



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Калужский филиал  
федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана)

**ФАКУЛЬТЕТ** **ИУК «Информатика и управление»**

**КАФЕДРА** **ИУК4 «Программное обеспечение ЭВМ, информационные технологии»**

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3**

**ДИСЦИПЛИНА: «Цифровая обработка сигналов»**

Выполнил: студент гр. ИУК4-72Б \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_ Губин Е.В.\_\_\_\_)  
(Подпись) (Ф.И.О.)

Проверил: \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_ Чурилин О.И\_\_\_\_)  
(Подпись) (Ф.И.О.)

Дата сдачи (защиты):

Результаты сдачи (защиты):

- Балльная оценка:

- Оценка:

Калуга, 2025

**Цель:** выполнения лабораторной работы является формирование практических навыков построения аналоговых фильтров.

**Задачи:**

1. Построить АЧХ аналоговых фильтров с заданными параметрами: фильтр Баттерворта; фильтр Чебышева 1 рода; фильтр Чебышева 2 рода; эллиптический фильтр; фильтр Бесселя;
2. Осуществить преобразование фильтров – прототипов (два вида преобразования).

**Вариант 3**

**Формулировка задания:**

Построить АЧХ аналоговых фильтров с заданными параметрами: фильтр Баттерворта; фильтр Чебышева 1 рода; фильтр Чебышева 2 рода; эллиптический фильтр; фильтр Бесселя. Выполнить преобразование фильтров – прототипов.

**Результаты выполнения работы:**

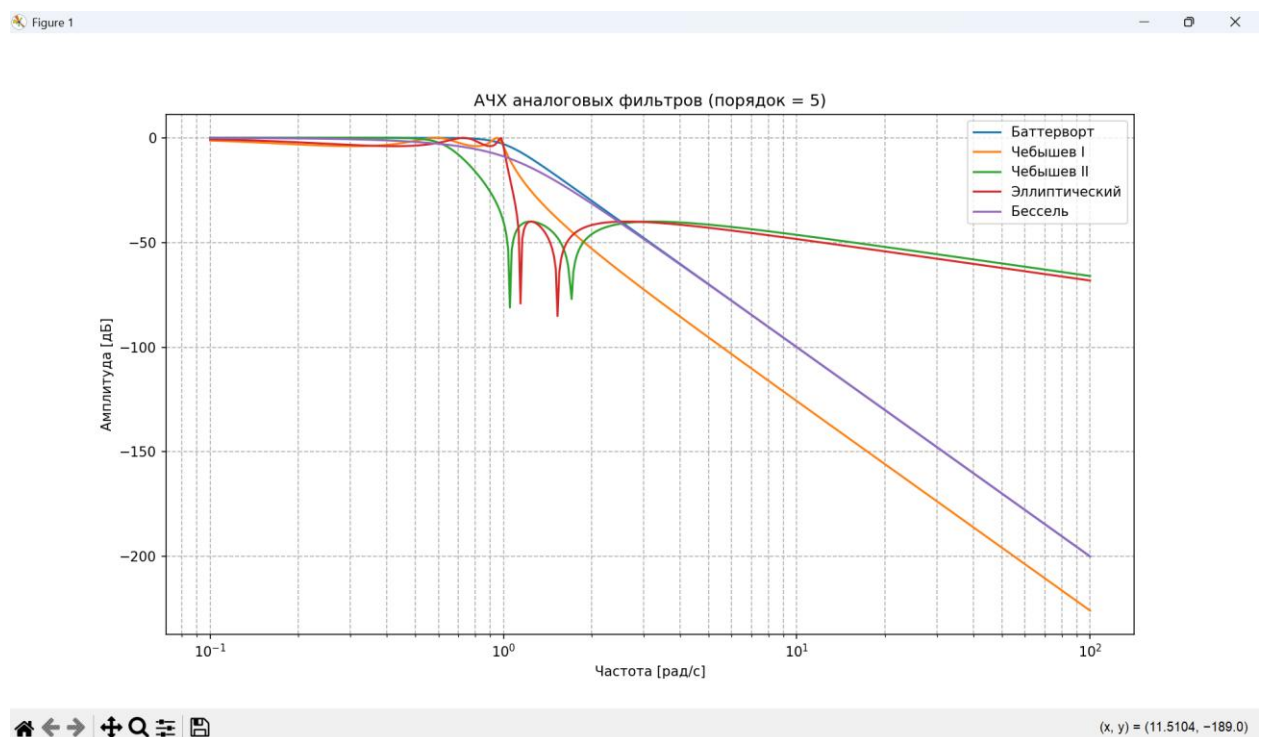


Рисунок 1 Построенные фильтры

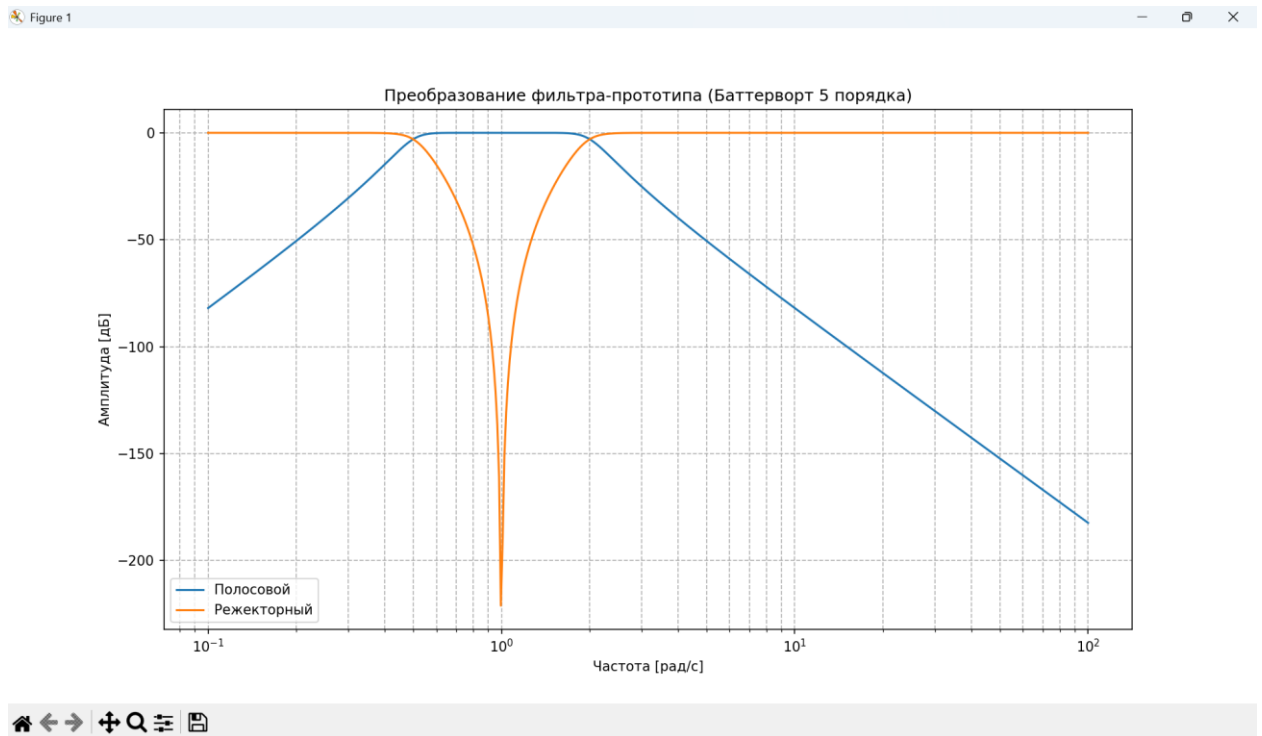


Рисунок 2 Преобразование фильтра Баттерворта в полосовой и режекторный типа

## Листинг программы:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.signal import butter, cheby1, cheby2, ellip, bessel, freqs, lp2bp, lp2bs

n = 5          # порядок фильтра
Rp = 4         # неравномерность в полосе пропускания (дБ) - для
               # Chebyshev/elliptic
Rs = 40        # подавление в полосе заграждения (дБ)
Wc = 1         # нормированная частота среза (рад/с)

filters = {
    "Баттерворт": butter(n, Wc, btype="low", analog=True, output="ba"),
    "Чебышев I": cheby1(n, Rp, Wc, btype="low", analog=True, output="ba"),
    "Чебышев II": cheby2(n, Rs, Wc, btype="low", analog=True, output="ba"),
    "Эллиптический": ellip(n, Rp, Rs, Wc, btype="low", analog=True,
        output="ba"),
    "Бессель": bessel(n, Wc, btype="low", analog=True, output="ba",
        norm="phase")
}

w = np.logspace(-1, 2, 500)
plt.figure(figsize=(12, 8))

for name, (b, a) in filters.items():
    w_, h = freqs(b, a, w)
    plt.semilogx(w_, 20 * np.log10(abs(h)), label=name)

plt.title("АЧХ аналоговых фильтров (порядок = 5)")
plt.xlabel("Частота [рад/с]")
plt.ylabel("Амплитуда [дБ]")
plt.grid(True, which="both", ls="--")
plt.legend()
```

```

plt.show()

b, a = butter(n, Wc, analog=True)

w1, w2 = 0.5, 2.0

b_bp, a_bp = lp2bp(b, a, wo=np.sqrt(w1*w2), bw=w2-w1)

b_bs, a_bs = lp2bs(b, a, wo=np.sqrt(w1*w2), bw=w2-w1)

plt.figure(figsize=(12, 6))

w, h = freqs(b_bp, a_bp, w)
plt.semilogx(w, 20 * np.log10(abs(h)), label="Полосовой")

w, h = freqs(b_bs, a_bs, w)
plt.semilogx(w, 20 * np.log10(abs(h)), label="Режекторный")

plt.title("Преобразование фильтра-прототипа (Баттерворт 5 порядка)")
plt.xlabel("Частота [рад/с]")
plt.ylabel("Амплитуда [дБ]")
plt.grid(True, which="both", ls="--")
plt.legend()
plt.show()

```

**Вывод:** в ходе лабораторной работы были получены навыки по фильтрации сигналов, осуществлено преобразование в полосовой и режекторный фильтры.