ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО УПРАВЛЕНИЮ
КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И СТАНДАРТАМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

СПУТНИКИ ЗЕМЛИ ИСКУССТВЕННЫЕ. ОСНОВНЫЕ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ ДЛЯ БАЛЛИСТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЗВЕЗДНОГО ВРЕМЕНИ

РД 50—25645.325—89

БЗ 5—89/334

Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
1990

gost.e-ecolog.ru

УДК 551.511.001.24:006.354 Группа Т27

РУКОВОДЯЩИЙ НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Спутники Земли искусственные. Основные системы координат для баллистического обеспечения полетов и методика расчета звездного времени

РД 50—25645.325—89

ОКСТУ 0003

Дата введения 01.07.90

Настоящие методические указания (МУ) устанавливают основные системы координат для баллистического обеспечения полетов искусственных спутников Земли (ИСЗ) и методику расчета звездного времени, используемого для преобразования координат из одной системы в другую.

Методические указания предназначены для использования в расчетах по определению орбит ИСЗ и приведения полученных результатов к одинаковым условиям.

Основные термины, используемые в настоящих методических указаниях, и пояснения к ним приведены в приложении 1.

В приложении 2 приведены матрицы перехода, обеспечивающие взаимосвязь основных систем координат.

В приложении 3 приведены описание и тексты программ расчета матриц перехода и звездного времени на языке ФОРТРАН для ЭВМ БЭСМ-6.

В приложении 4 приведены примеры расчета матриц прецессии, нутации и звездного времени.

1. ОСНОВНЫЕ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

1.1. В качестве основных систем координат в методических указаниях установлены следующие системы:

фундаментальная инерциальная система координат эпохи T_0;

инерциальная система координат эпохи t;

★

© Издательство стандартов, 1990

динамическая система координат эпохи t;

гринвичская система координат.

1.2. В качестве эпохи T_0 принята эпоха фундаментального звездного каталога FK5: 2000 г., январь 1, 12^h UT1 (январь 1,5). Эпохе T_0, обозначаемой J 2000.0, соответствует юлианская дата $JD(T_0) = 2451545.0$.

Эпоха t соответствует моменту времени, к которому отнесены преобразуемые значения координат.

1.3. Фундаментальная инерциальная система координат эпохи T_0 — прямоугольная система координат $Ox_0y_0z_0$, имеющая начало в центре масс O Земли.

Ось Ox_0 направлена в среднюю точку весеннего равноденствия эпохи T_0.

Ось Oz_0 направлена по нормали к плоскости среднего экватора эпохи T_0 к Северному полюсу мира.

Ось Oy_0 дополняет систему $Ox_0y_0z_0$ до правой.

1.4. Инерциальная система координат эпохи t — прямоугольная система координат $Ox_ty_tz_t$, имеющая начало в центре масс O Земли.

Ось Ox_t направлена в истинную точку весеннего равноденствия эпохи t.

Ось Oz_t направлена по мгновенной оси вращения Земли в эпоху t в сторону Северного полюса мира.

Ось Oy_t дополняет систему $Ox_ty_tz_t$ до правой.

1.5. Динамическая система координат эпохи t — прямоугольная система координат $Ox_\partial y_\partial z_\partial$, имеющая начало в центре масс O Земли.

Ось Ox_∂ лежит в плоскости истинного экватора эпохи t и направлена в точку $\hat{\Upsilon}$, которая отклонена от истинной точки весеннего равноденствия на часовой угол, равный сумме значений прецессии в прямом восхождении за интервал времени от эпохи T_0 до эпохи t и нутации в прямом восхождении в эпоху t.

Ось Oz_∂ направлена по мгновенной оси вращения Земли в эпоху t в сторону Северного полюса.

Ось Oy_∂ дополняет систему $Ox_\partial y_\partial z_\partial$ до правой.

1.6. Гринвичская система координат — прямоугольная система координат $OXYZ$, имеющая начало в центре масс O Земли, вращающаяся вместе с Землей.

Ось OZ направлена к Международному условному началу.

Ось OX лежит в плоскости среднего гринвичского меридиана и определяет положение нуль-пункта принятой системы счета долгот.

Ось OY дополняет систему $OXYZ$ до правой.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЗВЕЗДНОГО ВРЕМЕНИ

2.1. Звездное время на меридиане места наблюдения измеряют часовым углом точки весеннего равноденствия Υ относительно меридиана наблюдателя.

Гринвичское истинное (среднее) звездное время $S_и$ ($S_{ср}$) измеряют часовым углом истинной (средней) точки весеннего равноденствия $\Upsilon_и$ ($\Upsilon_{ср}$) относительно гринвичского меридиана.

Гринвичское модифицированное звездное время $\hat{S}$ измеряют часовым углом точки $\hat{\Upsilon}$ относительно гринвичского меридиана.

Аргументом для вычисления звездного времени является всемирное время UT1.

2.2. Гринвичское среднее звездное время $S_{ср}$ в эпоху t вычисляют по формуле

$$\begin{aligned} S_{ср} = 6^h41^m50^s,54841 + 236^s,555367908 \cdot d + 86400^s \cdot M + 0^s,093104 \cdot \tau^2 - \\ - 6^s,2 \cdot 10^{-6} \cdot \tau^3 = 100°,460618374 + 0°,9856473662 \cdot d + 360° \cdot M + \\ + 3°,879333 \cdot 10^{-4} \cdot \tau^2 - 2°,583 \cdot 10^{-8} \cdot \tau^3 = 1,7533685592 + \\ + 0,0172027918051 \cdot d + 6,2831853072 \cdot M + 6,7707139 \cdot 10^{-6} \cdot \tau^2 - \\ - 4,50876 \cdot 10^{-10} \cdot \tau^3, \end{aligned} \quad (1)$$

где h — час;

m — минута;

s — секунда;

d — интервал времени от эпохи T_0 до эпохи t в средних солнечных сутках, вычисляемый по формуле

$$d = JD(t) - 2451545,0; \quad (2)$$

M — всемирное время UT1 рассматриваемой даты, выраженное в долях суток;

τ — интервал времени от эпохи T_0 до эпохи t в юлианских столетиях по 36525 средних солнечных суток, вычисляемый по формуле

$$\tau = \frac{d}{36525}. \quad (3)$$

2.3. Гринвичское истинное звездное время $S_и$ вычисляют по формуле

$$S_и = S_{ср} + N_\alpha, \qquad (4)$$

где N_α — нутация в прямом восхождении в эпоху t.

2.4. Гринвичское модифицированное звездное время $\widehat{S}$ в эпоху t вычисляют по формуле

$$\widehat{S} = 6^h41^m50^s,54841 + 236^s,546949133 \cdot d + 86400^s \cdot M - 2^s,4196 \cdot 10^{-3} \cdot \tau^3 =$$
$$= 100°,460618374 + 0°,98561228805 \cdot d \quad 360° \cdot M - 1°,008167 \cdot 10^{-5} \cdot \tau^3 =$$
$$= 1,7533685592 + 0,01720217957 \cdot d + 6,2831853072 \cdot M -$$
$$- 1,75958 \cdot 10^{-7} \cdot \tau^3. \qquad (5)$$

2.5. Для расчета звездного времени на определенную эпоху, выраженную в системе всемирного координированного времени UTC, необходимо предварительно учесть поправку ΔUT1 за переход от UTC к UT1:

$$UT1 = UTC + \Delta UT1, \qquad (6)$$

а затем по полученному аргументу вычислить звездное время.

Приближенные значения поправок ΔUT1 передаются радиосигналами посредством специального кода. Уточненные значения поправок приводят в бюллетене «Всемирное время и координаты полюса», издаваемом Государственной комиссией единого времени и эталонных частот СССР.

3. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КООРДИНАТ

3.1. Преобразования, связанные с переходом от фундаментальной инерциальной системы координат эпохи T_0 к инерциальной системе координат эпохи t и обратно, осуществляют по формулам:

$$\begin{pmatrix} x_t \\ y_t \\ z_t \end{pmatrix} = N \cdot P \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix}, \qquad (7)$$

$$\begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} = P^T \cdot N^T \begin{pmatrix} x_t \\ y_t \\ z_t \end{pmatrix}, \qquad (8)$$

где x_t, y_t, z_t — координаты, определенные в инерциальной системе координат эпохи t;

x_0, y_0, z_0 — координаты, определенные в фундаментальной инерциальной системе координат эпохи T_0;

N — матрица нутации в эпоху t,

P — матрица прецессии, определяющая переход от среднего экватора и точки $\Upsilon_{ср T_0}$ (эпохи T_0) к среднему экватору и точке $\Upsilon_{ср t}$ (эпохи t).

Индекс T означает транспонирование матрицы.

Формулы для вычисления матриц P и N приведены в приложении 2.

3.2. Преобразования, связанные с переходом от инерциальной системы координат эпохи t к гринвичской системе координат и обратно, осуществляют по формулам:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = R_{pol} \cdot R_s \begin{pmatrix} x_t \\ y_t \\ z_t \end{pmatrix}, \tag{9}$$

$$\begin{pmatrix} x_t \\ y_t \\ z_t \end{pmatrix} = R_s^T \cdot R_{pol}^T \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}, \tag{10}$$

где X, Y, Z — координаты, определенные в гринвичской системе координат;

R_{pol} — матрица, учитывающая смещение положения мгновенного полюса Земли в эпоху t относительно Международного условного начала;

R_s — матрица учета суточного вращения Земли.

Формулы для вычисления матриц R_s и R_{pol} приведены в приложении 2.

3.3. Преобразования, связанные с переходом от фундаментальной инерциальной системы координат эпохи T_0 к динамической системе координат эпохи t и обратно, осуществляют по формулам:

$$\begin{pmatrix} x_\partial \\ y_\partial \\ z_\partial \end{pmatrix} = R_\mu \cdot N \cdot P \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix}, \tag{11}$$

$$\begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} = P^T \cdot N^T \cdot R_\mu^T \begin{pmatrix} x_\partial \\ y_\partial \\ z_\partial \end{pmatrix}, \tag{12}$$

где $x_д, y_д, z_д$ — координаты, определенные в динамической системе координат;

R_μ — матрица учета прецессии и нутации в прямом восхождении.

Формулы для вычисления матрицы R_μ приведены в приложении 2.

3.4. Преобразования, связанные с переходом от динамической системы координат эпохи t к инерциальной системе координат эпохи t и обратно, осуществляют по формулам:

$$\begin{pmatrix} x_t \\ y_t \\ z_t \end{pmatrix} = R_\mu^T \begin{pmatrix} x_д \\ y_д \\ z_д \end{pmatrix}, \tag{13}$$

$$\begin{pmatrix} x_д \\ y_д \\ z_д \end{pmatrix} = R_\mu \begin{pmatrix} x_t \\ y_t \\ z_t \end{pmatrix}. \tag{14}$$

3.5. Преобразования, связанные с переходом от динамической системы координат эпохи t к гринвичской системе координат и обратно, осуществляют по формулам:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = R_{pol} \cdot R_{\widehat{s}} \begin{pmatrix} x_д \\ y_д \\ z_д \end{pmatrix}, \tag{15}$$

$$\begin{pmatrix} x_д \\ y_д \\ z_д \end{pmatrix} = R_{\widehat{s}}^T \cdot R_{pol}^T \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}, \tag{16}$$

где $R_{\widehat{s}}$ — матрица поворота динамической системы координат эпохи t вокруг оси $Oz_д$ на угол, равный гринвичскому модифицированному звездному времени.

Формулы для вычисления матрицы $R_{\widehat{s}}$ приведены в приложении 2.

3.6. Преобразования, связанные с переходом от фундаментальной инерциальной системы координат эпохи T_0 к гринвичской системе координат и обратно, осуществляют по формулам:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = R_{pol} \cdot R_s \cdot N \cdot P \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix}, \tag{17}$$

$$\begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} = P^T \cdot N^T \cdot R_s^T \cdot R_{pol}^T \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \tag{18}$$

или $$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = R_{pol} \cdot R_{\underset{s}{\frown}} \cdot R_{\text{ц}} \cdot N \cdot P \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix}, \qquad (19)$$

$$\begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} = P^T \cdot N^T \cdot R^T_{\text{ц}} \cdot R^T_{\underset{s}{\frown}} \cdot R^T_{pol} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}. \qquad (20)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЯХ, И ПОЯСНЕНИЯ К НИМ

Термин	Пояснение
1. Эпоха	Численное выражение момента событий, указанное в какой-либо шкале времени
2. Всемирное время UT1	Среднее солнечное время среднего гринвичского меридиана, в положении которого учтено влияние движения полюсов Земли
3. Всемирное координированное время UTC	Атомное время, корректируемое при необходимости на целую секунду в ту или иную сторону 31 декабря и (или) 30 июня таким образом, чтобы разница между ним и всемирным временем UT1 не превышала 0,9 с: $\lvert UTC-UT1 \rvert \leqslant 0{,}^s9$
4. Истинный экватор	Плоскость, проходящая через центр масс Земли перпендикулярно к мгновенной оси ее вращения. Примечание. Истинный экватор Земли определяется с учетом прецессии и нутации
5. Средний экватор	Плоскость, проходящая через центр масс Земли перпендикулярно к средней оси ее вращения. Примечание. Средний экватор Земли определяется с учетом только прецессии
6. Истинная (средняя) точка весеннего равноденствия $\Upsilon_и$ $(\Upsilon_{ср})$	Точка пересечения эклиптики и истинного (среднего) экватора, соответствующая переходу Солнца из южного полушария небесной сферы в северное
7. Прецессия	Совокупность векового движения оси вращения Земли относительно оси, проходящей через полюс эклиптики, под влиянием притяжения Луны и Солнца (лунно-солнечная прецессия) и вращения плоскости эклиптики под влиянием притяжения планет (прецессия от планет)
8. Нутация	Совокупность периодических движений оси вращения Земли относительно системы координат, неподвижной в пространстве, под влиянием притяжения Луны и Солнца
9. Юлианская дата JD (t)	Число средних солнечных суток, отсчитанных от гринвичского полудня 1 января 4713 г. до н. э. до эпохи t. Примечание. Юлианские даты, соответствующие 12^h UT1 0-го дня каждого месяца приводятся в таблице «Юлианский период» «Астрономического ежегодника СССР»

Продолжение

Термин	Пояснение
10. Международное условное начало	Среднее положение Северного полюса Земли 1900—1905 гг., определенное номинальными значениями широт, принятыми в качестве абсолютных постоянных пяти широтных обсерваторий Международной службы движения полюсов

* См. также ГОСТ 15855—77

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

МАТРИЦЫ ПЕРЕХОДА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ВЗАИМОСВЯЗЬ ОСНОВНЫХ СИСТЕМ КООРДИНАТ

1. Матрица прецессии имеет вид

$$P=\begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{pmatrix}, \qquad (21)$$

где $P_{11}=\cos \zeta_A \cdot \cos Z_A \cdot \cos \theta_A - \sin \zeta_A \cdot \sin Z_A$;

$P_{12}=-\sin \zeta_A \cdot \cos Z_A \cdot \cos \theta_A - \cos \zeta_A \cdot \sin Z_A$;

$P_{13}=-\cos Z_A \cdot \sin \theta_A$;

$P_{21}=\cos \zeta_A \cdot \sin Z_A \cdot \cos \theta_A + \sin \zeta_A \cdot \cos Z_A$;

$P_{22}=-\sin \zeta_A \cdot \sin Z_A \cdot \cos \theta_A + \cos \zeta_A \cdot \cos Z_A$;

$P_{23}=-\sin Z_A \cdot \sin \theta_A$;

$P_{31}=\cos \zeta_A \cdot \sin \theta_A$;

$P_{32}=-\sin \zeta_A \cdot \sin \theta_A$;

$P_{33}=\cos \theta_A$.

Прецессионные параметры ζ_A, Z_A, θ_A вычисляют по формулам:

$$\zeta_A=2306'',2181 \cdot \tau + 0'',30188 \cdot \tau^2 + 0'',017998 \cdot \tau^3 = 0,111808609 \cdot 10^{-1} \cdot \tau + \\ + 0,146356 \cdot 10^{-5} \cdot \tau^2 + 0,872 \cdot 10^{-7} \cdot \tau^3;$$

$$Z_A=2306'',2181 \cdot \tau + 1'',09468 \cdot \tau^2 + 0'',018203 \cdot \tau^3 = 0,111808609 \cdot 10^{-1} \cdot \tau + \\ + 0,53072 \cdot 10^{-5} \cdot \tau^2 + 0,883 \cdot 10^{-7} \cdot \tau^3;$$

$$\theta_A = 2004'',3109\cdot\tau - 0'',42665\cdot\tau^2 - 0'',041833\cdot\tau^3 =$$

$$= 0,97171735\cdot 10^{-2}\cdot\tau - 0,20685\cdot 10^{-5}\cdot\tau^2 - 0,2028\cdot 10^{-6}\cdot\tau^3.$$

Прецессионные параметры такого вида применимы только при преобразовании от фундаментальной эпохи J 2000,0 к эпохе t и наоборот.

2. Матрица нутации N имеет вид

$$N = \begin{pmatrix} n_{11} & n_{12} & n_{13} \\ n_{21} & n_{22} & n_{23} \\ n_{31} & n_{32} & n_{33} \end{pmatrix}, \qquad (22)$$

где $n_{11} = \cos N_\psi$;

$n_{12} = -\sin N_\psi \cdot \cos \varepsilon_0$;

$n_{13} = -\sin N_\psi \cdot \sin \varepsilon_0$;

$n_{21} = \sin N_\psi \cdot \cos \varepsilon$;

$n_{22} = \cos N_\psi \cdot \cos \varepsilon \cdot \cos \varepsilon_0 + \sin \varepsilon \cdot \sin \varepsilon_0$;

$n_{23} = \cos N_\psi \cdot \cos \varepsilon \cdot \sin \varepsilon_0 - \sin \varepsilon \cdot \cos \varepsilon_0$;

$n_{31} = \sin N_\psi \cdot \sin \varepsilon$;

$n_{32} = \cos N_\psi \cdot \sin \varepsilon \cdot \cos \varepsilon_0 - \cos \varepsilon \cdot \sin \varepsilon_0$;

$n_{33} = \cos N_\psi \cdot \sin \varepsilon \cdot \sin \varepsilon_0 + \cos \varepsilon \cdot \cos \varepsilon_0$;

N_ψ — нутация в долготе;

ε — истинный наклон эклиптики к экватору, вычисляемый по формуле

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + N_\varepsilon;$$

ε_0 — средний наклон эклиптики к экватору, вычисляемый по формуле

$$\varepsilon_0 = 84381'',448 - 46'',815\cdot\tau - 0'',00059\cdot\tau^2 + 0'',001813\cdot\tau^3 =$$

$$= 0,4090928042 - 0,2269655\cdot 10^{-3}\cdot\tau - 0,29\cdot 10^{-8}\cdot\tau^2 + 0,88\cdot 10^{-8}\cdot\tau^3;$$

N_ε — нутация в наклоне.

Нутацию в долготе N_ψ и нутацию в наклоне N_ε определяют разложениями:

$$N_\psi = \sum_{i=1}^{106} (A_{\psi_i} + B_{\psi_i}\cdot\tau)\cdot \sin (K_{l_i}\cdot l + K_{l'_i}\cdot l' + K_{F_i}\cdot F + K_{D_i} D + K_{\Omega_i}\cdot\Omega),$$

$$N_\varepsilon = \sum_{i=1}^{106} (A_{\varepsilon_i} + B_{\varepsilon_i}\cdot\tau)\cdot \cos (K_{l_i}\cdot l + K_{l'_i}\cdot l' + K_{F_i}\cdot F + K_{D_i}\cdot D + K_{\Omega_i}\cdot\Omega),$$

где A_{ψ_i}, B_{ψ_i}, A_{ε_i}, B_{ε_i} — коэффициенты, входящие в амплитуду каждого члена нутации N_ψ и N_ε;

K_{l_i}, $K_{l'_i}$, K_{F_i}, K_{D_i}, K_{Ω_i} — коэффициенты при фундаментальных аргументах l, l', F, D, Ω теории движения Луны;

l — средняя аномалия Луны,
l' — средняя аномалия Солнца;
F — средний аргумент широты Луны,
D — разность средних долгот Луны и Солнца;
Ω — средняя долгота восходящего узла орбиты Луны на эклиптике.

Разложения фундаментальных аргументов имеют вид.

$$l=485866'',733+1717915922'',633\cdot\tau+31'',310\cdot\tau^2+0'',064\cdot\tau^3=$$
$$=2,355548393+8328,69142288\cdot\tau+1,517952\cdot10^{-4}\cdot\tau^2+3,103\cdot10^{-7}\cdot\tau^3;$$
$$l'=1287099',804+129596581'',224\cdot\tau-0'',577\cdot\tau^2-0'',012\cdot\tau^3=$$
$$=6,24003594+628,30195602\cdot\tau-2,7974\cdot10^{-6}\cdot\tau^2-5,82\cdot10^{-8}\cdot\tau^3;$$
$$F=335778'',877+1739527263'',137\cdot\tau-13'',257\cdot\tau+0'',011\cdot\tau^3=$$
$$=1,62790193+8433,46615831\cdot\tau-6,42717\cdot10^{-5}\cdot\tau^2+5,33\cdot10^{-8}\cdot\tau^3;$$
$$D=1072261'',307+1602961601'',328\cdot\tau-6'',891\cdot\tau^2+0'',019\cdot\tau^3=$$
$$=5,19846951+7771,37714617\cdot\tau-3,34085\cdot10^{-5}\cdot\tau^2+9,21\cdot10^{-8}\cdot\tau^3;$$
$$\Omega=450160'',280-6962890'',539\cdot\tau+7'',455\cdot\tau^2+0'',008\cdot\tau^3=$$
$$=2,182438624-33,757045936\cdot\tau+3,61429\cdot10^{-5}\cdot\tau+3,88\cdot10^{-8}\cdot\tau^3.$$

Значения коэффициентов A_{ψ_i}, B_{ψ_i}, A_{ε_i}, B_{ε_i}, K_{l_i}, $K_{l_i'}$, K_{F_i}, K_{D_i}, K_{Ω_i} ($i=1, 2, 3, \ldots, 106$) разложений нутации в долготе и нутации в наклоне приведены в «Астрономическом ежегоднике СССР» (с 1986 г.).

С точностью до членов порядка 0'',1 (или 10^{-6}) значения нутации в долготе N_ψ и нутации в наклоне N_ε вычисляют по формулам

$$N_\psi=-17'',1996\sin\Omega+0'',2062\cdot\sin2\Omega-1'',3187\cdot\sin2(F-D+\Omega)+$$
$$+0'',1426\cdot\sin l'-0'',2274\cdot\sin2(l+\Omega)=-0,83386\cdot10^{-4}\cdot\sin\Omega+$$
$$+0,9997\cdot10^{-6}\cdot\sin2\Omega-0,63932\cdot10^{-5}\cdot\sin2(F-D+\Omega)+ \quad (23)$$
$$+0,6913\cdot10^{-6}\cdot\sin l'-0,11024\cdot10^{-5}\cdot\sin2(F+\Omega);$$

$$N_\varepsilon=9'',2025\cdot\cos\Omega+0'',5736\cdot\cos2(F-D+\Omega)+0'',0977\cdot\cos2(F+D)=$$
$$=0,44615\cdot10^{-4}\cdot\cos\Omega+0,27809\cdot10^{-5}\cdot\cos2(F-D+\Omega)+$$
$$+0,474\cdot10^{-6}\cdot\cos2(F+\Omega). \quad (24)$$

Матрица нутации с точностью до малых членов порядка 10^{-8} имеет вид

$$N=\begin{pmatrix} 1 & -N_\psi\cdot\cos\varepsilon & -N_\psi\cdot\sin\varepsilon \\ N_\psi\cdot\cos\varepsilon & 1 & -N_\varepsilon \\ N_\psi\cdot\sin\varepsilon & N_\varepsilon & 1 \end{pmatrix}. \quad (25)$$

3. Матрица поворота R_s имеет вид

$$R_S=\begin{pmatrix} \cos S_и & \sin S_и & 0 \\ -\sin S_и & \cos S_и & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (26)$$

где $S_и$ — значение гринвичского истинного звездного времени в эпоху t.

4. Матрица поворота $R_{\widehat{s}}$ имеет вид

$$R_{\widehat{s}}=\begin{pmatrix} \cos\widehat{S} & \sin\widehat{S} & 0 \\ -\sin\widehat{S} & \cos\widehat{S} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \qquad (27)$$

где $\widehat{S}$ — значение гринвичского модифицированного звездного времени в эпоху t.

5. Матрица R_{pol} имеет вид

$$R_{pol}=\begin{pmatrix} 1 & 0 & x_p \\ 0 & 1 & -y_p \\ -x_p & y_p & 1 \end{pmatrix}, \qquad (28)$$

где x_p, y_p — координаты мгновенного полюса Земли, выраженные в радианах.

Положение мгновенного полюса в эпоху t определяют в системе прямоугольных координат $O_p x_p y_p z_p$, начало которой O_p совпадает с Международным условным началом.

Ось $O_p x_p$ направлена по касательной к гринвичскому меридиану.

Ось $O_p y_p$ направлена по касательной к меридиану, отстоящему от гринвичского меридиана на угол 90° к западу.

Значения координат мгновенного полюса x_p, y_p в угловых секундах выбирают из бюллетеня «Всемирное время и координаты полюса».

6. Матрица учета прецессии и нутации в прямом восхождении имеет вид

$$R_{\mu}=\begin{pmatrix} \cos(\mu+N_\alpha) & \sin(\mu+N_\alpha) & 0 \\ -\sin(\mu+N_\alpha) & \cos(\mu+N_\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \qquad (29)$$

где μ — прецессия в прямом восхождении за интервал времени от эпохи T_0 до эпохи t.

Значение μ соответственно в угловых секундах и радианах вычисляют по формуле

$$\mu=\zeta_A+Z_A=4612'',4362\cdot\tau+1'',39656\cdot\tau^2+0'',036201\cdot\tau^3=$$

$$=0,2236172\cdot10^{-1}\cdot\tau+0,67707\cdot10^{-5}\cdot\tau^2+0,1755\cdot10^{-6}\cdot\tau^3.$$

7. Значение нутации в прямом восхождении N_α вычисляют по формуле

$$N_\alpha=N_\psi\cdot\cos\varepsilon. \qquad (30)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Справочное

ОПИСАНИЕ И ТЕКСТЫ ПРОГРАММ РАСЧЕТА МАТРИЦ ПЕРЕХОДА И ЗВЕЗДНОГО ВРЕМЕНИ НА ЯЗЫКЕ ФОРТРАН ДЛЯ ЭВМ БЭСМ-6

1. Подпрограмма JULE (NDMG, T, JD, DJD, DM, D) предназначена для расчета юлианской даты с 1900 по 2099 гг., всемирного времени UT1 рассматриваемой даты в долях суток и интервала времени от эпохи J2000.0 до эпохи T.

Вход: NDMG — дата, месяц, год, записанные в виде целого числа;
например, 6 мая 1988 г. соответствует запись 06051988;
T — всемирное время UT1 рассматриваемой даты в часах, минутах, секундах;
например, 13 ч 35 мин 12,79 с будет соответствовать 133512,79.

Выход: JD — целая часть юлианской даты;
DJD — дробная часть юлианской даты в долях суток;
D — интервал времени от эпохи J2000.0 до эпохи T в средних солнечных сутках;
DM — всемирное время UT1 рассматриваемой даты, выраженное в долях суток.

2. Подпрограмма SCP (D, DM, SC) предназначена для расчета гринвичского среднего звездного времени.

Вход: D — интервал времени от эпохи J2000.0 до эпохи T в средних солнечных сутках;
DM — всемирное время UT1 рассматриваемой даты, выраженное в долях суток.

Выход: SC — гринвичское среднее звездное время, выраженное в радианах.

3. Подпрограмма SMOD (D, DM, SM) предназначена для расчета гринвичского модифицированного звездного времени.

Вход: D — интервал времени от эпохи J2000.0 до эпохи T в средних солнечных сутках;
DM — всемирное время UT1 рассматриваемой даты, выраженное в долях суток.

Выход: SM — гринвичское модифицированное звездное время, выраженное в радианах.

4. Подпрограмма SICT (D, DM, NP1, SI) предназначена для расчета гринвичского истинного звездного времени.

Вход: D — интервал времени от эпохи J2000.0 до эпохи T в средних солнечных сутках;
DM — всемирное время UT1 рассматриваемой даты, выраженное в долях суток.
NP1 — признак выбора формул для расчета нутации в долготе и наклоне, равный 0 или 1:
NP1 = 0—значения нутации в долготе и наклоне вычисляются по полным формулам.
NP1 = 1—значения нутации в долготе и наклоне определяются с точностью до членов порядка 0″.1 (или 1.E—6).

Выход: SI — гринвичское истинное звездное время, выраженное в радианах.

5. Подпрограмма НУТАС (D, NP1, HPCI, HEPC, EPC, EPC0) предназначена для расчета нутации в долготе и нутации в наклоне, а также расчета истинного и среднего наклона эклиптики к экватору.

Вход. D — интервал времени от эпохи J2000.0 до эпохи T в средних солнечных сутках;

NP1 — признак выбора формул для расчета нутации в долготе и наклоне, равный 0 или1·

NP1 = 0—значения нутации в долготе и наклоне вычисляются по полным формулам;

NP1 = 1—значения нутации в долготе и наклоне определяются с точностью до членов порядка 0″.1 (или 1.E—6).

Выход HPCI — нутация в долготе, выраженная в радианах;

HEPC — нутация в наклоне, выраженная в радианах;

EPC — истинный наклон эклиптики к экватору, выраженный в радианах;

EPC0 — средний наклон эклиптики к экватору, выраженный в радианах.

6. Подпрограмма НУТМАТ (D, NP1, NP2, HM) предназначена для расчета матрицы нутации.

Вход: D — интервал времени от эпохи J2000.0 до эпохи T в средних солнечных сутках;

NP1 — признак выбора формул для расчета нутации в долготе и наклоне, равный 0 или 1:

NP1 = 0—значения нутации в долготе и наклоне вычисляются по полным формулам;

NP1 = 1—значения нутации в долготе и наклоне определяются с точностью до членов порядка 0″.1 (или 1.E—6).

NP2 — признак выбора формул для расчет матрицы нутации, равный 0 или 1:

NP2 = 0—матрица нутации вычисляется по точным формулам;

NP2 = 1—матрица нутации вычисляется по упрощенным формулам.

Выход: HM — матрица нутации.

7. Подпрограмма PREMAT (D,PM) предназначена для расчета матрицы прецессии.

Вход: D — интервал времени от эпохи J2000.0 до эпохи T в средних солнечных сутках;

Выход· PM — матрица прецессии.

8. Подпрограмма RMUMAT (D, NP1, RM) предназначена для расчета матрицы учета прецессии и нутации в прямом восхождении.

Вход: D — интервал времени от эпохи J2000.0 до эпохи T в средних солнечных сутках;

NP1 — признак выбора формул для расчета нутации в долготе и наклоне, равный 0 или 1:

NP1 = 0—значения нутации в долготе и наклоне вычисляются по полным формулам;

NP1 = 1—значения нутации в долготе и наклоне определяются с точностью до членов порядка 0″.1 (или 1.E—6).

Выход· RM — матрица учета прецессии и нутации в прямом восхождении.

9. Тексты программ

```
SUBROUTINE JULE (NDMG, T, JD, DJD, DM, D)
NG=NDMG—(NDMG/10000)*10000
N=NDMG/1000000
NM=(NDMG—NG—N*1000000)/10000
```

```
      JT=T/10000
      JM=T/100 —JT*100
      JC=T/100.
      JC=JC*100
      C=T—JC
      DM=JT/24.+JM/1440.+C/86400.
      K=NM—1
      IF (K.EQ.0) GO TO 1
      DO 1 I=1, K
      GC TO (2, 3, 2, 4, 2, 4, 2, 2, 4, 2, 4), I
    2 N=N+31
      GO TO 1
    3 N=N+28
      GO TO 1
    4 N=N+30
    1 CONTINUE
      L=NG—1900
      KK=L/4
      J=KK*4
      IF (NM GT 2 AND.J EQ L.AND L NE 0) N=N+1
      J=(L—1)/4
      JD=N+J+L*365+2415019
      IF (DM LT.0 5) GO TO 10
      DJD=DM—0.5
      JD=JD+1
      GO TO 11
   10 DJD=DM+0.5
   11 CONTINUE
      D=JD+DJD—2451545.0
      RETURN
      END
C     ******************************************************
      SUBROUTINE SCP (D, DM, SC)
      TAУ=D/36525.
      SC=1 7533685592+1.72027918051*1.E—2*D+6.28318530718*DM
     *+6 77071394*1.E—6*TAУ*TAУ—4 50876723*1.E—10*TAУ*TAУ*TAУ
      KSC=SC/6.28318530718
      IF (KSC.LT.0) KSC=KSC—1
      SC=SC—KSC*6.28318530718
      RETURN
      END
C     ******************************************************
      SUBROUTINE SMOD (D, DM, SM)
      TAУ=D/36525.
      SM=1.7533685592+0 01720217957*D+6.28318530718*DM
     *—1 75958*1 E—7*TAУ*TAУ*TAУ
      KSM=SM/6 28318530718
      IF (KSM.LT.0) KSM=KSM—1
      SM=SM—KSM*6.28318530718
      RETURN
      END
C     ******************************************************
      SUBROUTINE SICT (D, DM, NP1, SI)
      CALL HYTAC (D, NP1, HP, HE, E, E0)
      HALFA=HP*COS (E)
      CALL SCP (D, DM, SC)
      SI=SC+HALFA
      RETURN
```

```
      END
C     ************************************************************
      SUBBOUTINE HYTAC (D, NP1, HPCI, HEPC, EPC, EPC0)
      DIMENSION KL (106), KL1 (106), KF (106), KD (106), KOM (106)
      DIMENSION APCI (106), BPCI (106), AEPC (106), BEPC (106)
      DATA ((KL (I), I=1, 22)=0, 0, —2, 2, —2, 1, 0, 2, 0, 0, 0, 0, 0, 2,
       0, 0, 0, 0, 0, —2, 0, 2)
      DATA ((KL (I), I=23, 44)=0, 1, 2, 0, 0, 0, —1, 0, 0, 1, 0, 1, 1, —1,
     *0, 1, —1, —1, 1, 0, 2, 1)
      DATA ((KL (I), I=45, 66)=2, 0, —1, —1, 1, —1, 1, 0, 0, 1, 1, 2, 0, 0, 1,
     *0, 1, 2, 0, 1, 0, 1)
      DATA ((KL (I), I=67, 88)=1, 1, —1, —2, 3, 0, 1, —1, 2, 1, 3, 0, —1, 1,
     *—2, —1, 2, 1, 1, —2, —1, 1)
      DATA ((KL (I), I=89, 106)=2, 2, 1, 0, 3, 1, 0, —1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1,
     *2, 0, 0)
      DATA ((KL1 (I), I=1, 22)=0, 0, 0, 0, 0, —1, —2, 0, 0, 1, 1, —1, 0, 0, 0,
     *2, 1, 2, —1, 0, —1, 0)
      DATA ((KL1 (I), I=23,44)=1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1,
       0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)
      DATA ((KL1 (I), I=45, 66)=0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, —1,
     *0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, —1, 0, 1, 0, 0, 1)
      DATA ((KL1 (I), I=67,88)=0, —1, —1, 0, 0, —1, 1, 0, 0, 0, 0, 0,
     *0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, —1)
      DATA ((KL1 (I), I=89,106)=0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, —1, 0, 0, 1, 0,
     *—1, 1, 0, 0, 0, 1)
      DATA ((KF (I), I=1, 22)=0, 0, 2, —2, 2, 0, 2, —2, 2, 0, 2, 2, 2,
     *0, 2, 0, 0, 2, 0, 0, 2, 0)
      DATA ((KF (I), I=23, 44)=2, 0, 0, —2, —2, 0, 0, 2, 2, 0, 2, 2, 0, 2,
     *0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 2)
      DATA ((KF (I), I=45, 66)=2, 2, 2, 0, 0, 2, 0, 2, 2, 2, 0, 2, 0,
     *2, 2, 0, 0, 2, 0, —2, 0, 0)
      DATA ((KF (I), I=67, 88)=2, 2, 2, 0, 2, 2, 2, 2, 0, 0, 0,
     *2, 0, 0, 2, 2, 0, 2, 2, 2, 4, 0)
      DATA ((KF (I), I=89, 106)=2, 2, 0, 4, 2, 2, 2, 0, —2, 2, 0,
     *—2, 2, 0, —2, 0, 2, 0)
      DATA ((KD (I), I=1, 22)=0, 0, 0, 0, 0, —1, —2, 0, —2, 0,
     *—2, —2, —2, —2, —2, 0, 0, —2, 0, 2, 2, —2)
      DATA ((KD (I), I=23, 44)=—2, —1, —2, 2, 2, 0, 1, —2, 0, 0, 0, 0,
     *—2, 0, 2, 0, 0, 2, 0, 2, 0, —2)
      DATA ((KD (I), I=45, 66)=0, 0, 0, 2, —2, 2, —2, 0, 0, 2, 2, —2, 2, 2, —2,
     *—2, 0, 0, —2, 0, 1, 0)
      DATA ((KD (I), I=67, 88)=0, 0, 2, 0, 0, 2, 0, —2, 0, 0, 0, 1, 0,
     *—4, 2, 4, —4, —2, 2, 4, 0, —2)
      DATA ((KD (I), I=89, 106)=—2, 2, 2, —2, —2, —2, 0, 2, 0, —1, 2,
     *—2, 0, —2, 2, 2, 4, 1)
      DATA ((KOM (I), I=1, 22)=1, 2, 1, 0, 2, 0, 1, 1, 2, 0, 2, 2, 1,
     *0, 0, 0, 1, 2, 1, 1, 1, 1)
      DATA ((KOM (I), I=23,44)=1, 0, 0, 1, 0, 2, 1, 0, 2, 0, 1, 2, 0, 2, 0,
     *1, 1, 2, 1, 2, 0, 2)
      DATA ((KOM (I), I=45 66)=2, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 2, 2, 2, 0, 2, 1, 1, 1, 1,
     *0, 1, 0, 0, 0, 0)
      DATA ((KOM (I), I=67, 88)=0, 2, 2, 1, 2, 2, 2, 1, 1, 2, 0, 2, 2, 0, 2, 2,
     *0, 2, 1,2, 2, 0)
      DATA ((KOM (I), I=89, 106)=1, 2, 1, 2, 2, 0, 1, 1, 1, 2, 0, 0, 1, 1, 0,
     *0, 2, 0
      DATA ((APCI (I), I=1,22)=—171996, 2062, 46, 11, —3,
     *—2., 1., —13187., 1426, —517., 217, 129, 48., —22, 17., —15.,
     *—16., —12, —6, —5, 4)
```

```
DATA ((APCI (I), I=23, 44) =4., —4., 1., 1., —1., 1., 1., —1.,
*—2274, 712., —386., —301., —158., 123., 63., 63., —58, —59,
*—51., —38., 29., 29.)
DATA ((APCI (I), I=45, 66) =—31., 26., 21., 16., —13., —10., —7.,
*7., —7., —8., 6., 6., —6., —7., 6., —5., 5., —5., —4., 4., —4., —3.)
DATA ((APCI (I), I=67, 88) =3., —3., —3., —2., —3., —3., 2., —2.,
*2., —2., 2., 2., 1., —1., 1., —2., —1., 1., —1., —1., 1., 1.)
DATA ((APCI (I), I=89, 106) =1., —1., —1., 1., 1., —1., 1., 1., —1.,
*—1., —1., —1., —1., —1., —1., 1., —1., 1.)
DATA ((BPCI (I), I=1, 22) =—174.2, 0.2, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
*0.0, —1.6, —3.4, 1.2, —0.5, 0.1, 0.0, 0.0, —0.1, 0.0, 0.1, 0.0,
*0.0, 0.0, 0.0)
DATA ((BPCI (I), I=23, 44) =0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., —0.2,
*0.1, —0.4, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.1, —0.1, 0.9, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)
DATA ((BPCI (I), I=45, 66) =0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
*0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)
DACA ((BPCI (I), I=67, 88) =0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
*0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)
DATA ((BPCI (I), I=89, 106) =0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
*0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)
DATA ((AEPC (I), I=1, 22) =92025., —895., —24., 0., 1., 0., 1., 1., 0.,
*5736., 54., 224., —95., —70., 1., 0., 0., 9., 7., 6., 3., 3., —2.)
DATA ((AEPC (I), I=23, 44) =—2., 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
*977., —7., 200., 129., —1., —53., —2., —33., 32., 26., 27., 16.,
*—1., —12.)
DATA ((AEPC (I), I=45, 66) =13., —1., —10., —8., 7., 5., 0., —3.,
*3., 3., 0., —3., 3., 3., —3., 3., 0., 3., 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)
DATA ((AEPC (I), I=67, 88) =0., 1., 1., 1., 1., 1., —1., 1., —1., 1.,
*0., —1., —1., 0., —1., 1., 0., —1., 1., 1., 0., 0.)
DATA ((AEPC (I), I=89, 106) =—1., 0., 0., 0., 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
*0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)
DATA ((BEPC (I), I=1, 22) =8.9, 0.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
*—3.1, —0.1, —0.6, 0.3, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
*0.0)
DATA ((BEPC (I), I=23, 44) =0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
*—0.5, 0.0, 0.0, —0.1, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
*0.0)
DATA ((BEPC (I), I=45, 66) =0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
*0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)
DATA ((BEPC (I), I=67, 88) =0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
*0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)
DATA ((BEPC (I), I=89, 106) =0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
*0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)
TAУ=D/36525.
TAУ2=TAУ*TAУ
TAУ3=TAУ2*TAУ
EPCO=0.4090928042—0.2269655*1.E—3*TAУ—0.29*1.E—8*TAУ2+
*0.88*1.E—8*TAУ3
FL1=6.24003594+628.30195602*TAУ—2.7974*1.E—6*TAУ2—5.82*
*1.E—8*TAУ3
F=1.62790193+8433.46615831*TAУ—6.42717*1.E—5*TAУ2+5.33*
*1.E—8*TAУ3
D1=5.19846951+7771.37714617*TAУ—3.34085*1.E—5*TAУ2+9.21*
*1.E—8*TAУ3
OM=2.182438624—33.757045936*TAУ+3.61429*1.E—5*TAУ2+3.88*
*1.E—8*TAУ3
IF (NP1.EQ.1) GO TO 3
```

```
      FL=2,355548393+8328.69142288*ТАУ+1.517952*1.E—4*ТАУ2+
     *3.103*1.E—7*ТАУ3
      HPCI=0
      HEPC=0
      DO 2 I=1,106
      APG=KL (I)*FL+KL1 (I)*FL1+KF (I) *F+KD (I) *D1+KOM (I)*OM
      HPCI=HPCI+(APCI (I)+BPCI (I)*ТАУ)*SIN(APG)
      HEPC=HEPC+(AEPC (I)+BEPC (I)*ТАУ)*COS (APG)
    2 CONTINUE
      HPCI=HPCI*4.848136811*1.E—10
      HEPC=HEPC*4,848136811*1.E—10
      GO TO 4
    3 SOM=SIN (OM)
      COM=COS (CM)
      HPCI=—0,83386*1.E—4*SOM+1.9994*1.E—6*COM*SOM—0,63932*
     *1.E—5*SIN (2* (F—D1+OM))+0.6913*1.E—6*SIN (FL1)—0,11024*
     *1.E—5*SIN (2*(F+OM))
      HEPC=0.44615*1.E—4*COM+0.27809*1.E—5*COS(2*(F—D1+OM))
     *+0.474*1.E—6*COS (2*(F+OM))
    4 CONTINUE
      EPC=EPCO+HEPC
      RETURN
      END
C*****************************************************
      SUBROUTINE НУТМАТ (D, NP1, NP2, HM)
      DIMENSION HM (3, 3)
      CALL НУТАС (D, NP1, HP, HE, E, E0)
      SE=SIN (E)
      СЭ=COS (E)
      IF (NP2.EQ.1) GO TO 1
      SE0=SIN (E0)
      CE0=COS (E0)
      SHPCI=SIN (HP)
      CHПС=CQS (HP)
      HM (1, 1)=CHPCI
      HM (1, 2)=—SHPCI*CE0
      HM (1, 3)=—SHPCI*SE0
      HM (2, 1)=SHPCI*CE
      HM (2, 2)=CHPCI*CE*CE0+SE*SE0
      HM (2, 3)=CHPCI*CE*SE0—SE*CE0
      HM (3, 1)=SHPCI*SE
      HM (3, 2)=CHPCI*SE*CE0—CE*SE0
      HM (3, 3)=CHPCI*SE*SE0+CE*CE0
      GO TO 2
    1 HM (1. 1)=1
      HM (1, 2)=—HP*CE
      HM (1, 3)=—HP*SE
      HM (2, 1)=HP*CE
      HM (2, 2)=1
      HM (2, 3)=—HE
      HM (3, 1)=HP*SE
      HM (3,2)=HE
      HM (3, 3)=1
    2 CONTINUE
      RETURN
      END
      SUBROUTINE PREMAT (D, PM)
```

```
      DIMENSION PM (3,3)
      TAУ=D/36525.
      TAУ2=TAУ*TAУ
      TAУ3=TAУ2*TAУ
      DZETA=0.111808609*1.E—1*TAУ+0.146356*1.E—5*TAУ2+0.872*
     *1.E—7*TAУ3
      Z=0,0111808609*TAУ+0,53072*1.E—5*TAУ2+0.883*1.E—7*TAУ3
      TETA=0.97171735*1.E—2*TAУ—0.20685*1.E—5*TAУ2—0.2028*
     *1 E—6*TAУ3
      SDZ=SIN (DZETA)
      CDZ=COS (DZETA)
      SZ=SIN (Z)
      CZ=COS (Z)
      ST=SIN (TETA)
      CT=COS (TETA)
      PM (1, 1)=CDZ*CZ*CT—SDZ*SZ
      PM (1, 2)=—SDZ*CZ*CT—CDZ*SZ
      PM (1, 3)=—CZ*ST
      PM (2, 1)=CDZ*SZ*CT+SDZ*CZ
      PM (2, 2)=—SDZ*SZ*CT+CDZ*CZ
      PM (2, 3)=—SZ*ST
      PM (3,1)=CDZ*ST
      PM (3, 2)=—SDZ*ST
      PM (3,3)=CT
      RETURN
      END
C     ********** ********** ********** ********** ********** *******
      SUBROUTINE RMUMAT (D, NP1, RM)
      DIMENSION RM (3, 3)
      TAУ=D/36525.
      MU=0.02236172*TAУ+0.67707*1.E—5*TAУ*TAУ+0.1755*1.E—6*
     *TAУ*TAУ*TAУ
      CALL HУTAC (D, NP1, HP, HE, E, EO)
      HALFA=HP*COS (E)
      SMUHA=SIN (MU+HALFA)
      CMUHA=COS (MU+HALFA)
      RM (1, 1)=CMUHA
      RM (1, 2)=SMUHA
      RM (1, 3)=0.
      RM (2, 1)=—SMUHA
      RM (2, 2)=CMUHA
      RM (2, 3)=0.
      RM (3, 1)=0.
      RM (3, 2)=0.
      RM (3, 3)=1.
      RETURN
      END
```

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Справочное

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА МАТРИЦ ПРЕЦЕССИИ, НУТАЦИИ И ЗВЕЗДНОГО ВРЕМЕНИ

Пример 1.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

NDMG=6051988 T (UT1)=0.00 NP1=0 NP2=0

РЕЗУЛЬТАТЫ СЧЕТА

JD=2447287 DJD=5.0000—01 D=—4.257500000+03 DM=0.0000+0
SI=3.910713393+00 SC=3.910706227+00 SM=3.913312726+00

МАТРИЦА НУТАЦИИ НМ

9.9999999997—01 —7.1659192628—06 —3.1070314463—06
7.1657857874—06 9.9999999905—01 —4.2957047299—05
3.1073392701—06 4.2957022742—05 9.9999999907—01

МАТРИЦА ПРЕЦЕССИИ РМ

9.9999596162—01 2.6064761738—03 1.1326991650—03
—2.6064761739—03 9.9999660313—01 —1.4761500974—06
—1.1326991650—03 —1.4762092497—06 9.9999935849—01

МАТРИЦА RMU

9.9999999997—01 7.1657857874—06 0.0000000000+00
—7.1657857874—06 9.9999999997—01 0.0000000000+00
0.0000000000+00 0.0000000000+00 1.0000000000+00

МАТРИЦА P=НМ*РМ

9.9999598378—01 2.5993102834—03 1.1295921461—03
—2.5992617571—03 9.9999662091—01 —4.4425053158—05
—1.1297038036—03 4.1488766780—05 9.9999936102—01

Пример 2.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

NDMG=6051988 T (UT1)=153045.15 NP1=0 NP2=0

РЕЗУЛЬТАТЫ СЧЕТА

JD=2447288 DJD=1.463559028—01 D=—4.2568536445+03
DM=6.463559029—0
SI=1.699821523+00 SC=1.699813936+00 SM=1.702420040+00

МАТРИЦА НУТАЦИИ НМ

9.9999999996—01 —7.5873659227—06 —3.2897641450—06
7.5872245852—06 9.9999999905—01 —4.2960700284—05
3.2900901005—06 4.2960672545—05 9.9999999907—01

МАТРИЦА ПРЕЦЕССИИ РМ

9.9999596285—01 2.6060804853—03 1.1325271999—03
—2.6060804853—03 9.9999660416—01 —1.4757019335—06
—1.1325271998—03 —1.4757610589—06 9.9999935869—01

МАТРИЦА RMU

9.9999999997—01 7.5872245852—06 0.0000000000+00
—7.5872245852—06 9.9999999997—01 0.0000000000+00
0.0000000000+00 0.0000000000+00 1.0000000000+00

МАТРИЦА P=НМ*РМ

9.9999598631—01 2.5984931499—03 1.1292374490—03
—2.5984446347—03 9.9999662304—01 —4.4427781927—05
—1.1293490809—03 4.1493339839—05 9.9999936142—01

Пример 3.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

NDMG=23061987 T (UT1)=0.00 NP1=0 NP2=0

РЕЗУЛЬТАТЫ СЧЕТА

JD=2446969 DJD=5.000000000—01 D=—4.575500000+03
DM=0.000000000+0
SI=4.723393770+00 SC=4.723403754+00 SM=4.726204930+00

МАТРИЦА НУТАЦИИ НМ

9.9999999994—01 9.9845949170—06 4.3291889303—06
—9.9844175856—06 9.9999999911—01 —4.0959898342—05
—4.3295978945—06 4.0959853322—05 9.9999999915—01

МАТРИЦА ПРЕЦЕССИИ РМ

9.9999533584—01 2.8011503947—03 1.2173044165—03
—2.8011503948—03 9.9999607676—01 —1.7048936386—06
—1.2173044164—03 —1.7049670601—06 9.9999925908—01

МАТРИЦА RMU

9.9999999995—01 —9.9844175857—06 0.0000000000+00
9.9844175857—06 9.9999999995—01 0.0000000000+00
0.0000000000+00 0.0000000000+00 1.0000000000+00

МАТРИЦА P=НМ*РМ

9.9999530254—01 2.8111349429—03 1.2216335851—03
—2.8110849026—03 9.9999604797—01 —4.2676915707—05
—1.2217487277—03 3.9242597714—05 9.9999925289—01

Пример 4.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

NDMG=23061987 T (UT1)=121212.00 NP1=0 NP2=0

РЕЗУЛЬТАТЫ СЧЕТА

JD=2446970 DJD=8.472222222—03 D=—4.574991531+03
DM=5.084722222—01
SI=1.643780943+00 SC=1.643790723+00 SM=1.646591587+00

МАТРИЦА НУТАЦИИ НМ

9.9999999994—01 9.7803786014—06 4.2406433872—06
—9.7802053348—06 9.9999999911—01 —4.0856676151—05
—4.2410429773—06 4.0856632950—05 9.9999999915—01

МАТРИЦА ПРЕЦЕССИИ РМ

9.9999533688—01 2.8008391198—03 1.2171691360—03
—2.8008391198—03 9.9999607764—01 —1.7045147415—06
—1.2171691359—03 —1.7045881385—06 9.9999925925—01

МАТРИЦА RMU

9.9999999995—01 —9.7802053348—06 0.0000000000+00
9.7802053348—06 9.9999999995—01 0.0000000000+00
0.0000000000+00 0.0000000000+00 1.0000000000+00

МАТРИЦА P=НМ*РМ

9.9999530427—01 2.8106194526—03 1.2214097595—03
—2.8105695476—03 9.9999604942—01 —4.2573064790—05
—1.2215245909—03 3.9140006079—05 9.9999925317—01

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. ИСПОЛНИТЕЛИ

Т. А. Амелина, В. А. Анисимов, И. И. Волков, А. А. Горлашкин, И. Ю. Корогодин, И. М. Кузенкова, А. И. Назаренко, Н. А. Пегахин, В. С. Саморуков, Т. В. Скопинская, Г. В. Степанов, Л. В. Ческидова, В. С. Юрасов

2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Госстандарта СССР от 30.05.89 № 1375

3. Срок проверки — 1995 г.

4. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ:

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, подпункта, перечисления, приложения
ГОСТ 15855—77	1 (приложение 1)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Спутники Земли искусственные.

Основные системы координат для баллистического обеспечения полетов и методика расчета звездного времени

РД 50—25645.325—89

Редактор *М. В. Глушкова*
Технический редактор *В. Н. Малькова*
Корректор *В. М. Смирнова*

Сдано в наб. 12.07.89 Подп. в печ. 22.02.90 Формат 60×90 1/16 Бумага типографская № 1 Гарнитура литературная Печать высокая 1,5 усл. п. л. 1,5 усл. кр.-отт. 1,5 уч.-изд. л. Тираж 3000 экз. Зак. 831 Цена 10 к. Изд. № 244/4

«Знак Почета» Издательство стандартов, 123557, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник». Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru