

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В. И. ВЕРНАДСКОГО»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра компьютерной инженерии и моделирования

Корреляционный анализ сигналов

Отчет по лабораторной работе №4

по дисциплине «**Обработка сигналов**»

студента 3 курса группы ИВТ-б-о-222(1)

Гоголева Виктора Григорьевича

Направления подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Симферополь, 2025

Лабораторная работа №4

Тема: Корреляционный анализ сигналов

Цели: определить автокорреляционные функции аналитическим методом.

Теоретические сведения

Корреляционный анализ сигналов – это метод анализа сигналов, который определяет степень взаимосвязи между сигналами. При анализе временного ряда по Оси X – задержка между значениями ряда, а по Оси Y – коэффициент корреляции.

Временной ряд – последовательность значений параметра в различных моменты времени

Корреляционный анализ сигналов используется для количественного определения взаимодействия сигналов друг с другом во временной области. Исследуемые сигналы должны иметь локализованный во времени импульсный характер. Автокорреляционная функция (АКФ) представляет собой степень отличия сигнала $u(t)$ и его смещенной во времени копии $u(t-\tau)$:

$$B_u(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \cdot u(t - \tau) \cdot dt$$

При $\tau=0$ автокорреляционная функция равна энергии сигнала.

АКФ представляет собой симметричную кривую с центральным положительным максимумом. В зависимости от вида сигнала АКФ может иметь как монотонно убывающий, так и колеблющийся характер.

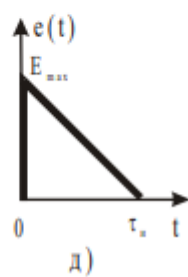
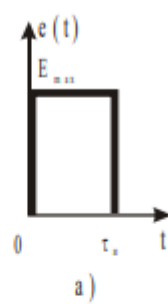
Для различия сигналов $u(t)$ и $v(t)$ как по форме, так и по взаимному расположению на оси времени используется взаимокорреляционная функция (ВКФ):

$$B_{uv}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \cdot v(t - \tau) \cdot dt$$

ВКФ служит мерой «устойчивости» ортогонального состояния при сдвигах сигналов во времени. ВКФ не является четной функцией и не всегда достигает максимального значения при $\tau=0$.

Под интервалом корреляции понимается временной сдвиг сигнала относительно исходного, в пределах которого автокорреляционная или взаимокорреляционная функции отличны от нуля. В качестве интервала корреляции может использоваться временной промежуток, в пределах которого корреляционная функция, взятая по модулю, больше некоторого минимального значения

Ход работы Вариант № 17



№ варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Сигналы	в, о	г, н	д, м	е, л	ж, к	з, и	а, д	б, е	в, ж	г, з
$E_{max}, В$	4, 2	2, 2	2, 4	2, 1	10, 10	1, 1	4, 4	1, 2	10, 10	2, 2
$t_n, мкс$	4, 4	6, 6	8, 8	10, 10	12, 12	16, 16	20, 20	24, 24	12, 24	16, 32

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Параметры первого сигнала (прямоугольный импульс)
max1 = 4
duration1 = 20

# Параметры второго сигнала (треугольный импульс)
max2 = 4
duration2 = 20

# Временная шкала
time = np.linspace(-duration2, duration2, num=1000)
```

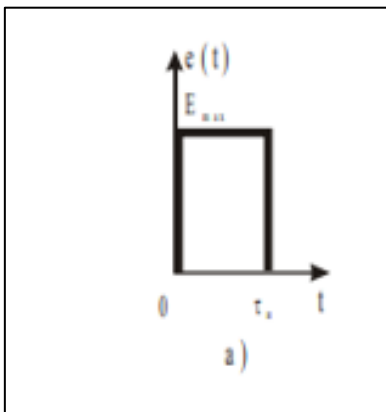
Рисунок 1 – инициализация констант из условия задачи и импорт библиотек для визуализации и математических расчетов

```
# Расчет значений для временной шкалы
signal1 = [rect_pulse(x, max1, duration1) for x in time]
signal2 = [triangle_pulse(x, max2, duration2) for x in time]

# Преобразование в массивы NumPy
s1 = np.array(signal1)
s2 = np.array(signal2)
```

Рисунок 2 - Преобразования сигнала в последовательность чисел

Исходные графики функций



```
# Функция для прямоугольного импульса
def rect_pulse(x, amplitude, duration):
    if 0 <= x <= duration:
        return amplitude
    else:
        return 0
```

Рисунок 3 – прямоугольный импульс и его функция

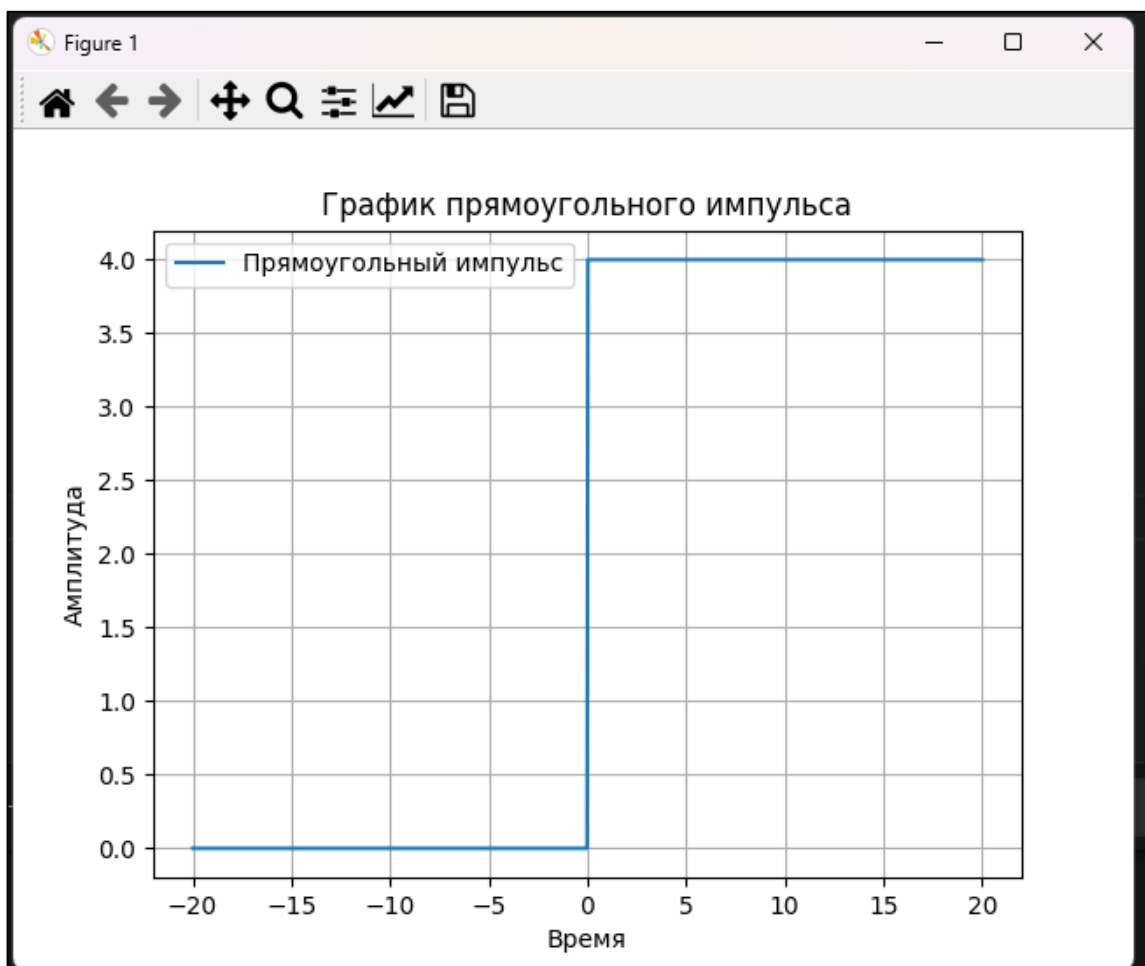
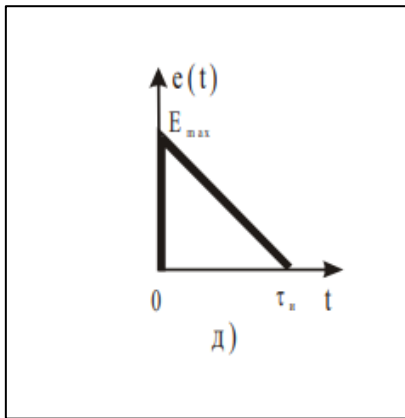


Рисунок 4 – визуализация прямоугольного импульса



```
# Функция для треугольного импульса
def triangle_pulse(x, amplitude, duration):
    if 0 <= x <= duration:
        return amplitude * (1 - x / duration)
    else:
        return 0
```

Рисунок 5 – треугольный импульс и его функция

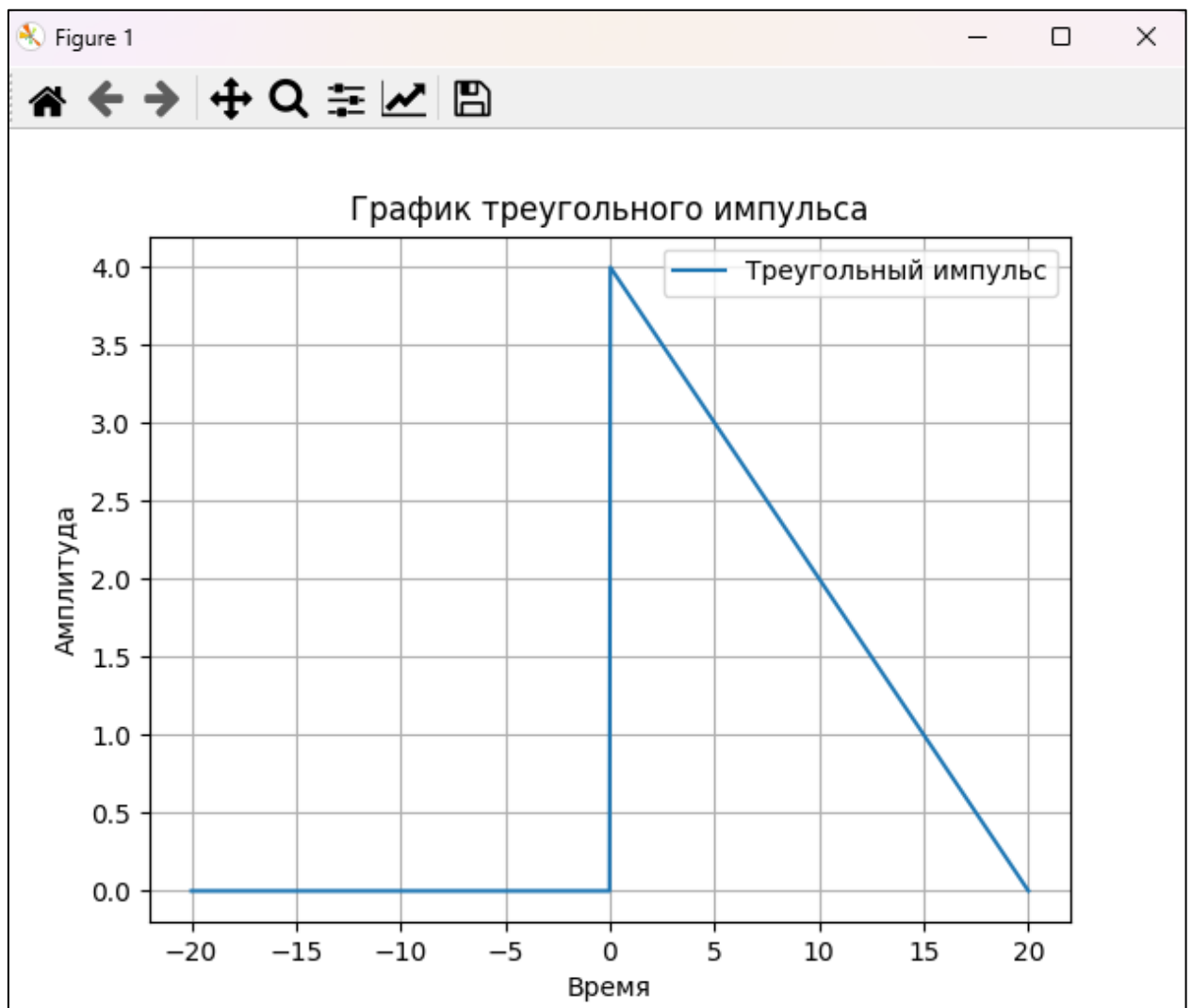
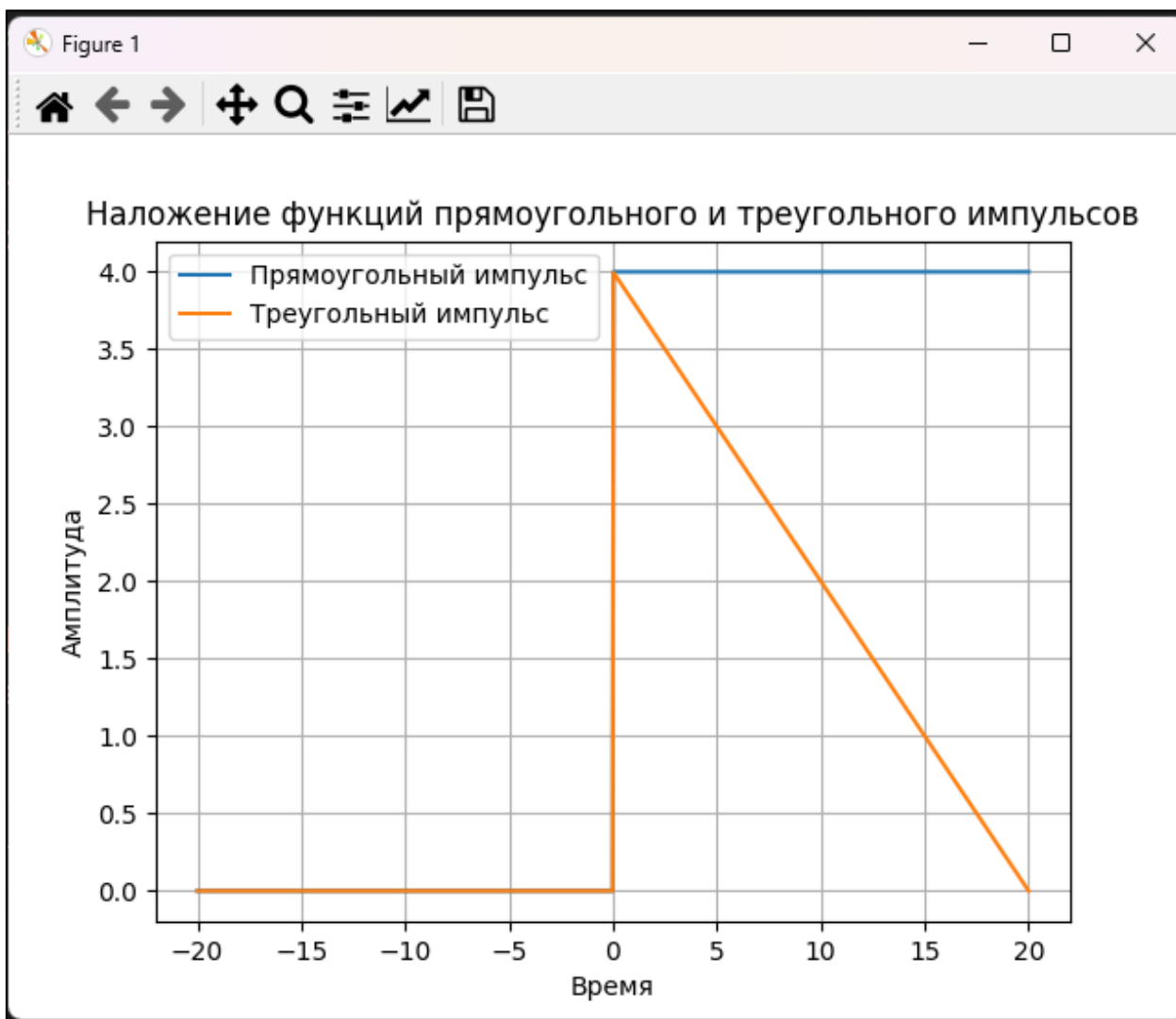


Рисунок 6 – визуализация графика треугольного импульса



Автокорреляция

Автокорреляция – это способ измерения степени похожести между сигналами в зависимости от времени запоздания между ними. Значения близкие к 1 указывают на сильную положительную автокорреляцию, а значения близкие к -1 на сильную отрицательную автокорреляцию.

```
corr_full = np.correlate(s1, s2, mode="full")
```

```
# График полной корреляции  
plt.figure()  
plt.plot(corr_full)  
plt.title("График полной корреляции")  
plt.grid(True)  
plt.show()
```

Рисунок 7 – расчет автокорреляции и вывод её на график

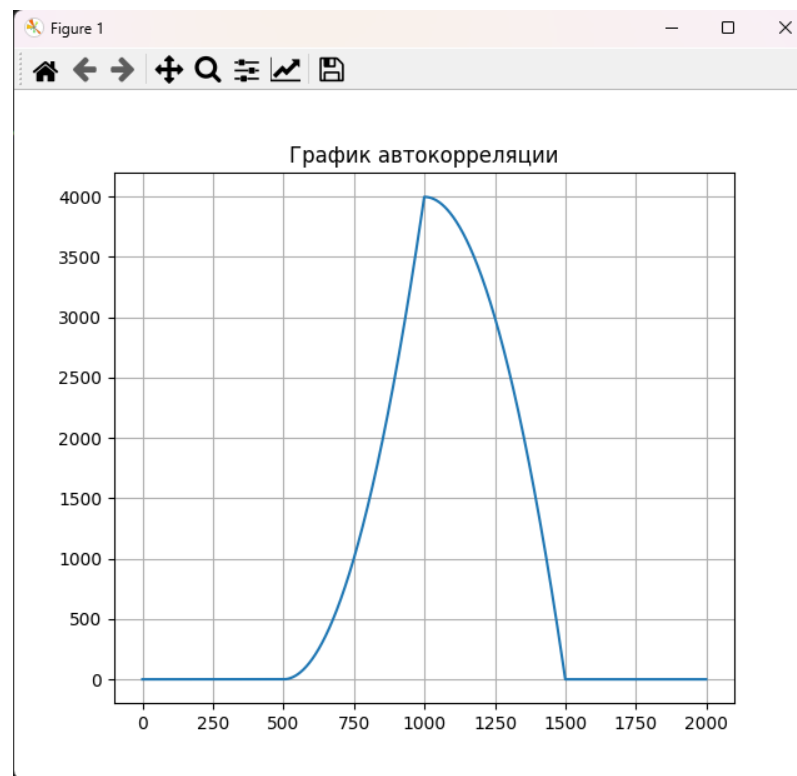


Рисунок 8 – график автокорреляции

Взаимокорреляция

Взаимная корреляция – статический метод, который показывает, насколько сильно два сигнала связаны друг с другом. Положительная, если два сигнала движутся в одном направлении и отрицательная, если два сигнала движутся в разных направлениях

```
corr_same = np.correlate(s1, s2, mode="same")
```

```
# График взаимной корреляции
plt.figure()
plt.plot(corr_same)
plt.title("График взаимной корреляции")
plt.grid(True)
plt.show()
```

Рисунок 9 – расчет взаимной корреляции и вывод её на график

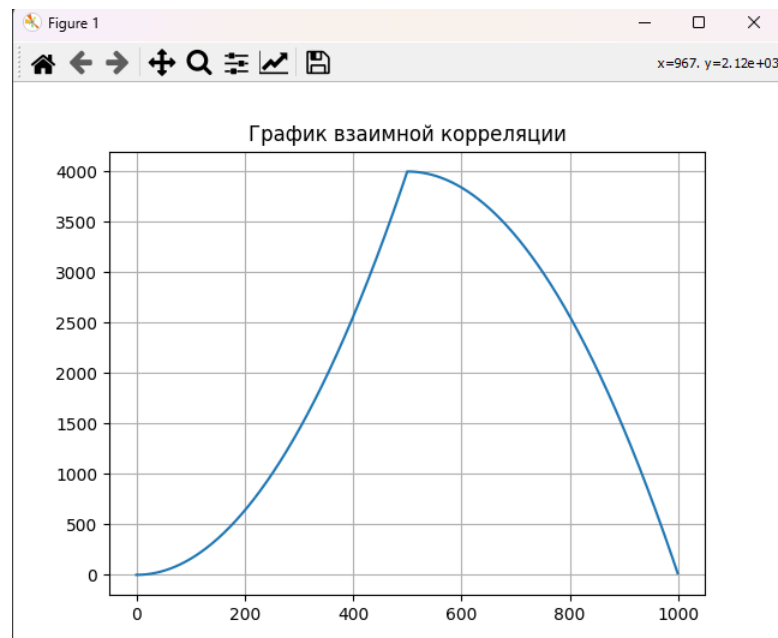


Рисунок 10 – график взаимной корреляции

Вычисление максимального значения корреляции и интервала корреляции

```
# Поиск максимального значения корреляции
max_corr = np.max(corr_full)

# Определение интервала корреляции
corr_interval = None
for i, value in enumerate(corr_full):
    if value == max_corr:
        corr_interval = time[i % len(time)] # Расчет соответствующего времени
        break

# График полной корреляции
```

```
# Вывод результатов
print("Максимальное значение корреляционной функции:", max_corr)
print("Интервал корреляции:", corr_interval)
```

```
[Running] python -u "c:\Users\vetek\Desktop\study(git_repo)\3_2\ObrabotkaSignalov\4\6
Максимальное значение корреляционной функции: 3995.995995995995
Интервал корреляции: 20.0
```

Рисунок 11 – вычисление и вывод максимального значения корреляционной функции и интервала корреляции

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы разработано программное обеспечение, осуществляющее расчёт «Корреляционного анализа сигналов» для количественного определения взаимодействия сигналов друг с другом во временной области. В качестве интервала корреляции использовался временной промежуток, в пределах которого корреляционная функция, взятая по модулю, больше некоторого минимального значения.

Цель и поставленные задачи в работе были выполнены в полном объеме.