



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ «Информатика и системы управления»

КАФЕДРА «Компьютерные системы и сети»

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ «09.03.01 Информатика и вычислительная техника»

ОТЧЕТ по лабораторной работе № 8

Название: «Спектральное моделирование сигналов»

Дисциплина: «Основы теории цифровой обработки сигналов»

Студент ИУ6-62Б
(Группа)

Преподаватель

(Подпись, дата)

А.Е.Медведев
(И. О. Фамилия)

(Подпись, дата)

А.А.Сотников
(И. О. Фамилия)

2022 г.

1 Цель работы:

Приобретение практических навыков и освоение методов имитационного моделирования сигналов по заданным спектральным и корреляционным характеристикам. Экспериментальное изучение взаимосвязи функции спектральной плотности мощности и автокорреляционной функции.

2 Ход работы

1. Смоделировать простейшие графики автокоррекции

Листинг 2.1 – Код программы

```
pkg load statistics
pkg load signal
% Моделирование фазоманипулированных сигналов
clear all; % Очистка памяти
close all; % Закрытие всех окон с графиками
clc; % Очистка окна команд и сообщений
fontSize=10; % Размер шрифта графиков
fontType=''; % Тип шрифта графиков
% Цвет графиков
tColor=[0,0.447,0.741]; % Временная область
tColorLight=[0.3 0.7 0.9]; % Временная область
Color0=[1 0 0]; % Эталонные сигналы
fColor=[1 0.4 0]; % Частотная область
eColor=[0.85 0.325 0.098]; % Погрешности
eColorLight=[0.9 0.9 0.4]; % Погрешности
eColorDark=[0.635 0.078 0.184]; % Погрешности
S0=2; % Уровень ФСПМ, Вт/Гц
S_mu=0; % Математическое ожидание ФСПМ
S_sigma=0.2*S0; % Среднеквадратичное отклонение ФСПМ
snrS=-20; % Уровень SNR, дБ
fd=5; % Частота дискретизации, Гц
N=1000; % Количество точек ФСПМ
fmin=5*0.15; % Частота среза ФСПМ, Гц
fmax=5*0.25; % Частота среза ФСПМ, Гц
Nmin=round(2*(N-1)*fmin/fd+1); % Номера отсчетов ...
Nmax=round(2*(N-1)*fmax/fd+1); % ... частот среза ФСПМ
% Моделирование исходной ФСПМ
```

```

% Формирование ФСПМ
f=linspace(0,fd/2,N); % Область определения ФСПМ
S_prob = normrnd(S_mu,S_sigma, Nmax-Nmin+1) (:)' (1:1:Nmax -
Nmin+1);%makedist('Normal',S_mu,S_sigma); % Распределение
    вероятности
rS=random(S_prob,Nmax-Nmin+1,1); % Случайная составляющая
rS = S_prob;
sFSPM(1:Nmin-1)=0; % Минимальный уровень
sFSPM(Nmin:Nmax)=S0+rS; % Максимальный уровень
sFSPM(Nmax+1:N)=0; % Минимальный уровень
% Формирование графика
figure; plot(f,sFSPM,'Color',fColor,'LineWidth',3);
set(get(gcf,'CurrentAxes'),'FontSize',10); % Изменение шрифта
title({'\rm Исходная функция спектральной плотности
    мощности'}); % Заголовок
xlabel('Частота,\it f,\rm Гц'); % Надпись оси абсцисс
ylabel('Плотность мощности,\it S(f)\rm, Вт/Гц'); % Надпись
    оси ординат
% Формирование амплитудного спектра сигнала
NN=2*N; % Количество точек в спектре
sf=[-fliplr(f(1:end)) f]; % Область определения
sX2=[fliplr(sFSPM(1:end))/2 sFSPM(1:end)/2]; % Формирование
    значений
sX=sqrt(NN*fd*sX2);
% Формирование графика
figure; plot(sf,sX,'Color',fColor,'LineWidth',3);
set(get(gcf,'CurrentAxes'),'FontSize',10); % Изменение шрифта
title({'\rm Модуль амплитудного спектра сигнала'});
xlabel('Частота,\it f,\rm Гц'); % Надпись оси абсцисс
ylabel('Модуль спектра сигнала,\it |X(f)|\rm, В'); % Надпись
    оси ординат
% Формирование сигнала во временной области по ФСПМ
td=1/fd; % Период дискретизации
dt=NN*td; % Длина временного интервала
t=linspace(0,dt,NN); % Область определения сигнала
x=ifft(fftshift(sX)); % Обратное преобразование Фурье
% Формирование графика
figure;
    plot(t,real(ifftshift(x)),'Color',tColor,'LineWidth',3);

```

```

set(get(gcf,'CurrentAxes'),'FontSize',10); % Изменение шрифта
title({'\rm Сигнал во временной области'}); % Заголовок
xlabel('Время,\it nT_д,\rm с'); % Задаем надпись оси абсцисс
ylabel('Сигнал\it x(nT_д ),\rm В'); % Задаем надпись оси
    ординат
[pf,ff]=periodogram(real(x),rectwin(length(x)),...
length(x),fd,'psd'); % Формирование значений
% Формирование графика
figure; plot(ff,pf,'Color',fColor,'LineWidth',10);
set(get(gcf,'CurrentAxes'),'FontSize',10); % Изменение шрифта
title({'\rm Функция спектральной плотности мощности'}); %
    Заголовок
xlabel('Частота,\it f,\rm Гц'); % Надпись оси абсцисс
ylabel('Плотность мощности,\it S(f),\rm Вт/Гц'); % Надпись
    оси ординат
hold on; plot(f,sFSPM,'Color',eColorDark,'LineWidth',3);
legend('Экспериментальная','Исходная');
% Моделирование исходной АКФ
% Формирование АКФ
dt=200; % Длительность сигнала
N=1001; % Количество отсчетов сигнала
td=dt/(N-1); % Период дискретизации
NN=2*N-1; % Количество точек АКФ
t=linspace(-dt,dt,NN); % Область определения
sACF0=exp(-t(1:NN-N+1));
sACF0=sACF0/max(sACF0);
sACF=[sACF0(1:end) fliplr(sACF0(2:end))]; % Формирование
    значений
% Формирование графика

figure; plot(t,sACF,'Color',tColor,'LineWidth',3);
set(get(gcf,'CurrentAxes'),'FontSize',10); % Изменение шрифта
title({'\rm Автокорреляционная функция'});
xlabel('Время,\it nT_д,\rm с'); % Надпись оси абсцисс
ylabel('Автокорреляционная функция,\it R_x(nT_д)'); % Надпись
    оси ординат
% Формирование функции спектральной плотности
fd=1/td; % Частота дискретизации
f=linspace(-fd/2,fd/2,N); % Область определения

```

```

aFSPM0=fft(sACF); % Формирование значений
aFSPM=decimate(aFSPM0,2);
% Формирование графика
figure;
plot(f,abs(fftshift(aFSPM)),'Color',fColor,'LineWidth',3);
set(get(gcf,'CurrentAxes'),'FontSize',10); % Изменение шрифта
title({'\rm Функция спектральной плотности мощности'});
xlabel('Частота,\it f,\rm Гц'); % Надпись оси абсцисс
ylabel('Плотность мощности,\it S(f)\rm, Вт/Гц'); % Надпись
    оси ординат
% Формирование функции спектральной плотности
sX=sqrt(aFSPM); % Формирование значений
% Формирование графика
figure;
    plot(f,abs(fftshift(sX)),'Color',fColor,'LineWidth',3);
set(get(gcf,'CurrentAxes'),'FontSize',10); % Изменение шрифта
title({'\rm Модуль амплитудного спектра сигнала'});
xlabel('Частота,\it f,\rm Гц'); % Надпись оси абсцисс
ylabel('Модуль спектра сигнала,\it |X(f)|\rm, В'); % Надпись
    оси ординат
% Моделирование сигнала во временной области по ФСПМ
x=real(ifft(sX)); % Обратное преобразование Фурье
x=ifftshift(x); % Смещение сигнала
% Формирование графика
figure; plot(t(NN-N+1:NN),x,'Color',tColor,'LineWidth',3);
set(get(gcf,'CurrentAxes'),'FontSize',10); % Изменение шрифта
title({'\rm Сигнал во временной области'}); % Заголовок
xlabel('Время,\it nT_д,\rm с'); % Задаем надпись оси абсцисс
ylabel('Сигнал\it x(nT_д ),\rm В'); % Задаем надпись оси
    ординат
% Расчет АКФ
xACF=xcorr(x,x); % Формирование значений
% Формирование графика
figure; plot(t,xACF,'Color',tColor,'LineWidth',10);
set(get(gcf,'CurrentAxes'),'FontSize',10); % Изменение шрифта
title({'\rm Автокорреляционная функция'}); % Заголовок
xlabel('Время,\it nT_д,\rm с'); % Задаем надпись оси абсцисс
ylabel('Автокорреляционная функция,\it R_x(nT_д )'); %
    Надпись оси ординат

```

```
hold on; plot(t,ifftshift(sACF),'Color',Color0,'LineWidth',3);  
legend('Экспериментальная','Исходная');
```

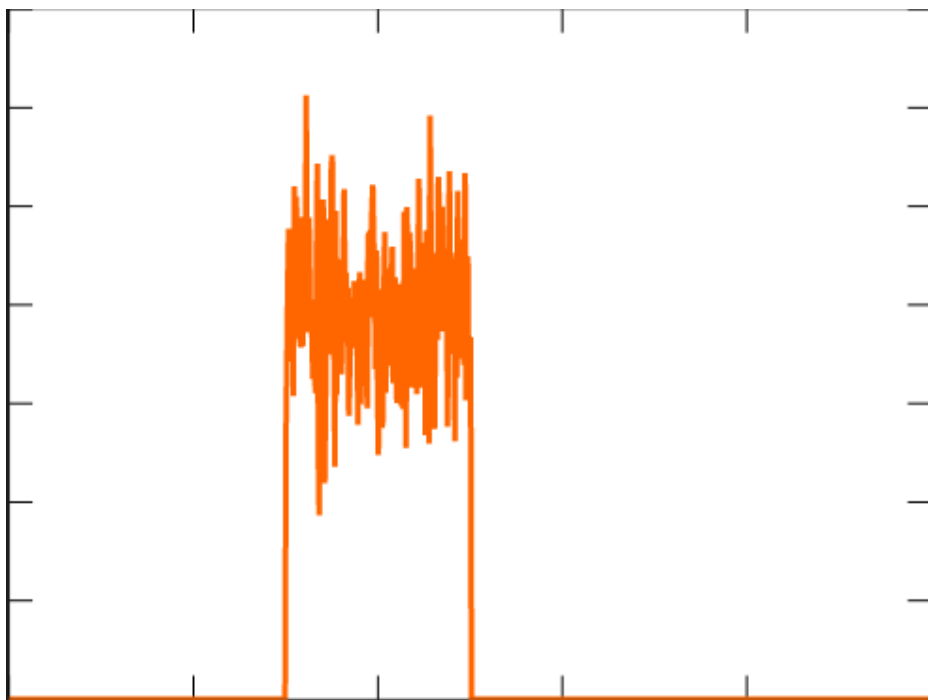


Рисунок 2.1 – График исходной функции спектральной плотности мощности

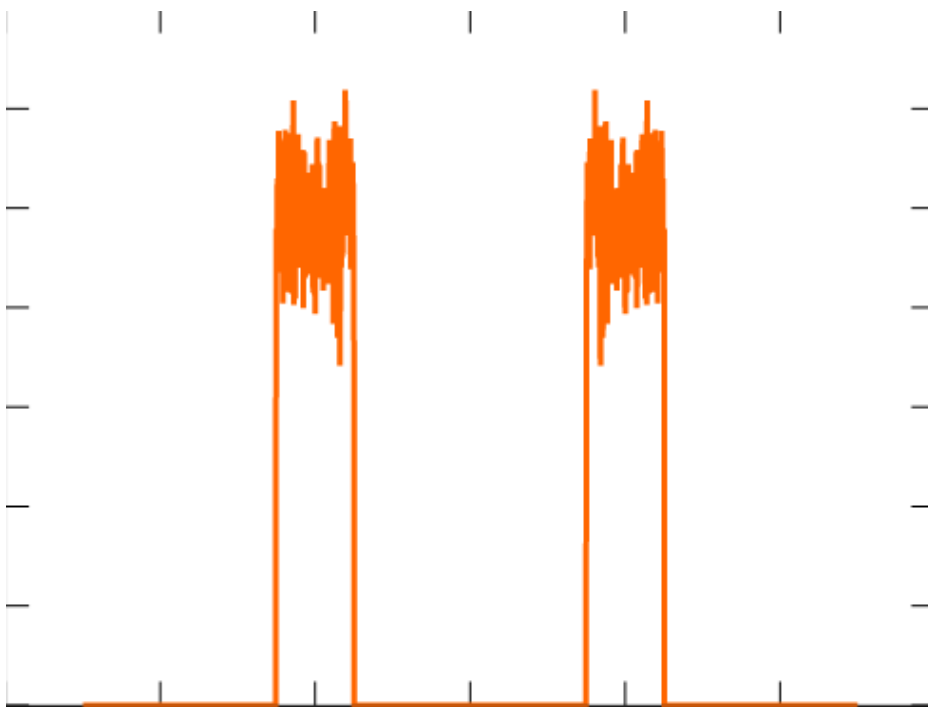


Рисунок 2.2 – График модуля амплитудного спектра сигнала

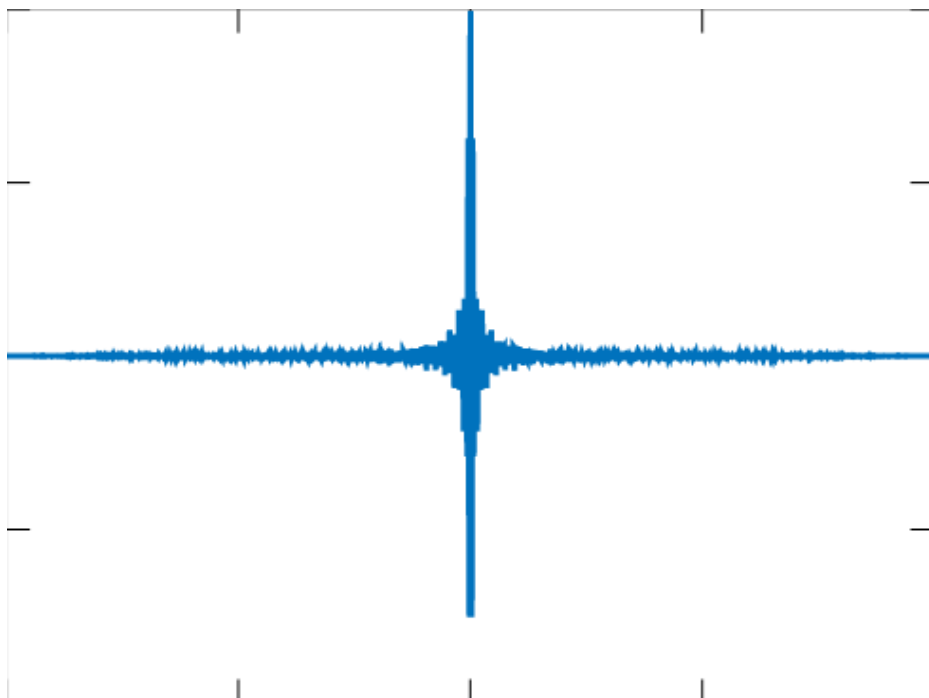


Рисунок 2.3 – График сигнала во временной области

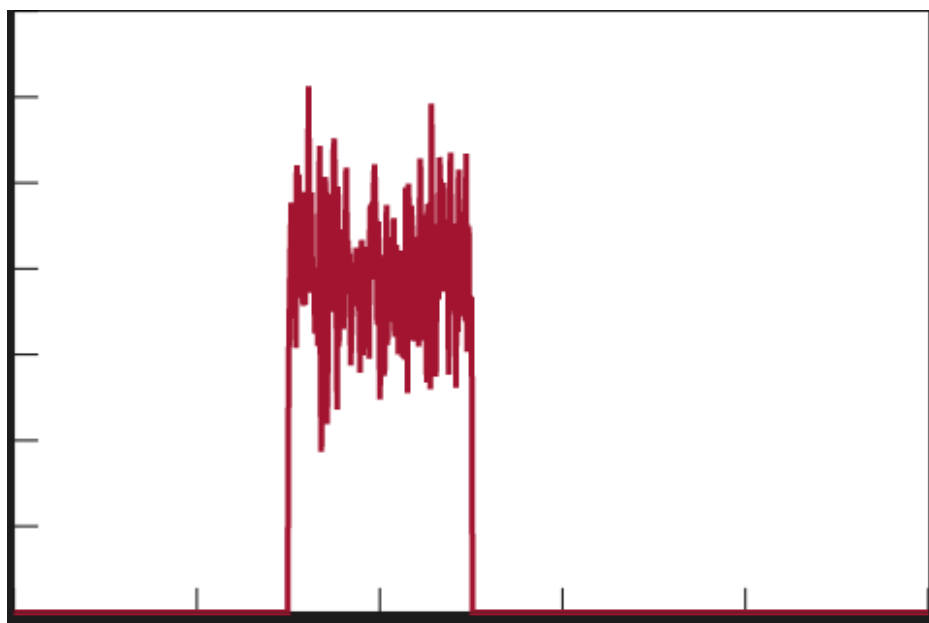


Рисунок 2.4 – График функции спектральной плотности мощности

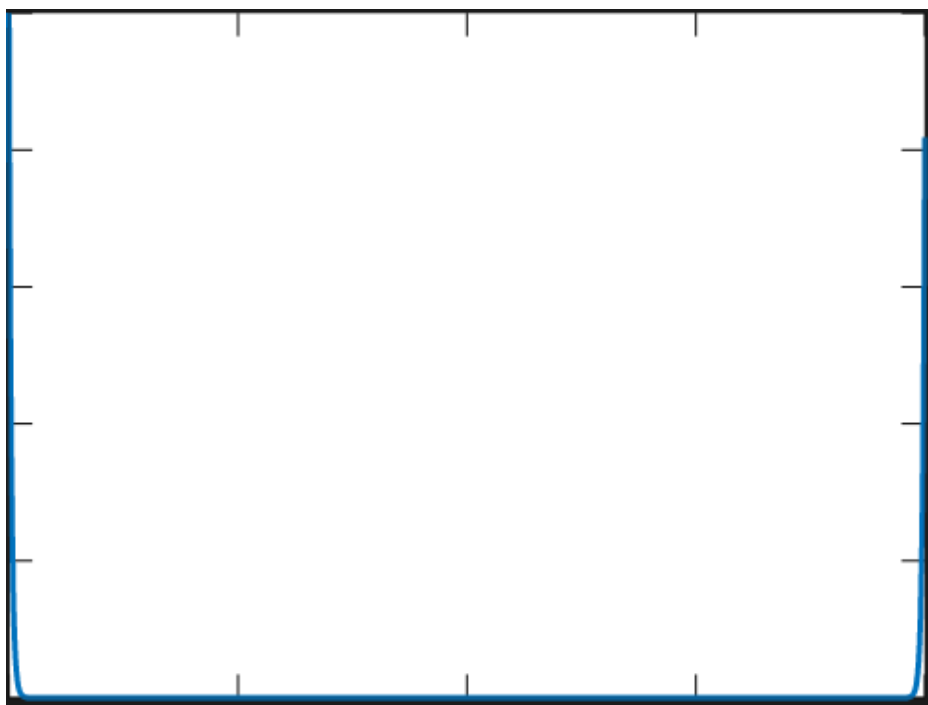


Рисунок 2.5 – График автокорреляционной функции

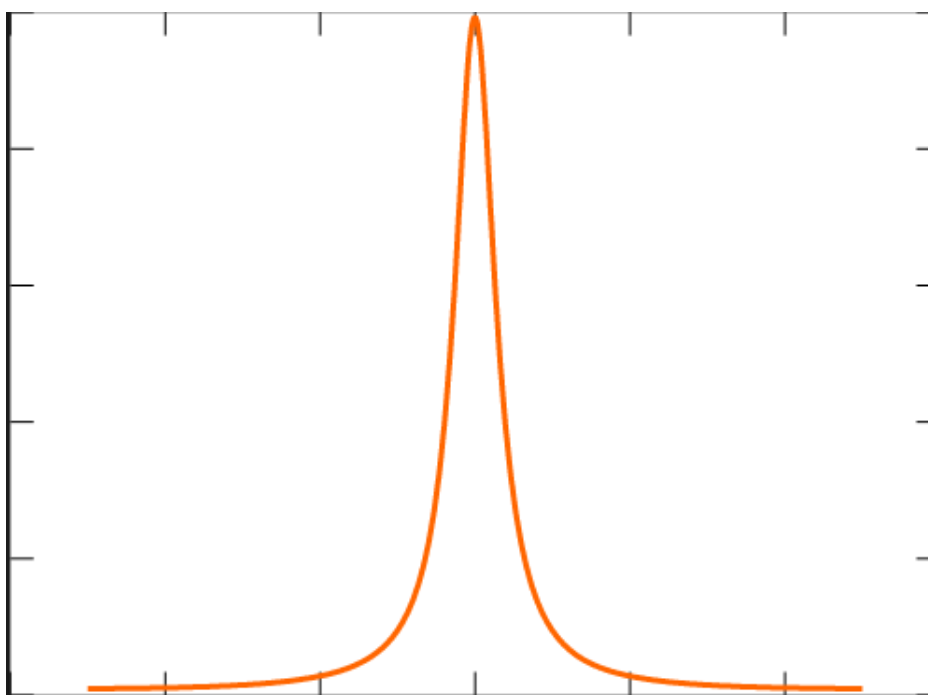


Рисунок 2.6 – График функции спектральной плотности мощности

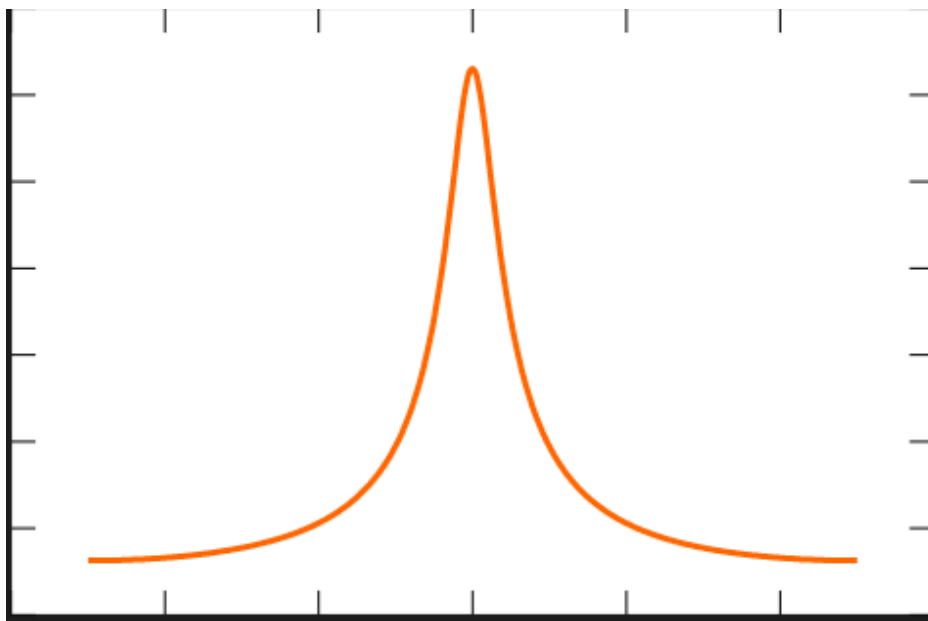


Рисунок 2.7 – График модуля амплитудного спектра сигнала

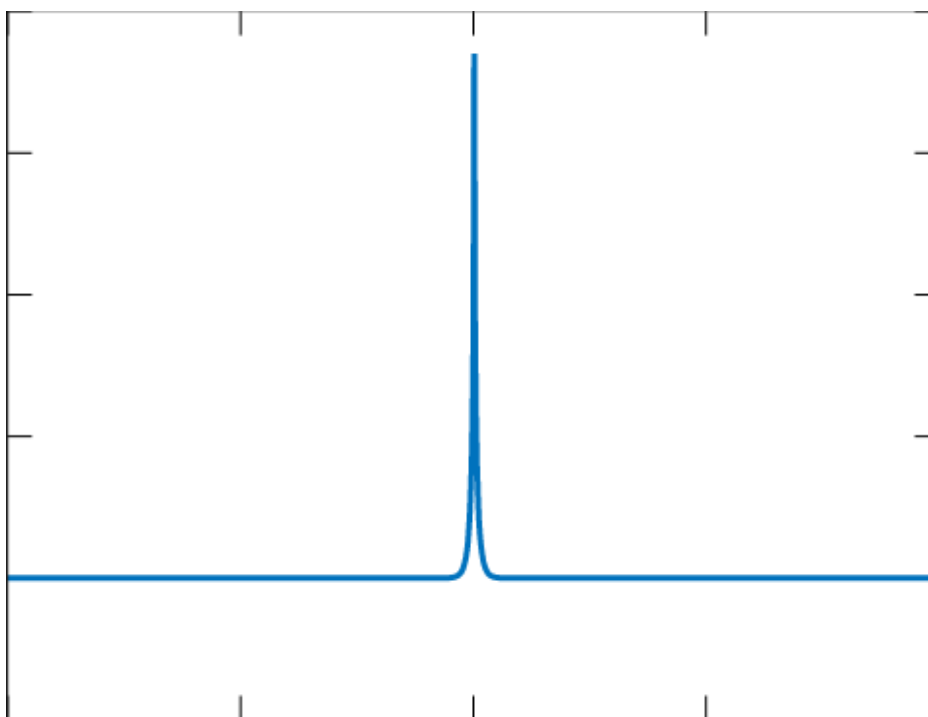


Рисунок 2.8 – График сигнала во временной области

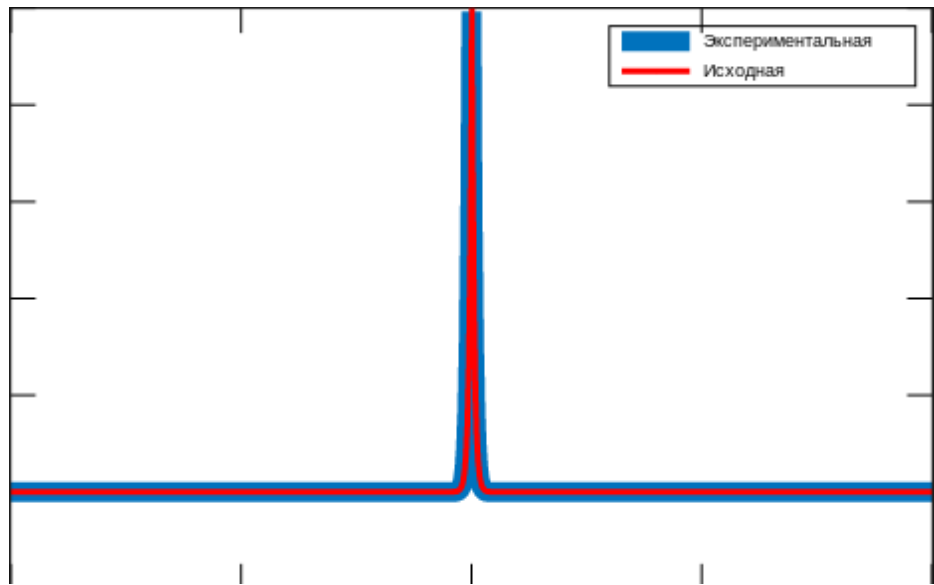


Рисунок 2.9 – График автокорреляционной функции

3 Вывод:

В результате выполнения данной лабораторной работы были приобретены практические навыки и освоены методы имитационного моделирования сигналов по заданным спектральным и корреляционным характеристикам. Экспериментально изучены взаимосвязи функции спектральной плотности мощности и автокорреляционной функции