**Национальный исследовательский университет**

**«МЭИ»**

**Институт радиотехники и электроники**

**Кафедра радиотехнических систем**

**Особенности СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу**

Контрольная работа №1

ФИО студента: Жеребин В.Р.

Группа: ЭР-15-15

Вариант №: 3

Дата: 17. 03.20

Подпись: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

ФИО преподавателя: Шатилов А.Ю.

Оценка: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Москва, 2020 г.**

Дано:

1. Текущая дата и время T в шкале времени UTC.
2. Спутниковая радионавигационная система (ГЛОНАСС, GPS, или Galileo).
3. Системный номер навигационного спутника.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № варианта | СРНС | Текущая дата и время *T* в шкале UTC (дд/мм/гггг чч:мм:сс) | № НКА |
| 3 | ГЛОНАСС | 28/02/2014 12:00:00 | 5 |

Требуется:

1. Записать текущее время в *T* форматах систем ГЛОНАСС, GPS и Galileo, с учетом поправок между системными шкалами и UTC.
2. Найти альманах группировки заданной СРНС на заданную дату (в интернете).
3. Рассчитать по альманаху координаты и вектор скорости заданного спутника на заданный момент времени, пользуясь алгоритмом из ИКД.
4. Предъявить исходные коды программы, выполняющей расчеты.
5. Формат времени ГЛОНАСС:

**N4:NT:t**

**N4** – номер четырехлетнего периода, первый год первого четырёхлетия соответствует 1996 году. . Округляем в большую сторону: .

**NT** – текущая дата, календарный номер суток внутри четырехлетнего интервала, начиная с 1-го января високосного года..

**t** – количество секунд от начала текущих суток. . Шкала времени системы ГЛОНАСС формируется от Московского декретного времени как время UTC плюс 3 часа (10800 с):

Для заданных даты и времени, формат времени ГЛОНАСС будет содержать следующее значение:

**5:789:54000**

1. Альманах группировки представлен в приложении.

Альманах НКА №5 ГЛОНАСС:

|  |  |
| --- | --- |
| Строка 1 | |
| число получения альманаха | 28 |
| месяц получения альманаха | 02 |
| год получения альманаха | 2014 |
| время получения альманаха от начала суток, с UTC | 1804 |
| комментарий (приемник, с которого получено, версия SW и т.д.) |  |
| Строка 2 | |
| номер КА в группировке | 5 |
| номер частотного слота (-7 - 24) | 1 |
| признак здоровья по альманаху (0 - 1) | 1 |
| число | 27 |
| месяц | 02 |
| год | 2014 |
| время прохождения первого узла, на которое все дано, с | 0.452390625E+04 |
| поправка ГЛОНАСС-UTC, с | 0.000000000E+00 |
| поправка GPS-ГЛОНАСС, с | 0.000000000E+00 |
| поправка времени КА ГЛОНАСС относительно системного времени, с | 0.160217285E-03 |
| Строка 3 | |
| Lam - долгота узла, полуциклы | 0.5243139E+00 |
| dI - коррекция наклонения, полуциклы | 0.6758690E-02 |
| w - аргумент перигея, полуциклы | 0.3695374E+00 |
| E - эксцентриситет | 0.5750656E-03 |
| dT - поправка к драконическому периоду, с | -0.2656127E+04 |
| dTT - поправка к драконическому периоду, с/виток | 0.1220703E-02 |

1. Расчет координат и вектора скорости на заданный момент времени:

Алгоритм расчета координат:

1. Определяется интервал прогноза в секундах:

с

1. Рассчитывается количество витков на интервале прогноза:
2. Определяется текущее наклонение:
3. Рассчитывается текущий драконический период и среднее движение:
4. Методом последовательных приближений определяется большая полуось орбиты:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *m* | *a* | *p* |  |
| 0 | 2.550798948189136e+07 | 2.550798104638791e+07 | 4.021748073108479e+04 |
| 1 | 2.537090278919708e+07 | 2.537089439902826e+07 | 4.021752498233370e+04 |
| 2 | 2.537092139957758e+07 | 2.537091300940260e+07 | 4.021752497627758e+04 |
| 3 | 2.537092139703061e+07 | 2.537091300685563e+07 | 4.021752497627841e+04 |

1. Определяется текущее значение долготы восходящего узла орбиты и аргумента перигея с учетом их векового движения под влиянием сжатия Земли:
2. Рассчитывается значение средней долготы на момент прохождения текущего восходящего узла:
3. Определяется текущее значение средней долготы НКА:
4. Параметры орбиты корректируются с учетом периодических возмущений от сжатия Земли:

Для большинства потребителей ГЛОНАСС пункт 9 можно опустить.

1. Определяется эксцентрическая аномалия путем решения уравнения Кеплера:

|  |  |
| --- | --- |
| m |  |
| 0 | 1.048100251897312 |
| 1 | 1.048100394966053 |
| 2 | 1.048100395007126 |

1. Определяется истинная аномалия и аргумент широты НКА:
2. Рассчитываются координаты центра масс НКА в геоцентрической прямоугольной пространственной системе координат:

км

км

км

км

1. Рассчитываются составляющие вектора скорости центра масс НКА в геоцентрической прямоугольной пространственной системе координат:

км/с

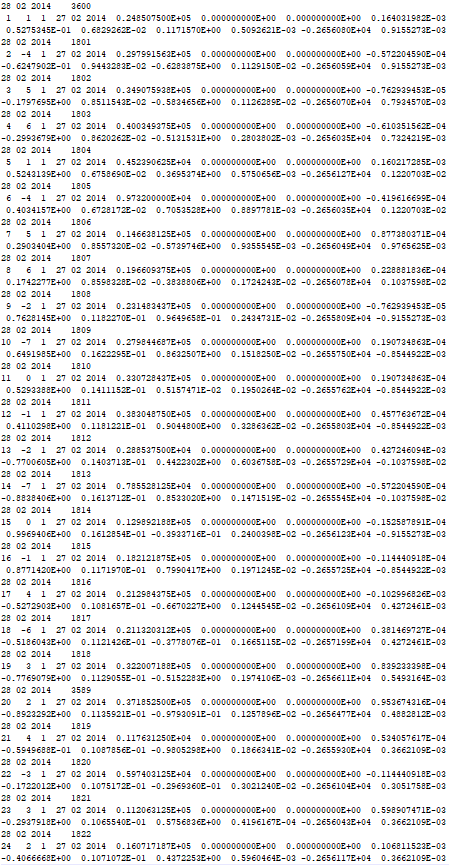
км/с

км/с

Так же составляющие вектора скорости центра масс НКА можно найти путем численного дифференцирования координат. Для этого рассчитаем координаты для времени с, сведем в таблицу, и рассчитаем приращение:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  | 14422,24918480124 | 10239,32636589026 | 18178,80766936876 |
|  | 14423,28028329213 | 10241,59269365956 | 18176,71556241687 |

Приложение 1. Альманах группировки ГЛОНАСС на заданное число



Приложение 2. Листинг программы, выполняющей расчет

close all; clear all; clc;

format long

%% Расчет формата времени ГЛОНАСС

Time\_year = 2014;

Time\_month = 2;

Time\_day = 28;

Time\_hour = 12;

Time\_minutes = 0;

Time\_seconds = 0;

N4 = floor(1+(Time\_year-1996)/4);

N\_T = 365\*(Time\_year-1996-4\*(N4-1)) + 31 + Time\_day;

t = Time\_seconds + Time\_minutes\*60 + Time\_hour\*60\*60 + 10800;

Time\_GLN = [N4 N\_T t];

%% Альманах НКА

% Значения для расчета примера ИКД

% N\_A = 1452;

% t\_labda\_A = 33571.625;

% delta\_T\_A = 0.01953124999975;

% delta\_Tp\_A = 6.103515625e-5;

% labda\_A = -0.293967247009277;

% omega\_A = 0.57867431640625;

% epsilon\_A = 0.000432968139648438;

% delta\_i\_A = -0.00012947082519531;

%t\_i = 51300;

%N = 1453;

%i\_cr = 64.8;

%T\_cr = 40544;

% Значения для расчета КР1

N\_A = 788; % на 27.02.2014

t\_labda\_A = 0.452390625e+4; % время прохождения первого узла, на которое все дано, с

delta\_T\_A = -0.2656127e+4; % поправка к среднему значению драконического периода обращения, с

delta\_Tp\_A = 0.1220703e-2; % половинная скорость изменения драконического периода

labda\_A = 0.5243139e+0; % долгота восходящего узла на момент времени t\_labda\_A

omega\_A = 0.3695374e+0; % аргумент перигея орбиты на момент времени t\_labda\_A

epsilon\_A = 0.5750656e-3; % эксцентриситет орбиты НКА на момент времени t\_labda\_A

delta\_i\_A = 0.1220703e-2;% поправка к среднему значению наклонения орбиты, с

t\_i = 54000; % Из 1 пункта

N = 789; % Из 1 пункта

i\_cr = 63; % Из указаний

T\_cr = 43200; % Из указаний

%% 1 Определяется интервал прогноза в секундах:

if N4 == 27

delta\_N\_A = N - N\_A - floor((N-N\_A)/1461)\*1461;

else

delta\_N\_A = N - N\_A - floor((N-N\_A)/1460)\*1460;

end

delta\_t\_pr = delta\_N\_A \* 86400 + (t\_i - t\_labda\_A)

%% 2 Рассчитывается количество целых витков W на интервале прогноза:

W = fix(delta\_t\_pr/(T\_cr + delta\_T\_A))

%% 3 Определяется текущее наклонение:

i = (i\_cr/180 + delta\_i\_A)\*pi

%% 4 Определяются средний драконический период на витке W+1 и среднее движение:

T\_dr = T\_cr + delta\_T\_A + (2\*W+1) \* delta\_Tp\_A

n = 2 \* pi / T\_dr

%% 5 Методом последовательных приближений m = 0, 1, 2… рассчитывается большая полуось орбиты a:

GM = 398600441.8e6; % геоцентрическая константа гравитационного поля Земли с учетом атмосферы

a\_c = 6378136; % большая (экваториальная) полуось общеземного эллипсоида ПЗ-90

J02 = 1082.62575e-6; % зональный гармонический коэффициент второй степени,

T\_ock = T\_dr;

a = 1;

a\_old = 0;

p = 0;

cnt = 0;

% такой ужас, что бы не ошибиться с супер большой дробью

eq1 = 2 - (5/2)\*((sin(i))^2);

eq2 = 1 - epsilon\_A^2;

eq3 = 1 + epsilon\_A\*cos(omega\_A\*pi);

eq4 = eq2^(3/2);

eq5 = eq3^2;

eq6 = eq4 / eq5;

eq7 = eq3^3;

eq8 = eq7 / eq2;

Big\_div = eq1 \* eq6 + eq8;

while abs(a - a\_old) > 1e-2

a\_old = a;

a = (((T\_ock/(2\*pi))^2)\*GM)^(1/3)

p = a\*eq2

eq9 = 1 - (3/2)\*J02\*((a\_c/p)^2);

T\_ock = T\_dr/(eq9\*Big\_div)

cnt = cnt + 1;

end

%% 6 Определяются текущие значения долготы восходящего узла орбиты и аргумента перигея с учетом их векового движения под влиянием сжатия Земли:

omega\_z = 7.2921150e-5; % угловая скорость вращения Земли

labda = labda\_A\*pi - (omega\_z+(3/2)\*J02\*n\*((a\_c/p)^2)\*cos(i))\*delta\_t\_pr

omega = omega\_A\*pi - (3/4)\*J02\*n\*((a\_c/p)^2)\*(1-5\*cos(i)^2)\*delta\_t\_pr

%% 7 Рассчитывается значение средней долготы на момент прохождения текущего восходящего узла:

E0 = -2\*atan(sqrt((1-epsilon\_A)/(1+epsilon\_A))\*tan(omega/2))

L1 = omega + E0 - epsilon\_A\*sin(E0)

%% 8 Определяется текущее значение средней долготы НКА:

L = L1 + n\*(delta\_t\_pr-(T\_cr+delta\_T\_A)\*W-delta\_Tp\_A\*W^2)

%% 9 Параметры корректируются с учетом периодических возмущений от сжатия Земли по формулам:

% Для потребителей пункт 9 настоящего алгоритма можно опустить

%% 10 Определяется эксцентрическая аномалия путем решения уравнения Кеплера

E = L - omega;

E\_old = 0;

cnt1 = 0;

while abs(E - E\_old) > 1e-9

E\_old = E;

E = L - omega + epsilon\_A \* sin(E) % что за эпислон тут должна быть!?

cnt1 = cnt1 + 1;

end

%% 11 Вычисляются истинная аномалия и аргумент широты НКА u:

upsilon = 2\*atan(sqrt((1+epsilon\_A)/(1-epsilon\_A))\*tan(E/2))

u = upsilon + omega

%% 12 Рассчитываются координаты центра масс НКА в геоцентрической прямоугольной пространственной системе координат:

p = a \* eq2

r = p / (1 + epsilon\_A\*cos(upsilon))

x = r \* (cos(labda)\*cos(u) - sin(labda)\*sin(u)\*cos(i))

y = r \* (sin(labda)\*cos(u) + cos(labda)\*sin(u)\*cos(i))

z = r \* sin(u)\*sin(i)

%% 13 Определяются составляющие вектора скорости центра масс НКА в геоцентрической прямоугольной пространственной системе координат:

mu = 3.986004418e+08;

v\_r = sqrt(mu/p)\*epsilon\_A\*sin(upsilon)

v\_u = sqrt(mu/p)\*(1+epsilon\_A\*cos(upsilon))

v\_x = v\_r \* (cos(labda)\*cos(u) - sin(labda)\*sin(u)\*cos(i))...

-v\_u \* (cos(labda)\*sin(u) + sin(labda)\*cos(u)\*cos(i))...

+omega\_z\*y

v\_y = v\_r \* (sin(labda)\*cos(u) + cos(labda)\*sin(u)\*cos(i))...

-v\_u \* (sin(labda)\*sin(u) - cos(labda)\*cos(u)\*cos(i))...

-omega\_z\*x

v\_z = v\_r \* sin(u)\*sin(i) + v\_u \* cos(u)\*sin(i)

%% Расчет mu

p = 25508.950840878515;

Vr = 0.0016757724716836881;

epsilon\_A = 0.00042419917873569112;

upsilon = 1.6065317766004903;

mu = p \* (Vr/(epsilon\_A\*sin(upsilon)))^2