



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 № 2

**Название:** «Детерминированные сигналы и их основные характеристики»

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

Студент ИУ6-62Б  
(Группа)

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата)

А.Е.Медведев  
(И. О. Фамилия)

Преподаватель

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата)

А.А. Сотников  
(И. О. Фамилия)

2022 г.

## Цель работы

Приобретение практических навыков имитационного моделирования различных видов детерминированных сигналов. Экспериментальное изучение основных характеристик дискретных сигналов, в том числе: энергия и средняя мощность сигнала на интервале, амплитудный и энергетический спектры, спектр мощности и функция спектральной плотности мощности.

## Задачи

1. Провести имитационное моделирование детерминированного сигнала в виде  $o$ .
2. Провести имитационное моделирование гармонического сигнала с заданным типом модуляции длительностью  $\tau$  с девиацией частоты в диапазоне  $f \in [f_{min}; f_{max}]$  на временном интервале  $t \in [t_{min}; t_{max}]$ . Частота дискретизации должна быть выбрана в соответствии с требованиями теоремы Найквиста-Котельникова, а именно  $f_d > 2 * f_{max}$ , где  $max$  — максимальная частота в спектре моделируемого сигнала.
3. Экспериментально рассчитать энергию моделируемого гармонического сигнала во временной и частотной областях и подтвердить выполнение теоремы Парсеваля.
4. Оценить среднюю мощность моделируемого гармонического сигнала на заданном интервале.
5. Построить амплитудный и энергетический спектры, спектр мощности и функцию спектральной плотности мощности гармонического сигнала. Так как спектральные характеристики действительного сигнала симметричны относительно нулевой частоты, то рекомендуется при выполнении работы на графиках изображать только положительные частоты, удваивая значения характеристики в области положительных частот за счет скрытых на графике соответствующих отрицательных частот. Такой вид изображения является более интуитивно понятным, так как в физических процессах отрицательные частоты отсутствуют.

# Выполнение

## Листинг 1 – Код программы

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
from scipy.signal import chirp, spectrogram, periodogram
from scipy.fft import fft, ifft, fftshift
from pylab import *
import os

def f(t):
    return (np.exp(-t) * np.cos(2*np.pi*t) + 1)

A0 = 2
A = 3
fmin = 2
fmax = 10
f0 = 15
fd = 100
tmin = -1
tmax = 4
dt = tmax - tmin
N = dt * fd

def tripuls(t, tau, phi):
    x = np.zeros(len(t))
    idx = np.where(np.logical_and(t >= -tau/2 + phi, t <= 0 + phi))
    x[idx] = (t[idx] + tau/2 + phi) / (tau/2 + phi)
    idx = np.where(np.logical_and(t < tau/2 + phi, t > 0 + phi))
    x[idx] = -(t[idx] - tau/2 - phi) / (tau/2 + phi)
    return x

xd = np.linspace(tmin, tmax, N)
zd = A * tripuls(xd, 0.1, 1)
plt.figure()
plt.subplot(211)
plt.plot(xd, zd, 'k')
plt.show()
```

```

def pulstran(t, count, tau, tau_count):
    x = np.zeros(len(t))
    for i in range(1, count + 1, 1):
        x += tripuls(t, tau, tau_count * i)
    return x / 2

zd = A * pulstran(xd, 4, 0.1, 0.3)
plt.figure()
plt.subplot(211)
plt.plot(xd, zd, 'k')
plt.show()

w = chirp(xd[::-1], fmax, fmin, tmax, method='linear')
plt.figure()
plt.subplot(111)
plt.xlim([0, 4])
plt.plot(xd, -w)
plt.show()

zd = A0+A*np.sin(2*np.pi*f0*xd)

plt.figure()
plt.subplot(111)
plt.xlim([0, 4])
plt.plot(xd, zd)
plt.show()

Et = 1/fd * np.sum(zd**2);
Pt = Et/dt;
print(Et)
X = fft(zd,N);

Ew = 1/(fd*N) * np.sum(abs(X)**2);
print(Ew)
print(Pt)

zd = A0+A*np.sin(2*np.pi*f0*xd)

```

```

af = abs(fft(zd)/N);

plt.figure()
plt.xlim([-50, 50])
plt.plot(xd, fftshift(af))
plt.show()

#f=np.linspace(0, fd/N, fd / (fd-fd/N))
ef = 1/(N*fd) * (np.abs(fft(zd))**2)
plt.plot(xd, fftshift(ef))
plt.show()

pf = ef / dt
plt.plot(xd, fftshift(pf))
plt.show()

f, Pxx_den = periodogram(xd, fd ** (0.5), scaling='spectrum')
plt.ylim([10 ** (-6), 100])
plt.xlim([0, 10])
plt.semilogy(f, Pxx_den)
plt.show()

f, Pxx_den = periodogram(xd, fd, scaling='density')
plt.ylim([10 ** (-6), 100])
plt.xlim([0, 10])
plt.semilogy(f, Pxx_den)
plt.show()

```

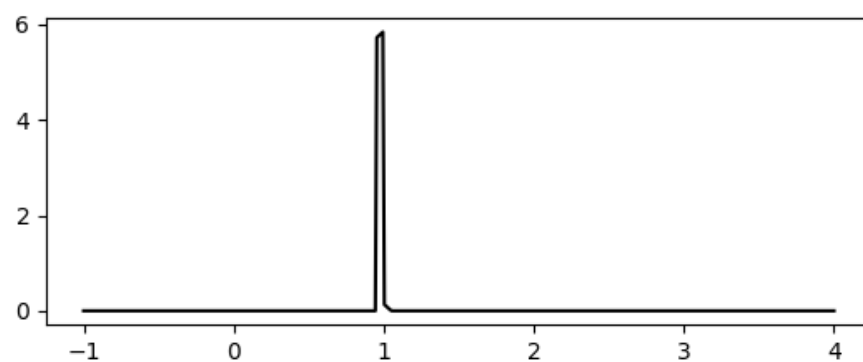


Рисунок 1 – Моделирование треугольного импульса

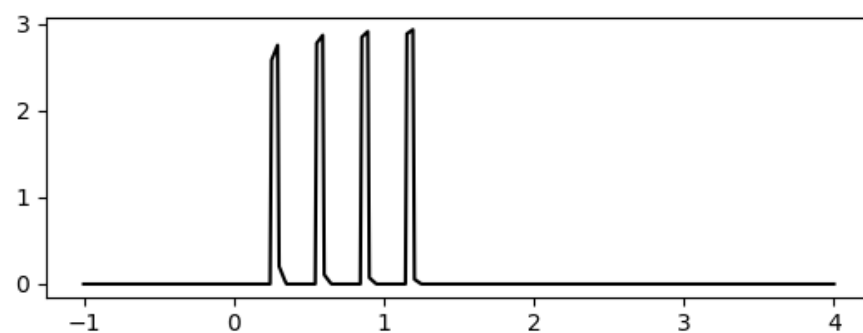


Рисунок 2 – Моделирование последовательности треугольных импульсов

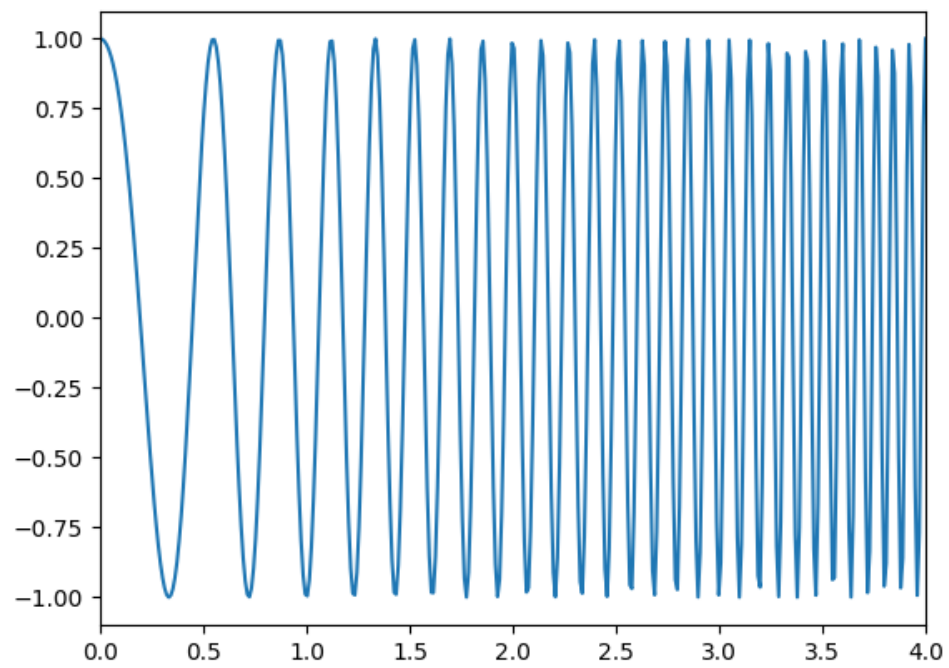


Рисунок 3 – Моделирование сигнала с линейной частотной модуляцией

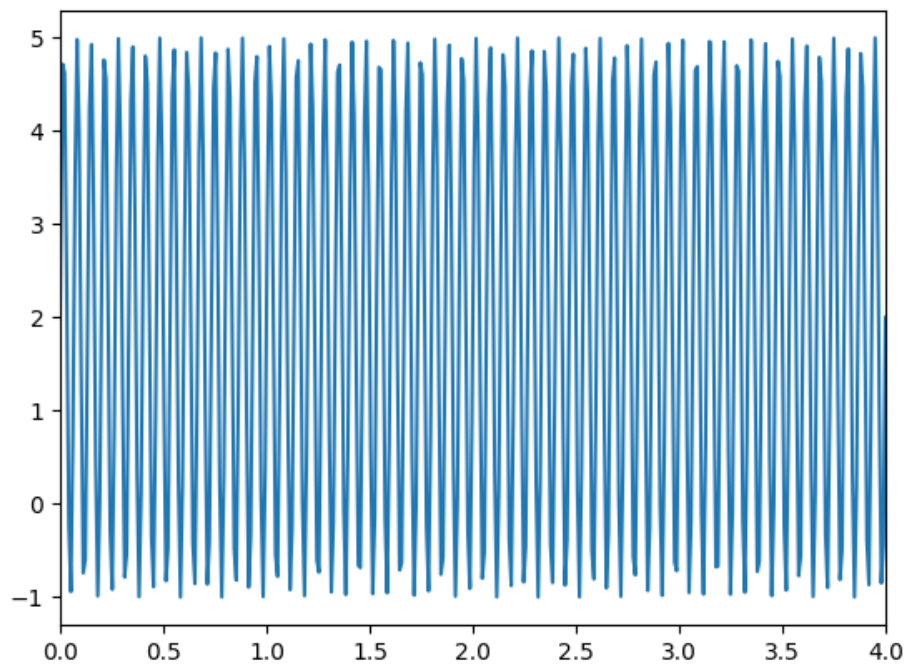


Рисунок 4 – Моделирование сигнала во временной области

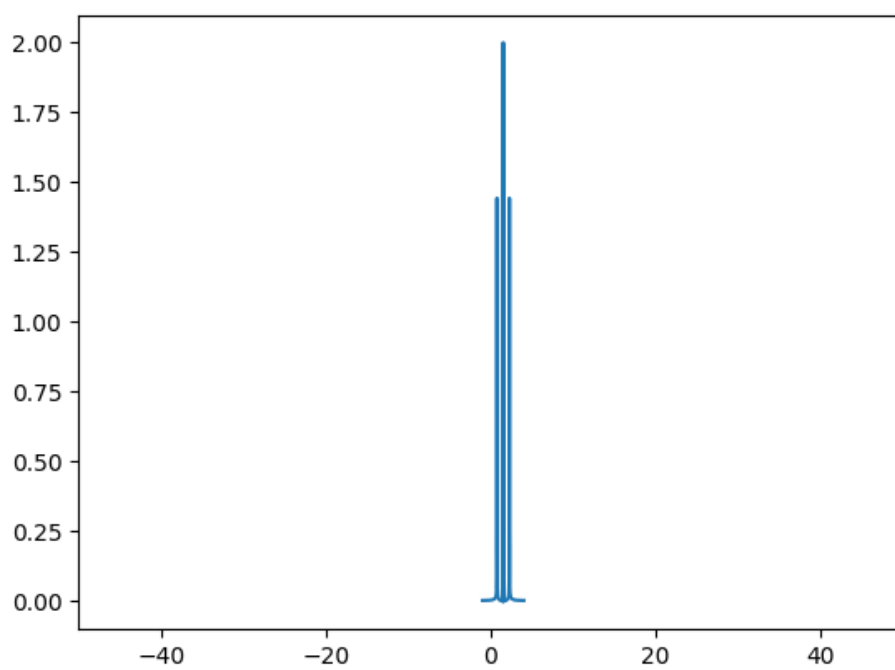


Рисунок 5 – Расчет амплитудного спектра сигнала



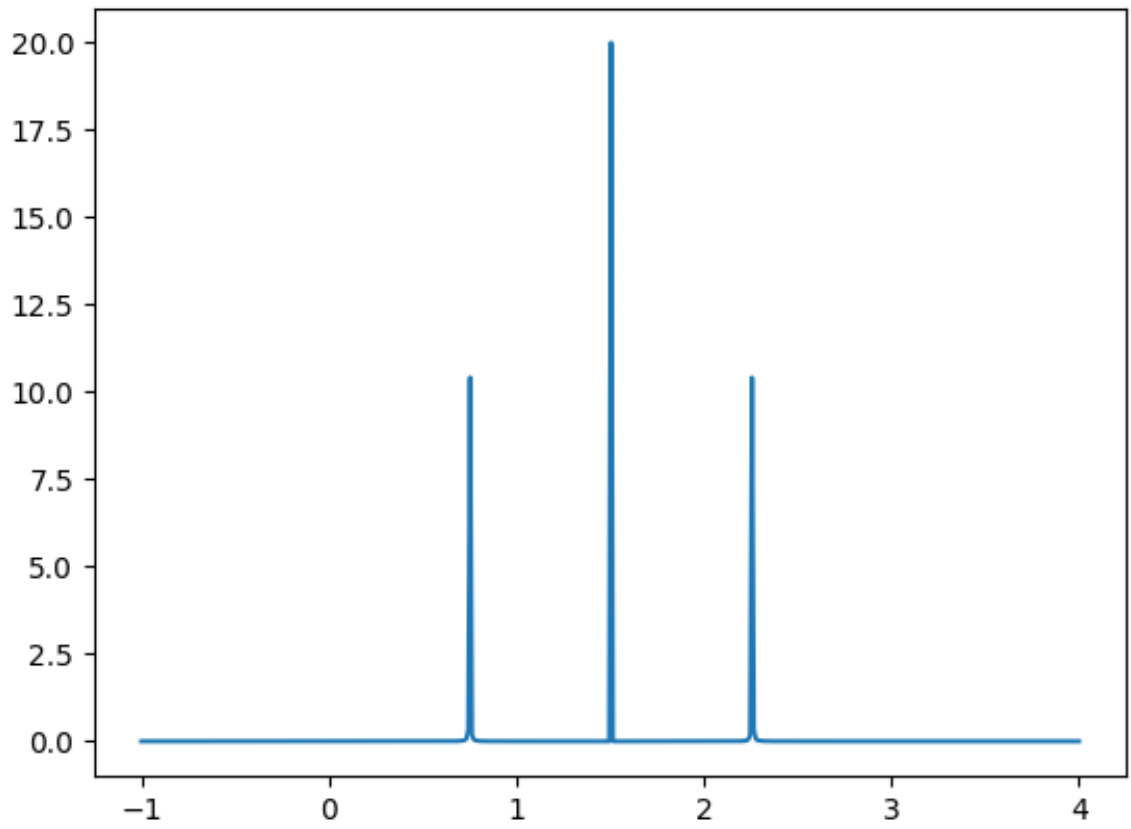


Рисунок 6 – Расчет энергетического спектра сигнала

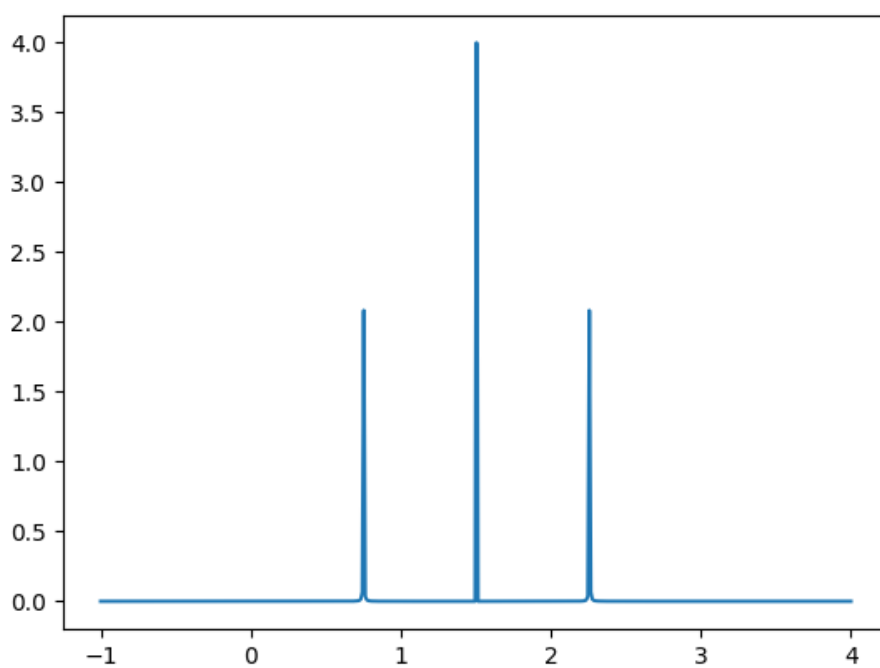


Рисунок 7 – Расчет спектра мощности сигнала

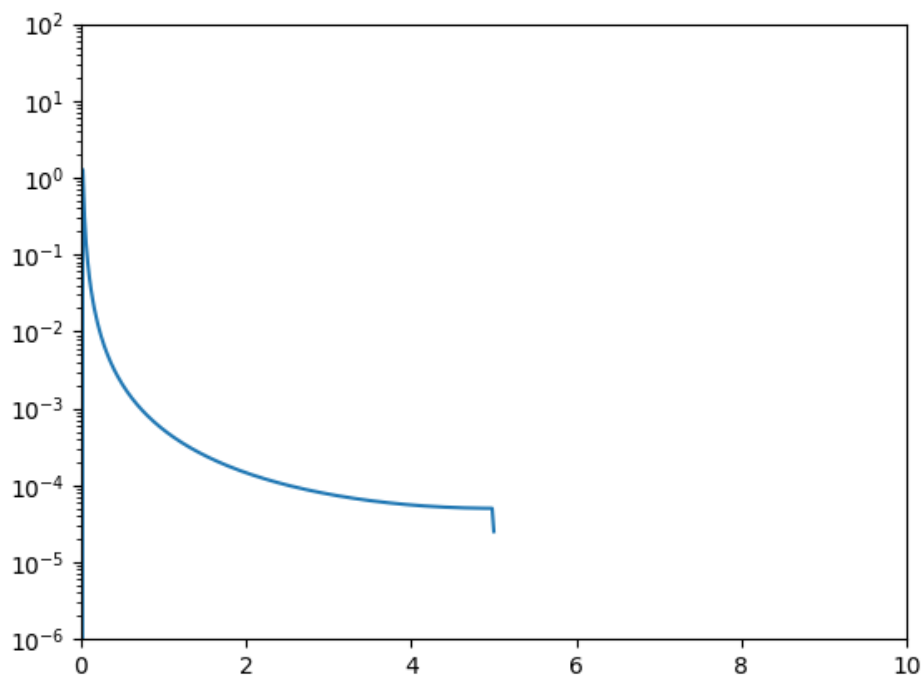


Рисунок 8 – Функция спектральной мощности сигнала

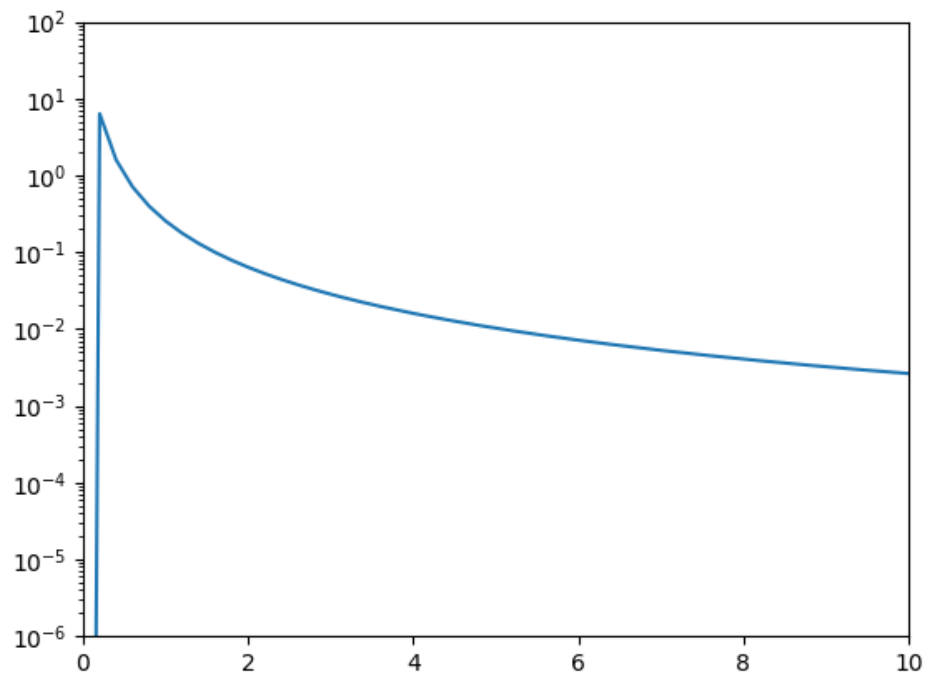


Рисунок 9 – Функция спектральной плотности мощности сигнала

## Вывод

В ходе работы лабораторной работы были промоделированы различные виды сигналов. Были рассчитаны амплитудные и энергетические спектры сигналов и спектр мощности сигналов.