ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 25645.166— 2004

АТМОСФЕРА ЗЕМЛИ ВЕРХНЯЯ

Модель плотности для баллистического обеспечения полетов искусственных спутников Земли

Издание официальное

БЗ 7—2003/111

Москва
ИПК Издательство стандартов
2004

Предисловие

Задачи, основные принципы и правила проведения работ по государственной стандартизации в Российской Федерации установлены ГОСТ Р 1.0—92 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Основные положения» и ГОСТ Р 1.2—92 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок разработки государственных стандартов»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН 4-м Центральным научно-исследовательским институтом Министерства обороны Российской Федерации

2 СОГЛАСОВАН РОСАВИАКОСМОСОМ (ЦКБС ЦНИИ МАШ)

3 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Госстандарта России от 9 марта 2004 г. № 93-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

© ИПК Издательство стандартов, 2004

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Определения 1
4 Обозначения и сокращения 2
5 Расчет плотности атмосферы 3
Приложение А (рекомендуемое) Использование модели плотности верхней атмосферы для баллистического обеспечения полетов ИСЗ 22
Приложение Б (справочное) Методика расчета коэффициента аэродинамического сопротивления ИСЗ 23

Введение

Настоящий стандарт определяет модель плотности верхней атмосферы Земли, описывающую высотный профиль плотности и ее основные пространственно-временные вариации, зависящие от положения ИСЗ в околоземном пространстве, положения Солнца, времени года и суток, а также солнечной активности и геомагнитной возмущенности.

Модель плотности верхней атмосферы Земли получена на основе обработки данных об эволюции орбитальных параметров отечественных ИСЗ серии «Космос» и ряда зарубежных ИСЗ простой аэродинамической формы за период с 1964 по 2000 год. При разработке модели обобщен опыт практического применения стандарта ГОСТ 25645.115, уточнены структура и параметры модели плотности атмосферы.

Модель ориентирована на практическое применение при проектных расчетах аэродинамического сопротивления и оперативном навигационно-баллистическом обеспечении управления полетом ИСЗ.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АТМОСФЕРА ЗЕМЛИ ВЕРХНЯЯ

Модель плотности для баллистического обеспечения полетов искусственных спутников Земли

Earth upper atmosphere. Density model for ballistic support of flights of artificial earth satellites

Дата введения — 2005—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает модель плотности, методику расчета и значения параметров плотности атмосферы Земли в диапазоне высот 120—1500 км для различных уровней солнечной активности при известных дате, времени и координатах точки пространства.

Стандарт предназначен для баллистического обеспечения полетов искусственных спутников Земли и приведения результатов расчетов к одинаковым условиям.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 4401—81 Атмосфера стандартная. Параметры

ГОСТ 25645.302—83 Расчеты баллистические искусственных спутников Земли. Методика расчета индексов солнечной активности

3 Определения

В настоящем стандарте применяют следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **среднесуточный индекс солнечной активности** $F_{10,7}$:

Плотность потока радиоизлучения Солнца на волне длиной 10,7 см (на частоте 2800 МГц), выраженная в единицах потока 10^{-22} Вт · м$^{-2}$ · Гц$^{-1}$;

3.2 **средневзвешенный индекс** F_{81}:

Результат осреднения среднесуточных значений индекса солнечной активности $F_{10,7}$ за три оборота Солнца (81 сут), рассчитанный по формуле

$$F_{81} = \frac{\sum_{i=-80}^{i=0} F_i W_i}{\sum_{i=-80}^{i=0} W_i},$$

где F_i — индекс $F_{10,7}$ для даты с индексом i (i = 0 соответствует дате, на которую рассчитывается значение F_{81}, а i = −80 — дате, отстоящей от нее на 80 сут);

$$W_i = 1 + \frac{0{,}5\, i}{80}.$$

Издание официальное

3.3 **фиксированный уровень солнечной активности** F_0:

Средневзвешенный индекс F_{81}, кратный 25 и выраженный в единицах потока 10^{-22} Вт·м$^{-2}$·Гц$^{-1}$.

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применяют следующие сокращения и обозначения:

K_p — квазилогарифмический планетарный среднесуточный (k_p — 3-часовой) индекс геомагнитной возмущенности, баллы;

k_{pp} — модифицированные значения 3-часовых индексов геомагнитной возмущенности, используемые при расчете плотности и вычисляемые по формуле

$$k_{pp}^{(j)} = k_p^{(j)} - r\Delta, \qquad (k_{pp}^{(j)} = k_p^{(j)} \text{ для } j = 0)$$

где $\Delta = k_p^{(j)} - k_{pp}^{(j-1)}$,

$j = 1, 2, \ldots, n$,

$r = 0{,}3$, при $\Delta > 0$,

$r = 0{,}7$, при $\Delta < 0$;

A_p — планетарный среднесуточный (a_p — 3-часовой) индекс геомагнитной возмущенности с линейной шкалой, 2 нанотесла (2 гамма);

t — всемирное время, с;

h — высота над поверхностью общего земного эллипсоида, км;

$\alpha_\odot$, $\delta_\odot$ — прямое восхождение и склонение Солнца, рад;

$\omega_3 = 7{,}292115 \cdot 10^{-5}$ — угловая скорость вращения Земли, рад/с;

x, y, z — гринвичские координаты точки пространства, км;

S^* — звездное время в гринвичскую полночь, рад;

$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ — расстояние от центра Земли до точки пространства с координатами x, y, z, км;

$\rho_н$ — плотность ночной атмосферы, кг/м^3;

$\rho_0 = 1{,}58868e\text{-}8$ — плотность ночной атмосферы на высоте 120 км, кг/м^3;

K_0, K_1, K_2, K_3, K_4 — множители, учитывающие:

K_0 — изменение плотности атмосферы, связанное с отклонением F_{81} от F_0,

K_1 — суточный эффект в распределении плотности,

K_2 — полугодовой эффект,

K_3 — изменение плотности, связанное с отклонением $F_{10,7}$ от F_{81},

K_4 — зависимость плотности атмосферы от геомагнитной возмущенности;

β — разность между долготой, для которой рассчитывают плотность атмосферы, и долготой с максимальным значением плотности в ее суточном распределении, рад;

φ — центральный угол между точкой пространства, для которой рассчитывается плотность, и точкой пространства с максимальным значением плотности в ее суточном распределении, рад;

φ_1 — коэффициент модели, равный углу запаздывания максимума плотности по отношению к максимуму освещенности, рад;

$A(d)$ — множитель, характеризующий влияние полугодового эффекта на плотность атмосферы;

d — число суток от начала года;

a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, l_i, n_i, φ_i — коэффициенты модели, используемые для расчета плотности атмосферы при различных значениях фиксированного уровня солнечной активности F_0;

ah, bh, ch, dh, eh, lh — высотные границы применения коэффициентов модели для расчета плотности атмосферы, км;

$\Delta\tau_f$, $\Delta\tau_{Kp}$ — запаздывание изменения плотности атмосферы по отношению к времени соответствующих изменений солнечной активности и геомагнитной возмущенности;

C_x — коэффициент аэродинамического сопротивления ИСЗ;

F_M — площадь миделевого сечения ИСЗ, м^2;

m — масса ИСЗ, кг;

$M_\infty = v/a_\infty$ — число Маха набегающего потока;

v — скорость набегающего потока, м/с;

a_∞ — скорость звука в невозмущенном потоке, м/с;

γ — отношение удельных теплоемкостей;

n — внутренняя нормаль к элементу dF_k поверхности;

Θ — угол между вектором скорости набегающего потока и внутренней нормалью, рад;

$erf(z)$ — интеграл вероятности.

5 Расчет плотности атмосферы

5.1 Модель плотности верхней атмосферы Земли построена по данным о торможении ИСЗ за период с 1964 по 2000 гг.

5.2 Модель определяет плотность атмосферы в диапазоне высот 120—1500 км. Плотность атмосферы для высот менее 120 км рекомендуется определять в соответствии с приложением А.

5.3 Модель плотности атмосферы представлена в аналитическом виде с коэффициентами, заданными таблично. Коэффициенты модели плотности атмосферы приведены к фиксированным уровням плотности потока радиоизлучения Солнца на волне длиной 10,7 см (на частоте 2800 МГц), выраженным в единицах 10^{-22} Вт · м$^{-2}$· Гц$^{-1}$ (далее — фиксированным уровням солнечной активности F_0).

5.4 Плотность атмосферы ρ, кг/м^3, вычисляют по формуле

$$\rho = \rho_н K_0 (1 + K_1 + K_2 + K_3 + K_4), \qquad (1)$$

где $\rho_н = \rho_0 \exp(a_0 + a_1 h + a_2 h^2 + a_3 h^3 + a_4 h^4 + a_5 h^5 + a_6 h^6)$,

$K_0 = 1 + (l_0 + l_1 h + l_2 h^2 + l_3 h^3 + l_4 h^4)(F_{81} - F_0)/F_0$;

$K_1 = (c_0 + c_1 h + c_2 h^2 + c_3 h^3 + c_4 h^4) \cos^{\alpha_0 + \alpha_1 h + \alpha_2 h^2} \varphi/2$;

$\cos\varphi = 1/r\,(z \sin\delta_\odot + \cos\delta_\odot (x\cos\beta + y\sin\beta))$;

$\beta = \alpha_\odot - S^* - \omega_3 t + \varphi_1$;

$K_2 = (d_0 + d_1 h + d_2 h^2 + d_3 h^3 + d_4 h^4) A(d)$;

$K_3 = (b_0 + b_1 h + b_2 h^2 + b_3 h^3 + b_4 h^4)(F_{10,7} - F_{81})/(F_{81} + |F_{10,7} - F_{81}|)$;

$K_4 = (e_0 + e_1 h + e_2 h^2 + e_3 h^3 + e_4 h^4)(e_5 + e_6 K_\beta + e_7 K_\beta^2 + e_8 K_\beta^3)$.

Множитель $A(d)$ вычисляют по формуле

$$A(d) = A_0 + A_1 d + A_2 d^2 + A_3 d^3 + A_4 d^4 + A_5 d^5 + A_6 d^6 + A_7 d^7 + A_8 d^8 .$$

Коэффициенты A_i приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Коэффициенты аппроксимации зависимости полугодового эффекта от времени года

i	A_i	i	A_i	i	A_i
0	—2,53418e — 2	3	2,90115e — 6	6	—1,0966e — 12
1	—2,44075e — 3	4	— 4,99606e — 8	7	1,73227e — 15
2	3,08389e — 6	5	3,36327e — 10	8	—1,06271e — 18

5.5 Коэффициенты модели представлены в таблицах 2 и 3 для двух высотных диапазонов. Границы высотных диапазонов применимости коэффициентов модели являются плавающими, нижние их границы приведены в таблицах 2 и 3 перед значениями соответствующих коэффициентов модели. Нижняя граница второго высотного диапазона является одновременно верхней границей первого диапазона. Верхней границей второго диапазона является высота 1500 км.

Таблицы составлены для семи фиксированных уровней солнечной активности F_0: 75, 100, 125, 150, 175, 200 и 250. При расчете плотности атмосферы используют значения коэффициентов модели для уровня F_0, ближайшего к значению F_{81}.

5.6 При использовании в качестве входного параметра среднесуточных индексов геомагнитной возмущенности (формула 1, выражение K_4) используют коэффициенты e_5, e_6, e_7, e_8 и индекс K_p, а при использовании 3-часовых индексов — коэффициенты et_5, et_6, et_7, et_8 и индекс k_{pp}.

5.7 При вычислении плотности атмосферы по формуле (1) учитывают запаздывание изменения плотности атмосферы по отношению к времени соответствующих изменений солнечной активности $\Delta\tau_f$ и геомагнитной возмущенности $\Delta\tau_{Kp}$. Для солнечной активности это запаздывание составляет 1,7 сут. Для геомагнитной возмущенности при использовании среднесуточных индексов K_p запаздывание составляет 0,6 сут, а при использовании 3-часовых индексов — 0,25 сут.

5.8 Параметры модели плотности атмосферы для семи фиксированных уровней солнечной активности в функции высоты приведены в таблицах 4—11,

где $\rho_н$ — плотность ночной атмосферы, вычисленная по формуле (1);

K'_0, K'_1, K'_2, K'_3, K'_4, K''_4 — величины, характеризующие, соответственно, вековое изменение плотности ночной атмосферы в 11-летнем цикле солнечной активности, амплитуду суточного эффекта, влияние полугодового эффекта, радиоизлучения Солнца и геомагнитной возмущенности, вычисленные по формулам:

$$K'_0 = l_0 + l_1 h + l_2 h^2 + l_3 h^3 + l_4 h^4;$$

$$K'_1 = c_0 + c_1 h + c_2 h^2 + c_3 h^3 + c_4 h^4;$$

$$K'_2 = d_0 + d_1 h + d_2 h^2 + d_3 h^3 + d_4 h^4;$$

$$K'_3 = b_0 + b_1 h + b_2 h^2 + b_3 h^3 + b_4 h^4;$$

$$K'_4 = e_0 + e_1 h + e_2 h^2 + e_3 h^3 + e_4 h^4;$$

$$K''_4 = e_5 + e_6 K_p + e_7 K_p^2 + e_8 K_p^3.$$

Таблица 2 — Коэффициенты модели плотности атмосферы для первого высотного диапазона

Коэффициент		Значение при фиксированном уровне солнечной активности F_0, 10^{-22} Вт/(м^2 Гц)						
Обозначение	Размерность	75	100	125	150	175	200	250
a_h	км	120	120	120	120	120	120	120
a_0	—	26,8629	27,4598	28,6395	29,6418	30,1671	29,7578	30,7854
a_1	км$^{-1}$	—0,451674	—0,463668	—0,490987	—0,514957	—0,527837	—0,517915	—0,545695
a_2	км$^{-2}$	0,00290397	0,002974	0,00320649	0,00341926	0,00353211	0,00342699	0,00370328
a_3	км$^{-3}$	—1,06953e—5	—1,0753e—5	—1,1681e—5	—1,25785e—5	—1,30227e—5	—1,24137e—5	—1,37072e—5
a_4	км$^{-4}$	2,21598e—8	2,17059e—8	2,36847e—8	2,5727e—8	2,66455e—8	2,48209e—8	2,80614e—8
a_5	км$^{-5}$	—2,42941e—11	—2,30249e—11	—2,51809e—11	—2,75874e—11	—2,85432e—11	—2,58413e—11	—3,00184e—11
a_6	км$^{-6}$	1,09926e—14	1,00123e—14	1,09536e—14	1,21091e—14	1,25009e—14	1,09383e—14	1,31142e—14
b_h	км	120	120	120	120	120	120	120
b_0	—	0,0687894	0,15073	0,0479451	0,0223448	—0,00326391	—0,0514749	—0,107255
b_1	км$^{-1}$	—0,00284077	—0,00400889	—0,00239453	—0,0019798	—0,00159869	—0,000921059	—0,000174343
b_2	км$^{-2}$	1,83922e—5	2,43937e—5	1,70335e—5	1,54101e—5	1,40443e—5	1,15147e—5	9,02759e—6
b_3	км$^{-3}$	9,19605e—9	—9,92772e—9	—1,31626e—9	—2,3543e—9	—3,02287e—9	—1,22901e—9	—3,16512e—10
b_4	км$^{-4}$	—4,16873e—11	—1,82239e—11	—1,74032e—11	—1,24994e—11	—9,2016e—12	—8,13104e—12	—6,14e—12
c_h	км	120	120	120	120	120	120	120
c_0	—	—1,04825	—0,93106	—0,820867	—0,744047	—0,722471	—0,687482	—0,739984
c_1	км$^{-1}$	0,0166305	0,0141537	0,0119916	0,0104743	0,00980317	0,00916594	0,00952854
c_2	км$^{-2}$	—9,24263e—5	—7,29862e—5	—5,79835e—5	—4,78544e—5	—4,25245e—5	—3,80932e—5	—3,62727e—5
c_3	км$^{-3}$	2,72382e—7	2,00294e—7	1,50707e—7	1,18513e—7	9,95544e—8	8,51275e—8	7,3887e—8
c_4	км$^{-4}$	—2,41355e—10	—1,62006e—10	—1,13026e—10	—8,31498e—11	—6,55175e—11	—5,29972e—11	—4,23907e—11
n_0	—	2,058	2,058	2,058	2,058	2,058	2,058	2,058
n_1	км$^{-1}$	5,887e—3	5,887e—3	5,887e—3	5,887e—3	5,887e—3	5,887e—3	5,887e—3
n_2	км$^{-2}$	—4,012e—6	—4,012e—6	—4,012e—6	—4,012e—6	—4,012e—6	—4,012e—6	—4,012e—6
φ_1	радиан	0,5411	0,5515	0,5585	0,5585	0,5585	0,5585	0,5585

Окончание таблицы 2

Коэффициент		Значение при фиксированном уровне солнечной активности F_0, 10^{-22} Вт/(м^2 Гц)						
Обозначение	Размерность	75	100	125	150	175	200	250
d_h	км	120	120	120	120	120	120	120
d_0	—	—0,351899	—0,047813	0,20981	0,265174	0,23047	0,170074	0,088141
d_1	км$^{-1}$	0,00577056	0,00380813	0,00262881	0,00275836	0,00338331	0,00406131	0,00468253
d_2	км$^{-2}$	9,95819e—7	4,22771e—6	4,24379e—6	2,08668e—6	—5,52305e—7	—2,82114e—6	—4,24609e—6
d_3	км$^{-3}$	—7,25324e—9	—8,66826e—9	—6,67328e—9	—3,69543e—9	—8,23607e—10	1,38369e—9	2,53509e—9
d_4	км$^{-4}$	2,9759e—12	3,06712e—12	2,13496e—12	1,11862e—12	2,21349e—13	—4,27908e—13	—7,29031e—13
e_h	км	120	120	120	120	120	120	120
e_0	—	—0,731596	—0,752175	—0,570476	—0,949573	—0,967598	—1,02278	—0,757903
e_1	км$^{-1}$	0,00597345	0,00565925	2,95802e—3	8,13121e—3	8,41991e—3	9,23633e—3	0,00606068
e_2	км$^{-2}$	—5,82037e—6	1,8082e—6	1,68896e—5	—3,87813e—6	—3,585e—6	—6,10128e—6	7,85296e—6
e_3	км$^{-3}$	6,84634e—8	3,33822e—8	—4,7475e—9	2,37694e—8	1,74801e—8	1,78211e—8	—9,74891e—9
e_4	км$^{-4}$	—9,50483e—11	—5,13965e—11	—1,72711e—11	—2,77469e—11	—1,96221e—11	—1,70073e—11	1,58377e—12
e_5	—	—0,20670	—0,16971	—0,14671	—0,13150	—0,120916	—0,11363	—0,10444
e_6	—	9,7533e—2	7,9830e—2	6,8808e—2	6,1603e—2	5,6538e—2	5,3178e—2	4,8551e—2
e_7	—	—1,1817e—2	—9,4393e—3	—7,9836e—3	—7,0866e—3	—6,4324e—3	—6,0436e—3	—5,3567e—3
e_8	—	1,6145e—3	1,2622e—3	1,0535e—3	9,2813e—4	8,3723e—4	7,7982e—4	6,8809e—4
ct_5	—	—0,2061	—0,169279	—0,146377	—0,13121	—0,12067	—0,113399	—0,104243
ct_6	—	9,4449e—2	7,7599e—2	6,7052e—2	6,0105e—2	5,5232e—2	5,1994e—2	4,7573e—2
ct_7	—	—8,7953e—3	—7,1375e—3	—6,0951e—3	—5,4388e—3	—4,9580e—3	—4,6876e—3	—4,1711e—3
ct_8	—	8,8385e—4	6,9025e—4	5,7456e—4	5,0585e—4	4,5512e—4	4,2548e—4	3,7068e—4
l_h	км	120	120	120	120	120	120	120
l_0	—	—0,407768	—0,902739	—0,733037	—1,31444	—1,20026	—1,52158	—1,67664
l_1	км$^{-1}$	0,00148506	0,00826803	0,00523396	0,0133124	0,0114087	0,015704	1,77194e—2
l_2	км$^{-2}$	1,25357e—5	—1,25448e—5	6,35667e—6	—2,55585e—5	—1,47324e—5	—3,02859e—5	—3,69498e—5
l_3	км$^{-3}$	3,77311e—8	6,12853e—8	1,09065e—8	5,43981e—8	2,7804e—8	4,57668e—8	5,09134e—8
l_4	км$^{-4}$	—7,78953e—11	—7,07966e—11	—2,61427e—11	—4,33784e—11	—2,2632e—11	—2,82926e—11	—2,82878e—11

Таблица 3 — Коэффициенты модели плотности атмосферы для второго высотного диапазона

Коэффициент		Значение при фиксированном уровне солнечной активности F_0, 10^{-22} Вт/(м^2 Гц)						
Обозначение	Размерность	75	100	125	150	175	200	250
a_h	км	500	500	500	500	500	500	500
a_0	—	17,8781	—2,54909	—13,9599	—23,3079	—14,7264	—4,912	—5,40952
a_1	км$^{-1}$	—0,132025	0,0140064	0,0844951	0,135141	0,0713256	0,0108326	0,00550749
a_2	км$^{-2}$	0,000227717	—0,00016946	—0,000328875	—0,000420802	—0,000228015	—8,10546e—5	—3,78851e—5
a_3	км$^{-3}$	—2,2543e—7	3,27196e—7	5,05918e—7	5,73717e—7	2,8487e—7	1,15712e—7	2,4808e—8
a_4	км$^{-4}$	1,33574e—10	—2,8763e—10	—3,92299e—10	—4,03238e—10	—1,74383e—10	—8,13296e—11	4,92183e—12
a_5	км$^{-5}$	—4,50458e—14	1,22625e—13	1,52279e—13	1,42846e—13	5,08071e—14	3,04913e—14	—8,65011e—15
a_6	км$^{-6}$	6,72086e—18	—2,05736e—17	—2,35576e—17	—2,01726e—17	—5,34955e—18	—4,94989e—18	1,9849e—18
b_h	км	600	660	760	800	860	900	1000
b_0	—	23,1584	33,2732	39,1961	43,2469	49,5738	11,278	—52,6184
b_1	км$^{-1}$	—0,0802147	—0,111099	—0,12352	—0,126973	—0,138613	0,00143478	0,214689
b_2	км$^{-2}$	0,000105824	0,000141421	0,000149015	0,000142637	0,000147851	—3,69846e—5	—0,000294882
b_3	км$^{-3}$	—6,15036e—8	—7,94952e—8	—7,9705e—8	—7,09985e—8	—6,96361e—8	3,58318e—8	1,71171e—7
b_4	км$^{-4}$	1,32453e—11	1,65836e—11	1,58772e—11	1,31646e—11	1,21595e—11	—9,91225e—12	—3,60582e—11
c_h	км	640	700	760	820	860	920	980
c_0	—	50,5034	61,624	53,2623	18,2236	—31,8442	—48,7208	—147,859
c_1	км$^{-1}$	—0,170541	—0,192967	—0,144342	—0,00840024	0,168327	0,222996	0,531652
c_2	км$^{-2}$	2,17232e—4	2,28061e—4	1,4659e—4	—3,88e—5	—2,62603e—4	—3,21884e—4	—671937e—4
c_3	км$^{-3}$	—1,21902e—7	—1,18715e—7	—6,46443e—8	4,31384e—8	1,65454e—7	1,91495e—7	3,64787e—7
c_4	км$^{-4}$	2,54037e—11	2,29638e—11	1,04227e—11	—1,23832e—11	—3,69355e—11	—4,08067e—11	—7,26268e—11
n_0	—	2,058	2,058	2,058	2,058	2,058	2,058	2,058
n_1	км$^{-1}$	5,887e—3	5,887e—3	5,887e—3	5,887e—3	5,887e—3	5,887e—3	5,887e—3
n_2	км$^{-2}$	—4,012e—6	—4,012e—6	—4,012e—6	—4,012e—6	—4,012e—6	—4,012e—6	—4,012e—6
φ_1	радиан	0,5411	0,5515	0,5585	0,5585	0,5585	0,5585	0,5585

Окончание таблицы 3

Коэффициент		Значение при фиксированном уровне солнечной активности F_0, 10^{-22} Вт/(м^2 Гц)						
Обозначение	Размерность	75	100	125	150	175	200	250
d_h	км	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
d_0	—	—0,351899	—0,047813	0,20981	0,265174	0,23047	0,170074	0,088141
d_1	км$^{-1}$	0,00577056	0,00380813	0,00262881	0,00275836	0,00338331	0,00406131	0,00468253
d_2	км$^{-2}$	9,95819e—7	4,22771e—6	4,24379e—6	2,08668e—6	—5,52305e—7	—2,82114e—6	—4,24609e—6
d_3	км$^{-3}$	—7,25324e—9	—8,66826e—9	—6,67328e—9	—3,69543e—9	—8,23607e—10	1,38369e—9	2,53509e—9
d_4	км$^{-4}$	2,9759e—12	3,06712e—12	2,13496e—12	1,11862e—12	2,21349e—13	—4,27908e—13	—7,29031e—13
e_h	км	600	700	780	800	800	900	760
e_0	—	38,6199	51,249	68,4746	58,422	7,20188	21,5948	—88,4076
e_1	км$^{-1}$	—0,132147	—0,167373	—2,15659e—1	—1,66664e—1	2,16109e—2	—2,02239e—2	0,338518
e_2	км$^{-2}$	1,75411e—4	2,11832e—4	2,62273e—4	1,85486e—4	—6,52882e—5	—1,72029e—5	—0,000445581
e_3	км$^{-3}$	—1,02417e—7	—1,18221e—7	—1,40972e—7	—9,12345e—8	5,37077e—8	2,83017e—8	2,51729e—7
e_4	км$^{-4}$	2,21446e—11	2,45055e—11	2,82285e—11	1,67118e—11	—1,4095e—11	—8,94486e—12	—5,203e—11
e_5	—	—0,20670	—0,16971	—0,14671	—0,13150	—0,120916	—0,11363	—0,10444
e_6	—	9,7533e—2	7,9830e—2	6,8808e—2	6,1603e—2	5,6538e—2	5,3178e—2	4,8551e—2
e_7	—	—1,1817e—2	—9,4393e—3	—7,9836e—3	—7,0866e—3	—6,4324e—3	—6,0436e—3	—5,3567e—3
e_8	—	1,6145e—3	1,2622e—3	1,0535e—3	9,2813e—4	8,3723e—4	7,7982e—4	6,8809e—4
et_5	—	—0,2061	—0,169279	—0,146377	—0,13121	—0,12067	—0,113399	—0,104243
et_6	—	9,4449e—2	7,7599e—2	6,7052e—2	6,0105e—2	5,5232e—2	5,1994e—2	4,7573e—2
et_7	—	—8,7953e—3	—7,1375e—3	—6,0951e—3	—5,4388e—3	—4,9580e—3	—4,6876e—3	—4,1711e—3
et_8	—	8,8385e—4	6,9025e—4	5,7456e—4	5,0585e—4	4,5512e—4	4,2548e—4	3,7068e—4
l_h	км	640	660	740	800	860	900	900
l_0	—	48,6536	54,4867	60,1267	47,0996	50,6174	8,01942	—15,5728
l_1	км$^{-1}$	—0,170291	—0,178298	—0,183144	—0,12526	—0,129047	0,0185302	9,36704e—2
l_2	км$^{-2}$	2,26242e—4	2,22725e—4	2,12481e—4	1,26352e—4	1,24842e—4	—6,14733e—5	—1,49036e—4
l_3	км$^{-3}$	—1,32032e—7	—1,227e—7	—1,08497e—7	—5,51584e—8	—5,24993e—8	4,97674e—8	9,42151e—8
l_4	км$^{-4}$	2,85193e—11	2,51316e—11	2,0571e—11	8,75272e—12	8,08272e—12	—1,26162e—11	—2,0961e—11

Таблица 4 — Плотность ночной атмосферы, кг/м^3, при уровне солнечной активности

Высота, км	Фиксированный уровень солнечной активности						
	75	100	125	150	175	200	250
120	1,62e—8	1,62e—8	1,63e—8	1,64e—8	1,65e—8	1,66e—8	1,68e—8
140	3,50e—9	3,57e—9	3,63e—9	3,69e—9	3,76e—9	3,85e—9	4,01e—9
160	1,06e—9	1,11e—9	1,17e—9	1,22e—9	1,27e—9	1,33e—9	1,44e—9
180	4,01e—10	4,44e—10	4,83e—10	5,21e—10	5,58e—10	5,95e—10	6,73e—10
200	1,78e—10	2,08e—10	2,36e—10	2,64e—10	2,91e—10	3,18e—10	3,74e—10
220	8,76e—11	1,08e—10	1,29e—10	1,49e—10	1,69e—10	1,89e—10	2,31e—10
240	4,60e—11	6,03e—11	7,48e—11	8,94e—11	1,04e—10	1,19e—10	1,51e—10
260	2,51e—11	3,50e—11	4,51e—11	5,56e—11	6,66e—11	7,79e—11	1,02e—10
280	1,41e—11	2,07e—11	2,78e—11	3,53e—11	4,33e—11	5,17e—11	6,93e—11
300	8,10e—12	1,25e—11	1,74e—11	2,27e—11	2,84e—11	3,46e—11	4,76e—11
320	4,72e—12	7,67e—12	1,10e—11	1,47e—11	1,89e—11	2,34e—11	3,30e—11
340	2,79e—12	4,76e—12	7,07e—12	9,69e—12	1,27e—11	1,59e—11	2,30e—11
360	1,68e—12	3,00e—12	4,60e—12	6,47e—12	8,65e—12	1,10e—11	1,63e—11
380	1,03e—12	1,92e—12	3,04e—12	4,39e—12	5,98e—12	7,74e—12	1,17e—11
400	6,36e—13	1,25e—12	2,04e—12	3,02e—12	4,21e—12	5,53e—12	8,53e—12
420	3,99e—13	8,20e—13	1,39e—12	2,11e—12	3,00e—12	4,02e—12	6,31e—12
440	2,53e—13	5,46e—13	9,56e—13	1,48e—12	2,16e—12	2,95e—12	4,71e—12
460	1,62e—13	3,66e—13	6,61e—13	1,05e—12	1,56e—12	2,19e—12	3,55e—12
480	1,05e—13	2,46e—13	4,59e—13	7,49e—13	1,13e—12	1,63e—12	2,67e—12
500	6,96e—14	1,66e—13	3,19e—13	5,35e—13	8,25e—13	1,20e—12	2,02e—12
520	4,79e—14	1,13e—13	2,23e—13	3,95e—13	6,14e—13	8,71e—13	1,56e—12
540	3,40e—14	7,87e—14	1,58e—13	2,86e—13	4,51e—13	6,43e—13	1,18e—12
560	2,48e—14	5,60e—14	1,13e—13	2,07e—13	3,31e—13	4,76e—13	8,98e—13
580	1,85e—14	4,06e—14	8,22e—14	1,50e—13	2,44e—13	3,55e—13	6,83e—13
600	1,42e—14	3,01e—14	6,04e—14	1,10e—13	1,81e—13	2,66e—13	5,20e—13
620	1,11e—14	2,26e—14	4,51e—14	8,10e—14	1,35e—13	2,00e—13	3,97e—13
640	8,81e—15	1,74e—14	3,41e—14	6,03e—14	1,01e—13	1,52e—13	3,03e—13
660	7,14e—15	1,35e—14	2,62e—14	4,54e—14	7,65e—14	1,16e—13	2,33e—13
680	5,88e—15	1,07e—14	2,04e—14	3,45e—14	5,84e—14	8,94e—14	1,79e—13
700	4,91e—15	8,66e—15	1,61e—14	2,66e—14	4,50e—14	6,94e—14	1,39e—13
720	4,16e—15	7,08e—15	1,29e—14	2,08e—14	3,50e—14	5,42e—14	1,08e—13
740	3,56e—15	5,87e—15	1,05e—14	1,64e—14	2,75e—14	4,27e—14	8,45e—14
760	3,09e—15	4,93e—15	8,64e—15	1,31e—14	2,19e—14	3,39e—14	6,64e—14
780	2,70e—15	4,19e—15	7,21e—15	1,07e—14	1,76e—14	2,71e—14	5,26e—14
800	2,39e—15	3,60e—15	6,08e—15	8,75e—15	1,43e—14	2,19e—14	4,19e—14
820	2,13e—15	3,13e—15	5,19e—15	7,27e—15	1,17e—14	1,78e—14	3,36e—14
840	1,91e—15	2,74e—15	4,47e—15	6,11e—15	9,71e—15	1,46e—14	2,71e—14
860	1,73e—15	2,43e—15	3,89e—15	5,20e—15	8,13e—15	1,21e—14	2,21e—14
880	1,57e—15	2,16e—15	3,41e—15	4,47e—15	6,88e—15	1,00e—14	1,81e—14
900	1,43e—15	1,94e—15	3,02e—15	3,87e—15	5,88e—15	8,43e—15	1,49e—14

Окончание таблицы 4

Высота, км	Фиксированный уровень солнечной активности						
	75	100	125	150	175	200	250
920	1,32e—15	1,75e—15	2,69e—15	3,39e—15	5,07e—15	7,13e—15	1,24e—14
940	1,21e—15	1,59e—15	2,41e—15	2,99e—15	4,41e—15	6,08e—15	1,04e—14
960	1,12e—15	1,45e—15	2,17e—15	2,66e—15	3,86e—15	5,22e—15	8,79e—15
980	1,04e—15	1,32e—15	1,97e—15	2,38e—15	3,41e—15	4,52e—15	7,48e—15
1000	9,71e—16	1,22e—15	1,79e—15	2,15e—15	3,03e—15	3,94e—15	6,41e—15
1020	9,06e—16	1,12e—15	1,63e—15	1,95e—15	2,72e—15	3,46e—15	5,54e—15
1040	8,48e—16	1,04e—15	1,50e—15	1,77e—15	2,45e—15	3,05e—15	4,82e—15
1060	7,95e—16	9,60e—16	1,37e—15	1,62e—15	2,21e—15	2,72e—15	4,23e—15
1080	7,47e—16	8,91e—16	1,26e—15	1,49e—15	2,02e—15	2,43e—15	3,73e—15
1100	7,03e—16	8,29e—16	1,16e—15	1,37e—15	1,84e—15	2,19e—15	3,32e—15
1120	6,62e—16	7,73e—16	1,07e—15	1,26e—15	1,69e—15	1,99e—15	2,97e—15
1140	6,24e—16	7,22e—16	9,94e—16	1,17e—15	1,56e—15	1,81e—15	2,67e—15
1160	5,89e—16	6,75e—16	9,20e—16	1,08e—15	1,44e—15	1,66e—15	2,42e—15
1180	5,56e—16	6,33e—16	8,53e—16	1,00e—15	1,33e—15	1,53e—15	2,21e—15
1200	5,26e—16	5,95e—16	7,92e—16	9,30e—16	1,23e—15	1,41e—15	2,02e—15
1220	4,98e—16	5,59e—16	7,36e—16	8,65e—16	1,15e—15	1,32e—15	1,86e—15
1240	4,71e—16	5,27e—16	6,85e—16	8,06e—16	1,07e—15	1,23e—15	1,72e—15
1260	4,46e—16	4,98e—16	6,38e—16	7,51e—16	9,94e—16	1,15e—15	1,59e—15
1280	4,23e—16	4,72e—16	5,96e—16	7,01e—16	9,28e—16	1,08e—15	1,49e—15
1300	4,02e—16	4,47e—16	5,58e—16	6,55e—16	8,68e—16	1,02e—15	1,39e—15
1320	3,82e—16	4,25e—16	5,23e—16	6,13e—16	8,13e—16	9,68e—16	1,30e—15
1340	3,63e—16	4,05e—16	4,91e—16	5,75e—16	7,62e—16	9,18e—16	1,23e—15
1360	3,46e—16	3,87e—16	4,63e—16	5,41e—16	7,16e—16	8,73e—16	1,16e—15
1380	3,30e—16	3,70e—16	4,37e—16	5,09e—16	6,74e—16	8,30e—16	1,09e—15
1400	3,15e—16	3,54e—16	4,14e—16	4,81e—16	6,36e—16	7,90e—16	1,03e—15
1420	3,02e—16	3,40e—16	3,93e—16	4,56e—16	6,02e—16	7,52e—16	9,76e—16
1440	2,90e—16	3,26e—16	3,74e—16	4,34e—16	5,72e—16	7,16e—16	9,24e—16
1460	2,80e—16	3,13e—16	3,58e—16	4,14e—16	5,45e—16	6,80e—16	8,75e—16
1480	2,71e—16	3,00e—16	3,42e—16	3,98e—16	5,22e—16	6,44e—16	8,29e—16
1500	2,63e—16	2,88e—16	3,29e—16	3,83e—16	5,03e—16	6,08e—16	7,85e—16

Таблица 5 — Значение величины $K_0^{'}$

Высота, км	$K_0^{'}$ при фиксированном уровне солнечной активности						
	75	100	125	150	175	200	250
120	0,000	0,000	—0,000	0,000	—0,000	0,000	0,000
140	0,119	0,150	0,144	0,181	0,176	0,198	0,209
160	0,254	0,304	0,295	0,356	0,347	0,385	0,403

Продолжение таблицы 5

Высота, км	$K_0^{'}$ при фиксированном уровне солнечной активности						
	75	100	125	150	175	200	250
180	0,404	0,462	0,451	0,525	0,514	0,561	0,583
200	0,568	0,626	0,613	0,691	0,678	0,729	0,752
220	0,745	0,796	0,781	0,855	0,840	0,889	0,909
240	0,934	0,971	0,953	1,016	0,999	1,042	1,058
260	1,133	1,153	1,130	1,177	1,155	1,189	1,198
280	1,340	1,339	1,310	1,337	1,310	1,332	1,332
300	1,554	1,530	1,492	1,496	1,464	1,470	1,460
320	1,771	1,724	1,676	1,656	1,616	1,605	1,582
340	1,988	1,921	1,861	1,816	1,766	1,737	1,700
360	2,204	2,118	2,045	1,975	1,915	1,867	1,814
380	2,413	2,314	2,227	2,134	2,061	1,994	1,925
400	2,613	2,507	2,406	2,292	2,206	2,119	2,034
420	2,799	2,694	2,581	2,449	2,348	2,242	2,140
440	2,967	2,874	2,750	2,603	2,488	2,363	2,243
460	3,113	3,041	2,911	2,754	2,623	2,482	2,345
480	3,231	3,195	3,062	2,900	2,755	2,598	2,445
500	3,317	3,331	3,203	3,041	2,882	2,712	2,542
520	3,364	3,445	3,330	3,174	3,003	2,822	2,637
540	3,367	3,534	3,441	3,299	3,118	2,928	2,729
560	3,321	3,593	3,536	3,412	3,226	3,030	2,818
580	3,217	3,618	3,611	3,514	3,325	3,126	2,904
600	3,051	3,604	3,663	3,600	3,414	3,217	2,985
620	2,814	3,546	3,692	3,669	3,492	3,300	3,060
640	2,500	3,438	3,693	3,719	3,559	3,375	3,130
660	2,265	3,275	3,665	3,747	3,611	3,440	3,193
680	2,053	3,025	3,605	3,749	3,649	3,494	3,248
700	1,869	2,761	3,510	3,724	3,670	3,536	3,293
720	1,711	2,529	3,376	3,667	3,672	3,564	3,328
740	1,578	2,326	3,201	3,577	3,655	3,577	3,351
760	1,466	2,148	2,902	3,448	3,616	3,572	3,361
780	1,373	1,995	2,675	3,278	3,553	3,548	3,355
800	1,297	1,864	2,475	3,062	3,464	3,503	3,332
820	1,236	1,752	2,300	2,890	3,347	3,434	3,291
840	1,189	1,659	2,147	2,700	3,200	3,340	3,229
860	1,152	1,581	2,016	2,530	3,020	3,218	3,144
880	1,126	1,517	1,904	2,378	2,804	3,066	3,035
900	1,108	1,466	1,809	2,243	2,628	2,882	2,898
920	1,096	1,426	1,730	2,124	2,470	2,751	2,808
940	1,090	1,395	1,664	2,020	2,329	2,606	2,678
960	1,088	1,372	1,612	1,929	2,204	2,470	2,552

Окончание таблицы 5

Высота, км	K_0^* при фиксированном уровне солнечной активности						
	75	100	125	150	175	200	250
980	1,089	1,356	1,570	1,852	2,093	2,344	2,431
1000	1,092	1,345	1,538	1,786	1,996	2,228	2,316
1020	1,096	1,339	1,514	1,731	1,911	2,121	2,207
1040	1,100	1,336	1,497	1,685	1,839	2,024	2,105
1060	1,103	1,335	1,486	1,649	1,777	1,936	2,010
1080	1,106	1,336	1,481	1,620	1,725	1,858	1,923
1100	1,107	1,338	1,479	1,599	1,682	1,789	1,843
1120	1,106	1,340	1,480	1,583	1,647	1,729	1,770
1140	1,103	1,341	1,483	1,574	1,620	1,677	1,706
1160	1,097	1,342	1,488	1,569	1,599	1,634	1,649
1180	1,089	1,342	1,494	1,568	1,585	1,599	1,601
1200	1,079	1,340	1,500	1,570	1,575	1,571	1,559
1220	1,067	1,337	1,505	1,576	1,570	1,550	1,525
1240	1,053	1,333	1,510	1,583	1,569	1,536	1,498
1260	1,037	1,327	1,514	1,592	1,571	1,527	1,477
1280	1,021	1,319	1,516	1,602	1,576	1,524	1,462
1300	1,004	1,311	1,517	1,612	1,583	1,525	1,452
1320	0,988	1,302	1,517	1,622	1,592	1,529	1,447
1340	0,972	1,292	1,514	1,632	1,602	1,537	1,446
1360	0,959	1,283	1,510	1,641	1,613	1,547	1,448
1380	0,950	1,274	1,505	1,649	1,624	1,558	1,452
1400	0,944	1,267	1,498	1,655	1,634	1,569	1,458
1420	0,945	1,263	1,490	1,660	1,645	1,580	1,464
1440	0,952	1,261	1,481	1,662	1,654	1,589	1,468
1460	0,968	1,264	1,472	1,661	1,663	1,595	1,470
1480	0,995	1,272	1,464	1,658	1,670	1,598	1,469
1500	1,033	1,287	1,456	1,653	1,675	1,595	1,463

Таблица 6 — Значение величины K_1^*

Высота, км	K_1^* при фиксированном уровне солнечной активности						
	75	100	125	150	175	200	250
120	0,037	0,029	0,020	0,011	0,000	—0,000	0,000
140	0,123	0,107	0,092	0,078	0,065	0,062	0,070
160	0,204	0,179	0,157	0,138	0,122	0,118	0,131
180	0,286	0,250	0,219	0,195	0,176	0,169	0,186
200	0,374	0,323	0,283	0,252	0,229	0,218	0,238
220	0,472	0,403	0,351	0,311	0,283	0,268	0,288
240	0,584	0,493	0,426	0,376	0,340	0,319	0,338

Продолжение таблицы 6

Высота, км	K_1 при фиксированном уровне солнечной активности						
	75	100	125	150	175	200	250
260	0,712	0,595	0,510	0,447	0,402	0,375	0,390
280	0,858	0,711	0,604	0,527	0,471	0,435	0,446
300	1,022	0,842	0,712	0,618	0,549	0,503	0,506
320	1,204	0,989	0,832	0,719	0,635	0,579	0,571
340	1,402	1,151	0,966	0,832	0,732	0,663	0,644
360	1,615	1,329	1,114	0,958	0,840	0,757	0,725
380	1,839	1,521	1,276	1,095	0,959	0,861	0,814
400	2,070	1,724	1,450	1,245	1,089	0,975	0,911
420	2,303	1,937	1,636	1,407	1,231	1,100	1,019
440	2,532	2,156	1,831	1,579	1,383	1,236	1,135
460	2,750	2,378	2,034	1,761	1,546	1,381	1,262
480	2,951	2,598	2,243	1,951	1,717	1,537	1,398
500	3,123	2,811	2,453	2,147	1,897	1,701	1,543
520	3,260	3,011	2,663	2,347	2,084	1,873	1,696
540	3,349	3,193	2,867	2,549	2,276	2,052	1,858
560	3,379	3,349	3,062	2,750	2,472	2,237	2,028
580	3,337	3,472	3,243	2,946	2,668	2,426	2,204
600	3,211	3,554	3,405	3,136	2,863	2,618	2,385
620	2,987	3,585	3,542	3,313	3,055	2,810	2,570
640	2,648	3,558	3,648	3,476	3,239	3,000	2,758
660	2,347	3,461	3,717	3,618	3,414	3,186	2,947
680	2,085	3,284	3,742	3,736	3,575	3,366	3,136
700	1,855	3,016	3,716	3,825	3,719	3,537	3,322
720	1,654	2,776	3,631	3,879	3,843	3,696	3,503
740	1,479	2,495	3,479	3,892	3,941	3,839	3,677
760	1,329	2,245	3,250	3,860	4,010	3,964	3,843
780	1,200	2,026	3,042	3,774	4,044	4,067	3,996
800	1,091	1,833	2,778	3,629	4,040	4,143	4,135
820	0,999	1,666	2,539	3,418	3,992	4,190	4,257
840	0,924	1,522	2,323	3,193	3,894	4,203	4,358
860	0,862	1,398	2,130	2,968	3,741	4,177	4,435
880	0,813	1,294	1,958	2,756	3,527	4,109	4,486
900	0,775	1,206	1,805	2,559	3,326	3,993	4,506
920	0,746	1,134	1,670	2,375	3,128	3,824	4,492
940	0,725	1,076	1,553	2,206	2,935	3,672	4,439
960	0,711	1,029	1,451	2,050	2,748	3,471	4,345
980	0,701	0,994	1,363	1,907	2,570	3,273	4,204
1000	0,696	0,967	1,289	1,779	2,400	3,080	4,047
1020	0,694	0,948	1,227	1,663	2,240	2,893	3,875
1040	0,694	0,935	1,175	1,560	2,090	2,713	3,696

Окончание таблицы 6

Высота, км	K_1^* при фиксированном уровне солнечной активности						
	75	100	125	150	175	200	250
1060	0,696	0,928	1,134	1,469	1,951	2,542	3,512
1080	0,699	0,925	1,102	1,390	1,824	2,381	3,327
1100	0,701	0,926	1,078	1,322	1,709	2,230	3,144
1120	0,703	0,929	1,061	1,266	1,606	2,090	2,964
1140	0,704	0,933	1,051	1,220	1,516	1,962	2,790
1160	0,704	0,939	1,046	1,183	1,438	1,845	2,624
1180	0,702	0,944	1,045	1,156	1,371	1,740	2,466
1200	0,699	0,950	1,049	1,137	1,316	1,648	2,318
1220	0,694	0,954	1,055	1,125	1,273	1,567	2,181
1240	0,687	0,958	1,064	1,121	1,239	1,499	2,057
1260	0,679	0,960	1,075	1,122	1,216	1,441	1,944
1280	0,669	0,961	1,087	1,128	1,201	1,394	1,843
1300	0,659	0,960	1,100	1,139	1,194	1,357	1,754
1320	0,648	0,957	1,112	1,152	1,194	1,328	1,676
1340	0,637	0,953	1,125	1,168	1,198	1,308	1,609
1360	0,627	0,948	1,136	1,184	1,207	1,294	1,552
1380	0,619	0,941	1,147	1,201	1,217	1,285	1,503
1400	0,612	0,934	1,156	1,216	1,227	1,280	1,461
1420	0,609	0,926	1,163	1,228	1,236	1,277	1,423
1440	0,610	0,918	1,168	1,237	1,242	1,274	1,389
1460	0,617	0,911	1,170	1,240	1,241	1,270	1,354
1480	0,630	0,905	1,170	1,237	1,232	1,261	1,317
1500	0,651	0,902	1,167	1,225	1,212	1,246	1,275

Таблица 7 — Значение величины K_2^*

Высота, км	K_2^* при фиксированном уровне солнечной активности						
	75	100	125	150	175	200	250
120	0,343	0,456	0,575	0,620	0,627	0,619	0,593
140	0,457	0,546	0,644	0,683	0,691	0,687	0,667
160	0,569	0,636	0,713	0,746	0,754	0,753	0,739
180	0,680	0,727	0,784	0,809	0,817	0,817	0,807
200	0,789	0,818	0,855	0,873	0,879	0,880	0,874
220	0,896	0,909	0,927	0,936	0,940	0,941	0,938
240	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
260	1,102	1,090	1,073	1,064	1,059	1,058	1,060
280	1,201	1,178	1,145	1,127	1,118	1,114	1,118
300	1,297	1,266	1,218	1,190	1,175	1,168	1,173
320	1,390	1,352	1,289	1,252	1,232	1,222	1,227

Продолжение таблицы 7

Высота, км	K_2^* при фиксированном уровне солнечной активности						
	75	100	125	150	175	200	250
340	1,480	1,436	1,360	1,314	1,288	1,274	1,279
360	1,566	1,518	1,431	1,375	1,342	1,324	1,330
380	1,649	1,598	1,500	1,435	1,396	1,373	1,378
400	1,728	1,676	1,568	1,495	1,448	1,421	1,425
420	1,803	1,751	1,635	1,553	1,500	1,467	1,471
440	1,874	1,823	1,700	1,610	1,550	1,513	1,515
460	1,941	1,892	1,763	1,666	1,600	1,557	1,558
480	2,003	1,958	1,825	1,721	1,648	1,600	1,599
500	2,062	2,021	1,884	1,774	1,695	1,642	1,639
520	2,116	2,081	1,942	1,826	1,741	1,683	1,678
540	2,166	2,137	1,998	1,876	1,786	1,722	1,716
560	2,211	2,190	2,051	1,925	1,829	1,761	1,752
580	2,252	2,239	2,102	1,973	1,871	1,798	1,788
600	2,288	2,284	2,150	2,018	1,912	1,835	1,822
620	2,320	2,326	2,196	2,062	1,952	1,871	1,856
640	2,347	2,363	2,239	2,104	1,991	1,905	1,888
660	2,370	2,397	2,280	2,144	2,028	1,939	1,920
680	2,388	2,427	2,318	2,183	2,064	1,971	1,950
700	2,402	2,453	2,353	2,220	2,099	2,003	1,980
720	2,412	2,475	2,385	2,254	2,132	2,034	2,009
740	2,417	2,492	2,415	2,287	2,164	2,064	2,037
760	2,418	2,506	2,442	2,318	2,195	2,093	2,064
780	2,414	2,516	4,466	2,347	2,225	2,121	2,090
800	2,407	2,523	2,487	2,373	2,253	2,148	2,116
820	2,396	2,525	2,505	2,398	2,279	2,174	2,141
840	2,381	2,523	2,520	2,421	2,305	2,200	2,165
860	2,362	2,518	2,533	2,442	2,329	2,224	2,188
880	2,339	2,509	2,542	2,461	2,352	2,247	2,211
900	2,313	2,497	2,549	2,478	2,373	2,270	2,233
920	2,284	2,481	2,553	2,493	2,393	2,292	2,254
940	2,251	2,462	2,555	2,506	2,412	2,312	2,274
960	2,216	2,440	2,554	2,517	2,429	2,332	2,294
980	2,178	2,415	2,550	2,526	2,445	2,351	2,313
1000	2,137	2,387	2,544	2,533	2,459	2,369	2,331
1020	2,094	2,356	2,536	2,539	2,472	2,386	2,348
1040	2,049	2,323	2,525	2,543	2,484	2,402	2,364
1060	2,002	2,287	2,512	2,545	2,495	2,417	2,380
1080	1,954	2,249	2,497	2,545	2,504	2,431	2,394
1100	1,904	2,210	2,480	2,543	2,512	2,444	2,408
1120	1,853	2,168	2,461	2,540	2,518	2,455	2,421

Окончание таблицы 7

Высота, км	K'_2 при фиксированном уровне солнечной активности						
	75	100	125	150	175	200	250
1140	1,801	2,126	2,441	2,536	2,523	2,466	2,433
1160	1,749	2,082	2,419	2,530	2,527	2,476	2,443
1180	1,696	2,037	2,396	2,523	2,530	2,484	2,453
1200	1,644	1,991	2,371	2,514	2,531	2,491	2,462
1220	1,592	1,945	2,345	2,504	2,531	2,497	2,469
1240	1,541	1,899	2,319	2,493	2,530	2,502	2,476
1260	1,491	1,853	2,292	2,481	2,527	2,505	2,481
1280	1,443	1,808	2,264	2,468	2,523	2,508	2,484
1300	1,397	1,763	2,236	2,454	2,518	2,508	2,487
1320	1,353	1,720	2,208	2,439	2,512	2,508	2,488
1340	1,312	1,679	2,179	2,423	2,504	2,506	2,488
1360	1,273	1,639	2,152	2,407	2,496	2,502	2,486
1380	1,239	1,601	2,125	2,391	2,486	2,498	2,482
1400	1,208	1,567	2,098	2,374	2,475	2,491	2,477
1420	1,182	1,535	2,073	2,357	2,463	2,483	2,470
1440	1,160	1,507	2,049	2,340	2,450	2,473	2,461
1460	1,144	1,483	2,026	2,322	2,435	2,462	2,451
1480	1,134	1,463	2,006	2,305	2,420	2,448	2,438
1500	1,130	1,449	1,987	2,289	2,404	2,433	2,423

Таблица 8 — Значение величины K'_3

Высота, км	K'_3 при фиксированном уровне солнечной активности						
	75	100	125	150	175	200	250
120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
140	0,041	0,033	0,036	0,036	0,036	0,039	0,042
160	0,095	0,081	0,084	0,082	0,082	0,086	0,091
180	0,163	0,142	0,143	0,138	0,137	0,140	0,146
200	0,243	0,216	0,212	0,204	0,200	0,202	0,207
220	0,334	0,301	0,291	0,278	0,271	0,271	0,274
240	0,435	0,396	0,378	0,361	0,350	0,347	0,346
260	0,545	0,500	0,474	0,451	0,435	0,429	0,424
280	0,661	0,611	0,577	0,548	0,527	0,516	0,507
300	0,782	0,728	0,686	0,651	0,625	0,609	0,595
320	0,907	0,849	0,800	0,759	0,728	0,707	0,687
340	1,033	0,974	0,919	0,871	0,835	0,810	0,783
360	1,159	1,100	1,040	0,987	0,946	0,915	0,882
380	1,280	1,225	1,163	1,105	1,059	1,024	0,985
400	1,397	1,348	1,286	1,225	1,175	1,136	1,090

Продолжение таблицы 8

Высота, км	K'_3 при фиксированном уровне солнечной активности						
	75	100	125	150	175	200	250
420	1,504	1,467	1,408	1,346	1,292	1,249	1,197
440	1,600	1,581	1,528	1,466	1,410	1,363	1,307
460	1,682	1,686	1,643	1,584	1,527	1,478	1,417
480	1,747	1,781	1,754	1,699	1,642	1,592	1,528
500	1,791	1,865	1,857	1,809	1,756	1,705	1,639
520	1,810	1,934	1,951	1,915	1,865	1,816	1,750
540	1,801	1,986	2,035	2,013	1,970	1,924	1,859
560	1,761	2,020	2,106	2,104	2,070	2,028	1,967
580	1,685	2,032	2,163	2,184	2,163	2,128	2,072
600	1,569	2,021	2,204	2,254	2,248	2,222	2,174
620	1,403	1,983	2,226	2,310	2,324	2,309	2,272
640	1,266	1,917	2,228	2,353	2,390	2,389	2,366
660	1,145	1,819	2,207	2,380	2,444	2,460	2,454
680	1,039	1,669	2,161	2,389	2,486	2,522	2,536
700	0,946	1,515	2,088	2,379	2,513	2,572	2,611
720	0,866	1,380	1,986	2,348	2,525	2,611	2,679
740	0,798	1,262	1,852	2,294	2,520	2,636	2,738
760	0,739	1,159	1,683	2,215	2,497	2,647	2,787
780	0,690	1,070	1,564	2,110	2,454	2,643	2,826
800	0,649	0,995	1,444	1,976	2,389	2,621	2,854
820	0,616	0,930	1,339	1,844	2,302	2,582	2,869
840	0,588	0,876	1,248	1,707	2,191	2,523	2,872
860	0,567	0,831	1,169	1,587	2,053	2,443	2,860
880	0,550	0,794	1,100	1,480	1,927	2,341	2,832
900	0,537	0,764	1,042	1,387	1,795	2,216	2,789
920	0,527	0,739	0,993	1,305	1,677	2,095	2,728
940	0,520	0,720	0,951	1,234	1,574	1,969	2,649
960	0,515	0,705	0,916	1,173	1,483	1,853	2,550
980	0,512	0,693	0,887	1,121	1,404	1,746	2,431
1000	0,509	0,684	0,863	1,077	1,335	1,648	2,289
1020	0,508	0,676	0,843	1,040	1,276	1,558	2,187
1040	0,506	0,670	0,827	1,008	1,226	1,478	2,075
1060	0,505	0,665	0,813	0,982	1,183	1,405	1,967
1080	0,503	0,660	0,801	0,960	1,147	1,341	1,865
1100	0,500	0,656	0,791	0,943	1,116	1,284	1,768
1120	0,497	0,650	0,781	0,928	1,091	1,235	1,678
1140	0,493	0,644	0,773	0,916	1,070	1,193	1,595
1160	0,488	0,638	0,764	0,906	1,053	1,158	1,519
1180	0,482	0,630	0,755	0,897	1,038	1,129	1,452
1200	0,475	0,621	0,746	0,889	1,026	1,105	1,392

Окончание таблицы 8

Высота, км	K_3^* при фиксированном уровне солнечной активности						
	75	100	125	150	175	200	250
1220	0,466	0,610	0,737	0,882	1,016	1,087	1,339
1240	0,458	0,599	0,726	0,876	1,007	1,073	1,295
1260	0,448	0,587	0,715	0,869	0,999	1,063	1,258
1280	0,438	0,573	0,703	0,862	0,991	1,056	1,227
1300	0,428	0,559	0,690	0,854	0,983	1,051	1,204
1320	0,419	0,545	0,677	0,846	0,975	1,049	1,185
1340	0,409	0,531	0,663	0,837	0,966	1,047	1,172
1360	0,401	0,517	0,649	0,828	0,957	1,046	1,162
1380	0,395	0,504	0,635	0,817	0,946	1,044	1,155
1400	0,390	0,492	0,621	0,806	0,934	1,040	1,150
1420	0,388	0,483	0,608	0,795	0,921	1,034	1,144
1440	0,389	0,476	0,596	0,783	0,906	1,025	1,137
1460	0,395	0,473	0,586	0,771	0,890	1,011	1,126
1480	0,405	0,474	0,578	0,758	0,873	0,992	1,111
1500	0,420	0,480	0,574	0,747	0,855	0,966	1,088

Таблица 9 — Значение величины K_4^*

Высота, км	K_4^* при фиксированном уровне солнечной активности						
	75	100	125	150	175	200	250
120	0,000	—0,000	0,016	0,006	0,017	0,025	0,066
140	0,142	0,147	0,155	0,167	0,181	0,193	0,218
160	0,293	0,303	0,304	0,331	0,347	0,361	0,374
180	0,455	0,466	0,463	0,498	0,513	0,528	0,532
200	0,626	0,637	0,631	0,667	0,681	0,696	0,693
220	0,807	0,815	0,807	0,840	0,851	0,864	0,855
240	0,998	1,001	0,989	1,015	1,023	1,032	1,019
260	1,197	1,193	1,178	1,193	1,197	1,202	1,185
280	1,403	1,391	1,372	1,374	1,372	1,372	1,350
300	1,615	1,593	1,569	1,558	1,549	1,542	1,517
320	1,831	1,799	1,769	1,743	1,727	1,714	1,683
340	2,047	2,006	1,970	1,930	1,906	1,885	1,849
360	2,262	2,214	2,172	2,118	2,085	2,057	2,013
380	2,473	2,420	2,372	2,306	2,264	2,229	2,177
400	2,675	2,622	2,569	2,493	2,443	2,401	2,339
420	2,865	2,818	2,762	2,679	2,621	2,571	2,500
440	3,039	3,005	2,949	2,862	2,797	2,741	2,658
460	3,193	3,182	3,129	3,041	2,970	2,908	2,814
480	3,321	3,344	3,299	3,216	3,140	3,073	2,966

Продолжение таблицы 9

Высота, км	K'_4 при фиксированном уровне солнечной активности						
	75	100	125	150	175	200	250
500	3,417	3,490	3,458	3,383	3,305	3,235	3,116
520	3,478	3,615	3,604	3,543	3,465	3,393	3,262
540	3,495	3,717	3,736	3,694	3,618	3,546	3,404
560	3,464	3,792	3,850	3,833	3,763	3,693	3,542
580	3,377	3,835	3,946	3,960	3,900	3,834	3,676
600	3,227	3,844	4,021	4,071	4,026	3,968	3,805
620	2,980	3,813	4,072	4,166	4,141	4,093	3,929
640	2,761	3,738	4,098	4,242	4,243	4,208	4,048
660	2,569	3,615	4,097	4,296	4,330	4,312	4,161
680	2,402	3,439	4,065	4,328	4,401	4,404	4,268
700	2,256	3,205	4,001	4,333	4,454	4,482	4,369
720	2,131	3,014	3,901	4,310	4,487	4,546	4,464
740	2,025	2,835	3,764	4,255	4,499	4,593	4,552
760	1,935	2,679	3,587	4,167	4,488	4,622	4,633
780	1,860	2,545	3,367	4,043	4,451	4,631	4,745
800	1,798	2,431	3,187	3,878	4,387	4,620	4,809
820	1,748	2,335	3,022	3,730	4,263	4,585	4,840
840	1,709	2,255	2,880	3,548	4,103	4,526	4,842
860	1,678	2,189	2,760	3,388	3,951	4,440	4,819
880	1,655	2,135	2,659	3,246	3,808	4,326	4,774
900	1,638	2,092	2,575	3,123	3,673	4,181	4,712
920	1,626	2,059	2,506	3,015	3,548	4,058	4,634
940	1,618	2,033	2,450	2,923	3,432	3,907	4,544
960	1,614	2,015	2,406	2,844	3,324	3,768	4,444
980	1,612	2,001	2,371	2,777	3,226	3,641	4,339
1000	1,612	1,993	2,345	2,721	3,137	3,525	4,228
1020	1,612	1,987	2,326	2,675	3,057	3,420	4,116
1040	1,612	1,984	2,313	2,637	2,986	3,327	4,004
1060	1,613	1,983	2,304	2,607	2,924	3,243	3,893
1080	1,612	1,982	2,299	2,583	2,870	3,170	3,786
1100	1,610	1,982	2,296	2,564	2,824	3,106	3,683
1120	1,607	1,981	2,294	2,550	2,785	3,052	3,587
1140	1,603	1,980	2,294	2,540	2,754	3,005	3,497
1160	1,596	1,977	2,294	2,533	2,730	2,967	3,415
1180	1,588	1,974	2,293	2,528	2,712	2,936	3,341
1200	1,578	1,968	2,292	2,525	2,699	2,911	3,276
1220	1,566	1,961	2,290	2,524	2,692	2,893	3,219
1240	1,553	1,953	2,286	2,522	2,689	2,879	3,172
1260	1,540	1,943	2,281	2,521	2,690	2,870	3,133
1280	1,525	1,931	2,275	2,520	2,693	2,865	3,103

Окончание таблицы 9

Высота, км	K_4^- при фиксированном уровне солнечной активности						
	75	100	125	150	175	200	250
1300	1,510	1,919	2,267	2,519	2,698	2,862	3,080
1320	1,496	1,906	2,259	2,516	2,704	2,862	3,064
1340	1,483	1,893	2,249	2,513	2,710	2,862	3,053
1360	1,472	1,880	2,240	2,509	2,716	2,863	3,048
1380	1,463	1,869	2,231	2,504	2,719	2,863	3,045
1400	1,458	1,859	2,223	2,498	2,719	2,861	3,045
1420	1,458	1,853	2,216	2,490	2,714	2,856	3,044
1440	1,463	1,850	2,212	2,483	2,704	2,848	3,041
1460	1,475	1,852	2,212	2,474	2,687	2,834	3,033
1480	1,495	1,860	2,216	2,465	2,662	2,814	3,019
1500	1,524	1,875	2,227	2,457	2,627	2,787	2,996

Таблица 10 — Значение величины K_4^- для среднесуточных значений индекса K_p

Индекс K_p	K_4^- при фиксированном уровне солнечной активности						
	75	100	125	150	175	200	250
0	—0,207	—0,170	—0,147	—0,132	—0,121	—0,114	—0,104
0,333	—0,175	—0,144	—0,125	—0,112	—0,103	—0,097	—0,089
0,667	—0,146	—0,120	—0,104	—0,093	—0,086	—0,081	—0,074
1	—0,119	—0,098	—0,085	—0,076	—0,070	—0,066	—0,061
1,333	—0,094	—0,077	—0,067	—0,060	—0,055	—0,052	—0,048
1,667	—0,069	—0,057	—0,049	—0,044	—0,041	—0,038	—0,035
2	—0,046	—0,038	—0,033	—0,029	—0,027	—0,025	—0,023
2,333	—0,023	—0,019	—0,016	—0,015	—0,013	—0,013	—0,012
2,667	—0,000	—0,000	—0,000	—0,000	0,000	0,000	—0,000
3	0,023	0,019	0,016	0,015	0,013	0,013	0,012
3,333	0,047	0,038	0,033	0,029	0,027	0,025	0,023
3,667	0,072	0,058	0,050	0,045	0,041	0,039	0,035
4	0,098	0,079	0,068	0,061	0,056	0,052	0,048
4,333	0,125	0,102	0,087	0,078	0,071	0,067	0,061
4,667	0,155	0,126	0,108	0,096	0,088	0,082	0,075
5	0,187	0,151	0,129	0,115	0,106	0,099	0,090
5,333	0,222	0,179	0,153	0,136	0,125	0,116	0,106
5,667	0,260	0,209	0,179	0,159	0,145	0,136	0,124
6	0,302	0,242	0,206	0,183	0,168	0,156	0,143
6,333	0,347	0,278	0,236	0,210	0,192	0,179	0,163
6,667	0,397	0,317	0,269	0,239	0,218	0,203	0,185
7	0,451	0,360	0,305	0,271	0,247	0,230	0,209

Таблица 11 — Значение величины K_4^{ν} для 3-часовых значений индекса K_p

Индекс K_p	K_4^{ν} при фиксированном уровне солнечной активности						
	75	100	125	150	175	200	250
0	—0,206	—0,169	—0,146	—0,131	—0,121	—0,113	—0,104
0,333	—0,176	—0,144	—0,125	—0,112	—0,103	—0,097	—0,089
0,667	—0,147	—0,120	—0,104	—0,093	—0,086	—0,081	—0,074
1	—0,120	—0,098	—0,085	—0,076	—0,070	—0,066	—0,060
1,333	—0,094	—0,077	—0,066	—0,060	—0,055	—0,051	—0,047
1,667	—0,069	—0,057	—0,049	—0,044	—0,040	—0,038	—0,035
2	—0,045	—0,037	—0,032	—0,029	—0,026	—0,025	—0,023
2,333	—0,022	—0,018	—0,016	—0,014	—0,013	—0,012	—0,011
2,667	0,000	0,000	—0,000	0,000	0,000	—0,000	—0,000
3	0,022	0,018	0,015	0,014	0,013	0,012	0,011
3,333	0,044	0,036	0,031	0,027	0,025	0,024	0,022
3,667	0,066	0,053	0,046	0,041	0,038	0,035	0,032
4	0,088	0,071	0,061	0,055	0,050	0,047	0,043
4,333	0,110	0,089	0,076	0,068	0,063	0,058	0,054
4,667	0,133	0,108	0,092	0,082	0,075	0,070	0,065
5	0,157	0,127	0,108	0,097	0,088	0,083	0,076
5,333	0,182	0,146	0,125	0,111	0,102	0,095	0,087
5,667	0,208	0,167	0,142	0,127	0,116	0,108	0,099
6	0,235	0,188	0,161	0,143	0,131	0,122	0,111
6,333	0,264	0,211	0,180	0,160	0,146	0,136	0,124
6,667	0,295	0,235	0,200	0,178	0,162	0,151	0,137
7	0,327	0,261	0,221	0,197	0,179	0,167	0,152

5.9 Рекомендации по использованию модели плотности верхней атмосферы для баллистического обеспечения полетов ИСЗ приведены в приложении А.

5.10. Методика расчета коэффициента аэродинамического сопротивления ИСЗ приведена в приложении Б.

Приложение А
(рекомендуемое)

Использование модели плотности верхней атмосферы для баллистического обеспечения полетов ИСЗ

А.1 При баллистическом обеспечении полетов ИСЗ рекомендуется плотность для высот более 120 км рассчитывать по формуле (1) настоящего стандарта с учетом текущих индексов $F_{10,7}$, K_p/k_p и времени запаздывания изменения плотности атмосферы по отношению к временам соответствующих изменений солнечной активности и геомагнитной возмущенности $\Delta\tau$.

Данные о среднесуточных индексах солнечной активности $F_{10,7}$, среднесуточных (K_p/A_p) и 3-часовых (k_p/a_p) индексах геомагнитной возмущенности пользователи могут получать от Гелиогеофизической службы Росгидромета и публикаций. Публикуемые данные о потоке радиоизлучения Солнца на волне 10,7 см с 1947 г. и до 31 мая 1991 г. измерены Национальным исследовательским Советом Канады (Оттава). С 1 июня 1991 г. эти данные измеряются Радиоотделом астрофизической обсерватории (Penticon, Британская Колумбия). Точные определения потока проведены в местный полдень (около 17.00 UT для Оттавы и 20.00 UT для Penticon). Планетарные индексы геомагнитной возмущенности определяют по данным измерений 13 среднеширотных обсерваторий. Индексы характеризуют магнитную возмущенность в восьми 3-часовых интервалах (от 0—3.00 до 21.00—24.00 UT) и за сутки в целом (как среднеарифметическое 3-часовых индексов).

А.2 Рекомендуется следующий порядок определения индексов солнечной активности и геомагнитной возмущенности для расчета плотности атмосферы:

- при использовании 3-часовых индексов геомагнитной возмущенности рассчитывают модифицированные индексы k_{pp};
- рассчитывают время, на которое необходимо определить индекс, как разность времени, на которое рассчитывают плотность, и времени запаздывания для данного индекса;
- на полученное время методом линейной интерполяции рассчитывают требуемое значение индекса, учитывая, что индекс $F_{10,7}$ относится к 20.00 UT (к 17.00 UT до 31.05.91 г.), а индексы K_p/k_p (суточный и 3-часовой) к середине суток (12.00 UT) и середине 3-часового интервала соответственно.

При отсутствии текущих данных об индексах солнечной активности и геомагнитной возмущенности плотность атмосферы рекомендуют рассчитывать с использованием прогнозируемых значений этих индексов (по РД 50 25645.120) или осредненных данных за предшествующий период.

А.3 При наличии среднесуточных или 3-часовых значений индекса A_p/a_p значения индекса K_p/k_p, используемого в модели плотности атмосферы, находят по таблице А.1. Для нахождения промежуточных значений используют линейную интерполяцию.

Таблица А.1 — Перевод индекса A_p в индекс K_p

K_p	A_p	K_p	A_p	K_p	A_p	K_p	A_p
0,0000	0	2,3333	9	4,6667	39	7,0000	132
0,3333	2	2,6667	12	5,0000	48	7,3333	154
0,6667	3	3,0000	15	5,3333	56	7,6667	179
1,0000	4	3,3333	18	5,6667	67	8,0000	207
1,3333	5	3,6667	22	6,0000	80	8,3333	236
1,6667	6	4,0000	27	6,3333	94	8,6667	300
2,0000	7	4,3333	32	6,6667	111	9,0000	400

При отсутствии данных об индексе K_p допускается использовать индекс, осредненный по нескольким станциям, находящимся на территории Российской Федерации; ошибка определения K_p при этом не должна превышать одного шага квантования (±0,3333).

А.4 Для высот менее 120 км пространственно-временные вариации плотности не учитывают. Плотность атмосферы ρ рассчитывают по формуле

$$\rho = a_{0\,i} \exp\left(k_{1\,i}(h - h_i) + k_{2\,i}(h - h_i)^2\right),$$

где $a_{0\,i}$, $k_{1\,i}$, $k_{2\,i}$, h_i — коэффициенты, приведенные в таблице А.2,

i — номер слоя.

В таблице А.2 коэффициенты $a_{0\,i}$, $k_{1\,i}$, $k_{2\,i}$ для высот от 0 до 60 км являются результатами аппроксимации плотности по ГОСТ 4401. Для высот от 60 до 120 км коэффициенты $a_{0\,i}$, $k_{1\,i}$, $k_{2\,i}$ получены в результате уточнения значений плотности по данным торможения ИСЗ и согласования значения плотности для высоты 60 км с данными ГОСТ 4401.

Таблица А.2 — Коэффициенты для расчета плотности для высот $h \le 120$ км

i	h_i, км	$a_{0\,i}$, кг/м^3	$k_{1\,i}$, 1/км	$k_{2\,i}$, 1/км^2
1	$0 \le h < 20$	1,228	—9,0764e—2	—2,0452e—3
2	$20 \le h < 60$	9,013e—2	—0,16739	6,2669e—4
3	$60 \le h < 100$	3,104e—4	—0,137	—7,8653e—4
4	$100 \le h < 120$	3,66e—7	—0,18553	1,5397e—3

При расчете ускорения, вызываемого сопротивлением атмосферы, рекомендуется использовать конструктивный баллистический коэффициент, определяемый из соотношения

$$S = C_x F_M / 2\, m\,.$$

Для согласования плотности атмосферы, рассчитанной в соответствии с настоящим стандартом, и фактической плотности баллистический коэффициент ИСЗ может уточняться по результатам наблюдений за движением ИСЗ.

Приложение Б
(справочное)

Методика расчета коэффициента аэродинамического сопротивления ИСЗ

Б.1 При определении коэффициента аэродинамического сопротивления (C_x) ИСЗ приняты следующие основные исходные предположения:

режим обтекания поверхности ИСЗ разреженным газом — свободномолекулярный;

набегающий поток газа, имеющий переносную скорость $\vec{v} = \vec{u} + [\vec{\omega}_3 \times \vec{r}\,]$, состоит из молекул с температурой T, скорости которых распределены по закону Максвелла;

молекулы набегающего потока газа испытывают однократные соударения с поверхностью ИСЗ;

характер отражения молекул от поверхности ИСЗ — полностью диффузный (коэффициенты аккомодации нормального и касательного импульсов равны единице), после отражения молекулы имеют скорости, распределенные по закону Максвелла с температурой поверхности T_w;

затенение одних элементов ИСЗ другими учитывают по аналогии с геометрической оптикой.

Б.2 При принятых исходных предположениях проекции на орты $\vec{n}$ и $\vec{\tau}$ вектора аэродинамической силы P_n и P_τ, отнесенные к скоростному напору $\rho\, v^2/2$ и действующие на элементарную площадку dF_k, соответственно, равны:

$$P_n = \cos\frac{\chi(z)}{M_\infty\sqrt{\gamma\,\pi/2}} + \frac{1 + erf(z)}{\gamma\, M_\infty^2} + \sqrt{\frac{T_w}{T}}\cdot\frac{\chi(z)}{\gamma\, M_\infty^2}\,,$$

$$P_\tau = \sin\frac{\chi(z)}{M_\infty\sqrt{\gamma\,\pi/2}}\,,$$

где $\chi(z) = \exp(-z^2) + \sqrt{\pi}\cdot z\,(1 + erf(z))$,

$$z = \sqrt{\gamma/2}\cdot M_\infty \cos\Theta\,,$$

$$erf(z) = 2/\pi\int_0^z \exp(-x^2)\,dx\,.$$

Б.3 Для определения коэффициента аэродинамического сопротивления $C_x(\alpha)$ ИСЗ, движущегося под углом атаки α, наружную поверхность его условно разбивают на K элементов простой геометрической формы (например, пластина, цилиндрическая, коническая, сферическая поверхности и др.). Для каждого k-го элемента ($k = 1, 2, ..., K$) вычисляют силу аэродинамического сопротивления интегрированием по обтекаемой поверхности dF_k выражения проекции на ось x_a силы, действующей на элементарную площадку dF_k. Результаты вычислений, полученных для K элементов, суммируют и относят к характерной площади F_m = const и аэродинамическому скоростному напору $\rho v^2/2$:

$$C_x(\alpha) = \sum_{k=1}^{K} \int_{F_k} (P_n \cos\Theta + P_\tau \sin\Theta)\, dF_k / F_m .$$

Б.4 Погрешность при определении коэффициентов аэродинамического сопротивления ИСЗ по приведенной методике в общем случае составляет не более 30 %. Для ИСЗ, близких по форме к сферической, погрешность в определении коэффициентов аэродинамического сопротивления оценивают менее 7 %.

УДК 551.510.01:006.354 ОКС 49.020 Т27 ОКСТУ 0080

Ключевые слова: околоземное космическое пространство, искусственный спутник Земли, верхняя атмосфера, плотность атмосферы, пространственно-временные вариации плотности атмосферы, солнечная активность, уровень солнечной активности, геомагнитная возмущенность, индексы солнечной активности и геомагнитной возмущенности, коэффициент аэродинамического сопротивления

Редактор *Р.С. Федорова*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *В.И. Варенцова*
Компьютерная верстка *Е.Н. Мартемьяновой*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 22.03.2004. Подписано в печать 20.04.2004. Усл. печ. л. 3,26.
Уч.-изд. л. 2,90. Тираж 152 экз. С 1979. Зак. 444.

ИПК Издательство стандартов, 107076 Москва, Колодезный пер., 14.
http://www.standards.ru e-mail: info@standards.ru
Набрано в Издательстве на ПЭВМ
Отпечатано в филиале ИПК Издательство стандартов — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.
Плр № 080102