,00008	0,00007	0,00002
177°	0,00000	0,00003	0,00001	0,00007	0,00006	0,00000
179°	0,00000	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00002

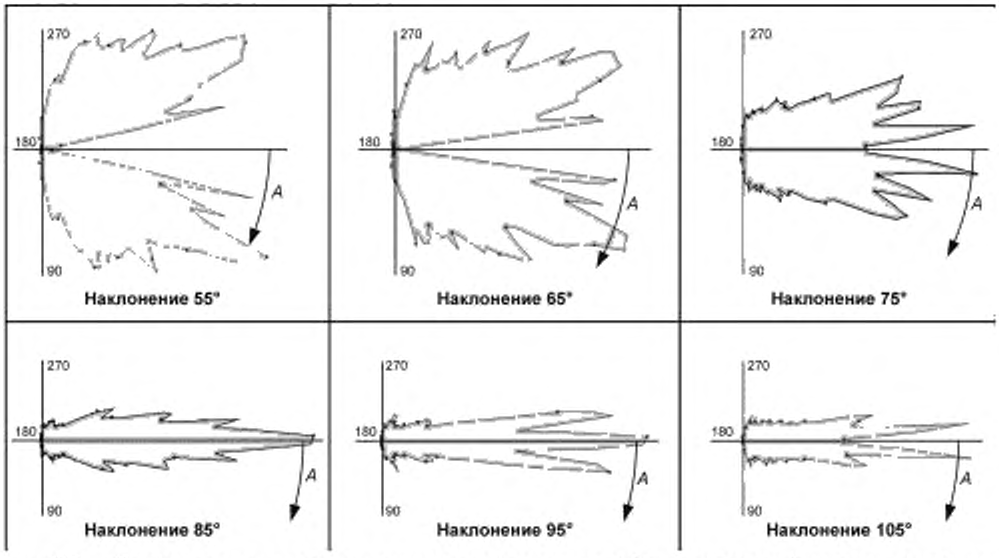


Рисунок 7.1 — Статистическая плотность распределения направлений тангенциальной составляющей скорости возможных столкновений

7.5 При расчете по формуле (2) потока КО относительно типовых элементов конструкции КА (цилиндр, конус, панель) в качестве характерной площади S используют:

для цилиндра и конуса — площадь осевого сечения;

для панели — площадь одной стороны.

7.6 Учет ориентации проводят для всех типовых элементов конструкции, кроме сферы. Для цилиндра и конуса ориентацию задают положением их оси в подвижной орбитальной системе координат. Ориентацию плоского элемента характеризуют соответствующим положением нормали к поверхности. Конкретное положение указанных направлений описывают двумя углами (α и β) в упомянутой системе координат (рисунок 7.2). Угол α является аналогом азимута. Он отсчитывается в горизонтальной плоскости по часовой стрелке от направления тангенциальной составляющей скорости КА. Угол β является аналогом угла места и определяют угол между задаваемым направлением и горизонтальной плоскостью.

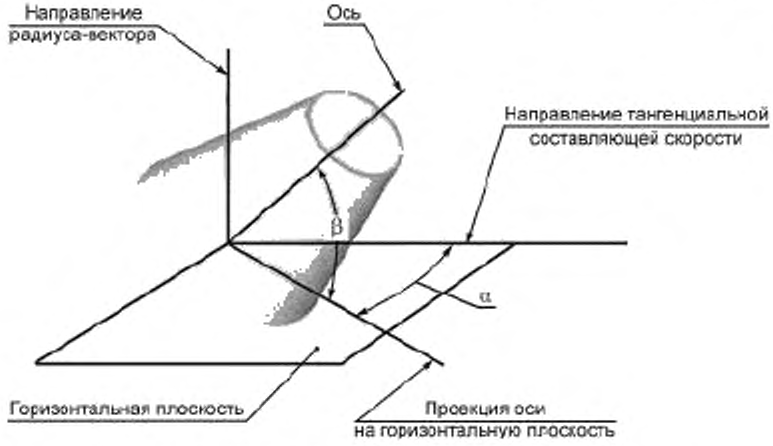


Рисунок 7.2 — Задание ориентации элемента конструкции КА

7.7 Данные о значениях коэффициента C_N для всех возможных вариантов ориентации типовых элементов конструкции КА (цилиндр, конус, панель), движущихся по орбитам с наклонениями в окрестности значений 55°, 75° и 95°, приведены на рисунках 7.3—7.5. Для конуса рассмотрено четыре значения угла раствора: 15°, 30°, 45° и 60°. При приближении угла β к 90° (перпендикуляру к плоскости потока) коэффициент C_N становится независимым от угла α, при этом он стремится для тел вращения к 1, а для панели — к 0.

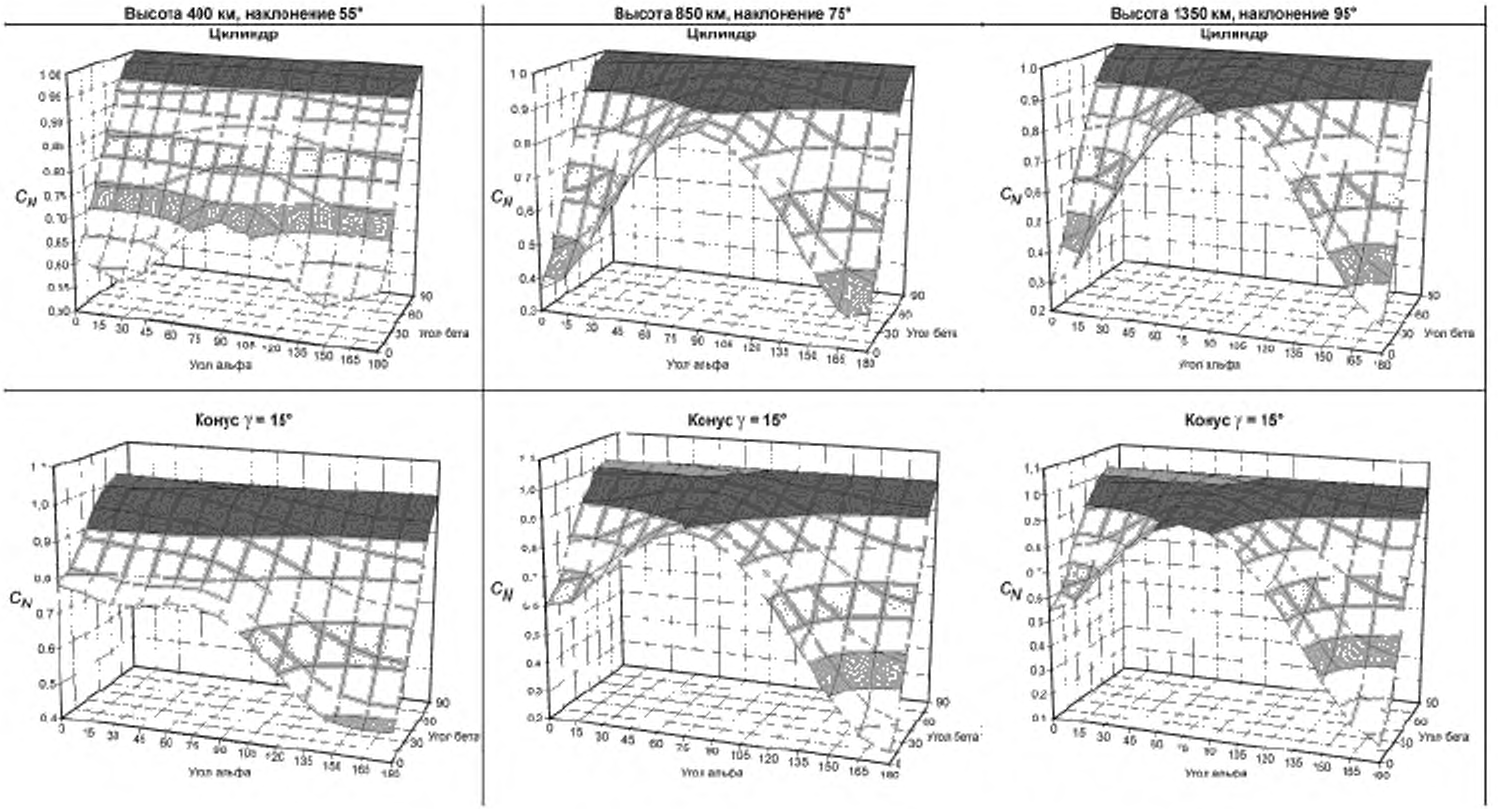


Рисунок 7.3 — Зависимость коэффициента C_N от ориентации цилиндра и конуса с углом раствора 15°

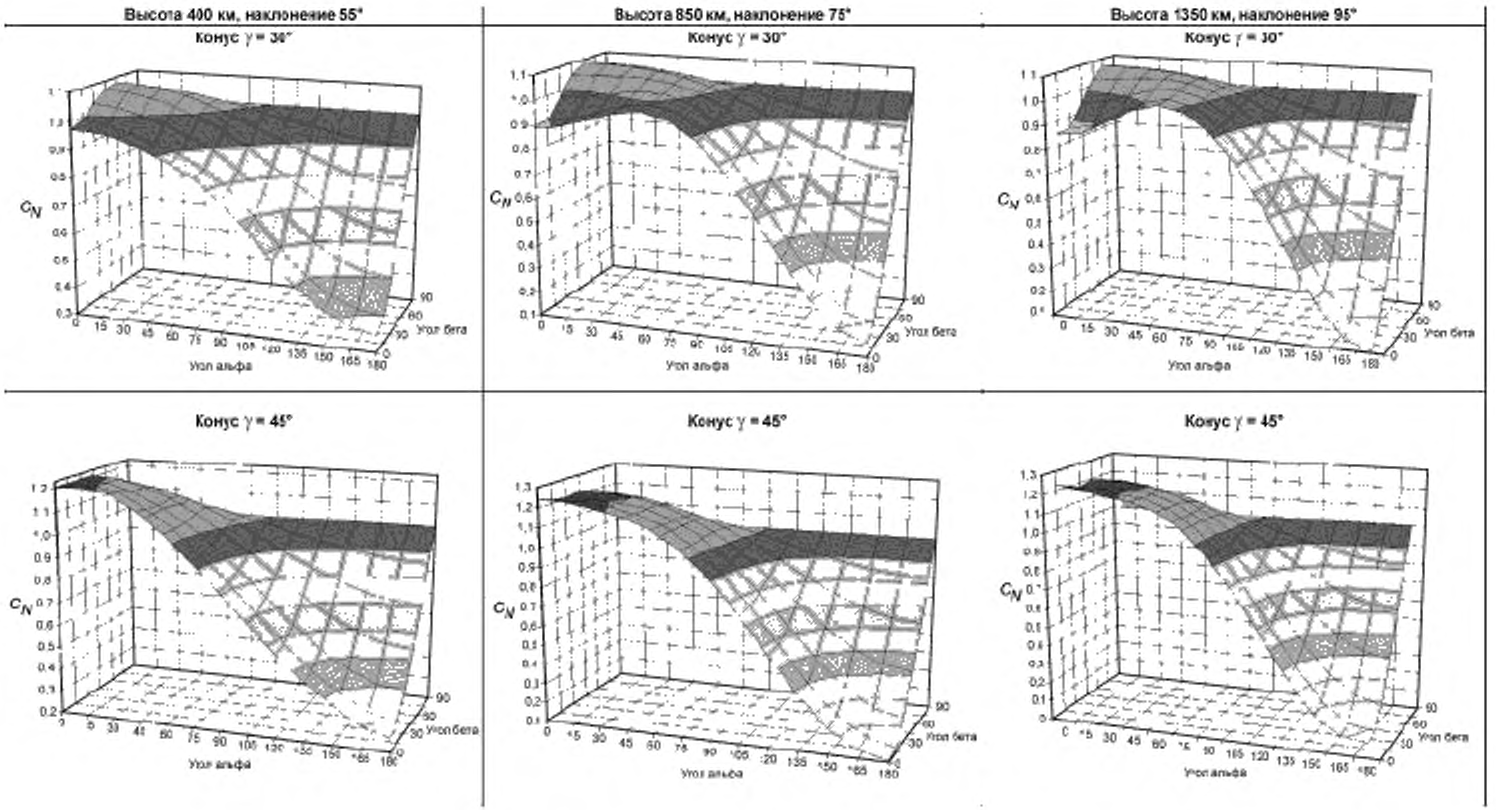


Рисунок 7.4 — Зависимость коэффициента C_N от ориентации конусов с углом раствора 30° и 45°

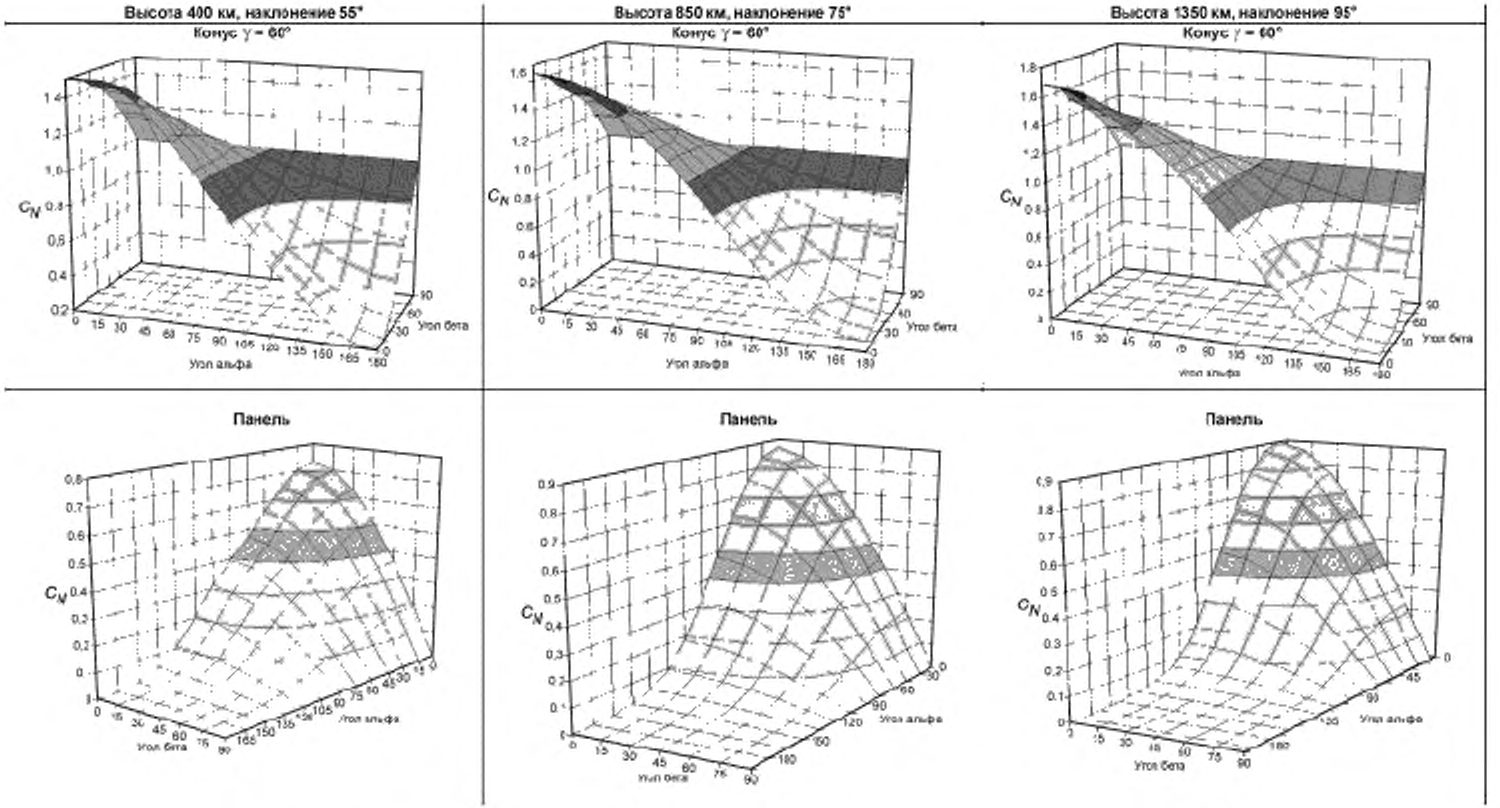


Рисунок 7.5 — Зависимость коэффициента C_N от ориентации конуса с углом раствора 60° и панели

8 Прогнозирование плотности потока техногенного вещества

8.1 Определение среднего числа столкновений $N(t_1, t_2)_j$ КА с техногенными объектами j-го диапазона размеров на интервале прогноза (t_1, t_2) осуществляется по формулам (2) и (6) с использованием данных раздела 7 и приведенных ниже значений функций $F(t)$.

8.2 Значения функции $F(t)$ выбирают в зависимости от высоты орбиты КА, размеров КО, момента времени t, а также используемой гипотезы об интенсивности образования техногенного вещества на интервале прогноза. Для КА с разными наклонениями и с одинаковой высотой орбиты применяют одно и то же значение функции $F(t)$.

8.3 При прогнозировании плотности потока КО используются две гипотезы об интенсивности образования техногенного вещества на интервале прогноза, различающиеся значениями коэффициента технической политики K. Для первой гипотезы используется значение $K = 1$. Это означает сохранение интенсивности образования КО на уровне предшествующего десятилетия. Вторая гипотеза предполагает, что после 2005 г. будут применены меры по ослаблению техногенного загрязнения, которые уменьшат интенсивность образования техногенного вещества в 2 раза ($K = 0,5$).

8.4 Применяемые для прогноза потока КО функции $F(t)$ приведены в таблицах 8.1—8.16. Каждая из таблиц относится к конкретному диапазону размеров КО и используемой гипотезе об интенсивности образования техногенного вещества на интервале прогноза. Функции $F(t)$ относятся к высотам рассматриваемых в настоящем стандарте типовых орбит КА: 400, 600, 800, 1000, 1200 и 1400 км. Для больших высот рекомендуется использовать данные, приведенные для высоты 1400 км.

Таблица 8.1 — Значения функции $F(t)$ для КО размером 0,1—0,25 см и значения $K = 1$ на всем интервале прогноза

Год	$F(t)$, годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2001	2,382	2,116	1,860	1,938	1,985	2,023	2,012
2002	3,571	3,120	2,706	2,883	2,986	3,068	3,041
2003	4,693	4,077	3,539	3,836	4,003	4,138	4,089
2004	5,972	5,151	4,416	4,819	5,041	5,228	5,156
2005	7,348	6,306	5,335	5,830	6,103	6,341	6,242
2006	8,784	7,517	6,297	6,870	7,186	7,475	7,347
2007	10,680	9,030	7,329	7,942	8,294	8,632	8,473
2008	12,993	10,823	8,431	9,046	9,426	9,810	9,622
2009	15,686	12,876	9,603	10,182	10,583	11,010	10,792
2010	17,932	14,697	10,804	11,346	11,761	12,231	11,980
2011	19,520	16,086	11,944	12,508	12,953	13,477	13,186
2012	21,116	17,366	12,915	13,596	14,123	14,746	14,402
2013	22,398	18,460	13,862	14,687	15,308	16,039	15,634
2014	23,567	19,477	14,788	15,784	16,507	17,356	16,884
2015	24,878	20,600	15,755	16,909	17,727	18,695	18,152
2016	26,273	21,794	16,763	18,062	18,970	20,056	19,438
2017	27,721	23,040	17,812	19,245	20,234	21,439	20,743
2018	29,628	24,587	18,931	20,459	21,523	22,845	22,069
2019	31,951	26,414	20,120	21,705	22,836	24,272	23,417
2020	34,653	28,500	21,379	22,983	24,173	25,722	24,787
2021	36,903	30,349	22,666	24,288	25,531	27,193	26,174
2022	38,502	31,767	23,887	25,589	26,901	28,690	27,578
2023	40,133	33,088	24,932	26,806	28,246	30,210	28,989
2024	41,431	34,211	25,949	28,024	29,603	31,755	30,416
2025	42,613	35,253	26,942	29,245	30,972	33,325	31,860

Таблица 8.2 — Значения функции $F(t)$ для КО размером 0,25—0,5 см и значения $K = 1$ на всем интервале прогноза

Год	$F(t)$, годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2001	2,514	2,182	1,848	1,933	1,982	2,022	2,011
2002	3,809	3,238	2,687	2,872	2,978	3,068	3,039
2003	5,039	4,249	3,516	3,818	3,990	4,137	4,084
2004	6,417	5,377	4,391	4,795	5,025	5,228	5,149
2005	7,873	6,580	5,311	5,803	6,083	6,340	6,233
2006	9,372	7,833	6,274	6,840	7,163	7,474	7,335
2007	11,389	9,424	7,311	7,910	8,267	8,630	8,459
2008	13,869	11,324	8,422	9,014	9,397	9,808	9,605
2009	16,765	13,506	9,604	10,150	10,551	11,007	10,773
2010	19,085	15,388	10,815	11,316	11,728	12,228	11,959
2011	20,751	16,823	11,962	12,477	12,916	13,473	13,162
2012	22,482	18,170	12,923	13,558	14,080	14,741	14,373
2013	23,870	19,316	13,865	14,642	15,257	16,033	15,600
2014	25,150	20,387	14,789	15,730	16,448	17,349	16,844
2015	26,559	21,563	15,756	16,848	17,661	18,686	18,107
2016	28,034	22,804	16,766	17,996	18,896	20,046	19,387
2017	29,543	24,091	17,818	19,173	20,153	21,427	20,686
2018	31,570	25,715	18,944	20,384	21,435	22,830	22,006
2019	34,058	27,647	20,143	21,628	22,742	24,255	23,348
2020	36,962	29,861	21,415	22,904	24,073	25,703	24,711
2021	39,286	31,771	22,713	24,209	25,426	27,172	26,091
2022	40,962	33,235	23,943	25,508	26,789	28,666	27,488
2023	42,731	34,625	24,980	26,716	28,122	30,183	28,890
2024	44,137	35,801	25,993	27,925	29,468	31,725	30,309
2025	45,431	36,898	26,985	29,135	30,826	33,291	31,742

Таблица 8.3 — Значения функции $F(t)$ для КО размером 0,5—1,0 см и значения $K = 1$ на всем интервале прогноза

Год	$F(t)$, годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2001	2,434	2,150	1,870	1,951	1,992	2,022	2,013
2002	3,692	3,188	2,730	2,913	3,000	3,066	3,044
2003	4,884	4,176	3,581	3,887	4,025	4,132	4,094
2004	6,150	5,243	4,478	4,889	5,072	5,221	5,164
2005	7,447	6,360	5,417	5,918	6,142	6,330	6,253
2006	8,752	7,513	6,401	6,975	7,234	7,461	7,362
2007	10,534	8,974	7,447	8,063	8,350	8,614	8,493
2008	12,754	10,722	8,556	9,180	9,490	9,789	9,645
2009	15,377	12,740	9,728	10,328	10,653	10,985	10,819
2010	17,445	14,479	10,933	11,502	11,839	12,203	12,012
2011	19,023	15,861	12,083	12,680	13,039	13,444	13,223

Окончание таблицы 8.3

Год	$F(t)$, годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2012	20,666	17,174	13,076	13,798	14,226	14,707	14,446
2013	22,025	18,308	14,051	14,923	15,428	15,992	15,686
2014	23,278	19,363	15,009	16,058	16,645	17,301	16,943
2015	24,580	20,483	16,010	17,221	17,885	18,631	18,220
2016	25,896	21,643	17,054	18,411	19,146	19,983	19,516
2017	27,209	22,831	18,140	19,629	20,430	21,356	20,832
2018	29,000	24,328	19,289	20,876	21,737	22,752	22,168
2019	31,227	26,112	20,502	22,154	23,068	24,169	23,527
2020	33,858	28,165	21,777	23,462	24,423	25,608	24,906
2021	35,926	29,934	23,084	24,796	25,799	27,069	26,305
2022	37,512	31,348	24,332	26,132	27,189	28,553	27,721
2023	39,191	32,706	25,416	27,399	28,561	30,059	29,146
2024	40,571	33,875	26,476	28,672	29,947	31,588	30,588
2025	41,839	34,960	27,517	29,952	31,348	33,141	32,047

Т а б л и ц а 8.4 — Значения функции $F(t)$ для КО размером 1,0—2,5 см и значения $K = 1$ на всем интервале прогноза

Год	$F(t)$, годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2001	2,452	2,157	1,877	1,955	1,993	2,020	2,013
2002	3,695	3,190	2,749	2,922	3,003	3,063	3,045
2003	4,854	4,165	3,616	3,901	4,030	4,127	4,095
2004	6,074	5,212	4,527	4,908	5,080	5,213	5,164
2005	7,321	6,308	5,482	5,943	6,152	6,320	6,254
2006	8,581	7,444	6,480	7,006	7,246	7,448	7,363
2007	10,305	8,877	7,538	8,098	8,363	8,598	8,494
2008	12,452	10,587	8,656	9,220	9,505	9,769	9,647
2009	14,992	12,558	9,834	10,371	10,670	10,962	10,821
2010	16,980	14,254	11,044	11,549	11,857	12,176	12,014
2011	18,531	15,625	12,203	12,731	13,059	13,413	13,225
2012	20,181	16,940	13,212	13,857	14,249	14,669	14,448
2013	21,524	18,068	14,207	14,993	15,455	15,948	15,688
2014	22,741	19,111	15,190	16,139	16,676	17,249	16,946
2015	23,996	20,213	16,217	17,312	17,920	18,571	18,223
2016	25,264	21,356	17,286	18,513	19,186	19,914	19,520
2017	26,535	22,532	18,396	19,741	20,473	21,279	20,836
2018	28,269	24,005	19,568	20,998	21,785	22,666	22,173
2019	30,426	25,755	20,799	22,286	23,119	24,074	23,532
2020	32,976	27,766	22,090	23,602	24,478	25,504	24,912
2021	34,967	29,497	23,412	24,945	25,857	26,955	26,311
2022	36,529	30,904	24,680	26,290	27,251	28,429	27,727
2023	38,218	32,269	25,789	27,571	28,629	29,922	29,152
2024	39,585	33,436	26,881	28,860	30,021	31,437	30,595
2025	40,819	34,512	27,957	30,157	31,429	32,975	32,055

Таблица 8.5 — Значения функции $F(t)$ для КО размером 2,5—5,0 см и значения $K = 1$ на всем интервале прогноза

Год	$F(t)$, годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2001	2,409	2,132	1,894	1,961	1,995	2,020	2,014
2002	3,584	3,130	2,786	2,935	3,008	3,062	3,046
2003	4,651	4,064	3,678	3,923	4,039	4,125	4,097
2004	5,790	5,072	4,612	4,938	5,092	5,210	5,167
2005	6,974	6,137	5,586	5,980	6,167	6,316	6,258
2006	8,192	7,249	6,600	7,050	7,265	7,443	7,369
2007	9,831	8,631	7,669	8,148	8,385	8,591	8,501
2008	11,856	10,264	8,792	9,276	9,530	9,761	9,655
2009	14,241	12,135	9,969	10,432	10,698	10,953	10,830
2010	16,166	13,778	11,177	11,614	11,887	12,165	12,025
2011	17,657	15,117	12,344	12,802	13,092	13,399	13,238
2012	19,252	16,399	13,378	13,941	14,288	14,653	14,462
2013	20,522	17,493	14,403	15,091	15,501	15,929	15,705
2014	21,644	18,496	15,421	16,252	16,730	17,227	16,966
2015	22,819	19,563	16,481	17,441	17,981	18,546	18,246
2016	24,026	20,678	17,579	18,656	19,255	19,886	19,546
2017	25,258	21,837	18,717	19,898	20,549	21,247	20,865
2018	26,911	23,264	19,910	21,169	21,868	22,630	22,206
2019	28,951	24,942	21,158	22,470	23,210	24,034	23,567
2020	31,350	26,858	22,459	23,798	24,575	25,460	24,951
2021	33,282	28,543	23,790	25,153	25,961	26,907	26,353
2022	34,785	29,922	25,077	26,512	27,363	28,376	27,773
2023	36,422	31,259	26,222	27,813	28,751	29,864	29,203
2024	37,718	32,396	27,355	29,125	30,155	31,374	30,651
2025	38,856	33,434	28,479	30,446	31,575	32,906	32,116

Таблица 8.6 — Значения функции $F(t)$ для КО размером 5,0—10,0 см и значения $K = 1$ на всем интервале прогноза

Год	$F(t)$, годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2001	2,340	2,105	1,904	1,963	1,996	2,019	2,014
2002	3,439	3,076	2,810	2,941	3,010	3,060	3,046
2003	4,426	3,984	3,719	3,933	4,042	4,123	4,097
2004	5,494	4,969	4,668	4,952	5,096	5,206	5,168
2005	6,627	6,017	5,657	5,999	6,172	6,310	6,259
2006	7,816	7,122	6,685	7,073	7,271	7,436	7,370
2007	9,405	8,480	7,765	8,176	8,393	8,582	8,503
2008	11,361	10,073	8,897	9,307	9,539	9,750	9,657
2009	13,658	11,889	10,080	10,468	10,708	10,939	10,833
2010	15,538	13,500	11,293	11,654	11,899	12,149	12,029
2011	17,012	14,831	12,467	12,847	13,107	13,381	13,242

Окончание таблицы 8.6

Год	$F(t)$, годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2012	18,526	16,085	13,519	13,993	14,305	14,631	14,468
2013	19,713	17,152	14,566	15,151	15,520	15,903	15,712
2014	20,749	18,133	15,610	16,321	16,753	17,196	16,973
2015	21,850	19,180	16,693	17,519	18,007	18,511	18,255
2016	23,007	20,285	17,816	18,744	19,284	19,846	19,556
2017	24,213	21,444	18,976	19,995	20,582	21,202	20,877
2018	25,819	22,856	20,189	21,276	21,904	22,580	22,220
2019	27,792	24,502	21,454	22,585	23,250	23,979	23,583
2020	30,106	26,371	22,771	23,923	24,619	25,400	24,968
2021	31,998	28,032	24,116	25,287	26,009	26,841	26,373
2022	33,484	29,412	25,419	26,656	27,415	28,304	27,795
2023	35,041	30,726	26,592	27,970	28,808	29,785	29,228
2024	36,252	31,841	27,757	29,295	30,217	31,288	30,678
2025	37,302	32,862	28,916	30,632	31,643	32,812	32,145

Т а б л и ц а 8.7 — Значения функции $F(t)$ для КО размером 10,0—20,0 см и значения $K = 1$ на всем интервале прогноза

Год	$F(t)$, годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2001	2,197	2,044	1,922	1,967	1,997	2,018	2,014
2002	3,183	2,972	2,848	2,949	3,012	3,056	3,046
2003	4,070	3,846	3,778	3,946	4,045	4,115	4,096
2004	5,044	4,794	4,745	4,970	5,100	5,194	5,166
2005	6,100	5,812	5,749	6,021	6,177	6,294	6,256
2006	7,232	6,893	6,790	7,099	7,275	7,414	7,367
2007	8,719	8,198	7,878	8,205	8,397	8,554	8,498
2008	10,532	9,710	9,013	9,339	9,542	9,715	9,650
2009	12,650	11,419	10,195	10,502	10,709	10,896	10,824
2010	14,439	12,967	11,405	11,690	11,898	12,098	12,017
2011	15,868	14,274	12,585	12,884	13,104	13,320	13,228
2012	17,221	15,458	13,662	14,036	14,301	14,559	14,451
2013	18,286	16,481	14,737	15,201	15,516	15,818	15,692
2014	19,218	17,429	15,813	16,379	16,748	17,098	16,950
2015	20,224	18,444	16,924	17,585	18,002	18,398	18,229
2016	21,305	19,523	18,071	18,816	19,277	19,719	19,526
2017	22,458	20,664	19,254	20,074	20,574	21,059	20,844
2018	23,965	22,027	20,485	21,361	21,894	22,421	22,182
2019	25,798	23,598	21,763	22,675	23,237	23,802	23,541
2020	27,937	25,367	23,089	24,018	24,603	25,204	24,921
2021	29,742	26,971	24,441	25,386	25,990	26,627	26,321
2022	31,186	28,332	25,760	26,759	27,392	28,070	27,738
2023	32,576	29,578	26,970	28,083	28,783	29,529	29,165
2024	33,661	30,651	28,175	29,419	30,191	31,008	30,610
2025	34,601	31,641	29,377	30,767	31,616	32,508	32,072

Таблица 8.8 — Значения функции $F(t)$ для КО размером более 20,0 см и значения $K = 1$ на всем интервале прогноза

Год	$F(t)$, годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2001	2,716	2,274	1,908	1,977	2,004	2,022	2,018
2002	3,952	3,287	2,815	2,970	3,027	3,065	3,055
2003	5,030	4,216	3,724	3,978	4,068	4,129	4,112
2004	6,187	5,230	4,673	5,011	5,130	5,214	5,190
2005	7,409	6,318	5,661	6,069	6,213	6,320	6,288
2006	8,687	7,473	6,688	7,151	7,317	7,446	7,407
2007	10,477	8,948	7,763	8,259	8,444	8,592	8,548
2008	12,752	10,728	8,885	9,393	9,593	9,759	9,709
2009	15,488	12,802	10,055	10,553	10,764	10,947	10,891
2010	17,575	14,562	11,258	11,737	11,956	12,155	12,094
2011	19,171	15,964	12,424	12,934	13,166	13,385	13,316
2012	21,158	17,433	13,477	14,099	14,376	14,637	14,555
2013	22,494	18,543	14,522	15,278	15,604	15,911	15,814
2014	23,620	19,538	15,564	16,471	16,850	17,207	17,092
2015	24,805	20,607	16,645	17,689	18,116	18,523	18,390
2016	26,046	21,744	17,765	18,931	19,403	19,861	19,709
2017	27,334	22,944	18,923	20,198	20,711	21,218	21,048
2018	29,134	24,464	20,129	21,490	22,042	22,597	22,409
2019	31,419	26,288	21,383	22,808	23,394	23,996	23,790
2020	34,165	28,406	22,684	24,152	24,769	25,416	25,192
2021	36,257	30,207	24,018	25,520	26,165	26,856	26,615
2022	37,868	31,653	25,311	26,899	27,576	28,319	28,057
2023	39,924	33,191	26,484	28,240	28,987	29,804	29,515
2024	41,290	34,348	27,646	29,593	30,413	31,312	30,992
2025	42,433	35,381	28,801	30,959	31,857	32,842	32,488

Таблица 8.9 — Значения функции $F(t)$ для КО размером 0,1—0,25 см и значения $K = 0,5$ после 2005 г.

Год	$F(t)$, годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2001	2,382	2,116	1,860	1,938	1,985	2,023	2,012
2002	3,571	3,120	2,706	2,883	2,986	3,068	3,041
2003	4,693	4,077	3,539	3,836	4,003	4,138	4,089
2004	5,972	5,151	4,416	4,819	5,041	5,228	5,156
2005	7,348	6,306	5,335	5,830	6,103	6,341	6,242
2006	8,492	7,332	6,262	6,854	7,173	7,465	7,335
2007	9,832	8,492	7,224	7,893	8,255	8,601	8,438
2008	11,350	9,776	8,221	8,947	9,348	9,748	9,552
2009	13,031	11,174	9,252	10,017	10,453	10,907	10,676
2010	14,364	12,375	10,286	11,099	11,566	12,077	11,807
2011	15,299	13,289	11,252	12,166	12,681	13,261	12,944

Окончание таблицы 8.9

Год	*F* (*t*), годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2012	16,320	14,162	12,068	13,154	13,766	14,458	14,080
2013	17,072	14,869	12,848	14,133	14,853	15,669	15,222
2014	17,727	15,503	13,596	15,104	15,942	16,893	16,370
2015	18,425	16,171	14,358	16,089	17,041	18,129	17,525
2016	19,146	16,861	15,135	17,086	18,149	19,377	18,687
2017	19,882	17,565	15,927	18,097	19,267	20,637	19,856
2018	20,845	18,421	16,755	19,123	20,396	21,908	21,036
2019	22,015	19,415	17,619	20,164	21,536	23,191	22,226
2020	23,374	20,539	18,518	21,222	22,689	24,486	23,426
2021	24,499	21,536	19,427	22,291	23,850	25,793	24,633
2022	25,317	22,322	20,290	23,349	25,013	27,114	25,846
2023	26,237	23,104	21,040	24,335	26,147	28,448	27,057
2024	26,937	23,753	21,764	25,313	27,284	29,797	28,274
2025	27,562	24,348	22,465	26,285	28,423	31,160	29,496

Т а б л и ц а 8.10 — Значения функции *F* (*t*) для КО размером 0,25—0,5 см и значения *K* = 0,5 после 2005 г.

Год	*F* (*t*), годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2001	2,514	2,182	1,848	1,933	1,982	2,022	2,011
2002	3,809	3,238	2,687	2,872	2,978	3,068	3,039
2003	5,039	4,249	3,516	3,818	3,990	4,137	4,084
2004	6,417	5,377	4,391	4,795	5,025	5,228	5,149
2005	7,873	6,580	5,311	5,803	6,083	6,340	6,233
2006	9,040	7,626	6,237	6,822	7,149	7,464	7,323
2007	10,431	8,822	7,201	7,858	8,227	8,599	8,424
2008	12,023	10,155	8,201	8,910	9,317	9,746	9,535
2009	13,795	11,615	9,237	9,978	10,417	10,904	10,656
2010	15,145	12,837	10,275	11,057	11,527	12,073	11,783
2011	16,120	13,774	11,244	12,120	12,637	13,256	12,916
2012	17,229	14,690	12,052	13,099	13,713	14,452	14,047
2013	18,042	15,425	12,827	14,067	14,791	15,662	15,183
2014	18,762	16,090	13,572	15,028	15,871	16,885	16,324
2015	19,511	16,784	14,334	16,002	16,960	18,119	17,472
2016	20,270	17,496	15,111	16,990	18,058	19,365	18,627
2017	21,031	18,218	15,904	17,990	19,166	20,623	19,789
2018	22,050	19,110	16,736	19,008	20,286	21,892	20,962
2019	23,300	20,155	17,604	20,041	21,417	23,173	22,144
2020	24,756	21,341	18,510	21,091	22,559	24,466	23,336
2021	25,912	22,366	19,425	22,153	23,711	25,770	24,535
2022	26,769	23,175	20,295	23,202	24,864	27,088	25,739
2023	27,768	23,997	21,041	24,176	25,985	28,419	26,940
2024	28,525	24,674	21,765	25,141	27,107	29,764	28,146
2025	29,210	25,297	22,468	26,101	28,232	31,124	29,357

Таблица 8.11 — Значения функции $F(t)$ для КО размером 0,5—1,0 см и значения K = 0,5 после 2005 г.

Год	$F(t)$, годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2001	2,434	2,150	1,870	1,951	1,992	2,022	2,013
2002	3,692	3,188	2,730	2,913	3,000	3,066	3,044
2003	4,884	4,176	3,581	3,887	4,025	4,132	4,094
2004	6,150	5,243	4,478	4,889	5,072	5,221	5,164
2005	7,447	6,360	5,417	5,918	6,142	6,330	6,253
2006	8,463	7,332	6,369	6,960	7,221	7,451	7,351
2007	9,695	8,446	7,352	8,016	8,312	8,583	8,459
2008	11,126	9,693	8,367	9,088	9,414	9,727	9,577
2009	12,741	11,064	9,414	10,173	10,528	10,882	10,705
2010	13,943	12,214	10,467	11,271	11,650	12,048	11,842
2011	14,873	13,134	11,461	12,360	12,776	13,227	12,985
2012	15,927	14,040	12,315	13,383	13,879	14,417	14,129
2013	16,741	14,787	13,137	14,402	14,986	15,620	15,279
2014	17,461	15,459	13,931	15,418	16,097	16,835	16,436
2015	18,161	16,136	14,742	16,446	17,218	18,062	17,602
2016	18,837	16,815	15,572	17,488	18,348	19,300	18,775
2017	19,493	17,495	16,419	18,542	19,489	20,549	19,957
2018	20,386	18,328	17,298	19,612	20,641	21,810	21,149
2019	21,496	19,305	18,210	20,696	21,804	23,082	22,351
2020	22,807	20,416	19,154	21,795	22,979	24,365	23,563
2021	23,824	21,376	20,110	22,906	24,164	25,660	24,784
2022	24,629	22,166	21,025	24,010	25,351	26,968	26,011
2023	25,567	22,974	21,832	25,055	26,517	28,288	27,238
2024	26,316	23,658	22,615	26,096	27,687	29,620	28,471
2025	26,993	24,287	23,377	27,136	28,862	30,965	29,712

Таблица 8.12 — Значения функции $F(t)$ для КО размером 1,0—2,5 см и значения K = 0,5 после 2005 г.

Год	$F(t)$, годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2001	2,452	2,157	1,877	1,955	1,993	2,020	2,013
2002	3,695	3,190	2,749	2,922	3,003	3,063	3,045
2003	4,854	4,165	3,616	3,901	4,030	4,127	4,095
2004	6,074	5,212	4,527	4,908	5,080	5,213	5,164
2005	7,321	6,308	5,482	5,943	6,152	6,320	6,254
2006	8,304	7,271	6,450	6,991	7,233	7,437	7,352
2007	9,502	8,373	7,447	8,052	8,326	8,566	8,460
2008	10,896	9,605	8,475	9,128	9,430	9,706	9,578
2009	12,473	10,960	9,533	10,218	10,545	10,857	10,707
2010	13,654	12,103	10,599	11,320	11,669	12,019	11,844
2011	14,590	13,037	11,610	12,414	12,797	13,192	12,987
2012	15,674	13,965	12,486	13,447	13,904	14,376	14,131

Окончание таблицы 8.12

Год	$F(t)$, годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2013	16,497	14,725	13,336	14,477	15,015	15,571	15,282
2014	17,208	15,405	14,162	15,505	16,131	16,778	16,439
2015	17,894	16,088	25,007	16,546	17,256	17,995	17,605
2016	18,558	16,774	15,870	17,600	18,392	19,224	18,779
2017	19,203	17,464	16,751	18,666	19,537	20,463	19,961
2018	20,079	18,302	17,663	19,747	20,694	21,714	21,153
2019	21,167	19,279	18,605	20,843	21,862	22,976	22,356
2020	22,451	20,386	19,578	21,953	23,041	24,249	23,568
2021	23,441	21,344	20,564	23,075	24,230	25,532	24,789
2022	24,242	22,146	21,511	24,192	25,423	26,828	26,017
2023	25,199	22,973	22,354	25,252	26,595	28,133	27,244
2024	25,950	23,670	23,177	26,312	27,772	29,450	28,478
2025	26,616	24,305	23,982	27,370	28,954	30,779	29,719

Т а б л и ц а 8.13 — Значения функции $F(t)$ для КО размером 2,5—5,0 см и значения $K = 0,5$ после 2005 г.

Год	$F(t)$, годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2001	2,409	2,132	1,894	1,961	1,995	1,020	2,014
2002	3,584	3,130	2,786	2,935	3,008	3,062	3,046
2003	4,651	4,064	3,678	3,923	4,039	4,125	4,097
2004	5,790	5,072	4,612	4,938	5,092	5,210	5,167
2005	6,974	6,137	5,586	5,980	6,167	6,316	6,258
2006	7,944	7,095	6,572	7,035	7,252	7,433	7,358
2007	9,112	8,181	7,586	8,103	8,348	8,560	8,467
2008	10,461	9,386	8,628	9,186	9,456	9,699	9,587
2009	11,981	10,704	9,696	10,283	10,575	10,848	10,717
2010	13,169	11,847	10,773	11,391	11,703	12,008	11,855
2011	14,091	12,784	11,804	12,493	12,835	13,180	13,001
2012	15,163	13,710	12,715	13,541	13,949	14,361	14,148
2013	15,957	14,466	13,605	14,587	15,068	15,553	15,301
2014	16,620	15,135	14,476	15,634	16,193	16,757	16,462
2015	17,270	15,814	15,365	16,692	17,328	17,972	17,631
2016	17,911	16,501	16,271	17,764	18,472	19,197	18,809
2017	18,546	17,199	17,194	18,848	19,627	20,433	19,996
2018	19,392	18,032	18,145	19,946	20,792	21,680	21,192
2019	20,430	18,990	19,124	21,059	21,970	22,939	22,399
2020	21,648	20,066	20,130	22,185	23,158	24,208	23,616
2021	22,619	21,019	21,149	23,324	24,357	25,488	24,841
2022	23,391	21,819	22,135	24,459	25,559	26,779	26,073
2023	24,329	22,644	23,027	25,544	26,745	28,080	27,307
2024	25,049	23,335	23,902	26,629	27,936	29,392	28,547
2025	25,665	23,958	24,763	27,715	29,132	30,715	29,794

Таблица 8.14 — Значения функции $F(t)$ для КО размером 5,0—10,0 см и значения K = 0,5 после 2005 г.

Год	$F(t)$, годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2001	2,340	2,105	1,904	1,963	1,996	2,019	2,014
2002	3,439	3,076	2,810	2,941	3,010	3,060	3,046
2003	4,426	3,984	3,719	3,933	4,042	4,123	4,097
2004	5,494	4,969	4,668	4,952	5,096	5,206	5,168
2005	6,627	6,017	5,657	5,999	6,172	6,310	6,259
2006	7,583	6,978	6,659	7,058	7,259	7,425	7,359
2007	8,729	8,060	7,686	8,131	8,357	8,551	8,469
2008	10,051	9,256	8,740	9,219	9,466	9,688	9,590
2009	11,537	10,559	9,820	10,320	10,586	10,835	10,721
2010	12,734	11,710	10,908	11,433	11,717	11,994	11,861
2011	13,667	12,667	11,954	12,541	12,852	13,163	13,007
2012	14,696	13,592	12,890	13,597	13,969	14,341	14,156
2013	15,441	14,348	13,808	14,653	15,092	15,531	15,311
2014	16,051	15,019	14,711	15,709	16,221	16,731	16,473
2015	16,659	15,704	15,632	16,779	17,360	17,942	17,645
2016	17,274	16,406	16,569	17,861	18,509	19,164	18,825
2017	17,900	17,125	17,524	18,956	19,669	20,396	20,014
2018	18,726	17,971	18,506	20,066	20,840	21,640	21,213
2019	19,735	18,935	19,514	21,190	22,022	22,894	22,423
2020	20,914	20,009	20,548	22,328	23,216	24,159	23,642
2021	21,872	20,973	21,595	23,478	24,420	25,435	24,871
2022	22,637	21,795	22,612	24,625	25,629	26,722	26,106
2023	23,529	22,623	23,540	25,726	26,821	28,017	27,343
2024	24,197	23,319	24,455	26,827	28,020	29,324	28,587
2025	24,756	23,946	25,358	27,930	29,224	30,641	29,838

Таблица 8.15 — Значения функции $F(t)$ для КО размером 10,0—20,0 см и значения K = 0,5 после 2005 г.

Год	$F(t)$, годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2001	2,197	2,044	1,922	1,967	1,997	2,018	2,014
2002	3,183	2,972	2,848	2,949	3,012	3,056	3,046
2003	4,070	3,846	3,778	3,946	4,045	4,115	4,096
2004	5,044	4,794	4,745	4,970	5,100	5,194	5,166
2005	6,100	5,812	5,749	6,021	6,177	6,294	6,256
2006	7,026	6,766	6,766	7,084	7,263	7,403	7,356
2007	8,124	7,829	7,806	8,161	8,361	8,523	8,465
2008	9,379	8,993	8,870	9,252	9,470	9,654	9,584
2009	10,783	10,253	9,957	10,356	10,590	10,794	10,713
2010	11,961	11,394	11,053	11,472	11,719	11,945	11,851
2011	12,889	12,359	12,115	12,583	12,854	13,106	12,995
2012	13,810	13,250	13,084	13,647	13,972	14,274	14,142

Окончание таблицы 8.15

Год	*F* (*t*), годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2013	14,477	13,992	14,038	14,711	15,096	15,452	15,295
2014	15,020	14,656	14,979	15,777	16,227	16,641	16,456
2015	15,573	15,339	15,937	16,856	17,367	17,840	17,625
2016	16,148	16,045	16,911	17,948	18,518	19,049	18,803
2017	16,748	16,774	17,901	19,051	19,679	20,267	19,989
2018	17,526	17,615	18,915	20,169	20,851	21,497	21,186
2019	18,467	18,560	19,953	21,301	22,034	22,736	22,393
2020	19,561	19,604	21,015	22,447	23,228	23,986	23,609
2021	20,481	20,560	22,089	23,605	24,432	25,246	24,835
2022	21,221	21,390	23,139	24,760	25,642	26,516	26,067
2023	22,009	22,191	24,113	25,873	26,836	27,793	27,301
2024	22,600	22,875	25,076	26,987	28,036	29,080	28,541
2025	23,091	23,498	26,029	28,104	29,243	30,377	29,789

Т а б л и ц а 8.16 — Значения функции *F* (*t*) для КО размером более 20,0 см и значения *K* = 0,5 после 2005 г.

Год	*F* (*t*), годы, для высоты, км						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
2000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2001	2,716	2,274	1,908	1,977	2,004	2,022	2,018
2002	3,952	3,287	2,815	2,970	3,027	3,065	3,055
2003	5,030	4,216	3,724	3,978	4,068	4,129	4,112
2004	6,187	5,230	4,673	5,011	5,130	5,214	5,190
2005	7,409	6,318	5,661	6,069	6,213	6,320	6,288
2006	8,399	7,297	6,665	7,138	7,306	7,436	7,397
2007	9,635	8,431	7,692	8,220	8,410	8,562	8,515
2008	11,105	9,712	8,744	9,315	9,524	9,699	9,644
2009	12,798	11,136	9,820	10,422	10,650	10,847	10,783
2010	14,064	12,344	10,908	11,541	11,784	12,005	11,932
2011	15,048	13,320	11,953	12,660	12,926	13,174	13,090
2012	16,418	14,390	12,894	13,740	14,058	14,356	14,254
2013	17,252	15,156	13,814	14,823	15,197	15,550	15,427
2014	17,905	15,815	14,718	15,908	16,342	16,755	16,609
2015	18,552	16,490	15,640	17,004	17,496	17,971	17,801
2016	19,203	17,187	16,580	18,113	18,661	19,198	19,002
2017	19,861	17,904	17,538	19,232	19,835	20,435	20,213
2018	20,776	18,781	18,520	20,365	21,020	21,683	21,434
2019	21,931	19,811	19,526	21,510	22,216	22,942	22,666
2020	23,318	20,987	20,556	22,668	23,423	24,210	23,908
2021	24,365	21,998	21,601	23,838	24,639	25,490	25,160
2022	25,203	22,842	22,613	25,008	25,861	26,782	26,420
2023	26,414	23,805	23,544	26,141	27,075	28,086	27,686
2024	27,181	24,518	24,458	27,277	28,294	29,402	28,961
2025	27,801	25,145	25,358	28,414	29,520	30,731	30,245

Приложение А
(справочное)

Характеристики компьютерных программ для определения пространственно-временного распределения техногенного вещества

А.1 Общие данные о компьютерных программах

А.1.1 Математические модели техногенного загрязнения ОКП, использованные для подготовки данных настоящего стандарта, реализованы в виде двух типов компьютерных программ.

А.1.2 Первый тип программ реализует полуаналитическую стохастическую математическую модель для среднесрочного и долгосрочного прогнозирования техногенных КО размером более 1 мм, для построения пространственных распределений концентрации и характеристик скорости, а также для оценки риска столкновений. В многочисленных публикациях [1] — [9] эта модель названа как SDPA (Space Debris Prediction and Analysis). Последняя версия модели состоит из 10 отдельных модулей, относящихся к перечисленным выше задачам. Рассматриваются суммарные данные о КО различных размеров (без «привязки» их к конкретным источникам загрязнения). Текущее состояние загрязнения ОКП характеризуется:

а) зависимостью концентрации КО от высоты и широты точки;

б) статистическими распределениями величины и направления скорости частиц в инерциальной системе координат.

Эти характеристики построены на базе комплексного использования доступной измерительной информации и различных априорных данных. Хотя упомянутые 10 модулей являются автономными, их последовательное применение позволяет рассчитать характеристики потока КО разных размеров на любое заданное время (при прогнозе на 10—20 и более лет). Связь между модулями осуществляется с помощью входных и выходных файлов. Методические основы построения этих модулей достаточно подробно изложены в упомянутых публикациях. Большая часть исходных данных для решения перечисленных задач подготовлена разработчиком модели. Пользователь задает интервал прогноза, элементы орбиты КА, координаты точки и т. п. Все программы первого типа выполнены на языке Паскаль.

А.1.3 Второй тип программ, предназначенный для решения ряда частных задач и реализованный в среде Windows, характерен прмменением интерактивного режима и соверменного пользовательского сервиса. В настоящее время в эту группу входят две программы:

- инженерная компьютерная модель для анализа и прогнозирования характеристик космического мусора (SDPA-E);
- компьютерная модель для определения характеристик потока космического мусора относительно КА (SDPA-F);

А.2 Инженерная компьютерная модель для анализа и прогнозирования характеристик космического мусора

А.2.1 Инженерная модель предназначена для быстрого, удобного и визуального представления характеристик КМ. Эти характеристики определяют для частиц размером более 1 мм в областях низких (высоты до 2000 км) и геостационарных (интервал высот 35700 ± 400 км) орбит. В упомянутых областях сконцентрирована большая часть космического мусора. Основные исходные данные инженерной модели имеют форму таблиц. Они подготовлены на основе большого количества расчетов с применением группы программ, упомянутых в А.1.2. Для конкретных исходных данных пользователя инженерная модель выполняет интерполяцию табличных данных, подготовленных разработчиком. Интерполяция подготовленных разработчиком табличных данных является характерной чертой инженерной модели. Следствием такого подхода является ограничение области возможных значений исходных данных пользователя. В частности, модель неприменима для эллиптических орбит КА и моментов времени после 2025 г.

А.2.2 Модель позволяет вычислить характеристики космического мусора, приведенные в таблице А.1.

Таблица А.1

Наименование характеристики	Пункт меню
1 Концентрация космического мусора разных размеров в 2000 г.	Концентрация
2 Плотность потока космического мусора относительно КА, движущихся по типовым орбитам, в 2000 г.	Поток
3 Поток космического мусора относительно типовых орбит космических аппаратов в 2000 г.	Поток

Окончание таблицы А.1

Наименование характеристики	Пункт меню
4 Среднее число столкновений с КА сферической формы заданного размера на некотором интервале прогноза после 2000 г.	Прогноз
5 Угловое распределение потока космического мусора относительно типичных орбит КА	Столкновения
6 Зависимость скорости столкновений от ее направления относительно КА, а также средняя скорость столкновений КА с космическим мусором	Столкновения

А.2.3 Главное меню программы приведено на рисунке А.1. Оно состоит из пяти разделов (страниц). Каждая страница относится к решению соответствующей задачи. Название страницы соответствует решаемой задаче. Перечень задач:

1 Концентрация — определение пространственного распределения концентрации техногенного космического мусора в области низких орбит.

2 Концентрация в области ГСО — определение пространственного распределения концентрации техногенного космического мусора в области геостационарных орбит.

3 Поток — определение потока космического мусора относительно типовых (круговых) орбит космических аппаратов.

4 Прогноз — прогноз оценок потока космического мусора относительно типичной орбиты КА на заданном интервале времени после 2000 г. и определение суммарного числа столкновений.

5 Столкновения — построение распределения направлений возможных столкновений, зависимости скорости столкновения от ее направления, а также средней скорости столкновений.



Рисунок А.1 — Главное меню инженерной модели

А.2.4 Панель пункта меню «Концентрация» представлена на рисунке А.2. Необходимые для решения выбранной задачи данные представлены на панели «Исходные данные» и вводятся пользователем в режиме диалога. Вводимые пользователем общие (для решения разных задач) исходные данные включают:

1) минимальный и максимальный размеры КО, см;

2) высоту точки / орбиты, км;

3) широту точки или наклонение орбиты, ... °.

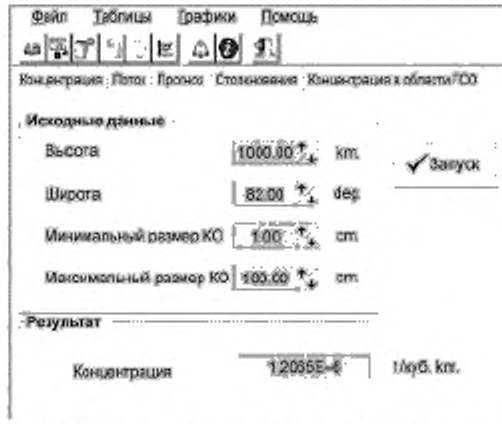


Рисунок А.2 — Панель пункта меню «Концентрация»

Перечисленные исходные данные соответствуют содержанию входных данных рассматриваемого стандарта. Однако их важное отличие заключается в том, что они могут принимать любые значения в рассматриваемом диапазоне, что обеспечивает пользователю программы дополнительные удобства.

Чтобы решить задачу с указанными исходными данными, нужно нажать кнопку «Запуск». После этого результаты вычислений будут показаны на панели «Результат».

А.2.5 Панель пункта меню «Поток» представлена на рисунке А.3.



Рисунок А.3 — Панель пункта меню «Поток»

Кроме исходных данных, перечисленных в А.2.4, дополнительно задается средний размер (диаметр) космического корабля сферической формы, относительно которого оценивается поток космического мусора.

А.2.6 Панель пункта меню «Прогноз» представлена на рисунке А.4. Кроме исходных данных, перечисленных в А.2.4 и А.2.5, дополнительно задается начальное и конечное время (годы) прогноза числа столкновений.

Результаты расчетов представлены для двух вариантов прогноза техногенного загрязнения ОКП: оптимистического (K = 0,5) и пессимистического (K = 1,0), которые отличаются интенсивностью будущего техногенного загрязнения ОКП.



Рисунок А.4 — Панель пункта меню «Прогноз»

А.2.7 Панель пункта меню «Столкновения» представлена на рисунке А.5.

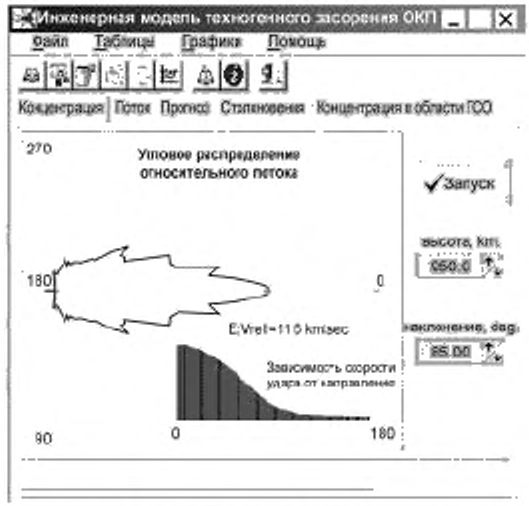


Рисунок А.5 — Панель пункта меню «Столкновения»

При обращении к этому пункту меню определяют характеристики скорости столкновений: угловое распределение направлений возможного удара (относительного потока), зависимость относительной скорости от ее направления, а также среднее значение относительной скорости. Все эти результаты представлены на панели рассматриваемого пункта меню.

А.2.8 Программа обеспечивает возможность построения графиков. Для этой цели необходимо выбрать одну из команд в пункте меню «Графики» или после нажатия кнопки «Графики» выбрать соответствующую команду меню. Результат вычислений будет представлен в виде графика рассматриваемой характеристики как функции одного из входных параметров (при фиксированных значениях остальных параметров).

А.2.9 Для вывода полученных результатов расчета в модели предусмотрена специальная база данных пользователя. Такая форма вывода данных обеспечивает пользователю возможность автоматической обработки полученных результатов в будущем.

А.3 Компьютерная модель для определения характеристик потока космического мусора относительно КА (SDPA-F)

А.3.1 Модель предназначена для расчетов в двух высотных диапазонах:
- до 2000 км (LEO);
- 35750 ± 450 км (GEO).

Рассматриваются размеры космического мусора более 1 мм.

Основное отличие этой модели от рассмотренной в А.2 инженерной модели заключается в содержательном определении характеристик потока космического мусора на основе применения специальных алгоритмов — без использования интерполяции. Поэтому модель позволяет выполнить расчеты потока относительно различных типов орбит КА (в том числе и эллиптических).

А.3.2 При обращении к программе открывается первая панель программы, которая предназначена для выбора одного из двух вариантов рассматриваемых высотных диапазонов (LEO или GEO), а также для выхода из программы (Exit). Выбор диапазона осуществляется с помощью мыши. После выбора конкретного диапазона открывается одна из двух панелей результатов расчетов, соответствующая предыдущему обращению к модели.

А.3.3 На рисунке А.6 приведен пример панели «Зависимость плотности потока от аргумента широты» (The cross sectional flux variations along the SC flight path). Главное меню этой панели содержит четыре пункта: 1) исходные данные (InPut data); 2) запоминание данных (Save Data); 3) помощь (Help) и 4) выход (Exit).

При обращении к каждому из этих пунктов пользователю предоставляется возможность выполнения соответствующих операций. В частности, в качестве исходных данных (на специальной дополнительной панели) задают: высоту перигея, период, наклонение орбиты и аргумент перигея. Для выполнения расчета необходимо нажать клавишу «RUN» на панели исходных данных. В результате обновляются графики, представленные на рисунке А.6. Панель результатов расчетов содержит также меню, состоящее из нескольких страниц. Первая из этих страниц («U») представлена на рисунке.

А.3.4 Остальные страницы являются однотипными и относятся к космическому мусору разных размеров. Они содержат основные результаты: оценки плотности потока, среднее значение скорости столкновений, а также

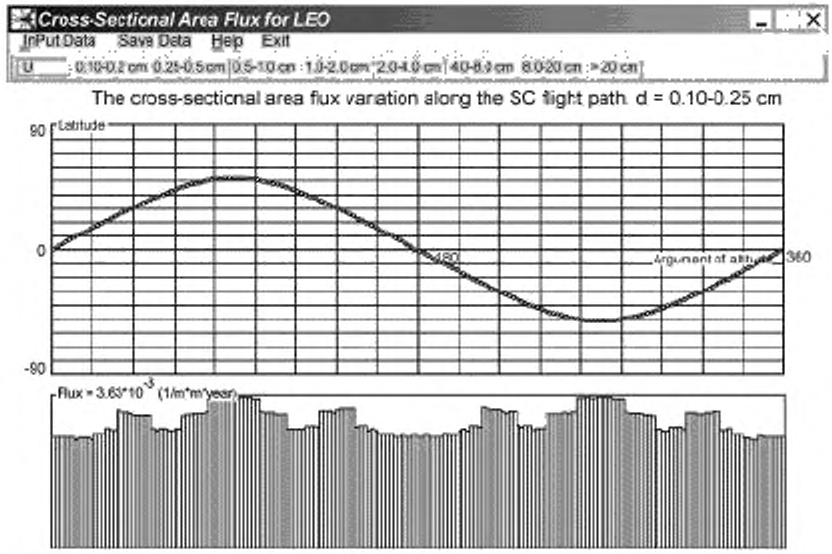


Рисунок А.6 — Панель «Зависимость плотности потока от аргумента широты»

графики статистических распределений направлений и величины относительной скорости возможных столкновений. Пример одной из таких страниц приведен на рисунке А.7. На этой панели распределение направлений возможных столкновений (angular distribution of relative cross-sectional area flux) представлено в полярных координатах, а распределение величины относительной скорости — в традиционных декартовых координатах.

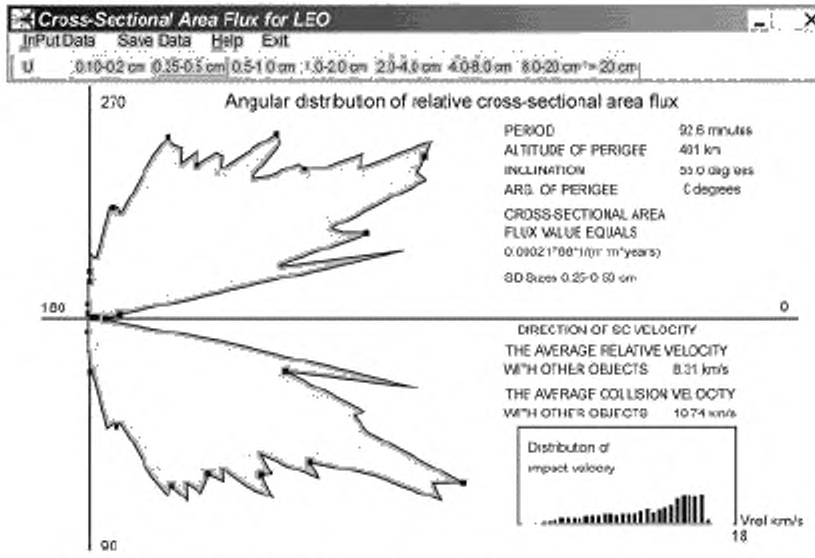


Рисунок А.7 — Панель результатов расчетов характеристик плотности потока

А.4 Применение компьютерных программ

А.4.1 Рассмотренные выше программы предназначены для использования на обычном персональном компьютере, работающем в среде Windows. Необходимый объем памяти ≈ 1,2 МБ. Время вычислений для 1-го варианта исходных данных не превышает 1—2 с.

Более полные сведения о методике моделирования и других смежных вопросах изложены в [1] — [9].

Библиография

[1] **Назаренко А. И.** Моделирование эволюции распределения техногенных частиц и объектов // Проблема загрязнения космоса (космический мусор) — М.: Космосинформ, 1993

[2] **Nazarenko A. I.** Evaluation of the Collision Probability of Space Objects of Artificial Origin // Orbital Debris Monitor, V. 7(2), April 1994

[3] **Назаренко А. И., Чернявский Г. М.** Моделирование загрязнения околоземного пространства // Столкновения в околоземном пространстве (космический мусор). — М.: Космосинформ, 1995

[4] **Nazarenko A. I.** The Development of the Statistical Theory of a Satellite Ensemble Motion and its Application to Space Debris Modeling // Second European Conference on Space Debris, ESOC, Darmstadt, Germany, 17—19 March 1997

[5] **Назаренко А. И.** Проблема «Космического мусора» в околоземной среде / Раздел 8. Экологические проблемы и риски воздействий ракетно-космической техники на окружающую среду // Справ. пособие под ред. В. В. Адушкина, С. И. Козлова и А. В. Петрова. — М.: Изд-во «Анкил», 2000. — С. 382—432

[6] **Nazarenko A. I., Yurasov V. S.** Space Debris Modeling in the GEO Vicinity // Third European Conference on Space Debris, Darmstadt, Germany, March 2001

[7] **Nazarenko A. I., Menchikov I. L.** Engineering Model of Space Debris Environment // Third European Conference on Space Debris, Darmstadt, Germany, March 2001

[8] **Nazarenko A. I.** Tne solution of Applied Problems Using the Space Debris Prediction and Analysis Model // Space Debris. Hazard Evaluation and Mitigation. — Edited by Nickolay N. Smirnov. — Taylor & Francis Inc., 2002

[9] **Назаренко А. И.** Моделирование техногенного загрязнения околоземного космического пространства // Астрономический вестник. — 2002. — Т. 36. — № 6

УДК 629.78:006.354 ОКС 07.040 Т27

Ключевые слова: техногенное вещество, космическое пространство, космический объект, плотность потока, поток техногенного вещества, скорость столкновений, прогнозирование

Редактор *Л. В. Афанасенко*
Технический редактор *Л. А. Гусева*
Корректор *С. И. Фирсова*
Компьютерная верстка *З. И. Мартыновой*

Сдано в набор 11.02.2005. Подписано в печать 25.04.2005. Усл. печ. л. 5,12. Уч.-изд. л. 4,60. Тираж 130 экз. Зак. 286. С 990.

ФГУП «Стандартинформ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru
»@gostinfo. ru
Набрано и отпечатано в Калужской типографии стандартов, 248021 Калуга, ул. Московская, 256.
gost.e-ecolog.ru