Национальный исследовательский университет

«МЭИ»

Институт радиотехники и электроники  
Кафедра РТС

Курсовой проект

по дисциплине

Аппаратура потребителей спутниковых радионавигационных систем

ФИО студента: Шахов М.П.

Группа: ЭР-15-14

Вариант №16

Дата: 25.06.2019

Подпись \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

ФИО преподавателя: Корогодин И.В.

Оценка \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Москва. 2019

**Содержание**

Этап 1.

Использование сторонних средств........................................................................3

1.1 Постановка задачи вторичной обработки данных ........................................3

1.2 Описание процесса использования RTKLIB..................................................3

1.3 Использование интернет-рисурса Trimble .....................................................5

Этап 2. Моделирование........................................................................................................7

2.1 Постановка задачи моделирования .................................................................7

2.2 Листинг программы..........................................................................................7

2.3 Результат моделирования в среде MatLab .....................................................9

2.4 Вывод по этапу................................................................................................10

Вывод .................................................................................................................... 10

### Этап 1. Использование сторонних средств

### 1.1 Постановка задачи вторичной обработки данных

На крыше корпуса Е МЭИ установлена трехдиапазонная антенна [Harxon HX-CSX601A](https://en.harxon.com/u_file/product/18_08_08/Harxon%20HX-CSX601A%20Brochure.pdf). Она через 50-метровый кабель, [сплиттер, bias-tee и усилитель](https://srns.ru/wiki/Blog:Mikhaylova/25.06.2018_%D0%90%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82_%D0%BD%D0%B0_8_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2" \o "Blog:Mikhaylova/25.06.2018 Антенный пост на 8 приемников) подключена к трем навигационным приемникам:

* Javad Lexon LGDD,
* SwiftNavigation Piksi Multi,
* FPGA-based приемник на основе нашего ядра CoreZh.

Приемники осуществляют первичную обработку сигналов, выдавая по интерфейсам соответствующие потоки данных - наблюдения псевдодальностей и эфемериды спутников.

**1.2 Описание процесса использования RTKLIB**

В первом пункте были получены RINEX файлы наблюдений .obs и RINEX

файлы навигационных сообщений .nav. Конвертировали из бинарного файла

в текстовый файл с помощью программы RTCCONV.

Далее бинарный файл эфемерид вывели в табличном виде с помощью

программы RTKNAVI. В качестве входных данных использовали бинарные

файлы BINR\_morning.bin и BINR\_evening.bin. Результат представлен ниже

на Рис.1.1 и Рис.1.2.

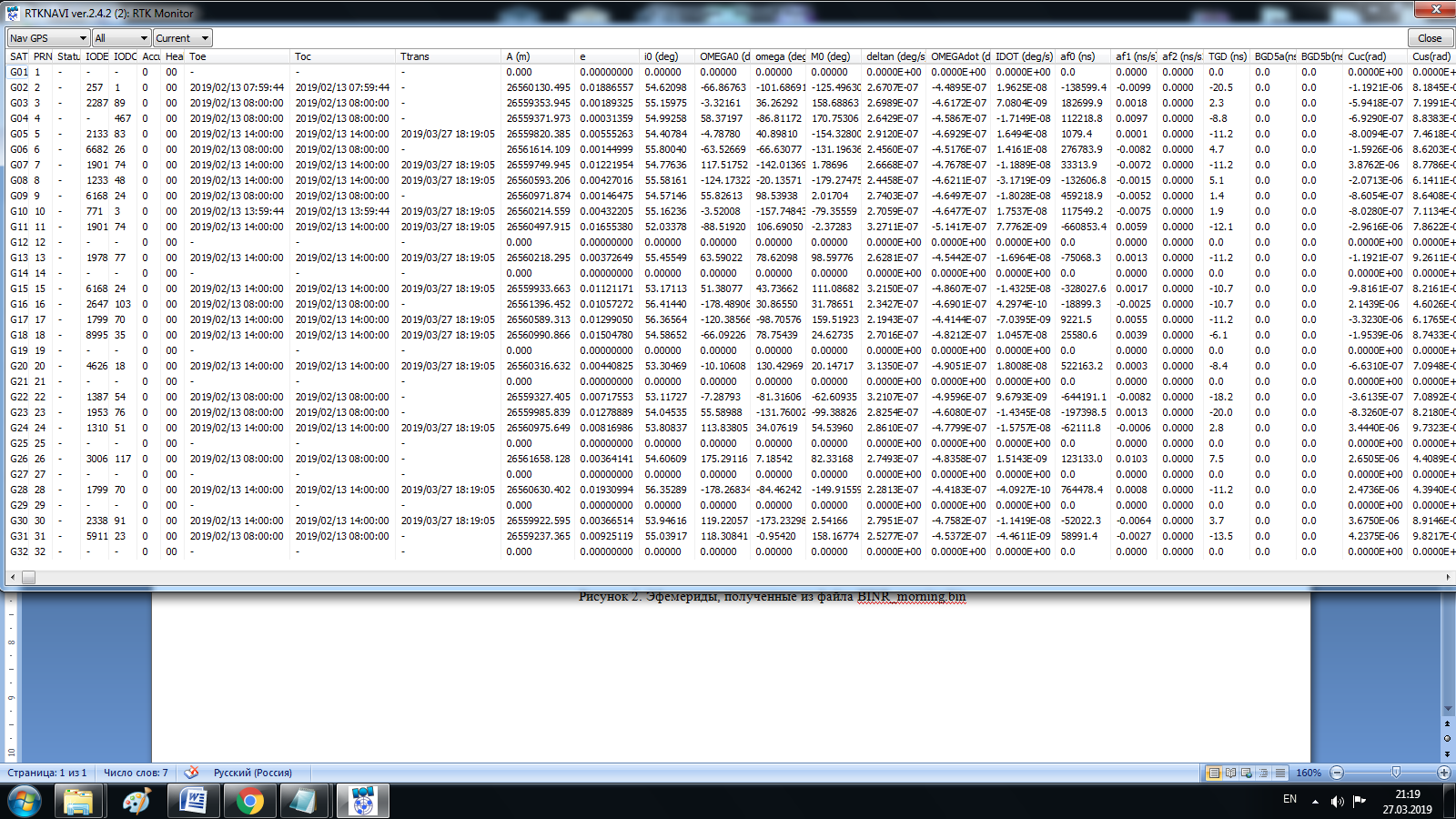


Рис.1.1 Эфемериды, полученные из файла BINR\_evening.bin

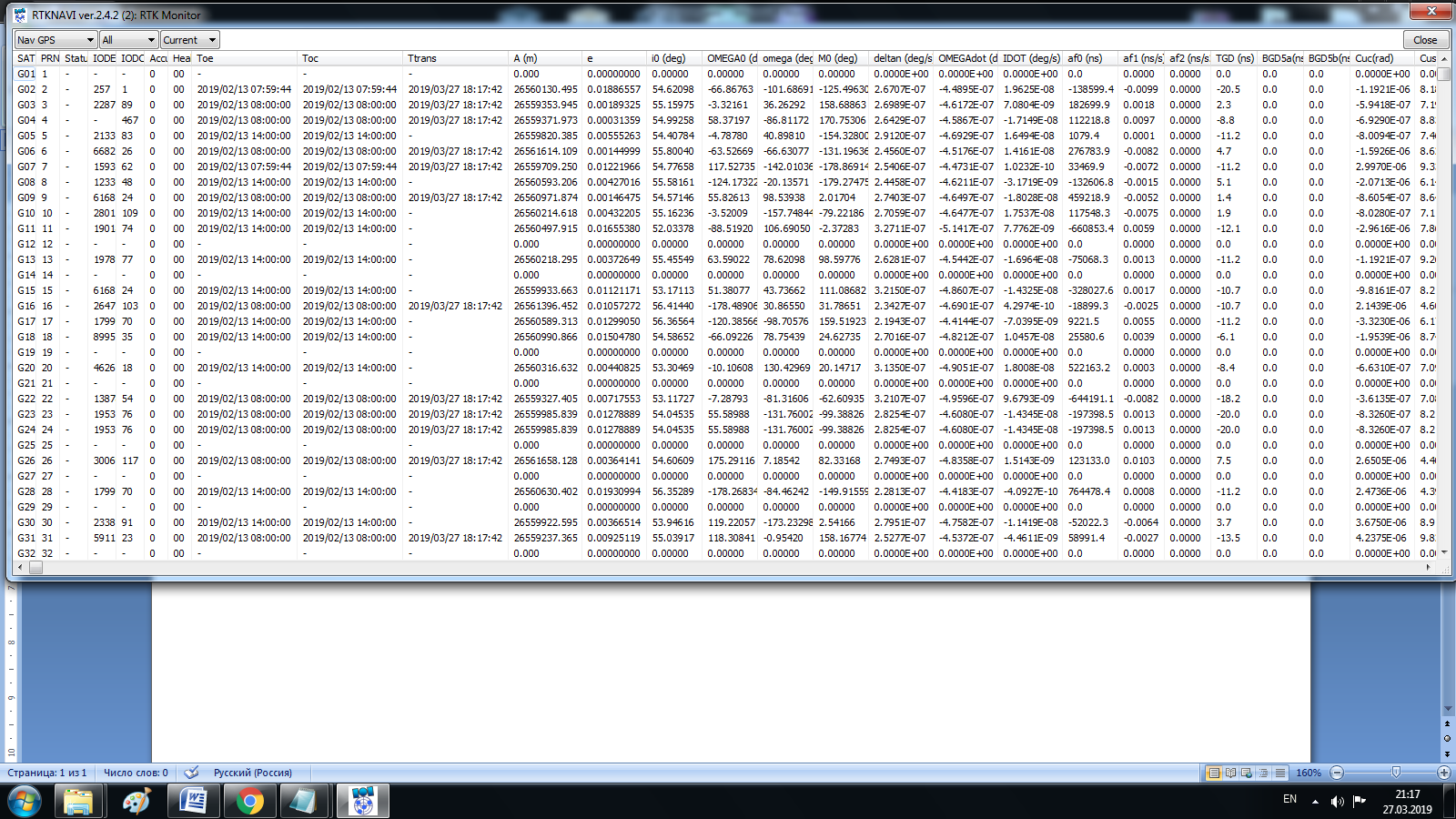


Рис.1.2 Эфемериды, полученные из файла BINR\_morning.bin

**1.2 Эфемериды собственного спутника в nav-файле RINEX**

В Файле с расширением “nav”,после конвертации, спутника под номером 16 не было.

**1.3 Использование интернет-рисурса Trimble**

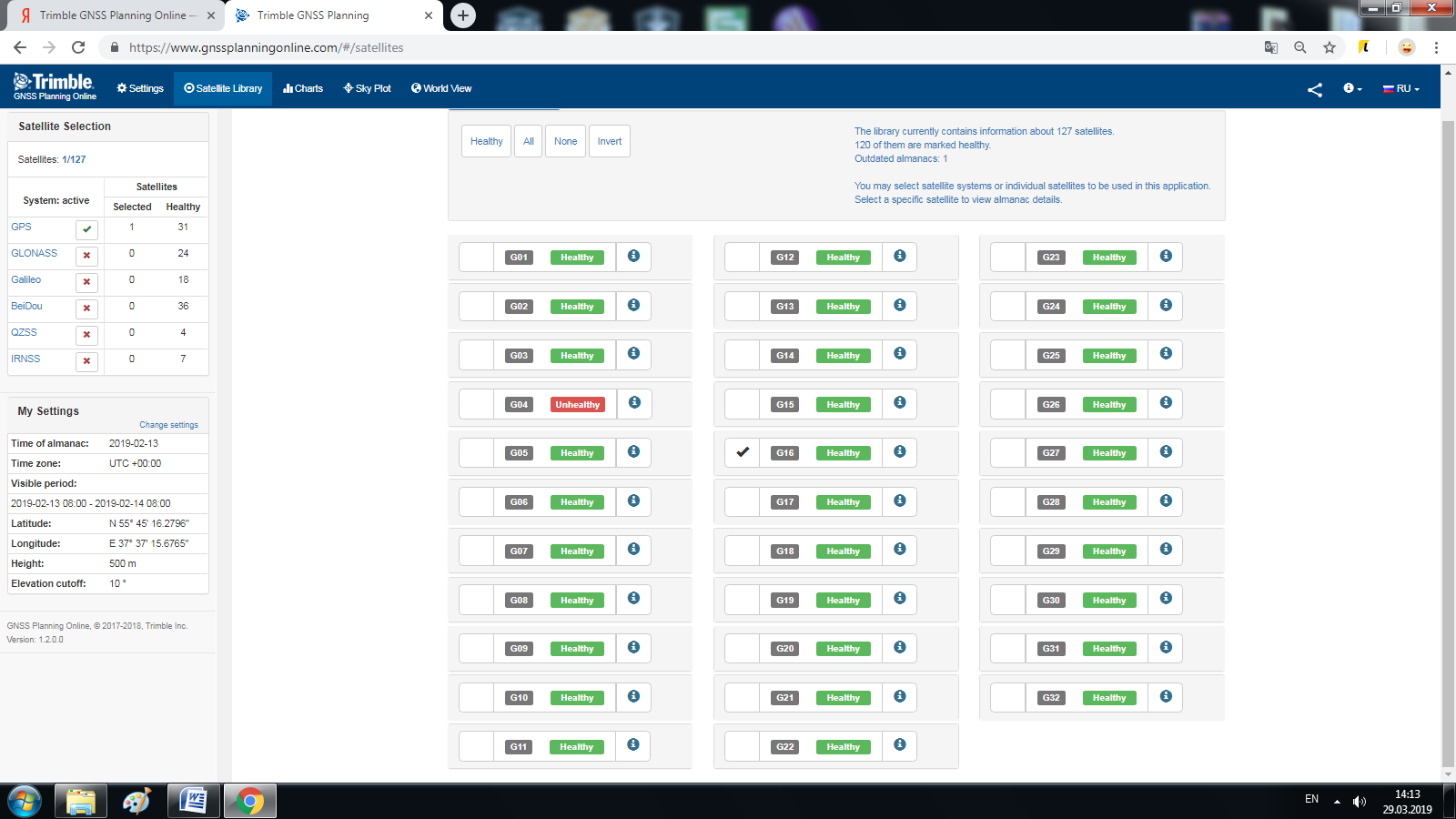
****

Рис.1.4 Выбор спутника согласно варианту курсового проекта (спутник №16)

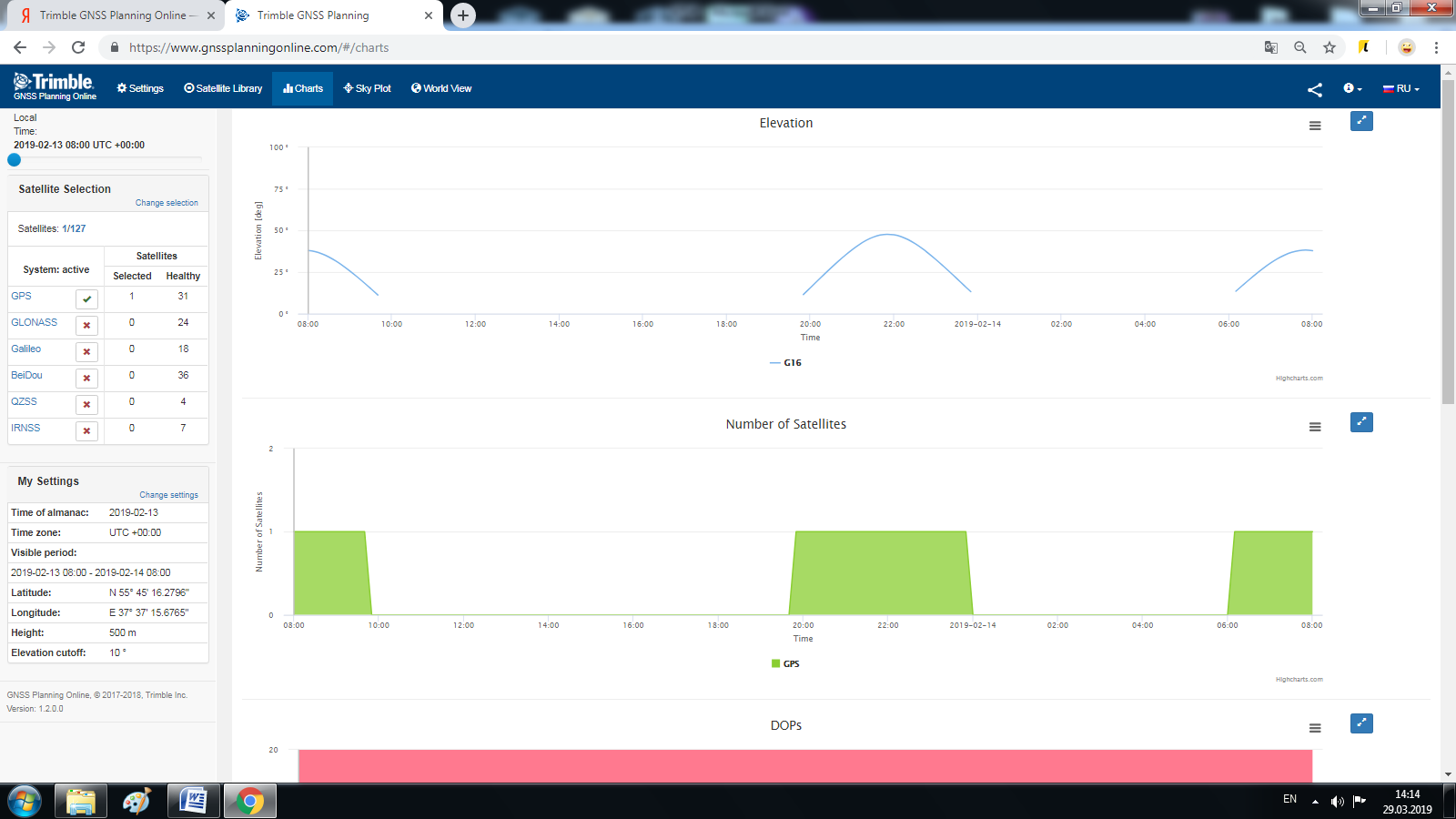
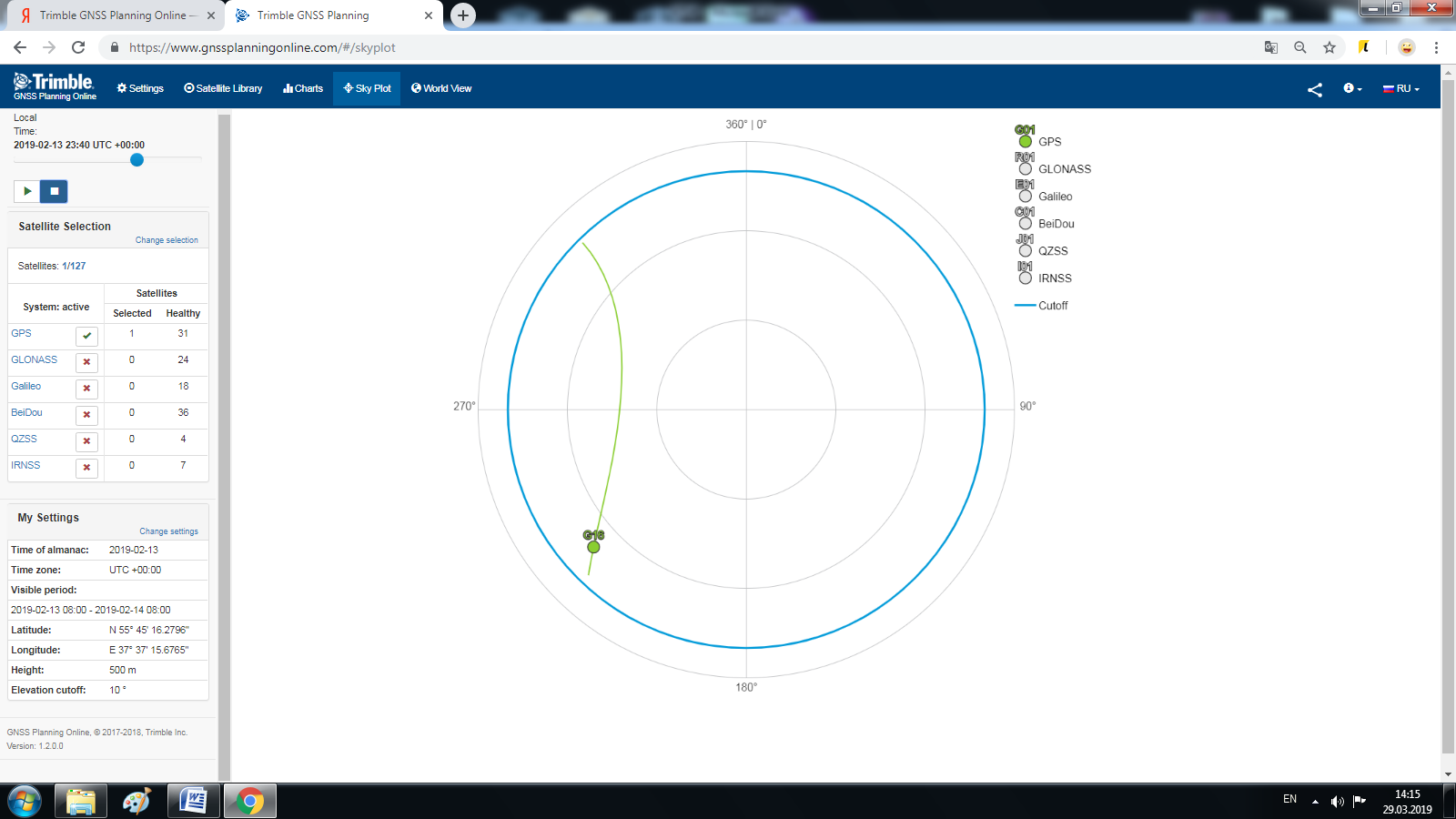
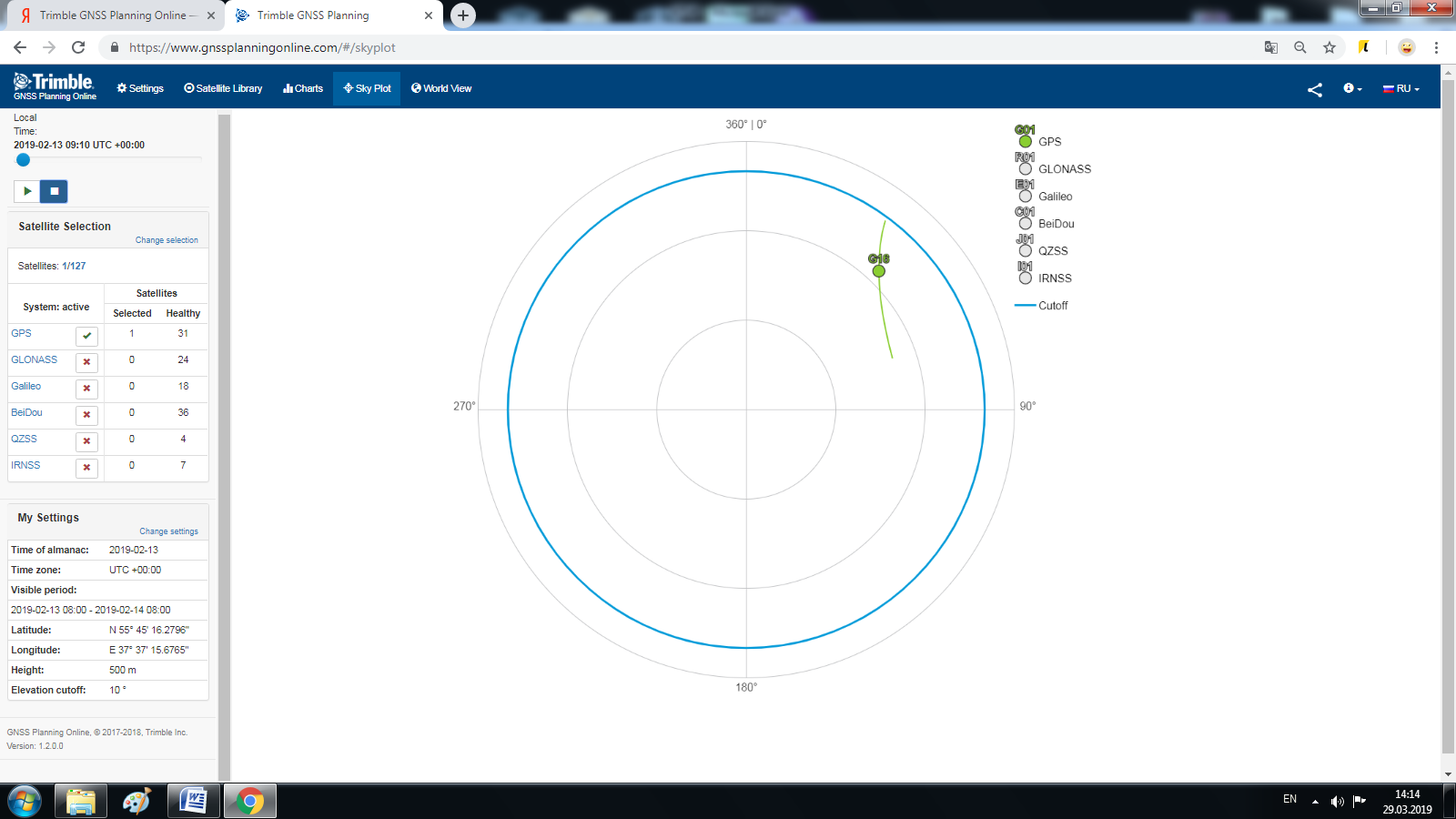


Рис.1.5 Угол места спутника №16 на заданный интервал

****

|  |  |
| --- | --- |
| Рис.1.6а SkyView полученное в GNSS Planing Online | Рис.1.6б SkyView полученное в GNSS Planing Online |

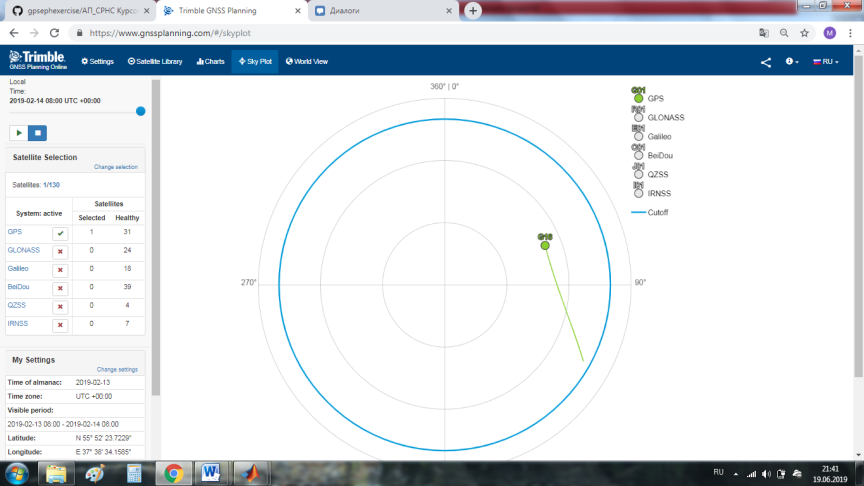


Рис.1.6в SkyView полученное в GNSS Planing Online

**Этап 2. Моделирование**

**2.1 Постановка задачи моделирования**

Требуется реализовать на языке Matlab или Python функцию расчета положения спутника GPS на заданный момент по шкале GPST.

**2.2 Листинг программы**

clear all

for i = 1:43200

mu = 3.986005\*10^14;

dOmega = 7.2921151467\*10^(-5);

%almonach

toe = 288018; % время альмонаха от начала недели

A = 26561396.452; %корень из большой полуоси, м\*\*0.5

e = 0.01057272; % экстрисинтет

I = 54.99258; %наклонение, полуциклы

I = degtorad(54.99258);

OMEGA0 = -178.489062; % долгота узла, полуциклы;

OMEGA0 = degtorad(-178.489062);

omega = 30.86550; %аргумент перигея, полуцикл

omega = degtorad(30.86550);

M\_0 = 31.78651; %средняя аномалия, полуциклы

M\_0 = degtorad(31.78651);

OMEGAdot = -4.6901e-07; %скорость долготы узла, полуциклы/c

OMEGAdot = degtorad(-4.6901e-07);

delta\_n = 2.3427e-07;

delta\_n = degtorad(2.3427e-07);

IDOT = 4.2974e-10;

IDOT = degtorad(4.2974e-10);

C\_uc = 2.1439e-06;

C\_us = -4.6026e-06;

C\_rc = 3.0238e+02;

C\_rs = 3.9438e+01;

C\_ic = -5.4017E-08;

C\_is = 1.8440E-07;

% Из ИКД для GPS IS-GPS-200H

n\_0 = sqrt(mu/A^3);

t = 303540 + 18 + i;

tk = t - toe;

n = n\_0 + delta\_n;

Mk = M\_0+n\*tk;

m = 1;

x(1) = 0;

for m = 1:100

x(m+1) = Mk + e\*sin(x(m));

if abs(x(m+1) - x(m))<10^(-8)

break

end

m = m + 1;

end

E\_k = x(m+1);

nu = atan2( (sqrt(1-e^2)\*sin(E\_k))/(1 - e\*cos(E\_k)),(cos(E\_k) - e)/(1 - e\*cos(E\_k)));

Phi\_k = nu + omega;

deltau = C\_us\*sin(2\*Phi\_k) + C\_uc\*cos(2\*Phi\_k);

deltar = C\_rs\*sin(2\*Phi\_k) + C\_rc\*cos(2\*Phi\_k);

deltai = C\_is\*sin(2\*Phi\_k) + C\_ic\*cos(2\*Phi\_k);

uk = Phi\_k+deltau;

rk = A\*(1 - e\*cos(E\_k)) + deltar;

ik = I + deltai+ IDOT\*tk;

x\_k\_orb = rk\*cos(uk);

y\_k\_orb = rk\*sin(uk);

Omega\_k = OMEGA0 + (OMEGAdot - dOmega)\*tk - dOmega\*toe;

x\_k = x\_k\_orb\*cos(Omega\_k) - y\_k\_orb\*cos(ik)\*sin(Omega\_k);

y\_k = x\_k\_orb\*sin(Omega\_k) + y\_k\_orb\*cos(ik)\*cos(Omega\_k);

z\_k = y\_k\_orb\*sin(ik);

X(1,i) = x\_k;

Y(1,i) = y\_k;

Z(1,i) = z\_k;

r = sqrt((x\_k)^2 + (y\_k)^2 + (z\_k)^2);

theta = dOmega \* tk;

x\_eci = x\_k\*cos(theta) - y\_k\*sin(theta);

y\_eci = x\_k\*sin(theta) + y\_k\*cos(theta);

z\_eci = z\_k;

X\_eci(1,i) = x\_eci;

Y\_eci(1,i) = y\_eci;

Z\_eci(1,i) = z\_eci;

% Построим диаграмму SkyView

moscowLatitude = 55.75;

moscowLongitude = 37.62;

moscowHeight = 150;

[East, North, Up] = ecef2enu(x\_k, y\_k, z\_k, moscowLatitude, moscowLongitude, moscowHeight, wgs84Ellipsoid);

rangeFromRecieverToSatellite = sqrt(East^2 + North^2 + Up^2);

elevation(i) = -asin(Up/rangeFromRecieverToSatellite)\*180/pi + 90;

azimuth(i) = atan2(East, North);

end

% Построение SkyView

figure;

polar (azimuth, elevation);

title('SkyView');

grid on;

camroll(90);

N = 20;

thetavec = linspace(0,pi,N);

phivec = linspace(0,2\*pi,2\*N);

[th, ph] = meshgrid(thetavec,phivec);

R = 6.371\*10^6;

x = R.\*sin(th).\*cos(ph);

y = R.\*sin(th).\*sin(ph);

z = R.\*cos(th);

figure;

surf(x,y,z);

axis equal

hold on

plot3(X(1,:), Y(1,:),Z(1,:));

axis vis3d

grid on

title('Earth-Centered, Earth-Fixed (ECEF) coordinate system');

xlabel('X, m');

ylabel('Y, m');

zlabel('Z, m');

figure ;

surf(x,y,z);

axis equal

hold on

plot3(X\_eci(1,:), Y\_eci(1,:),Z\_eci(1,:));

axis vis3d

grid on

title('Earth-centered inertial (ECI) coordinate system');

xlabel('X, m');

ylabel('Y, m');

zlabel('Z, m');

**2.3 Результат моделирования в среде MatLab**

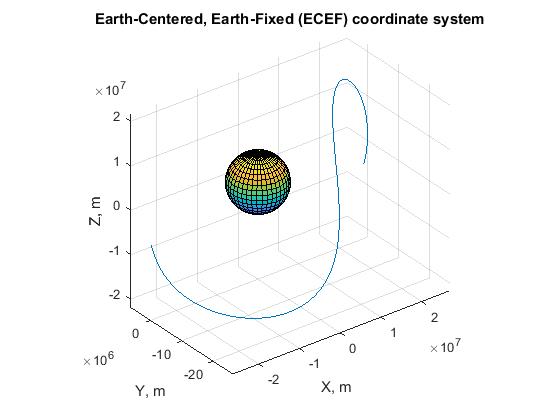


Рис.2.1 Траектории спутника в системе координат ECEF

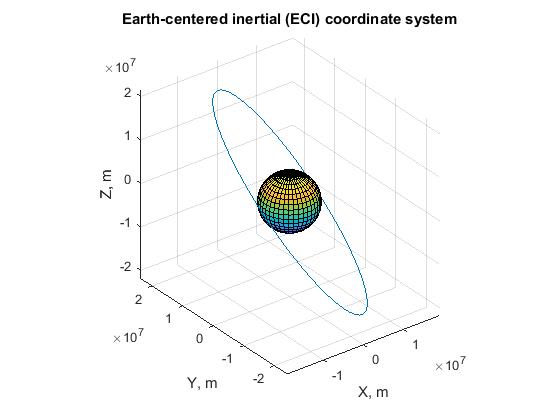


Рис.2.2 Траектории спутника в системе координат ECI

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\packard_bell\Desktop\корогодя2.jpg  Рис.2.3а SkyView полученное при моделировании в MatLab | C:\Users\packard_bell\Desktop\корогодя22.jpg  Рис.2.3б SkyView полученное при моделировании в MatLab |
| Рис.2.4а SkyView полученное в GNSS Planing Online    Рис.2.4в SkyView полученное в GNSS Planing Online | Рис.2.4б SkyView полученное в GNSS Planing Online |

**2.4 Вывод по этапу**

В ходе предыдущего этапа данного курсового проекта были получены данные эфемерид спутников. На данном этапе требовалось, используя полученные эфемериды, промоделировать положение спутника в разные моменты времени и построить траекторию его движения. Рассчитанные в Matlab и полученное положение спутников в GNSS Planing Online совпадают.

**Вывод**

В ходе выполнения курсового проекта по дисциплине «Аппаратура потребителей спутниковых радионавигационных систем» были получены практические знания об обработке сигналов СРНС на основании измерений навигационных приемников. Изучили методы простейшего моделирования движения спутника с помощью онлайн-сервиса Trimble GNSS Planning Online. Во втором этапе курсового проекта произвели моделирование траектории движения спутника по полученным эфемеридам. В третьем этапе курсового проекта была произведена вторичная обработка движения спутника. Так же произвели анализ утечек.