



**«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

ФАКУЛЬТЕТ

Информатики и систем управления

КАФЕДРА

Проектирования и технологии производства ЭА

Се м и н а р № 2

**п о к у р с у « Ц и ф р о в а я о б р а б о т к а
с и г н а л о в »**

Студент

Корчагин А.И.
(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Преподаватель

Леонидов В.В.
(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

1 СРАВНЕНИЕ ОБЫЧНОГО И ДИСКРЕТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ

```
clear;
close all;
fs = 8000;

ts = 0 : 1/fs : 0.01-1/fs;
N = length(ts);

x = sin(2*pi*1200*ts) + 0.5*sin(2*pi*2700*ts + 3*pi/4);

tic;
X1 = zeros(N);
for m = 1 : N
    for n = 1 : N
        X1(m) = X1(m) + x(n) * (cos(2*pi*(m-1)*(n-1)/N) - ...
            1i*sin(2*pi*(m-1)*(n-1)/N));
    end
end
toc;

tic;
X = fft(x);
toc;

figure('Name', 'БПФ');
subplot(3, 2, 1);
plot(x); grid on; title("Исходный сигнал");
subplot(3, 2, 3);
stem(real(X)); grid on; title('Действительная часть');
subplot(3, 2, 5);
stem(imag(X)); grid on; title('Мнимая часть');
subplot(3, 2, 2);
stem(abs(X)); grid on; title('Амплитуда');
subplot(3, 2, 4);
stem(angle(X)*180/pi); grid on; title('Фаза');

Xm = 2*abs(X) / N;
F = (0 : N-1)*fs/N;
subplot(3, 2, 6);
stem(F, Xm); grid on; title('Нормированная Амплитуда и частота');

figure('Name', 'ПФ');
subplot(3, 2, 1);
plot(x); grid on; title("Исходный сигнал");
subplot(3, 2, 3);
stem(real(X1)); grid on; title('Действительная часть');
subplot(3, 2, 5);
stem(imag(X1)); grid on; title('Мнимая часть');
subplot(3, 2, 2);
stem(abs(X1)); grid on; title('Амплитуда');
```

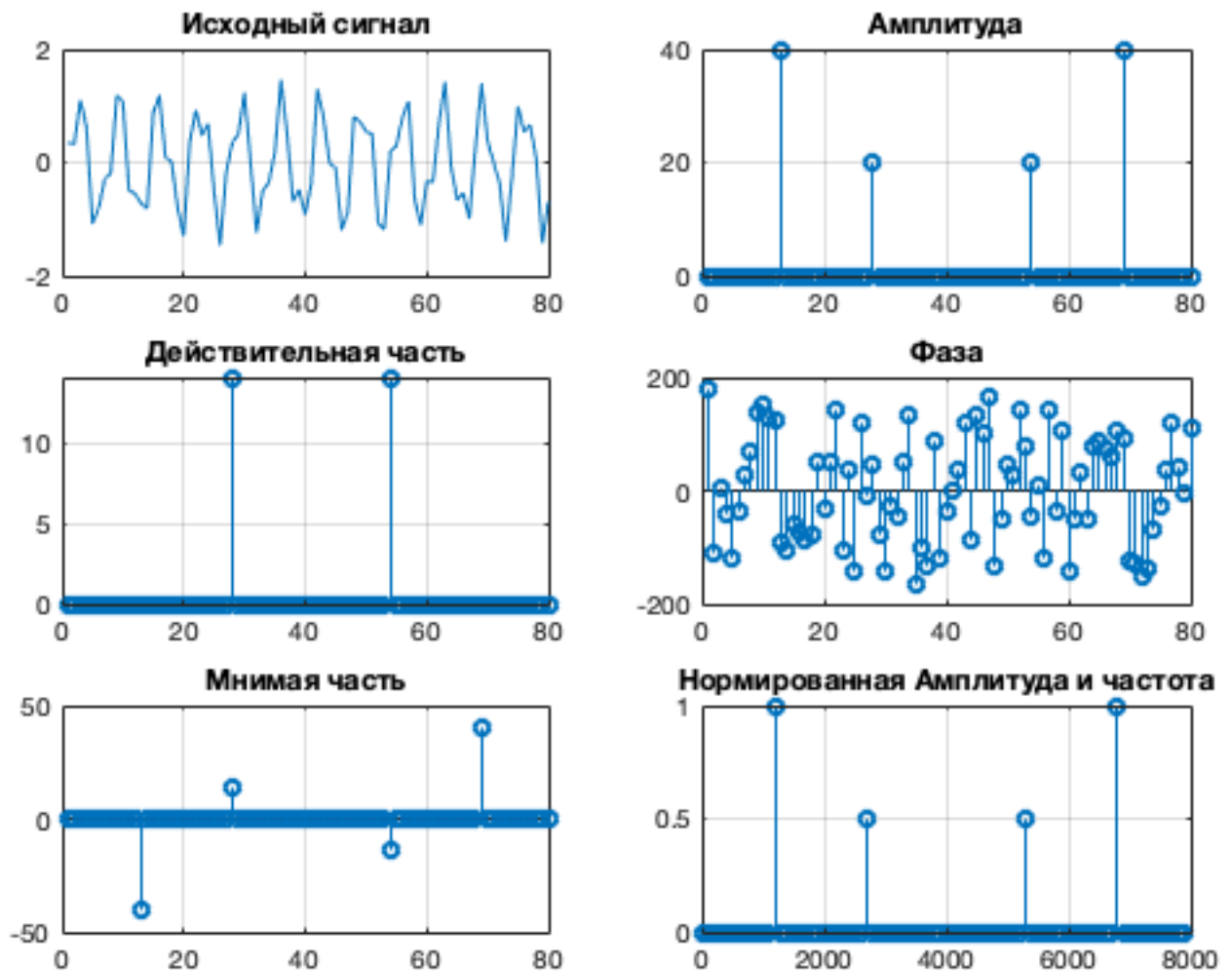
```

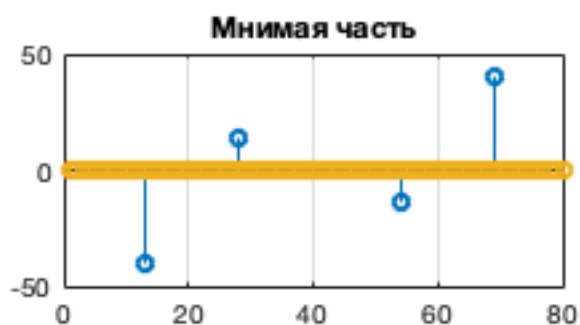
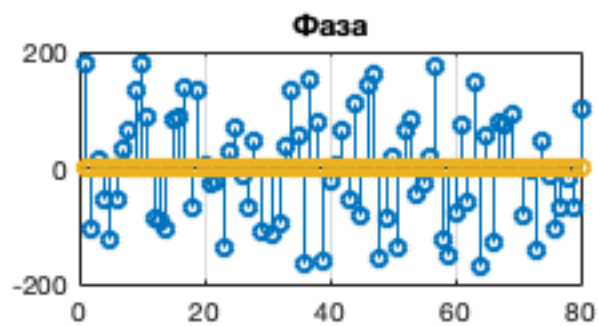
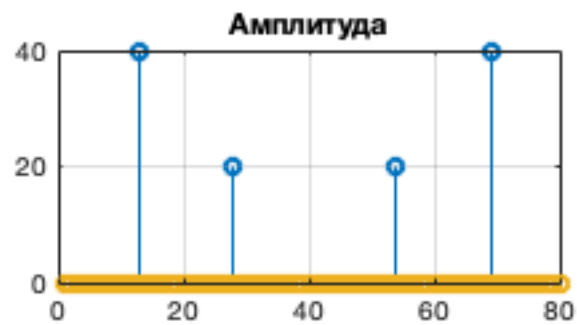
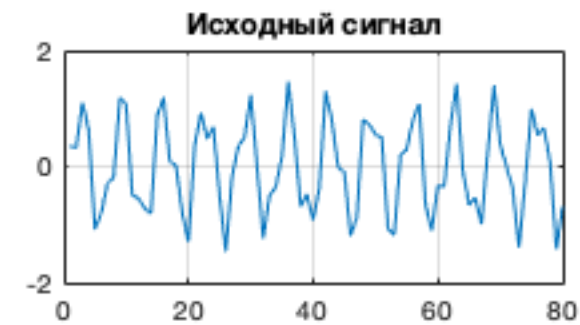
subplot(3, 2, 4);
stem(angle(X1)*180/pi); grid on; title('Фаза');
Xm = 2*abs(X1) / N;
F = (0 : N-1)*fs/N;
subplot(3, 2, 6);
stem(F, Xm); grid on; title('Нормированная Амплитуда и частота');

```

Elapsed time is 0.007274 seconds.

Elapsed time is 0.287804 seconds.





```

##### 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОМЕХИ В СИГНАЛЕ ПРИ ПОМОЩИ ВЗВЕШАННОГО ОКНА ХЕННИНГА ##
#%
clear;
close all;

fs = 9000;

ts = 0 : 1/fs : 0.05-1/fs;
N = length(ts);

f01 = 4500;
f02 = 4605;
f03 = 4900;

fp = 4905;
ap = 0.2;

x1 = sin(2*pi*f01*ts)+ap*sin(2*pi*fp*ts);
x2 = sin(2*pi*f02*ts)+ap*sin(2*pi*fp*ts);
x3 = sin(2*pi*f03*ts)+ap*sin(2*pi*fp*ts);

X1 = abs(fft(x1));
X2 = abs(fft(x2));
X3 = abs(fft(x3));

figure;
subplot(3, 4, 1);
plot(x1), grid on; title([num2str(f01), 'Гц']);
subplot(3, 4, 5);
plot(x2); grid on; title([num2str(f02), 'Гц']);
subplot(3, 4, 9);
plot(x3); grid on; title([num2str(f03), 'Гц']);

subplot(3, 4, 2);
stem(X1, "Marker", '*'); grid on; title(['БПФ ', num2str(f01), 'Гц']);
subplot(3, 4, 6);
stem(X2, "Marker", '*'); grid on; title(['БПФ ', num2str(f02), 'Гц']);
subplot(3, 4, 10);
stem(X3, "Marker", '*'); grid on; title(['БПФ ', num2str(f03), 'Гц']);

h = hanning(N)';

x1w = x1.*hanning(N)';
x2w = x2.*hanning(N)';
x3w = x3.*hanning(N)';

x1t = x1.*triang(N)';
x2t = x2.*triang(N)';
x3t = x3.*triang(N)';

```

```

subplot(3, 4, 3);
stem(x1w), grid on; title("Умножение на окно");
subplot(3, 4, 7);
stem(x2w), grid on; title("Умножение на окно");
subplot(3, 4, 11);
stem(x3w), grid on; title("Умножение на окно");

X1w = abs(fft(x1w));
X2w = abs(fft(x2w));
X3w = abs(fft(x3w));

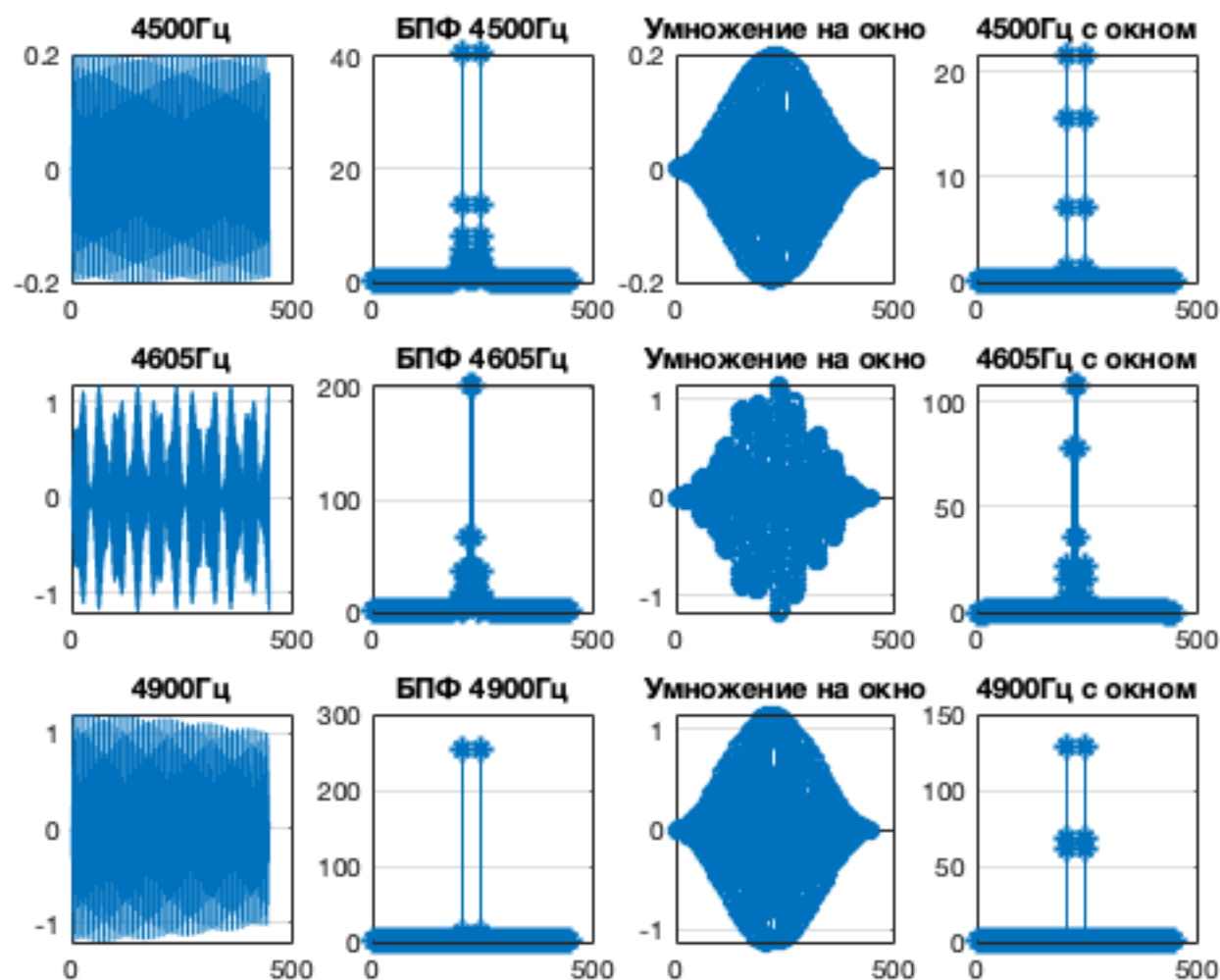
subplot(3, 4, 4);
stem(X1w, "Marker", '*'); grid on; title([num2str(f01), 'Гц с окном']);
subplot(3, 4, 8);
stem(X2w, "Marker", '*'); grid on; title([num2str(f02), 'Гц с окном']);
subplot(3, 4, 12);
stem(X3w, "Marker", '*'); grid on; title([num2str(f03), 'Гц с окном']);

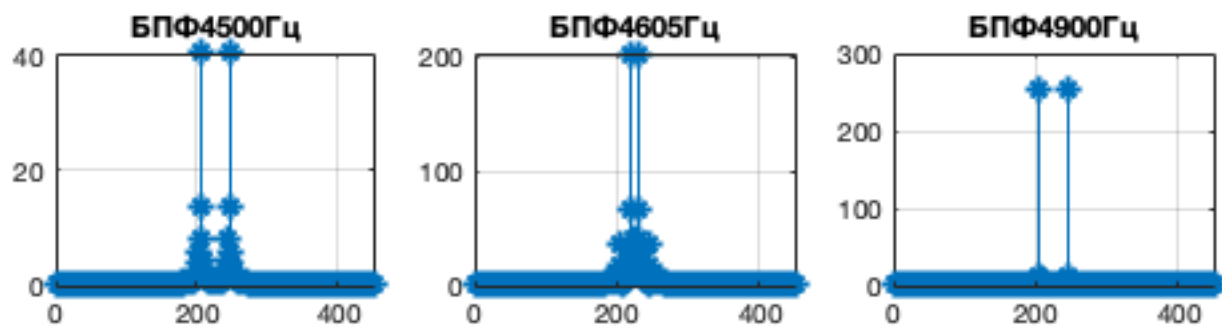
figure;
subplot(3, 3, 1);
stem(X1, "Marker", '*'); grid on; title(['БПФ', num2str(f01), 'Гц']);
subplot(3, 3, 2);
stem(X2, "Marker", '*'); grid on; title(['БПФ', num2str(f02), 'Гц']);
subplot(3, 3, 3);
stem(X3, "Marker", '*'); grid on; title(['БПФ', num2str(f03), 'Гц']);

subplot(3, 3, 4);
plot(x1t); grid on; title("Произведение на треугольне окно");
subplot(3, 3, 5);
plot(x2t); grid on; title("Произведение на треугольне окно");
subplot(3, 3, 6);
plot(x3t); grid on; title("Произведение на треугольне окно");

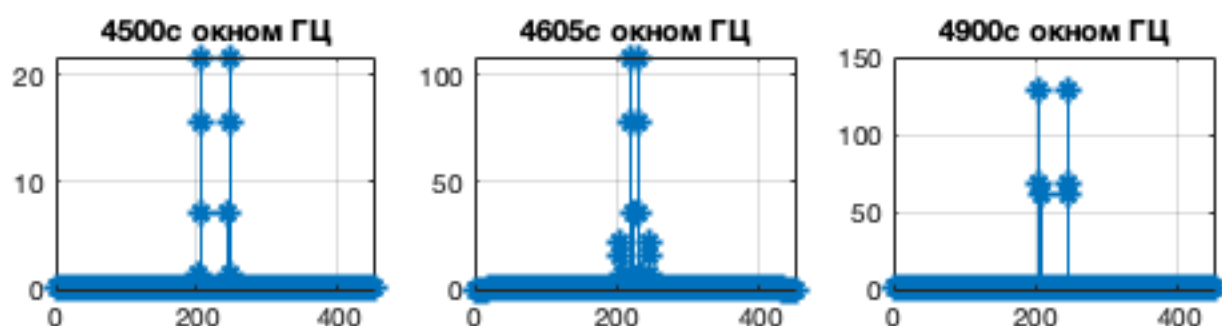
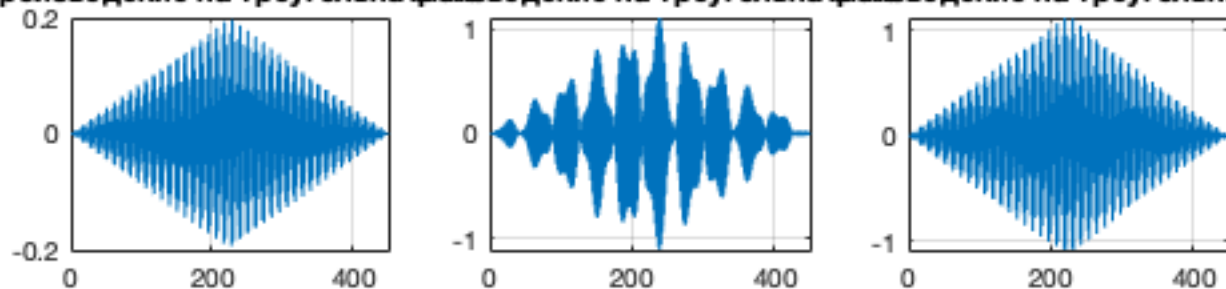
subplot(3, 3, 7);
stem(X1w, "Marker", '*'); grid on; title([num2str(f01), 'с окном Гц']);
subplot(3, 3, 8);
stem(X2w, "Marker", '*'); grid on; title([num2str(f02), 'с окном Гц']);
subplot(3, 3, 9);
stem(X3w, "Marker", '*'); grid on; title([num2str(f03), 'с окном Гц']);

```





Произведение на треугольное окно Произведение на треугольное окно Произведение на треугольное окно




```
##### 3 УЛУЧШЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТА БПФ С ПОМОЩЬЮ ДОБАВЛЕНИЙ НУЛЕЙ #####
clear;
close all;

fs = 2;
ts = 0 : 1/fs : 20-1/fs;

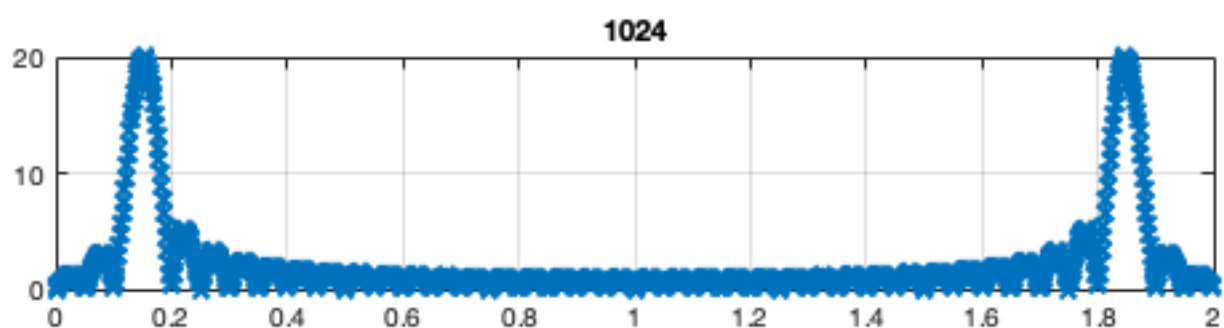
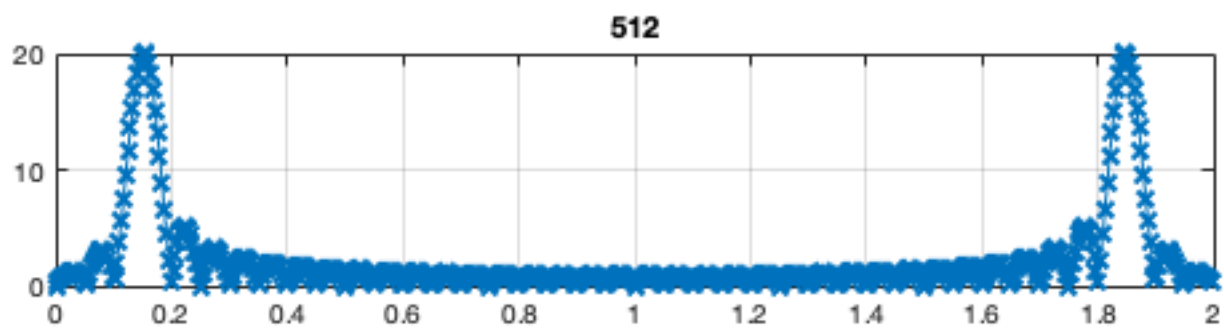
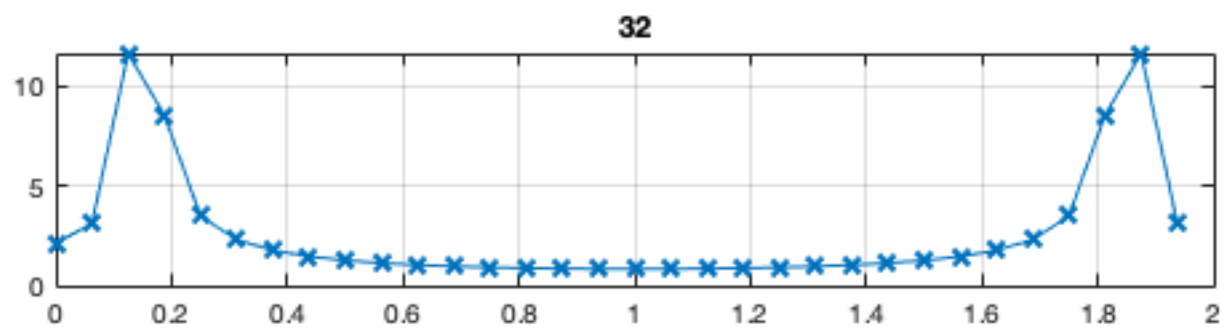
x = cos(2*pi*0.15*ts);

N1 = 32;
N2 = 512;
N3 = 1024;

X1 = abs(fft(x, N1));
X2 = abs(fft(x, N2));
X3 = abs(fft(x, N3));

F1 = (0 : N1-1)*fs/N1;
F2 = (0 : N2-1)*fs/N2;
F3 = (0 : N3-1)*fs/N3;

figure;
subplot(3, 1, 1);
plot(F1, X1, '-x'), grid on, title([num2str(N1)]);
subplot(3, 1, 2);
plot(F2, X2, '-x'), grid on, title([num2str(N2)]);
subplot(3, 1, 3);
plot(F3, X3, '-x'), grid on, title([num2str(N3)]);
```



4 УЛУЧШЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТА БПФ С ПОМОЩЬЮ ДОБАВЛЕНИЙ ЧИСЛА ПЕРИУДОВ

```
clear;
```

```
close all;
```

```
fs = 2;
```

```
ts = 0 : 1/fs : 20-1/fs;
```

```
x1 = cos(2*pi*0.15*ts);
```

```
x2 = [x1 x1];
```

```
x3 = [x1 x1 x1];
```

```
N1 = length(x1);
```

```
N2 = length(x2);
```

```
N3 = length(x3);
```

```
X1 = abs(fft(x1));
```

```
X2 = abs(fft(x2));
```

```
X3 = abs(fft(x3));
```

```
subplot(3, 2, 1);
```

```
plot(x1), grid on, title('3 period'), axis([0 90 -1 1]);
```

```
subplot(3, 2, 3);
```

```
plot(x2), grid on, title('6 period'), axis([0 90 -1 1]);
```

```
subplot(3, 2, 5);
```

```
plot(x3), grid on, title('9 period'), axis([0 90 -1 1]);
```

```
F1 = (0 : N1-1)*fs/N1;
```

```
F2 = (0 : N2-1)*fs/N2;
```

```
F3 = (0 : N3-1)*fs/N3;
```

```
subplot(3, 2, 2);
```

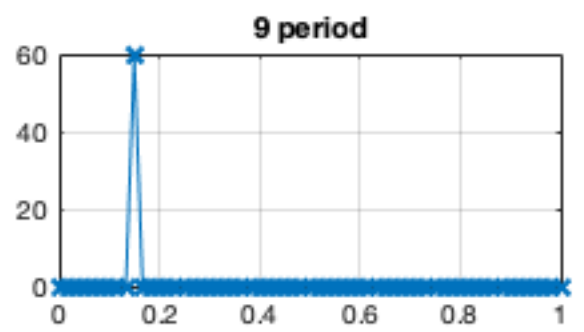
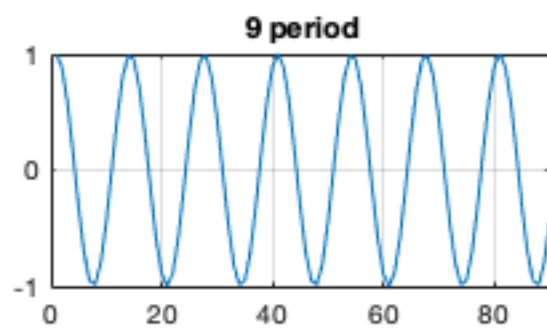
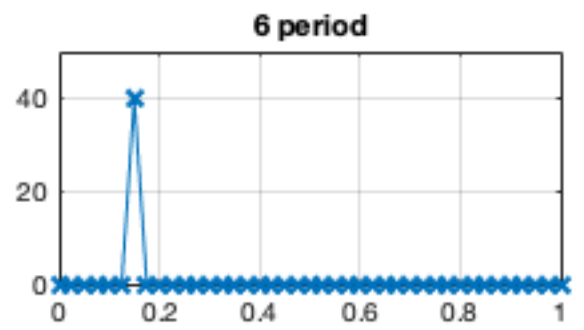
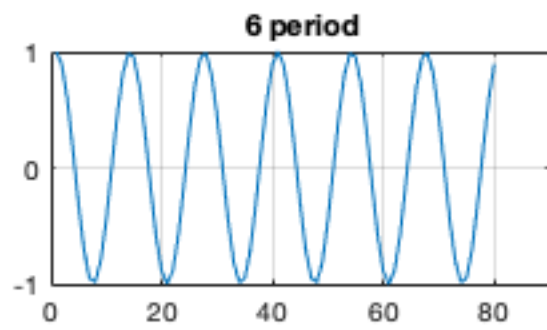
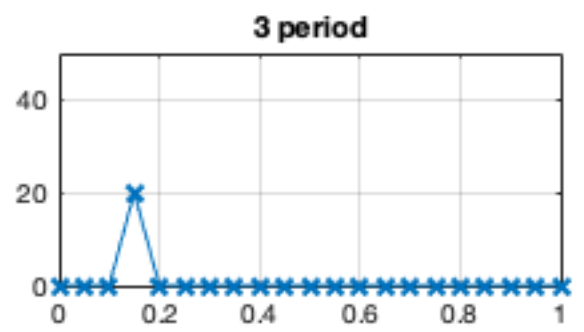
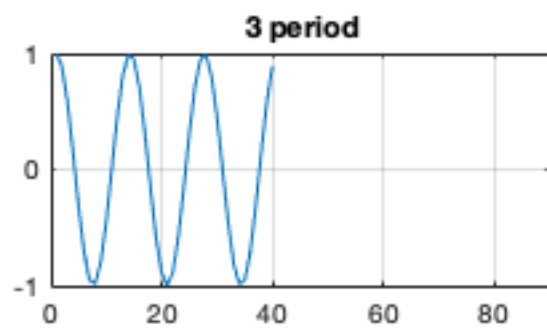
```
plot(F1, X1, '-x'), grid on, title('3 period'), axis([0 1 0 50]);
```

```
subplot(3, 2, 4);
```

```
plot(F2, X2, '-x'), grid on, title('6 period'), axis([0 1 0 50]);
```

```
subplot(3, 2, 6);
```

```
plot(F3, X3, '-x'), grid on, title('9 period'), axis([0 1 0 60]);
```



```
##### 5 ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ #####
```

```
clear;
```

```
close all;
```

```
Fs = 150;
```

```
T = 3;
```

```
ts= 0 : 1/Fs : T - 1/Fs;
```

```
f1 = 25;
```

```
f2 = 40;
```

```
f3 = 55;
```

```
x = sin(2*pi*f1*ts) +...
```

```
    sin(2*pi*f2*ts) +...
```

```
    sin(2*pi*f3*ts);
```

```
subplot(2,2,1);
```

```
plot(x); grid on; title('сигналы идут одновременно');
```

```
subplot(2,2,2);
```

```
stem(abs(fft(x))); grid on; title('БПФ сигналы идут одновременно');
```

```
t1 = 0 : 1/Fs : 1-1/Fs;
```

```
t2 = 1 : 1/Fs : 2-1/Fs;
```

```
t3 = 2 : 1/Fs : 3-1/Fs;
```

```
l1 = length(t1);
```

```
l2 = length(t2);
```

```
l3 = length(t3);
```

```
x1(1 : l1) = sin(2*pi*f1*t1);
```

```
x1(l1 + 1 : l1 + l2 ) = sin(2*pi*f2*t2);
```

```
x1(l1 + l2 + 1 : l1 + l2 + l3) = sin(2*pi*f3*t3);
```

```
subplot(2,2,3);
```

```
plot(x1); grid on; title('Сигналы идут друг за другом');
```

```
subplot(2,2,4);
```

```
stem(abs(fft(x1))); grid on; title('БПФ сигналы идут друг за другом');
```

```
figure;
```

```
subplot(2, 2, 1);
```

```
[WX,freq] = wft(x1,Fs,'f0',0.01);
```

```
srf = surf(ts, freq, abs(WX));
```

```
set(srf, 'LineStyle', 'none'); title('0.01');
```

```
xlabel('Время'); ylabel('Частота'); zlabel('Амплитуда');
```

```
subplot(2, 2, 2);
```

```
[WX,freq] = wft(x1,Fs,'f0',0.05);
```

```
srf = surf(ts, freq, abs(WX));
```

```

set(srf, 'LineStyle', 'none'); title('0.05')
xlabel('Время'); ylabel('Частота'); zlabel('Амплитуда');

subplot(2, 2, 3);
[WX,freq] = wft(x1,Fs,'f0',0.1);
srf = surf(ts, freq, abs(WX));
set(srf, 'LineStyle', 'none'); title('0.1')
xlabel('Время'); ylabel('Частота'); zlabel('Амплитуда');

subplot(2, 2, 4);
[WX,freq] = wft(x1,Fs,'f0',0.5);
srf = surf(ts, freq, abs(WX));
set(srf, 'LineStyle', 'none'); title('0.5')
xlabel('Время'); ylabel('Частота'); zlabel('Амплитуда');

```

Estimating window parameters...

Optimal frequency bin width was determined to be 2.146968 Hz (rounded to 2×10^0)

Signal preprocessing (detrending, then filtering) and padding (31 values to the left and 31 to the right)...

Applying predictive padding: to the left - 100%; to the right - 100%;

Calculating Windowed Fourier Transform (38 frequencies from 0.000 to 74.000): 100%

Estimating window parameters...

Optimal frequency bin width was determined to be 0.429394 Hz (rounded to 4×10^{-1})

Signal preprocessing (detrending, then filtering) and padding (31 values to the left and 31 to the right)...

Applying predictive padding: to the left - 100%; to the right - 100%;

Calculating Windowed Fourier Transform (188 frequencies from 0.000 to 74.800): 100%

Estimating window parameters...

Optimal frequency bin width was determined to be 0.214697 Hz (rounded to 2×10^{-1})

Signal preprocessing (detrending, then filtering) and padding (287 values to the left and 287 to the right)...

Applying predictive padding: to the left - 100%; to the right - 100%;

Calculating Windowed Fourier Transform (376 frequencies from 0.000 to 75.000): 100%

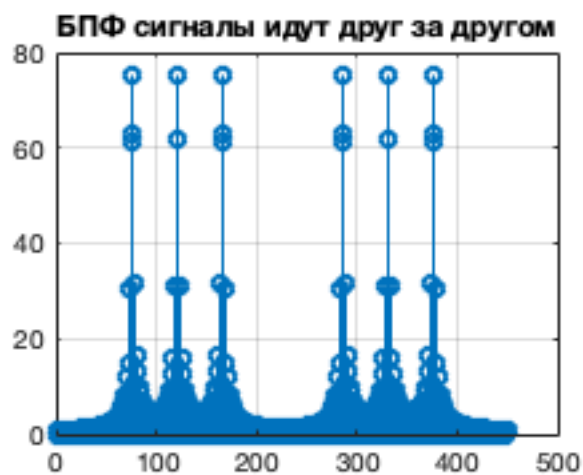
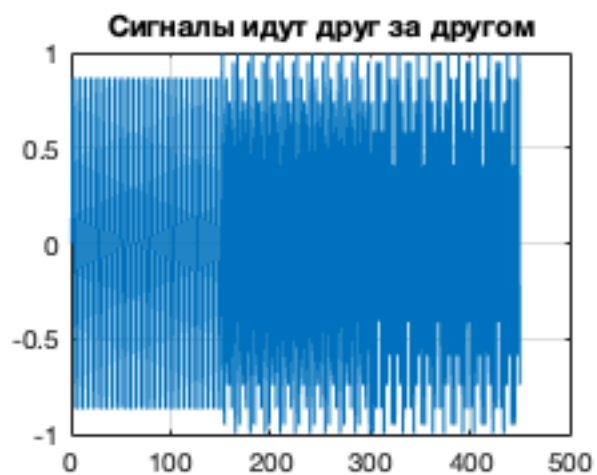
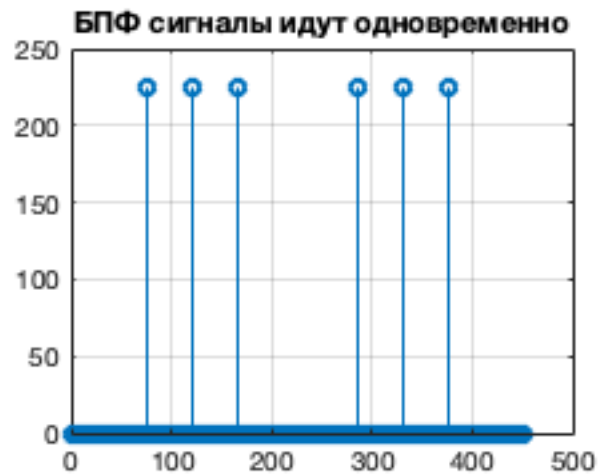
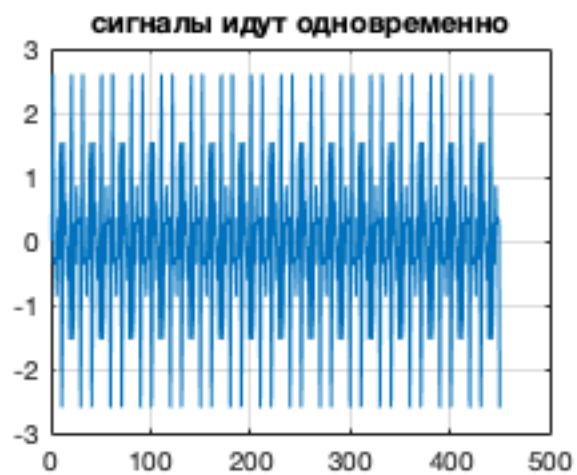
Estimating window parameters...

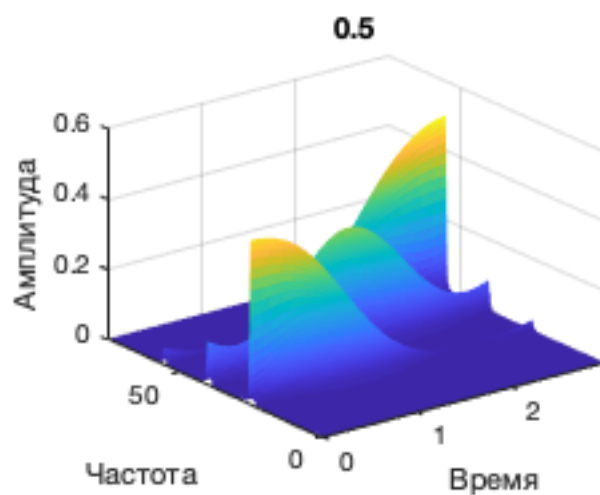
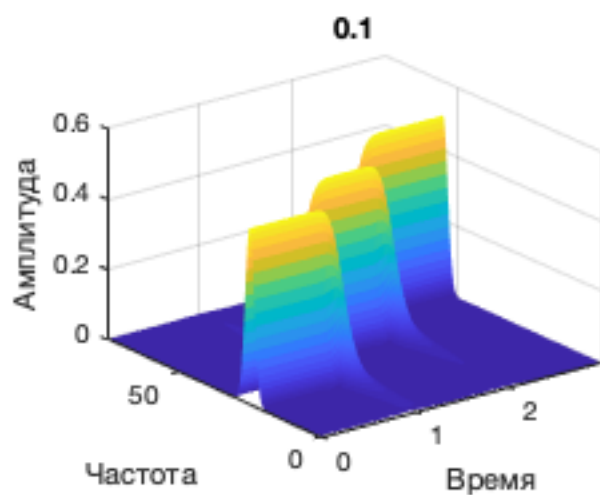
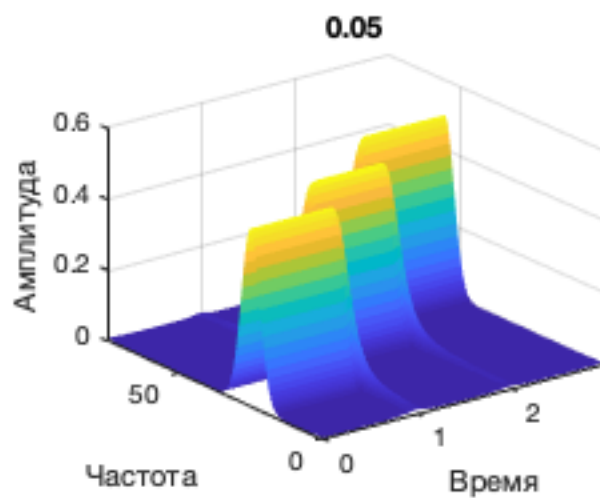
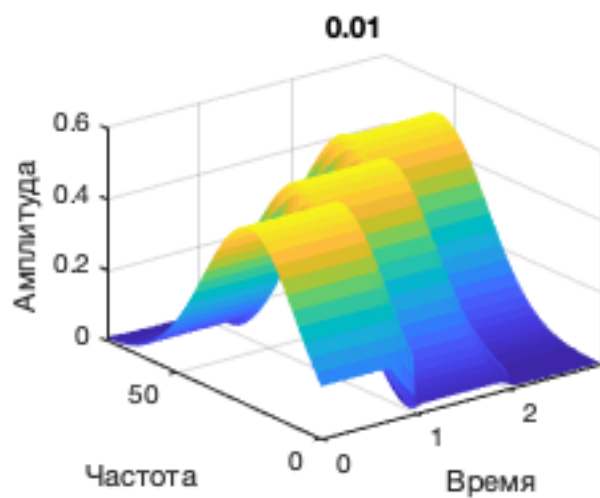
Optimal frequency bin width was determined to be 0.042939 Hz (rounded to 4×10^{-2})

Signal preprocessing (detrending, then filtering) and padding (287 values to the left and 287 to the right)...

Applying predictive padding: to the left - 100%; to the right - 100%;

Calculating Windowed Fourier Transform (1876 frequencies from 0.000 to 75.000): 100%






```
##### 6 СОЗДАНИЕ МЕАНДРА #####
```

```
clear;
```

```
close all;
```

```
N = 6; %Частота гармоник
```

```
Fs = 100; %Частота дискретизации
```

```
t = -1 : 1/Fs : 1-1/Fs; %Вектор временных отсчетов
```

```
nh = (1 : N)*2-1;
```

```
y = sin(2*pi*nh'*t);
```

```
Am = 4/pi./nh;
```

```
s1 = y.*Am';
```

```
s2 = cumsum(s1); % сумма всех значений
```

```
for k = 1:N
```

```
    subplot(3, N/1.5, k*2-1)
```

```
    plot(t, s2(k,:)); grid on; title(['Гармоника:' num2str(k)])
```

```
end
```

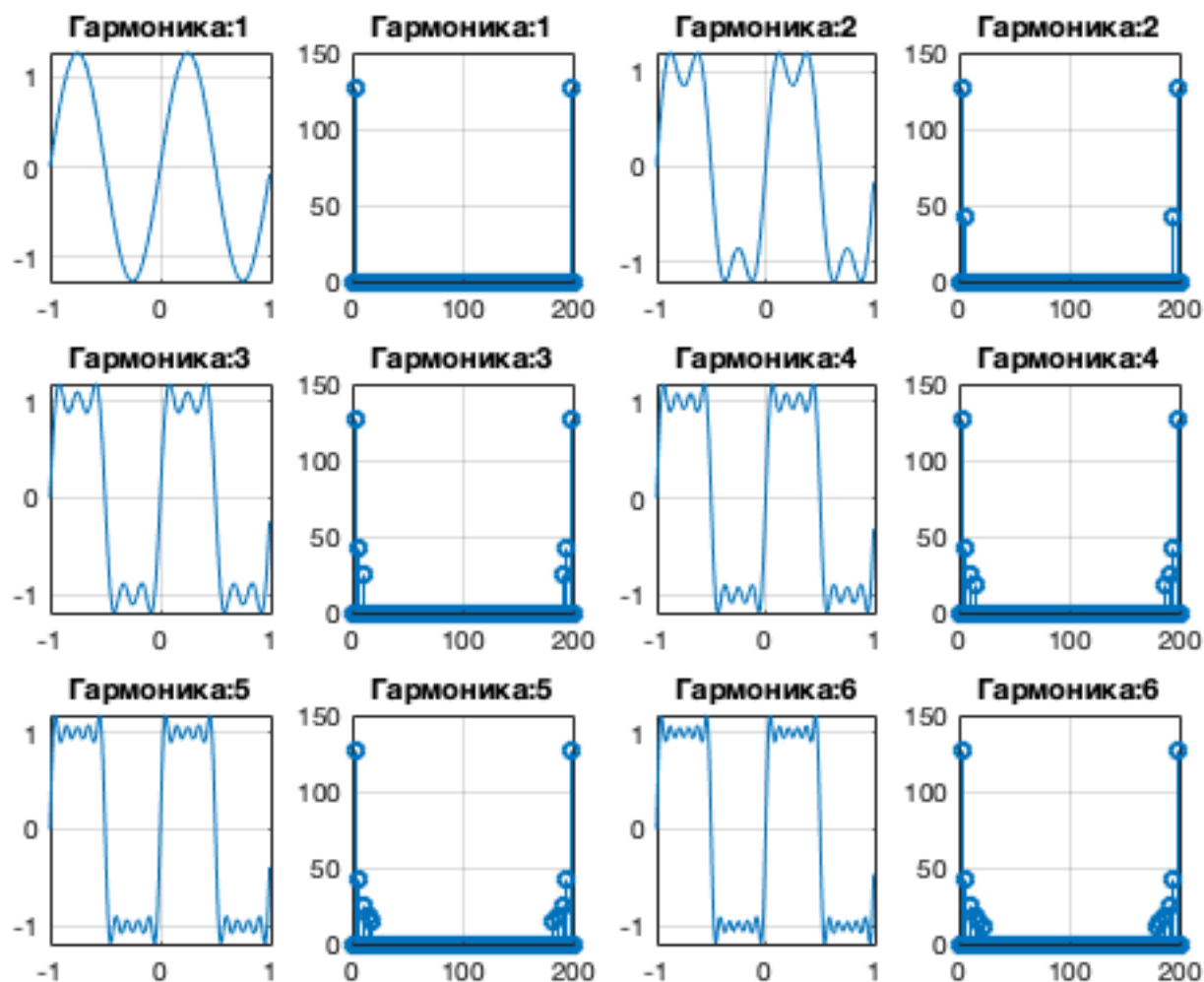
```
for k = 1 : N
```

```
    s_fft = abs(fft(s2(k,:)));
```

```
    subplot(3, N/1.5 ,k*2);
```

```
    stem(s_fft); grid on; title(['Гармоника:' num2str(k)])
```

```
end
```



```

#### 7 Улучшение результатов ДПФ ####
#### на примере пассивной радиолокации####
clear;
close all;

fs = 285;
Ns = 70
ts = 0 : 1/fs : Ns * 10-1/fs;

N = length(ts);

F1 = 13;
F2 = 50;

x = 0.4*sin(2*pi*F2*ts) + ...
    0.4*sin(2*pi*(F1-0.1)*ts) + ...
    0.5*sin(2*pi*F1*ts) + ...
    0.4*sin(2*pi*(F1+0.1)*ts) + ...
    0.4*sin(2*pi*F1*2*ts) + ...
    0.3*sin(2*pi*F1*3*ts) + ...
    3*randn(size(ts)) + ... %Белый шум
    pinknoise(N); %Фликер шум

figure;
plot(x); grid on;
title('Исходный сигнал');

N1 = round(length(ts)/Ns);
x1 = x(1:N1);

F = (0 : N1-1)*fs/N1;
X = abs(fft(x1))*2/N1;

figure;
subplot(2,2,1);
plot(x1); grid on; title('Исходный сигнал');
subplot(2,2,2);
plot(F,X); grid on; title('ДПФ исходного сигнала');

xw = x1.*blackman(N1)'; %накладываем на него окно Блэкмена

subplot(2,2,3);
plot(xw); grid on; title('Взвешенный окном Блэкмана');

Xw = abs(fft(xw))*2/N1;

subplot(2,2,4);
plot(F,Xw); grid on; title('ДПФ сигнала, взвешенного окном Блэкмана');

Nseg = 1000;
Xsum = zeros(1,Nseg);

```

```

for i =1 : N/Nseg
    xtmp = x( (i-1)*Nseg+1 : (i-1)*Nseg+Nseg ).* blackman(Nseg)'; %наклады
    ваем сигнал окно последовательно для каждого отрезка сигнала
    Xsum = Xsum + abs(fft(xtmp))*2/Nseg; %суммируем БПФ получившегося сигн
    ала end
end

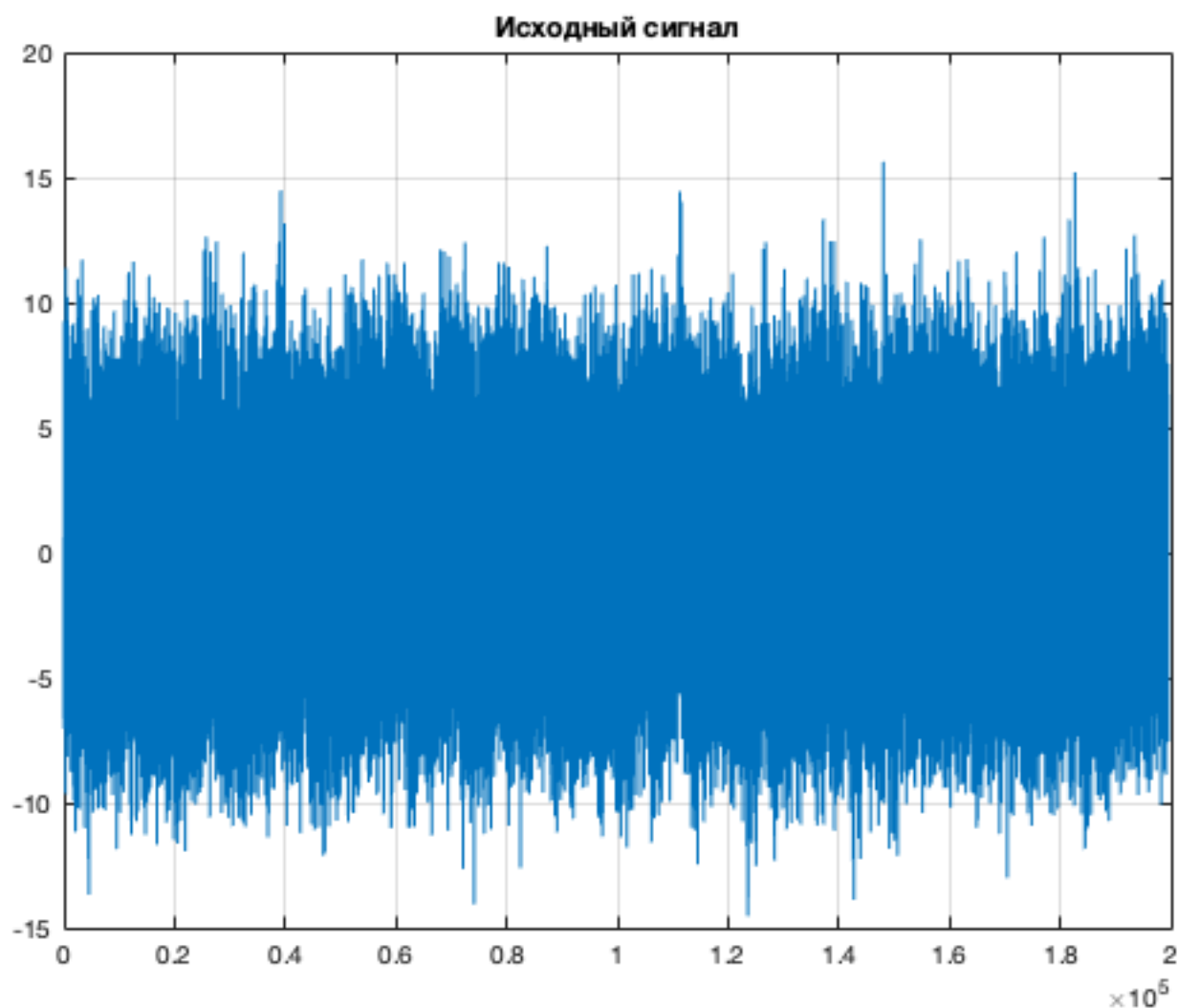
Xsum = Xsum/(N/Nseg); %усредняем это значение fsum = (0 : Nseg-1)*fs/Nseg;
fsum = (0 : Nseg-1)*fs/Nseg;

figure;
plot(fsum(1:Nseg/2),Xsum(1:Nseg/2)); grid on; title('Усреднённое ДПФ');

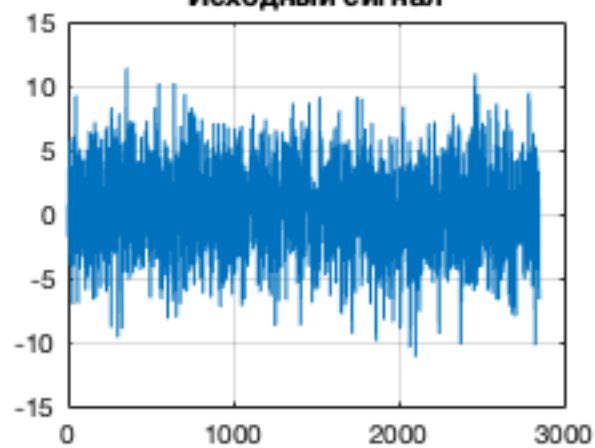
```

Ns =

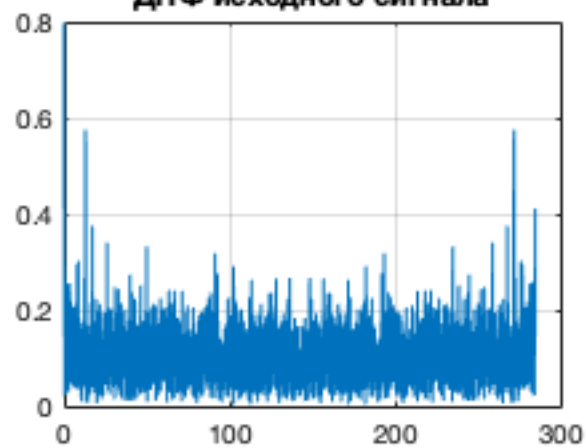
70



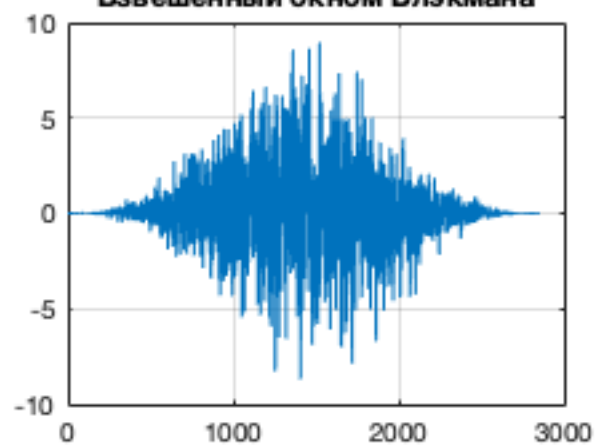
Исходный сигнал



ДПФ исходного сигнала



Взвешенный окном Блэкмана



ДПФ сигнала, взвешенного окном Блэкмана

