

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Аппаратура радионавигационная глобальной
навигационной спутниковой системы и глобальной
системы позиционирования**

СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

**Методы преобразований координат
определяемых точек**

Издание официальное

БЗ 3—2001/37

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН 29-м Научно-исследовательским институтом Министерства обороны Российской Федерации

ВНЕСЕН Техническим комитетом № 363 «Радионавигация»

2 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Госстандарта России от 9 августа 2001 г. № 327-ст

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© ИПК Издательство стандартов, 2001

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 Определения и сокращения.	1
3 Системы координат.	2
4 Методы преобразований координат определяемых точек.	3
Приложение А Элементы трансформирования между системой координат ПЗ и националь- ными референчными системами России	9
Приложение Б Элементы трансформирования между системой координат ПЗ и системой координат МГС	10

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Аппаратура радионавигационная глобальной навигационной спутниковой системы
и глобальной системы позиционирования**

СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

Методы преобразований координат определяемых точек

Radionavigational equipment of global navigation satellite system and global position system.
Coordinate systems. Methods of transformations for determinated points coordinates

Дата введения 2002—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает: системы координат, входящие в состав систем геодезических параметров «Параметры Земли», «Мировая геодезическая система» и координатной основы Российской Федерации; методы преобразований координат и их приращений из одной системы в другую, а также порядок использования численных значений элементов трансформирования систем координат при выполнении геодезических, навигационных, картографических работ с использованием аппаратуры потребителей радионавигационных систем ГЛОНАСС и ГСП.

2 Определения и сокращения

2.1 В настоящем стандарте применяют следующие термины с соответствующими определениями:

2.1.1 **большая полуось эллипсоида:** Параметр, характеризующий размер эллипсоида.

2.1.2 **сжатие эллипсоида:** Параметр, характеризующий фигуру эллипсоида.

2.1.3 **элементы трансформирования систем координат:** Параметры, с помощью которых выполняется преобразование координат из одной системы в другую.

2.2 В настоящем стандарте применяют следующие сокращения:

ПЗ — система геодезических параметров «Параметры Земли»;

МГС — система геодезических параметров «Мировая геодезическая система»;

КНС — космическая навигационная система;

ГЛОНАСС — глобальная навигационная спутниковая система;

ГСП — глобальная система позиционирования;

ГГС — государственная геодезическая сеть;

ОЗЭ — общеземной эллипсоид;

ГПЗ — гравитационное поле Земли;

X, Y, Z — оси пространственной прямоугольной системы координат;

$a_{ПЗ}$ — большая полуось общеземного эллипсоида в системе ПЗ;

$a_{МГС}$ — большая полуось общеземного эллипсоида в системе МГС;

$a_{\text{кр}}$ — большая полуось эллипсоида Красовского;
 $\alpha_{\text{ПЗ}}$ — сжатие общеземного эллипсоида в системе ПЗ;
 $\alpha_{\text{МГС}}$ — сжатие общеземного эллипсоида в системе МГС;
 $\alpha_{\text{кр}}$ — сжатие эллипсоида Красовского.

3 Системы координат

3.1 Система геодезических параметров «Параметры Земли»

Система ПЗ включает в себя: фундаментальные геодезические постоянные, параметры ОЗЭ, систему координат ПЗ, закрепляемую координатами пунктов космической геодезической сети, характеристики модели ГПЗ и элементы трансформирования между системой координат ПЗ и национальными референчными системами России, приведенные в приложении А.

Теоретическое определение системы координат ПЗ основывается на следующих положениях:

- а) начало системы координат расположено в центре масс Земли;
- б) ось Z направлена в Международное условное начало;
- в) ось X лежит в плоскости начального астрономического меридиана, установленного Международным бюро времени;
- г) ось Y дополняет систему до правой.

Положения точек в системе ПЗ могут быть получены в виде пространственных прямоугольных или геодезических координат.

Геодезические координаты относятся к ОЗЭ, размеры которого определяются значениями большой полуоси $a_{\text{ПЗ}} = 6378136$ м и сжатия $\alpha_{\text{ПЗ}} = 1/298,25784$.

Центр ОЗЭ совпадает с началом системы координат ПЗ, ось вращения эллипсоида — с осью Z , а плоскость начального меридиана — с плоскостью XOZ .

3.2 Система геодезических параметров «Мировая Геодезическая Система»

Система параметров МГС включает в себя: фундаментальные геодезические постоянные, систему координат МГС, закрепляемую координатами пунктов космической геодезической сети, параметры ОЗЭ, характеристики модели ГПЗ, элементы трансформирования между геоцентрической системой координат МГС и различными национальными системами координат.

Численные значения элементов трансформирования между системой координат ПЗ и системой координат МГС, а также порядок использования элементов трансформирования приведены в приложении Б.

Теоретическое определение системы координат МГС основывается на положениях, аналогичных определению системы координат ПЗ, приведенных в 3.1.

Положения точек в системе МГС могут быть получены в виде пространственных прямоугольных или геодезических координат.

Геодезические координаты относятся к ОЗЭ, размеры которого определяются значениями большой полуоси $a_{\text{МГС}} = 6378137$ м и сжатия $\alpha_{\text{МГС}} = 1/298,257223563$.

Центр эллипсоида совпадает с началом системы координат МГС, ось вращения эллипсоида совпадает с осью Z , а плоскость начального меридиана — с плоскостью XOZ .

3.3 Координатная основа Российской Федерации

Координатная основа Российской Федерации представлена референчной системой координат, реализованной в виде ГГС, закрепляющей систему координат на территории страны, и государственной нивелирной сети, распространяющей на всю территорию страны систему нормальных высот (Балтийская система), исходным началом которой является нуль Кронштадтского футштока.

Положения определяемых точек относительно координатной основы могут быть получены в виде пространственных прямоугольных или геодезических координат либо в виде плоских прямоугольных координат и высот.

За отсчетную поверхность в референчной системе координат РФ принят эллипсоид Красовского с большой полуосью $a_{\text{кр}} = 6378245$ м и сжатием $\alpha_{\text{кр}} = 1/298,3$.

Центр эллипсоида Красовского совпадает с началом референчной системы координат, ось вращения эллипсоида параллельна оси вращения Земли, а плоскость нулевого меридиана определяет положение начала счета долгот.

4 Методы преобразований координат определяемых точек

4.1 Преобразование прямоугольных пространственных координат в геодезические и обратно

Преобразование прямоугольных пространственных координат в геодезические осуществляют по формулам:

$$\left. \begin{aligned} X &= (N + H) \cos B \cos L \\ Y &= (N + H) \cos B \sin L \\ Z &= [(1 - e^2)N + H] \sin B \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где X, Y, Z — прямоугольные координаты точки;

B, L, H — геодезические координаты точки (соответственно широта и долгота, рад, и высота, м);

N — радиус кривизны первого вертикала, м;

e — эксцентриситет эллипсоида.

Значения радиуса кривизны первого вертикала и квадрата эксцентриситета эллипсоида вычисляют соответственно по формулам:

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}}, \quad (2)$$

$$e^2 = 2\alpha - \alpha^2, \quad (3)$$

где a — большая полуось эллипсоида, м;

α — сжатие эллипсоида.

Для преобразования пространственных прямоугольных координат в геодезические необходимо проведение итераций при вычислении геодезической широты и геодезической высоты.

Для этого используют следующий алгоритм:

1) вычисляют вспомогательную величину D по формуле

$$D = \sqrt{X^2 + Y^2}; \quad (4)$$

2) анализируют значение D следующим образом:

а) если $D = 0$, то

$$B = \frac{\pi}{2} \frac{Z}{|Z|}, \quad (5)$$

$$L = 0,$$

$$H = Z \sin B - a \sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}; \quad (6)$$

б) если $D > 0$, то

$$L_a = \arcsin \left(\frac{Y}{D} \right); \quad (7)$$

при этом

$$\left. \begin{aligned} \text{если } Y < 0, X > 0, \text{ то } L &= 2\pi - L_a \\ \text{если } Y < 0, X < 0, \text{ то } L &= 2\pi + L_a \\ \text{если } Y > 0, X < 0, \text{ то } L &= \pi - L_a \\ \text{если } Y > 0, X > 0, \text{ то } L &= L_a \end{aligned} \right\}; \quad (8)$$

3) анализируют значение Z :

а) если $Z = 0$, то

$$B = 0; \quad H = D - a; \quad (9)$$

- б) во всех других случаях вычисления выполняют следующим образом:
 - находят вспомогательные величины r , c , p по формулам:

$$r = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}, \quad (10)$$

$$c = \arcsin \left(\frac{Z}{r} \right), \quad (11)$$

$$p = \frac{e^2 a}{2 r}, \quad (12)$$

- реализуют итеративный процесс:

$$s_1 = 0, \quad (13)$$

$$b = c + s_1, \quad (14)$$

$$s_2 = \arcsin \left(\frac{p \sin (2 b)}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 b}} \right), \quad (15)$$

$$d = |s_2 - s_1|; \quad (16)$$

если модуль разности d , определяемый по формуле (16), меньше установленного значения, то

$$B = b, \quad (17)$$

$$H = D \cos B + Z \sin B - a \sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}. \quad (18)$$

Если модуль разности d равен или больше установленного значения, то

$$s_1 = s_2 \quad (19)$$

и вычисления повторяют, начиная с формулы (14).

При преобразованиях координат в качестве допуска прекращения итеративного процесса принимают значение 0,0001". В этом случае погрешность вычисления геодезической высоты не превышает 0,003 м.

4.2 Преобразование координат

Пользователям КНС ГЛОНАСС и ГСП необходимо выполнять преобразования координат из ПЗ в систему МГС и обратно, а также из ПЗ и МГС в референционную систему координат Российской Федерации. Указанные преобразования координат выполняют, используя семь элементов трансформирования, точность которых определяет точность преобразований.

Элементы трансформирования между системами координат ПЗ и МГС приведены в приложении Б.

Преобразование координат из системы МГС в координаты референционной системы Российской Федерации осуществляют последовательным преобразованием координат сначала в систему ПЗ, а затем — в координаты референционной системы.

Преобразование пространственных прямоугольных координат выполняют по формуле

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_b = (1 + m) \begin{pmatrix} 1 & +\omega_z & -\omega_y \\ -\omega_z & \cdot 1 & +\omega_x \\ +\omega_y & -\omega_x & \cdot 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_a + \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix}, \quad (20)$$

где Δx , Δy , Δz — линейные элементы трансформирования, м;

ω_x , ω_y , ω_z — угловые элементы трансформирования, рад;

m — дифференциальное различие масштабов систем координат;

a , b — системы координат.

Обратное преобразование прямоугольных координат выполняют по формуле

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_a = (1 - m) \begin{pmatrix} 1 & -\omega_z & +\omega_y \\ +\omega_z & 1 & -\omega_x \\ -\omega_y & +\omega_x & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_b - \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix}. \quad (21)$$

Прямое и обратное перевычисление геодезических координат выполняют по формулам:

$$\left. \begin{aligned} B_{\bar{b}} &= B_a + \Delta B \\ L_{\bar{b}} &= L_a + \Delta L \\ H_{\bar{b}} &= H_a + \Delta H \end{aligned} \right\}, \quad (22)$$

где B, L, H — геодезические широта и долгота, выраженные в единицах плоского угла, и высота, м; $\Delta B, \Delta L, \Delta H$ — поправки к геодезическим координатам точки;

$a, \bar{b}$ — системы координат.

Поправки к геодезическим координатам определяют по следующим формулам:

$$\left. \begin{aligned} \Delta B &= \frac{\rho}{(M + H)} \left[\frac{N}{a} e^2 \sin B \cos B \Delta a + \left(\frac{N^2}{a^2} + 1 \right) N \sin B \cos B \frac{\Delta e^2}{2} - \right. \\ &\quad - (\Delta x \cos L + \Delta y \sin L) \sin B + \Delta z \cos B \left. \right] - \\ &\quad - \omega_x \sin L (1 + e^2 \cos 2 B) + \omega_y \cos L (1 + e^2 \cos 2 B) - \rho m e^2 \sin B \cos B \\ \Delta L &= \frac{\rho}{(N + H) \cos B} (-\Delta x \sin L + \Delta y \cos L) + \operatorname{tg} B (1 - e^2) (\omega_x \cos L + \omega_y \sin L) - \omega_z \\ \Delta H &= -\frac{a}{N} \Delta a + N \sin^2 B \frac{\Delta e^2}{2} + (\Delta x \cos L + \Delta y \sin L) \cos B + \Delta z \sin B - \\ &\quad - N e^2 \sin B \cos B \left(\frac{\omega_x}{\rho} \sin L - \frac{\omega_y}{\rho} \cos L \right) + \left(\frac{a^2}{N} + H \right) m \end{aligned} \right\}, \quad (23)$$

где $\Delta B, \Delta L, \Delta H$ — поправки к геодезическим широте, долготе, . . . ”, и поправка к высоте, м;

B, L, H — геодезические широта, долгота, рад, и высота, м;

$\Delta x, \Delta y, \Delta z$ — линейные элементы трансформирования системы координат a относительно системы координат $\bar{b}$, м;

$\omega_x, \omega_y, \omega_z$ — угловые элементы трансформирования системы координат a относительно системы координат $\bar{b}$, . . . ”;

m — дифференциальное различие масштабов систем координат $\bar{b}$ и a ;

$a, \bar{b}$ — системы координат

$$\Delta a = a_{\bar{b}} - a_a;$$

$$\Delta e^2 = e_{\bar{b}}^2 - e_a^2;$$

$$a = \frac{a_{\bar{b}} + a_a}{2};$$

$$e^2 = \frac{e_{\bar{b}}^2 + e_a^2}{2};$$

$$M — \text{радиус кривизны меридианного сечения } (M = a(1 - e^2)(1 - e^2 \sin^2 B)^{-\frac{3}{2}});$$

$$N — \text{радиус кривизны первого вертикала } (N = a(1 - e^2 \sin^2 B)^{-\frac{1}{2}});$$

$a_{\bar{b}}, a_a$ — большие полуоси эллипсоидов в системах координат $\bar{b}$ и a соответственно;

$e_{\bar{b}}^2, e_a^2$ — квадраты эксцентриситетов эллипсоидов в системах координат $\bar{b}$ и a соответственно;

ρ — число угловых секунд в 1 радиане ($\rho = 206\,264,806\,2''$).

При преобразовании из системы a в систему $\bar{b}$ используют значения геодезических координат в системе a , а при обратном переходе — в системе $\bar{b}$.

Формулы (23) обеспечивают вычисление поправок к геодезическим координатам с погрешнос-

тью, не превышающей 0,3 м (в линейной мере), а для достижения погрешности не более 0,001 м выполняют вторую итерацию, то есть учитывают значения поправок к геодезическим координатам по формулам (22) и повторно выполняют вычисления по формулам (23). При этом

$$\left. \begin{aligned} B &= \frac{B_a + (B_a + \Delta B)}{2} \\ L &= \frac{L_a + (L_a + \Delta L)}{2} \\ H &= \frac{H_a + (H_a + \Delta H)}{2} \end{aligned} \right\} . \quad (24)$$

4.3 Преобразование геодезических координат в плоские прямоугольные координаты и обратно

Для получения плоских прямоугольных координат в принятой на территории Российской Федерации проекции Гаусса — Крюгера используют геодезические координаты на эллипсоиде Красовского.

Преобразование геодезических координат из систем ПЗ и МГС в геодезические координаты на эллипсоиде Красовского осуществляют по формулам (22), (23). Плоские прямоугольные координаты с погрешностью не более 0,001 м вычисляют по формулам:

$$\begin{aligned} x = & 6367558,4968B - \sin 2B(16002,8900 + 66,9607 \sin^2 B + 0,3515 \sin^4 B - \\ & - l^2(1594561,25 + 5336,535 \sin^2 B + 26,790 \sin^4 B + 0,149 \sin^6 B + l^2(672483,4 - \\ & - 811219,9 \sin^2 B + 5420,0 \sin^4 B - 10,6 \sin^6 B + l^2(278194 - 830174 \sin^2 B + \\ & + 572434 \sin^4 B - 16010 \sin^6 B + l^2(109500 - 574700 \sin^2 B + 863700 \sin^4 B - \\ & - 398600 \sin^6 B))))); \end{aligned} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} y = & (5 + 10n)10^5 + l \cos B(6378245 + 21346,1415 \sin^2 B + 107,1590 \sin^4 B + \\ & + 0,5977 \sin^6 B + l^2(1070204,16 - 2136826,66 \sin^2 B + 17,98 \sin^4 B - 11,99 \sin^6 B + \\ & + l^2(270806 - 1523417 \sin^2 B + 1327645 \sin^4 B - 21701 \sin^6 B + l^2(79690 - 866190 \sin^2 B + \\ & + 1730360 \sin^4 B - 945460 \sin^6 B))))), \end{aligned} \quad (26)$$

где x , y — плоские прямоугольные координаты определяемой точки в проекции Гаусса — Крюгера, м;

B — геодезическая широта определяемой точки, рад;

l — расстояние от определяемой точки до осевого меридиана зоны, рад, вычисляемое по формуле

$$l = \{L - [3 + 6(n - 1)]\}/57,29577951; \quad (27)$$

L — геодезическая долгота определяемой точки, . . . °;

n — номер шестиградусной зоны в проекции Гаусса — Крюгера, вычисляемый по формуле

$$n = E[(6 + L)/6], \quad (28)$$

$E[. . .]$ — целая часть выражения, заключенного в квадратные скобки.

Преобразование прямоугольных координат проекции Гаусса — Крюгера на эллипсоиде Красовского в геодезические координаты осуществляют по формулам:

$$B = B_0 + \Delta B; \quad (29)$$

$$L = 6(n - 0,5)/57,29577951 + l, \quad (30)$$

где B, L — геодезические широта и долгота определяемой точки, рад;

B_0 — геодезическая широта точки, абсцисса которой равна абсциссе x определяемой точки, а ордината равна нулю, рад;

n — целая часть числа, вычисляемого по формуле

$$n = E[y \cdot 10^{-6}], \quad (31)$$

$E[...]$ — целая часть выражения, стоящего в квадратных скобках;

y — ордината определяемой точки в проекции Гаусса — Крюгера, м;

β — вспомогательная величина, вычисляемая по формуле

$$\beta = x/6367558,4968; \quad (32)$$

x — абсцисса определяемой точки в проекции Гаусса — Крюгера, м;

z_0 — вспомогательная величина, вычисляемая по формуле

$$z_0 = (y - (10n + 5)10^5)/6378245 \cos B_0. \quad (33)$$

Далее вычисления геодезических координат определяемой точки выполняют по следующим формулам:

$$B_0 = \beta + \sin 2\beta (0,00252588685 - 0,00001491860 \sin^2 \beta + 0,00000011904 \sin^4 \beta); \quad (34)$$

$$\begin{aligned} \Delta B = & -z_0^2 \sin 2B_0 (0,251684631 - 0,003369263 \sin^2 B_0 + 0,000011276 \sin^4 B_0 - \\ & - z_0^2 (0,10500614 - 0,04559916 \sin^2 B_0 + 0,00228901 \sin^4 B_0 - 0,00002987 \sin^6 B_0 - \\ & - z_0^2 (0,042858 - 0,025318 \sin^2 B_0 + 0,014346 \sin^4 B_0 - 0,001264 \sin^6 B_0 - z_0^2 (0,01672 - \\ & - 0,00630 \sin^2 B_0 + 0,01188 \sin^4 B_0 - 0,00328 \sin^6 B_0))))); \end{aligned} \quad (35)$$

$$\begin{aligned} l = & z_0 (1 - 0,0033467108 \sin^2 B_0 - 0,0000056002 \sin^4 B_0 - 0,0000000187 \sin^6 B_0 - \\ & - z_0^2 (0,16778975 + 0,16273586 \sin^2 B_0 - 0,00052490 \sin^4 B_0 - 0,00000846 \sin^6 B_0 - \\ & - z_0^2 (0,0420025 + 0,1487407 \sin^2 B_0 + 0,0059420 \sin^4 B_0 - 0,0000150 \sin^6 B_0 - \\ & - z_0^2 (0,01225 + 0,09477 \sin^2 B_0 + 0,03282 \sin^4 B_0 - 0,00034 \sin^6 B_0 - z_0^2 (0,0038 + \\ & + 0,0524 \sin^2 B_0 + 0,0482 \sin^4 B_0 + 0,0032 \sin^6 B_0))))). \end{aligned} \quad (36)$$

4.4 Преобразование приращений координат из системы в систему

Преобразование приращений пространственных координат из системы координат а в систему б осуществляют по формуле

$$\begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix}_b = (1 + m) \begin{pmatrix} 1 & +\omega_z & -\omega_y \\ -\omega_z & \cdot 1 & +\omega_x \\ +\omega_y & -\omega_x & \cdot 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix}_a. \quad (37)$$

Обратное преобразование приращений пространственных координат из системы б в систему а выполняют по формуле

$$\begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix}_a = (1 - m) \begin{pmatrix} 1 & -\omega_z & +\omega_y \\ +\omega_z & \cdot 1 & -\omega_x \\ -\omega_y & +\omega_x & \cdot 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix}_b. \quad (38)$$

В формулах (37) и (38) угловые элементы трансформирования $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ выражены в радианах.

4.5 Связь между различными системами высот

Геодезическая и нормальная высоты связаны соотношением:

$$H = H^{\gamma} + \zeta, \quad (39)$$

где H — геодезическая высота определяемой точки, м;

H^{γ} — нормальная высота определяемой точки, м;

ζ — высота квазигеоида в определяемой точке, м.

Высоты квазигеоида над отсчетным эллипсоидом систем геодезических параметров ПЗ и МГС вычисляют по моделям ГПЗ, являющимся составной частью систем геодезических параметров.

Высоты квазигеоида над ОЗЭ и эллипсоидом Красовского связаны соотношением

$$\zeta_{\text{ОЗЭ}} = \zeta_{\text{кр}} + \Delta H, \quad (40)$$

где $\zeta_{\text{ОЗЭ}}$ — высота квазигеоида над ОЗЭ, м;

$\zeta_{\text{кр}}$ — высота квазигеоида над эллипсоидом Красовского, м;

ΔH — поправка к геодезической высоте, м, вычисляемая по формуле (23).

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

**Элементы трансформирования между системой координат ПЗ и национальными
референчными системами России**

Преобразование координат из референцной Системы координат
1942 года в систему ПЗ-90

$$\Delta x = (+25 \pm 2) \text{ м}; \quad \omega_x = 0,00'' \pm 0,1'';$$

$$\Delta y = (-141 \pm 2) \text{ м}; \quad \omega_y = -0,35'' \pm 0,1'';$$

$$\Delta z = (-80 \pm 3) \text{ м}; \quad \omega_z = -0,66'' \pm 0,1'';$$

$$m = (0,00 \pm 0,25) 10^{-6};$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{ПЗ-90}} = \begin{bmatrix} 1 & -3,3 \cdot 10^{-6} & +1,8 \cdot 10^{-6} \\ +3,3 \cdot 10^{-6} & 1 & 0 \\ -1,8 \cdot 10^{-6} & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{СК-42}} + \begin{bmatrix} 25 \\ -141 \\ -80 \end{bmatrix}.$$

Преобразование координат из системы координат ПЗ-90 в референцную
Систему координат 1942 года

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{СК-42}} = \begin{bmatrix} 1 & +3,3 \cdot 10^{-6} & -1,8 \cdot 10^{-6} \\ -3,3 \cdot 10^{-6} & 1 & 0 \\ +1,8 \cdot 10^{-6} & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{ПЗ-90}} - \begin{bmatrix} 25 \\ -141 \\ -80 \end{bmatrix}.$$

Преобразование координат из референцной Системы координат 1995 года в систему ПЗ-90

$$\Delta x = +25,90 \text{ м};$$

$$\Delta y = -130,94 \text{ м};$$

$$\Delta z = -81,76 \text{ м};$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{ПЗ-90}} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{СК-95}} + \begin{bmatrix} 25,90 \\ -130,94 \\ -81,76 \end{bmatrix}.$$

Преобразование координат из системы координат ПЗ-90 в референцную
Систему координат 1995 года

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{СК-95}} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{ПЗ-90}} - \begin{bmatrix} 25,90 \\ -130,94 \\ -81,76 \end{bmatrix}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Элементы трансформирования между системой координат ПЗ и системой координат МГС

Преобразование координат из системы координат ПЗ-90 в систему МГС-84

$$\Delta x = (-1,08 \pm 0,2) \text{ м}; \quad \omega_x = 0;$$

$$\Delta y = (-0,27 \pm 0,2) \text{ м}; \quad \omega_y = 0;$$

$$\Delta z = (-0,90 \pm 0,3) \text{ м}; \quad \omega_z = -0,16'' \pm 0,01'';$$

$$m = (-0,12 \pm 0,06) \cdot 10^{-6};$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{МГС-84}} = (1 - 0,12 \cdot 10^{-6}) \begin{bmatrix} 1 & -0,82 \cdot 10^{-6} & 0 \\ 0,82 \cdot 10^{-6} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{ПЗ-90}} + \begin{bmatrix} -1,1 \\ -0,3 \\ -0,9 \end{bmatrix}.$$

Преобразование координат из системы координат МГС-84 в систему ПЗ-90

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{ПЗ-90}} = (1 + 0,12 \cdot 10^{-6}) \begin{bmatrix} 1 & 0,82 \cdot 10^{-6} & 0 \\ -0,82 \cdot 10^{-6} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{МГС-84}} - \begin{bmatrix} -1,1 \\ -0,3 \\ -0,9 \end{bmatrix}.$$

УДК 629.783:[528.2+528.344+523.34.13]:006.354 ОКС 07.040 Э52 ОКСТУ 6811

Ключевые слова: аппаратура приемная глобальной навигационной спутниковой системы и глобальной системы позиционирования, системы координат, определение координат местоположения

Редактор *Т.А. Леонова*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *Т.И. Кононенко*
Компьютерная верстка *Е.Н. Мартемьяновой*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 14.08.2001. Подписано в печать 27.09.2001. Усл. печ. л. 1,86.
Уч.-изд. л. 1,00. Тираж 245 экз. С 2128. Зак. 914.

ИПК Издательство стандартов, 107076, Москва, Колодезный пер., 14.
<http://www.standards.ru> e-mail: info@standards.ru
Набрано в Издательстве на ПЭВМ
Филиал ИПК Издательство стандартов — тип. “Московский печатник”, 103062, Москва, Лялин пер., 6.
Плр № 080102