**Национальный исследовательский университет**

**«МЭИ»**

**Институт радиотехники и электроники**

**Кафедра радиотехнических систем**

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

Контрольная работа №3

ФИО студента: Жеребин В.Р.

Группа: ЭР-15-15

Вариант №: 3

Дата: 05.05.20

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

ФИО преподавателя: Шатилов А.Ю.

Оценка: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Москва, 2020 г.**

**Дано**:

1. Система и тип радионавигационного сигнала.
2. Если сигнал имеет 2 компоненты (пилотную и информационную), то задан системный номер НКА, с которого излучается этот сигнал.
3. Если сигнал имеет только информационную компоненту, то заданы 2 системных номера радионавигационного сигнала, которые соответствуют системным номерам НКА.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | СРНС | Тип сигнала | № НКА | ИКД |
| 3 | GPS | L2C | 2 | IS-GPS-200G |

**Требуется**:

1. Смоделировать заданные радионавигационные сигналы в цифровой системе на промежуточной частоте с учетом уплотнения 2-х компонент (или разделения 2-х сигналов – частотного или кодового). Учесть также модуляцию

* цифровой поднесущей (если она есть);
* оверлейным кодом (если он есть);
* навигационным сообщением в виде 101010101010….

Частота дискретизации в 4 раза больше ширины спектра сигналов по главным лепесткам.

Промежуточная частота равна четверти частоты дискретизации.

Длительность выборки моделируемого сигнала 20 мс.

Начало сигнала синхронно с началом суток ШВС.

При моделировании сигнала амплитуду каждой компоненты полагать А=1.

Доплеровский сдвиг частоты и задержку полагать нулевыми.

1. Записать первые и последние 16 бит каждого дальномерного кода в уплотненном (суммарном) сигнале, проверить их по ИКД (если они там есть).
2. Записать выбранные значения частоты дискретизации и промежуточной частоты.
3. Построить график любого участка сигнальной выборки, длительностью 5 символов дальномерного кода.
4. Рассчитать и построить энергетический спектр (в дБ) и автокорреляционную функцию смоделированного суммарного сигнала.
5. Привести исходный код программы, выполняющей расчеты.

**Указания**:

1. Моделирование проводить на основе ИКД.

**Решение**:

1. Смоделированный радиосигнал GPS L2C:

Радиосигналы L2C – открытые сигналы с модуляцией BPSK(1) в диапазоне L2 (1227.60 МГц), компоненты сигнала (Data/Pilot) имеют временное уплотнение.

Запись суммарного сигнала

– дальномерный код средней длительности (CM – Code Moderate)

– дальномерный длинный код (CL – Code Long)

– навигационное сообщение

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Бинарная последовательность |  |  |  |
| Длительность элементарного символа |  | | 20 мс |
| Период | 20 мс | 1,5 с | - |
| Длинна кода | 10230 бит | 767250 бит | - |

Цифровая поднесущая и оверлейный код отсутствует.

Длительность выборки моделируемого сигнала мс.

Начало сигнала синхронно с началом суток ШВС с.

1. Первые и последние 16 бит каждого ДК:

CM-код:

|  |  |
| --- | --- |
| Первые 16 бит | Последние 16 бит |
| 1101 0000 1111 1000 | 0001 0001 1111 0000 |

Так как по ИКД проверить коды нельзя, можно проверить состояния регистров сдвига

|  |  |
| --- | --- |
| Начальное состояние | Конечное состояние |
| 7560140358 =  111 101 110 000 001 100 000 011 1012 | 0344450348 =  000 011 100 100 100 101 000 011 1002 |

Состояния регистров совпадают с ИКД, из чего можно сделать вывод о том, что CM-код сформирован верно.

CL-код:

|  |  |
| --- | --- |
| Первые 16 бит | Последние 16 бит |
| 0010 0000 0001 0010 | 1101 0001 0011 1100 |

Аналогично CM-коду, проверяем состояния регистров сдвига

|  |  |
| --- | --- |
| Начальное состояние | Конечное состояние |
| 5066103628 =  101 000 110 110 001 000 011 110 0102 | 1675160668 =  001 110 111 101 001 110 000 110 1102 |

Состояния регистров совпадают с ИКД, из чего можно сделать вывод о том, что CL-код так же сформирован верно.

1. Ширина спектра по главным лепесткам МГц.

Частота дискретизации МГц.

Промежуточная частота МГц.

1. График участка сигнальной выборки, длительностью 5 символов дальномерного кода.

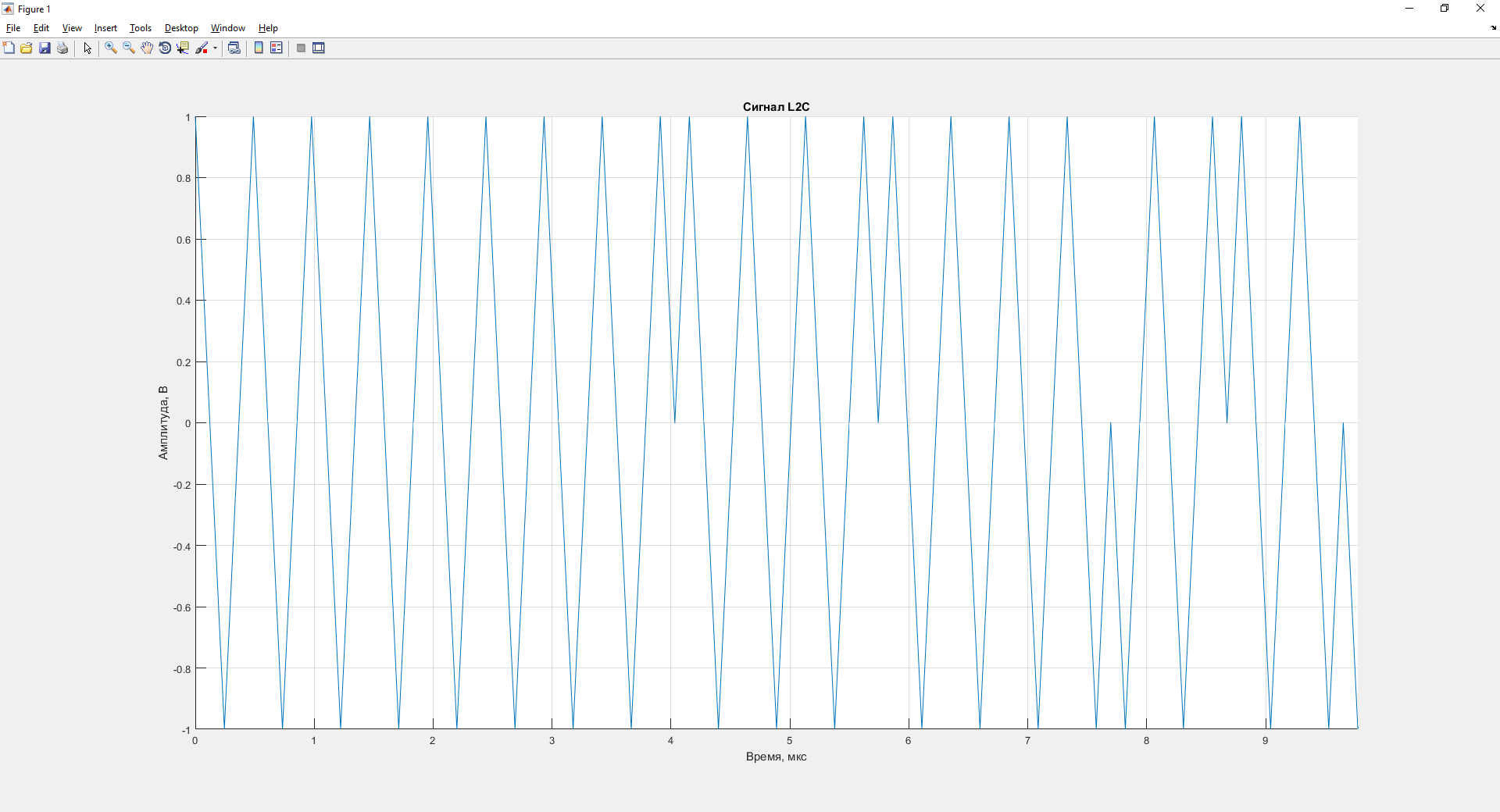


Рисунок 1 – График сигнал GPS L2C

5 символов ДК составляют:

1. Расчёт и построение энергетического спектра (в дБ) и автокорреляционной функции смоделированного сигнала.

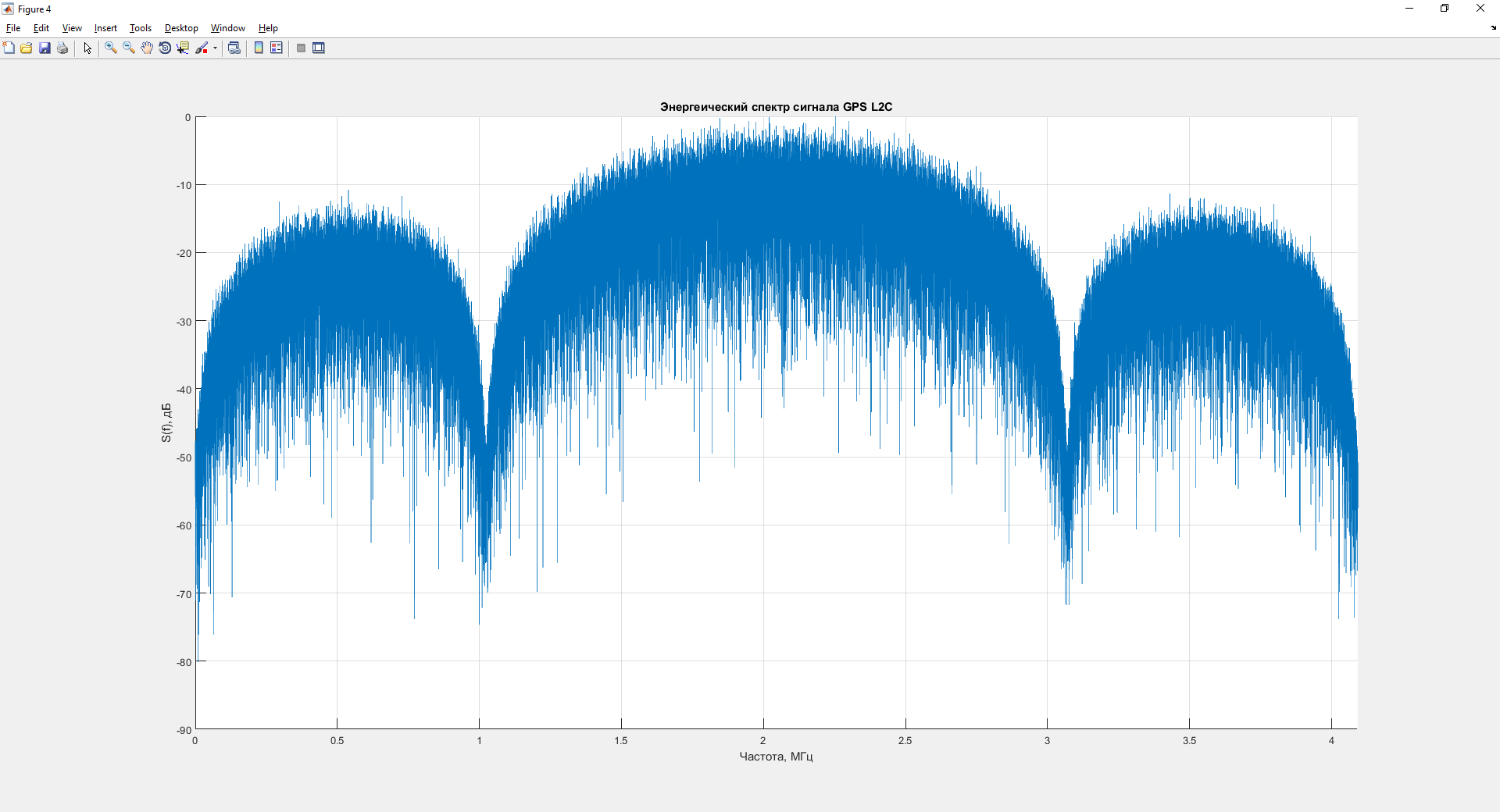


Рисунок 2 – Энергетический спектр сигнала GPS L2C

Для нахождения автокорреляционной функции воспользуемся теоремой Виннера-Хинчина.

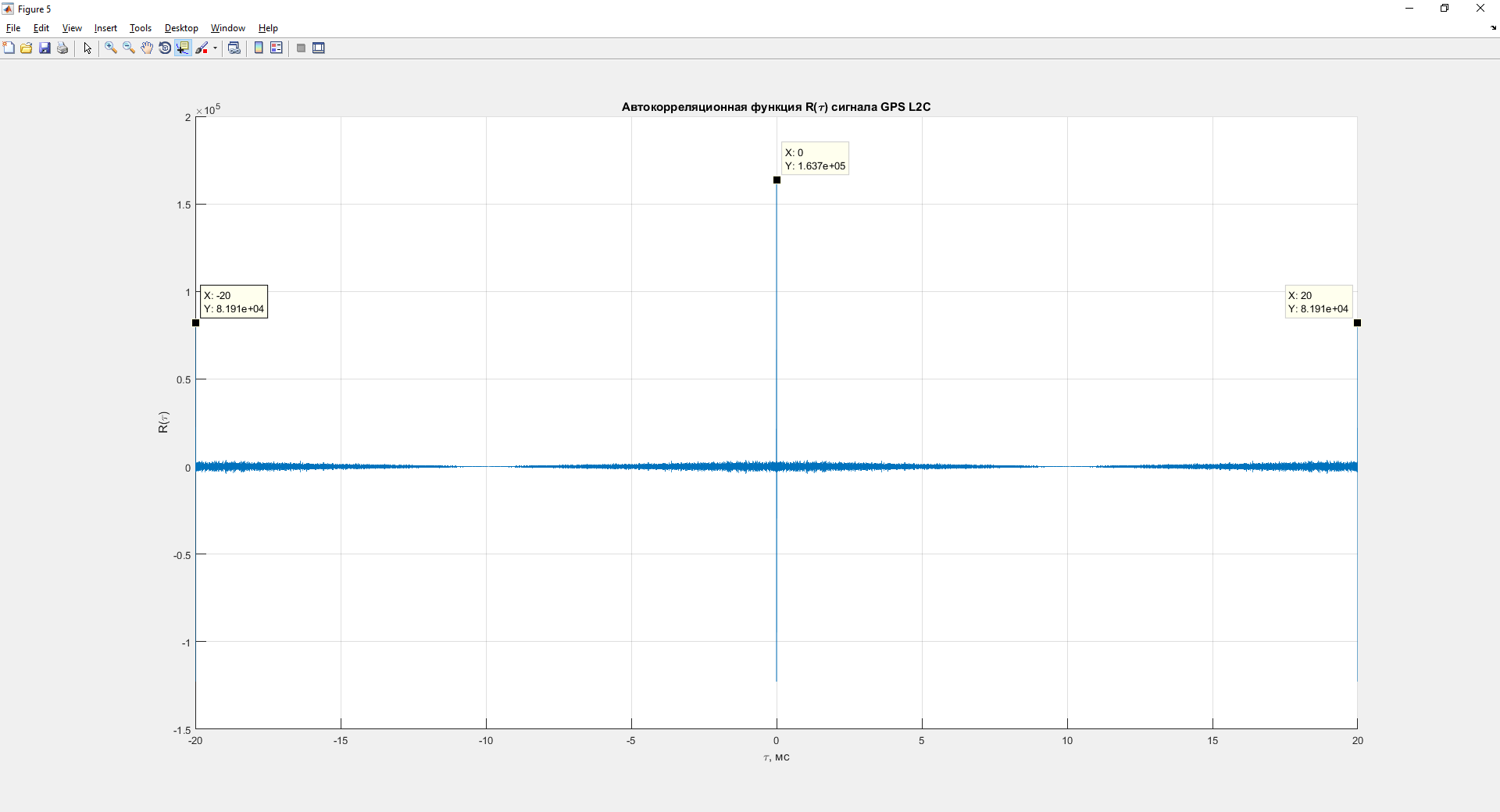


Рисунок 3 – Автокорреляционная функция сигнала GPS L2C

В нуле АКФ имеет свой максимум (163681), и именно такое число отсчетов смоделированного сигнала.

На границах рисунка 3 видны корреляционные пики, соответствующие периодичности CM-кода. Его период составляет как раз 20 мс.

1. Исходный код программы, выполняющей расчеты:

close all; clear all; clc;

format long

%% GPS L2C

f\_L2 = 1227.6e6; % Несущая частота [Гц]

%% Нав. сообщение Navigation Data

chip\_ND = 20e-3; % Длительность элементарного символа [с]

G\_ND = [-1 1]; % Содержание нав. сообщения

L\_ND = length(G\_ND);

%% Формирование ДК

% CM-код (информационная компонента)

T\_CM = 20e-3; % Период кода [с]

L\_CM = 10230; % Длина кода [бит]

Ft\_CM = 0.5115e6; % Частота выборки символов [бит/с]

chip\_CM = 1/Ft\_CM; % Длительность элементарного символа [с]

% CL-код (пилотная компонента)

T\_CL = 1.5; % Период кода [с]

L\_CL = 767250; % Длина кода [бит]

Ft\_CL = 0.5115e6; % Частота выборки символов [бит/с]

chip\_CL = 1/Ft\_CL; % Длительность элементарного символа [с]

% Начальное состояние регистров сдвига (Initial Shift Register State)

ISRS\_CM = [1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1]; %756014035

ISRS\_CL = [1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0]; %506610362

% Расчет ДК

DK\_L2C\_CM\_out = DK\_L2C\_calc( ISRS\_CM,L\_CM );

DK\_L2C\_CL\_out = DK\_L2C\_calc( ISRS\_CL,L\_CL );

%% Натягивание на время

fc = 2.046e6; % Ширина спектра по главномым лепесткам - частота выборки символов ДК

fs = 4 \* fc; % Частота дискретизации

ts = 1 / fs; % Период дискретизации

f0 = fs / 4; % Промежуточная частота

A = 1; % Амплитуда

k = 0; % номер текущего отсчета

tk = 0; % Время старта

toe = 20e-3; % Время окончания

t\_akf = [-toe+ts:ts:toe-ts];

while tk <= toe

k = k + 1;

tout(k) = tk;

%Формирование CM-кода

N\_chip\_CM(k) = mod( fix(tk/chip\_CM), L\_CM ) + 1;

DK\_out\_CM(k) = DK\_L2C\_CM\_out(N\_chip\_CM(k));

% Формирование CL-кода

N\_chip\_CL(k) = mod( fix(tk/chip\_CL), L\_CL ) + 1;

DK\_out\_CL(k) = DK\_L2C\_CL\_out(N\_chip\_CL(k));

% Формирование навигационного сообщения

N\_chip\_ND(k) = mod( fix(tk/chip\_ND), L\_ND ) + 1;

DK\_out\_ND(k) = G\_ND(N\_chip\_ND(k));

% временное уплотнение Time Multiplexing

TM\_valid(k) = mod( fix(2\*(tk/chip\_CM)), 2 );

if TM\_valid(k)

DKout(k) = DK\_out\_CL(k);

else

DKout(k) = DK\_out\_CM(k)\*DK\_out\_ND(k);

end

tk = tk + ts;

end

signal\_L2C = A\*DKout.\*cos(2\*pi\*f0\*tout);

%% Энергетический спектр и АКФ

% ДК CL

S\_CL = fft(DK\_out\_CL);

SS\_CL = S\_CL.\*conj(S\_CL);

AKF\_CL = real( ifft(SS\_CL) );

AKF\_CL\_plot = [AKF\_CL(length(AKF\_CL):-1:2),AKF\_CL];

% ДК CM

S\_CM = fft(DK\_out\_CM);

SS\_CM = S\_CM.\*conj(S\_CM);

AKF\_CM = real( ifft(SS\_CM) );

AKF\_CM\_plot = [AKF\_CM(length(AKF\_CM):-1:2),AKF\_CM];

% Сигнал

F = 0:1/toe:(fs-1/toe); % Формирование оси частот

S\_signal = fft(signal\_L2C);

SS\_signal = S\_signal.\*conj(S\_signal);

SSS\_signal = 2\*SS\_signal(1:length(F));

AKF\_signal = real( ifft(SSS\_signal) );

AKF\_signal\_plot = [AKF\_signal(length(AKF\_signal):-1:2),AKF\_signal];

%% Графики

figure

hold on grid on

plot(tout\*1e6, signal\_L2C)

xlim([0 5]\*chip\_CM\*1e6)

title('Сигнал L2C')

xlabel('Время, мкс')

ylabel('Амплитуда, В')

figure

hold on grid on

plot(tout\*1e3,DKout)

xlabel('Время, мс')

figure

hold on grid on

plot(tout\*1e3,N\_chip\_CM,tout\*1e3,N\_chip\_CL,tout\*1e3,TM\_valid)

legend('DK CM','DK CL','TM valid')

xlabel('Время, мс')

figure

hold on grid on

plot(F\*1e-6, 10\*log10(abs(SSS\_signal)/abs(max(SSS\_signal))))

xlim([0 2\*fc]\*1e-6)

title('Энергеический спектр сигнала GPS L2C')

xlabel('Частота, МГц')

ylabel('S(f), дБ')

figure

hold on grid on

plot(t\_akf\*1e3, AKF\_signal\_plot)

title('Автокорреляционная функция R(\tau) сигнала GPS L2C')

ylabel('R(\tau)');

xlabel('\tau, мс');

%

% figure

% hold on

% grid on

% plot([-length(AKF\_CM)+1:length(AKF\_CM)-1], AKF\_CM\_plot)

% xlim([-length(AKF\_CM) length(AKF\_CM)]);

% title('Автокорреляционная функция R(\tau) CM кода')

% ylabel('R(\tau)');

% xlabel('\tau, с');

%

% figure

% hold on

% grid on

% plot([-length(AKF\_CL)+1:length(AKF\_CL)-1], AKF\_CL\_plot)

% xlim([-length(AKF\_CL) length(AKF\_CL)]);

% title('Автокорреляционная функция R(\tau) CL кода')

% ylabel('R(\tau)');

% xlabel('\tau, с');

%% Функция расчета дальномерного кода для сигнала GPS L2C

function DK\_L2C\_out = DK\_L2C\_calc( ISRS,L )

DK\_L2C\_out01(1) = ISRS(27);

for k = 2:L

% Выход

DK\_L2C\_out01(k) = ISRS(27);

% Обратная связь

ISRS(3) = xor( ISRS(27),ISRS(3) );

ISRS(6) = xor( ISRS(27),ISRS(6) );

ISRS(8) = xor( ISRS(27),ISRS(8) );

ISRS(11) = xor( ISRS(27),ISRS(11) );

ISRS(14) = xor( ISRS(27),ISRS(14) );

ISRS(16) = xor( ISRS(27),ISRS(16) );

ISRS(18) = xor( ISRS(27),ISRS(18) );

ISRS(21) = xor( ISRS(27),ISRS(21) );

ISRS(22) = xor( ISRS(27),ISRS(22) );

ISRS(23) = xor( ISRS(27),ISRS(23) );

ISRS(24) = xor( ISRS(27),ISRS(24) );

% Сдвиг

ISRS\_copy = ISRS;

ISRS(1) = ISRS\_copy(27);

for i = 2:27

ISRS(i) = ISRS\_copy(i-1);

end

clear ISRS\_copy

end

% Получение массива +-1

for k = 1:L

if DK\_L2C\_out01(k)

DK\_L2C\_out(k) = -1;

else

DK\_L2C\_out(k) = +1;

end

end

end