



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 № 3

**Название:** «Случайные сигналы и их характеристики. Псевдослучайные сигналы»

**Дисциплина:** «Основы теории цифровой обработки сигналов»

**Вариант № 19**

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 имитационного моделирования различных видов случайных и псевдослучайных сигналов. Практическое изучение основных характеристик случайных сигналов, в том числе: плотность вероятности и функция спектральной плотности мощности.

## 2 Ход работы

1. Смоделировать гистограмму нормального распределения случайной величины

Листинг 2.1 – Код программы для пункта 1

```
pkg load statistics
pkg load signal
% Имитационное моделирование случайных сигналов
% Расчет энергетических характеристик сигнала
clear all; % Очищаем память
close all; % Закрываем все окна с графиками
clc; % Очистка окна команд и сообщений
tColor='b'; % Цвет графиков во временной области
Color0='r'; % Цвет графиков эталонного сигнала
tColorLight=[0.3 0.7 0.9]; % Цвет графиков во временной
    области
fColor=[1 0.4 0]; % Цвет графиков в частотной области
eColor=[0.85 0.325 0.098]; % Цвет графиков погрешности
eColorLight=[0.9 0.9 0.4]; % Цвет графиков погрешности
eColorDark=[0.635 0.078 0.184]; % Цвет графиков погрешности
fd=100; % Частота дискретизации, Гц
tmin=6; tmax=16; dt=tmax-tmin; % Интервал определения функции
N = dt*fd; % Количество отсчетов
f_mu = 9; % Математическое ожидание частоты сигнала
f_sigma = 19; % Среднеквадратичное отклонение частоты сигнала
A_mu = 5;
A_sigma = 0.5;
f_a = f_mu-5*f_sigma; % Интервал случайного распределения
f_b = f_mu+5*f_sigma; % частоты
A_a = 10; A_b = 18; % Интервал случайного распределения
    амплитуды
```

```

dA = A_b-A_a; % Длина интервала случайного распределения
амплитуды
td = linspace(tmin,tmax,N); % Формирование области определения
f = normrnd(f_mu, f_sigma, N) (:)'(1:1:N)
% Формирование гистограммы
Npsd = 50; % Количество точек гистограммы
nBars = 10; % Количество прямоугольников гистограммы
figure;
hist(f, nBars,"facecolor", "r", "edgecolor", "b");
title({'\rm Гистограмма нормального распределения',...
'случайной величины (частоты сигнала)'}); % Заголовок
xlabel('Отклонение частоты сигнала,\it \Delta f,\rm Гц');
%Надпись оси абсцисс
ylabel('Плотность вероятности,\it \Phi(\Delta f),\rm 1/Гц');
%Надпись оси ординат

```

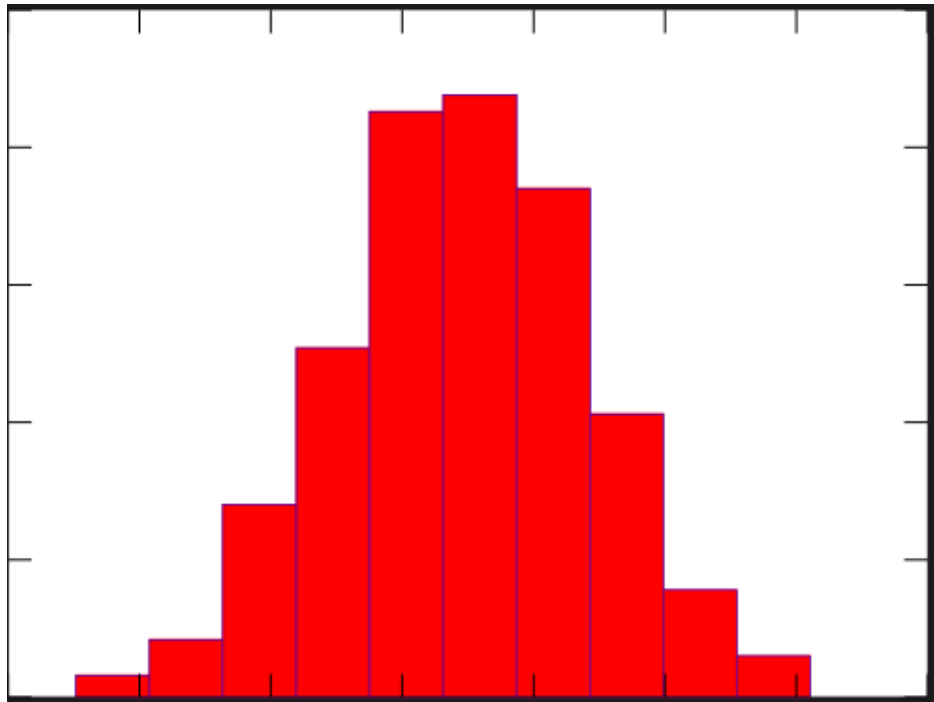


Рисунок 2.1 – График гистограммы нормального распределения

## 2. Смоделировать случайную величину с нормальным распределением

### Листинг 2.2 – Код программы для пункта 2

```

pkg load statistics
pkg load signal

```

```

% Имитационное моделирование случайных сигналов
% Расчет энергетических характеристик сигнала
clear all; % Очищаем память
close all; % Закрываем все окна с графиками
clc; % Очистка окна команд и сообщений
tColor='b'; % Цвет графиков во временной области
Color0='r'; % Цвет графиков эталонного сигнала
tColorLight=[0.3 0.7 0.9]; % Цвет графиков во временной
    области
fColor=[1 0.4 0]; % Цвет графиков в частотной области
eColor=[0.85 0.325 0.098]; % Цвет графиков погрешности
eColorLight=[0.9 0.9 0.4]; % Цвет графиков погрешности
eColorDark=[0.635 0.078 0.184]; % Цвет графиков погрешности
fd=100; % Частота дискретизации, Гц
tmin=6; tmax=16; dt=tmax-tmin; % Интервал определения функции
N = dt*fd; % Количество отсчетов
f_mu = 9; % Математическое ожидание частоты сигнала
f_sigma = 19; % Среднеквадратичное отклонение частоты сигнала
A_mu = 5;
A_sigma = 0.5;
f_a = f_mu-5*f_sigma; % Интервал случайного распределения
f_b = f_mu+5*f_sigma; % частоты
td = linspace(tmin,tmax,N); % Формирование области определения
% x = 0:1:100
f = normrnd(f_mu, f_sigma, N) (:)' (1:1:N)
% Формирование гистограммы
Npsd = 50; % Количество точек гистограммы
nBars = 10; % Количество прямоугольников гистограммы
figure; % hist(f, nBars, ... %, 'EdgeColor', eColorDark, ...
% Формирование графика
figure; plot(td, f, 'Color', tColor, 'LineWidth', 2);
set(get(gcf, 'CurrentAxes'), 'FontSize', 10); % Изменение
    шрифта
title({'\rm Случайная величина с нормальным
    распределением', '(частота сигнала)' }); % Заголовок
xlabel('Время, \it nT_д \rm, с'); % Надпись оси абсцисс
ylabel('Частота сигнала, \it f(nT_д ) \rm, Гц'); % Надпись оси
    ординат

```

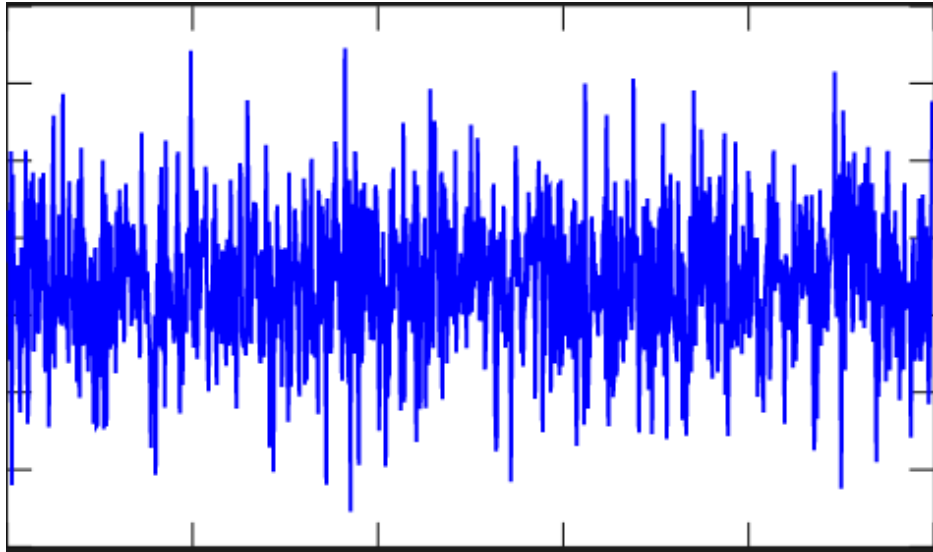


Рисунок 2.2 – График случайной величины с нормальным распределением

### 3. Смоделировать гистограмму распределения амплитуды сигнала

#### Листинг 2.3 – Код программы для пункта 3

```
pkg load statistics
pkg load signal
% Имитационное моделирование случайных сигналов
% Расчет энергетических характеристик сигнала
clear all; % Очищаем память
close all; % Закрываем все окна с графиками
clc; % Очистка окна команд и сообщений
tColor='b'; % Цвет графиков во временной области
Color0='r'; % Цвет графиков эталонного сигнала
tColorLight=[0.3 0.7 0.9]; % Цвет графиков во временной
    области
fColor=[1 0.4 0]; % Цвет графиков в частотной области
eColor=[0.85 0.325 0.098]; % Цвет графиков погрешности
eColorLight=[0.9 0.9 0.4]; % Цвет графиков погрешности
eColorDark=[0.635 0.078 0.184]; % Цвет графиков погрешности
fd=100; % Частота дискретизации, Гц
tmin=6; tmax=16; dt=tmax-tmin; % Интервал определения функции
N = dt*fd; % Количество отсчетов
f_mu = 9; % Математическое ожидание частоты сигнала
f_sigma = 19; % Среднеквадратичное отклонение частоты сигнала
A_mu = 5;
A_sigma = 0.5;
```

```

f_a = f_mu-5*f_sigma; % Интервал случайного распределения
f_b = f_mu+5*f_sigma; % частоты
td = linspace(tmin,tmax,N); % Формирование области определения
% x = 0:1:100
f = normrnd(f_mu, f_sigma, N)'; % (1:1:N)
A = random(A_prob,N,1); % Формирование значений
A = lognrnd(A_mu, A_sigma, N)'; % (1:1:N)
% Формирование гистограммы
Npsd = 50; % Количество точек гистограммы
nBars = 10; % Количество прямоугольников гистограммы
figure; % histogram(A,nBars,'EdgeColor',eColorDark,...
hist(A, nBars,"facecolor", "r", "edgecolor", "b");
title({'\rm Гистограмма логнормального распределения',...
'случайной величины (амплитуды сигнала)'}); % Заголовок
xlabel('Отклонение амплитуды сигнала,\it \Delta A\rm, B'); %
    Надпись оси абсцисс
ylabel('Плотность вероятности,\it \Phi(\Delta A)\rm, 1/B'); %
    Надпись оси ординат

```

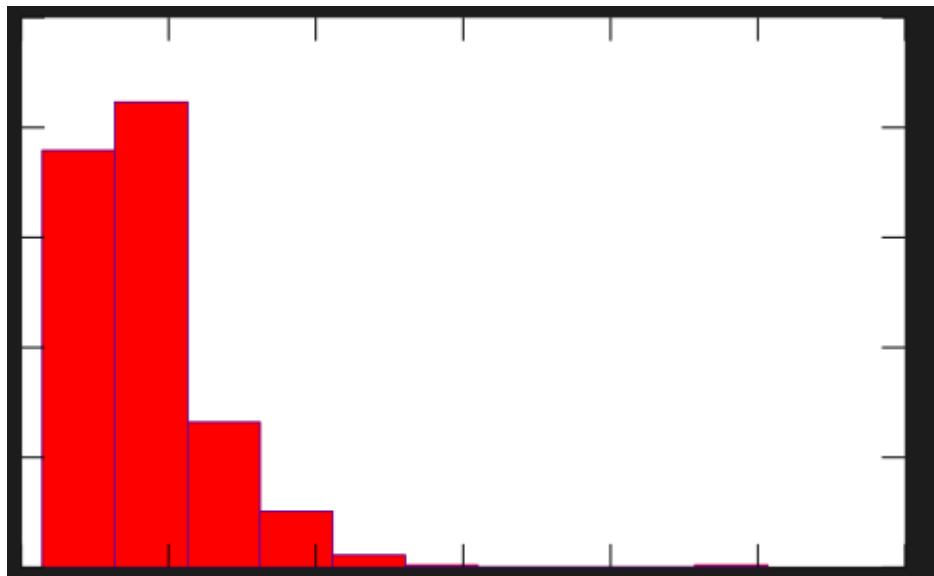


Рисунок 2.3 – Гистограмма распределения амплитуды сигнала

#### 4. Смоделировать амплитуду сигнала

Листинг 2.4 – Код программы для пункта 4

```

pkg load statistics
pkg load signal

```

```

% Имитационное моделирование случайных сигналов
% Расчет энергетических характеристик сигнала
clear all; % Очищаем память
close all; % Закрываем все окна с графиками
clc; % Очистка окна команд и сообщений
tColor='b'; % Цвет графиков во временной области
Color0='r'; % Цвет графиков эталонного сигнала
tColorLight=[0.3 0.7 0.9]; % Цвет графиков во временной
    области
fColor=[1 0.4 0]; % Цвет графиков в частотной области
eColor=[0.85 0.325 0.098]; % Цвет графиков погрешности
eColorLight=[0.9 0.9 0.4]; % Цвет графиков погрешности
eColorDark=[0.635 0.078 0.184]; % Цвет графиков погрешности
fd=100; % Частота дискретизации, Гц
tmin=6; tmax=16; dt=tmax-tmin; % Интервал определения функции
N = dt*fd; % Количество отсчетов
f_mu = 9; % Математическое ожидание частоты сигнала
f_sigma = 19; % Среднеквадратичное отклонение частоты сигнала
A_mu = 5;
A_sigma = 0.5;
f_a = f_mu-5*f_sigma; % Интервал случайного распределения
f_b = f_mu+5*f_sigma; % частоты
td = linspace(tmin,tmax,N); % Формирование области определения
% x = 0:1:100
f = normrnd(f_mu, f_sigma, N)(:)'(1:1:N)
A = lognrnd(A_mu, A_sigma, N)(:)'(1:1:N)
% Формирование гистограммы
Npsd = 50; % Количество точек гистограммы
nBars = 10; % Количество прямоугольников гистограммы

legend('Экспериментальная','Теоретическая','Location','northeast
    ');
% Формирование графика
figure;plot(td,A,'Color',tColor,'LineWidth',2);
set(get(gcf, 'CurrentAxes'), 'FontSize', 10); % Изменение
    шрифта
title({'\rm Случайная величина с логнормальным
распределением','(амплитуда сигнала)'}); % Заголовок
xlabel('Время,\it nT_{д}\rm, с'); % Надпись оси абсцисс

```

```
ylabel('Амплитуда сигнала,\it A(nT_д)\rm, В'); % Надпись оси
ординат
% Моделирование псевдослучайного гармонического сигнала
```

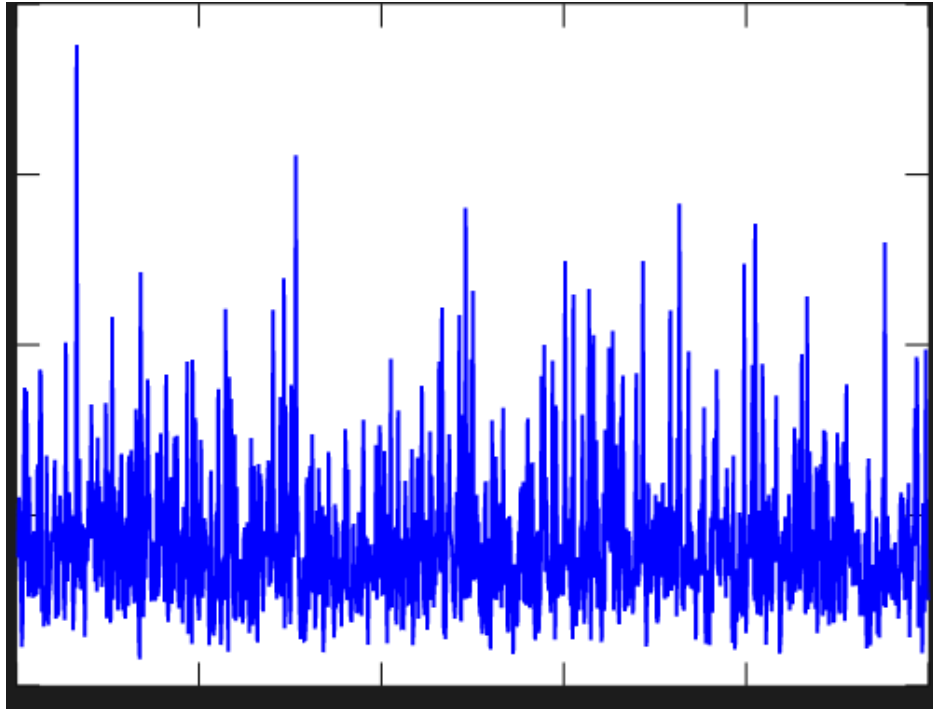


Рисунок 2.4 – График амплитуды сигнала

## 5. Смоделировать псевдослучайный гармонический сигнал

### Листинг 2.5 – Код программы для пункта 5

```
pkg load statistics
pkg load signal
% Имитационное моделирование случайных сигналов
% Расчет энергетических характеристик сигнала
clear all; % Очищаем память
close all; % Закрываем все окна с графиками
clc; % Очистка окна команд и сообщений
tColor='b'; % Цвет графиков во временной области
Color0='r'; % Цвет графиков эталонного сигнала
tColorLight=[0.3 0.7 0.9]; % Цвет графиков во временной
области
fColor=[1 0.4 0]; % Цвет графиков в частотной области
eColor=[0.85 0.325 0.098]; % Цвет графиков погрешности
eColorLight=[0.9 0.9 0.4]; % Цвет графиков погрешности
```



```

eColorDark=[0.635 0.078 0.184]; % Цвет графиков погрешности
fd=100; % Частота дискретизации, Гц
tmin=6; tmax=16; dt=tmax-tmin; % Интервал определения функции
N = dt*fd; % Количество отсчетов
f_mu = 9; % Математическое ожидание частоты сигнала
f_sigma = 19; % Среднеквадратичное отклонение частоты сигнала
A_mu = 5;
A_sigma = 0.5;
f_a = f_mu-5*f_sigma; % Интервал случайного распределения
f_b = f_mu+5*f_sigma; % частоты
td = linspace(tmin,tmax,N); % Формирование области определения
% x = 0:1:100
f = normrnd(f_mu, f_sigma, N)(:)'(1:1:N)
Npsd = 50; % Количество точек гистограммы
nBars = 10; % Количество прямоугольников гистограммы
A = lognrnd(A_mu, A_sigma, N)(:)'(1:1:N)
% Формирование гистограммы
Npsd = 50; % Количество точек гистограммы
nBars = 10; % Количество прямоугольников гистограммы
% Моделирование псевдослучайного гармонического сигнала
xd = A.*cos(2*pi*f.*td); % Формирование значений
% Формирование графика
figure;plot(td,xd,'Color',tColor,'LineWidth',2);
set(get(gcf, 'CurrentAxes'), 'FontSize', 10); % Изменение
    шрифта
title({'\rm Псевдослучайный гармонический сигнал'}); %
    Заголовок
xlabel('Время,\it nT_д\rm, с'); % Надпись оси абсцисс
ylabel('Сигнал,\it x(nT_д)\rm, В'); % Надпись оси ординат xd
typeinfo(xd)

```

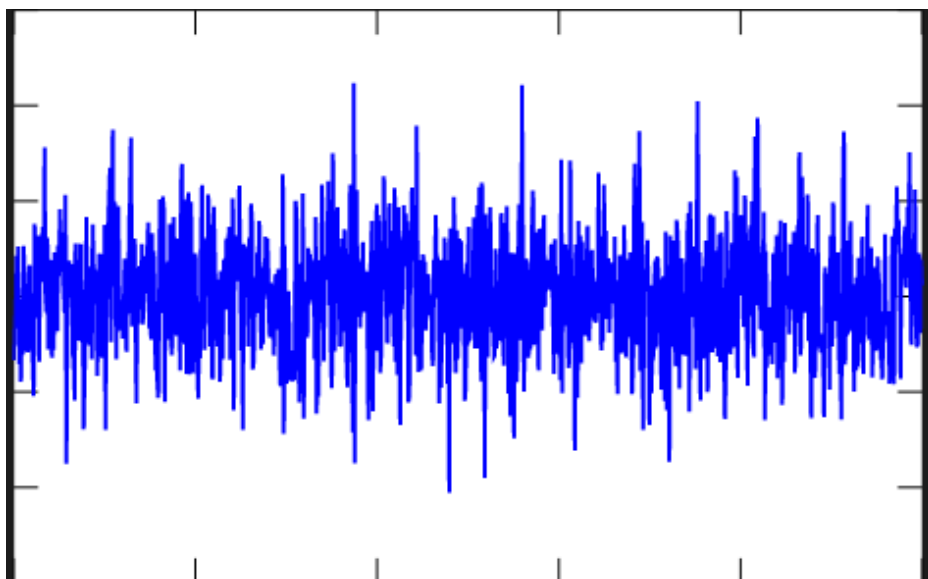


Рисунок 2.5 – График псевдослучайного гармонического сигнала

#### 6. Смоделировать пектральную плотность мощности сигнала

Листинг 2.6 – Код программы для пункта 6

```
pkg load statistics
pkg load signal
% Имитационное моделирование случайных сигналов
% Расчет энергетических характеристик сигнала
clear all; % Очищаем память
close all; % Закрываем все окна с графиками
clc; % Очистка окна команд и сообщений
tColor='b'; % Цвет графиков во временной области
Color0='r'; % Цвет графиков эталонного сигнала
tColorLight=[0.3 0.7 0.9]; % Цвет графиков во временной
    области
fColor=[1 0.4 0]; % Цвет графиков в частотной области
eColor=[0.85 0.325 0.098]; % Цвет графиков погрешности
eColorLight=[0.9 0.9 0.4]; % Цвет графиков погрешности
eColorDark=[0.635 0.078 0.184]; % Цвет графиков погрешности
fd=100; % Частота дискретизации, Гц
tmin=6; tmax=16; dt=tmax-tmin; % Интервал определения функции
N = dt*fd; % Количество отсчетов
f_mu = 9; % Математическое ожидание частоты сигнала
f_sigma = 19; % Среднеквадратичное отклонение частоты сигнала
A_mu = 5;
```

```

A_sigma = 0.5;
f_a = f_mu-5*f_sigma; % Интервал случайного распределения
f_b = f_mu+5*f_sigma; % частоты
% A_a = 10; A_b = 18; % Интервал случайного распределения
амплитуды
% dA = A_b-A_a; % Длина интервала случайного распределения
амплитуды
td = linspace(tmin,tmax,N); % Формирование области определения
% x = 0:1:100
f = normrnd(f_mu, f_sigma, N)(:)'(1:1:N)
A = lognrnd(A_mu, A_sigma, N)(:)'(1:1:N)
% Формирование гистограммы
Npsd = 50; % Количество точек гистограммы
nBars = 10; % Количество прямоугольников гистограммы
legend('Экспериментальная','Теоретическая','Location','northeast
');
% Формирование графика
% Моделирование псевдослучайного гармонического сигнала
xd = A.*cos(2*pi*f.*td); % Формирование значений
% Формирование графика
typeinfo(xd)
% Формирование функции спектральной плотности мощности
[psd,freq] = periodogram(xd,rectwin(length(xd)),...
length(xd),fd,'psd'); % Формирование значений
% Формирование графика
figure; plot(freq,psd,'Color',fColor,'LineWidth',2);
set(get(gcf, 'CurrentAxes'), 'FontSize', 10); % Изменение
шрифта
title({'\rm Функция спектральной плотности мощности',...
'псевдослучайного гармонического сигнала'}); % Заголовок
xlabel('Частота,\it f\rm, Гц'); % Надпись оси абсцисс
ylabel('Спектральная плотность мощности,\it S(f)\rm, Вт/Гц');
%Надпись оси ординат

```

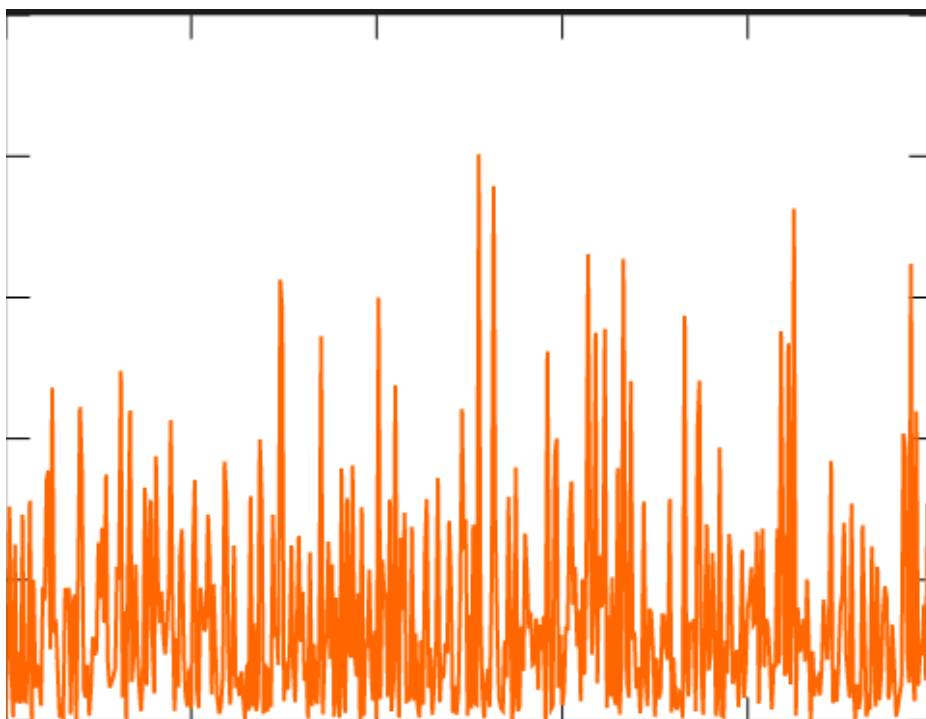


Рисунок 2.6 – График спектральной плотности мощности сигнала

### 3 Вывод:

В ходе выполнения лабораторной работы были смоделированы случайные и псевдо-случайные сигналы. Также построен график спектральной плотности мощности случайного сигнала.