

Московский государственный технический университет им. Н.Э.
Баумана

Факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника (РЛ)»

Кафедра «Технология приборостроения (РЛ6)»

Лабораторная работа №2

по дисциплине «Цифровая обработка сигналов»

Вариант № 4

Выполнил ст. группы РЛ6-71

Филимонов С. В.

Преподаватель Дмитриев Д. Д.

Москва, 2023

Задание № 1

Запишите передаточную функцию и найдите нули и полюса фильтра, который задан в виде блок-схемы (рис. 2.11). Значения a_1 , a_2 , b_0 , b_1 и b_2 выберите из табл. 2.2.

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{\sum_{i=0}^M b_i z^{-i}}{(1 + \sum_{i=1}^M a_i z^{-i})}$$

Номер варианта	a_1	a_2	b_0	b_1	b_2
4	0,22888	2,06144	0,86232	0,19501	1,73566
5	0,06797	1,53449	0,67549	0,05196	1,35097
6	0,09241	1,63060	0,70587	0,07190	1,41295

```
b = [0.86232, 0.19501, 1.73566]
a = [1, 0.22888, 2.06144]
```

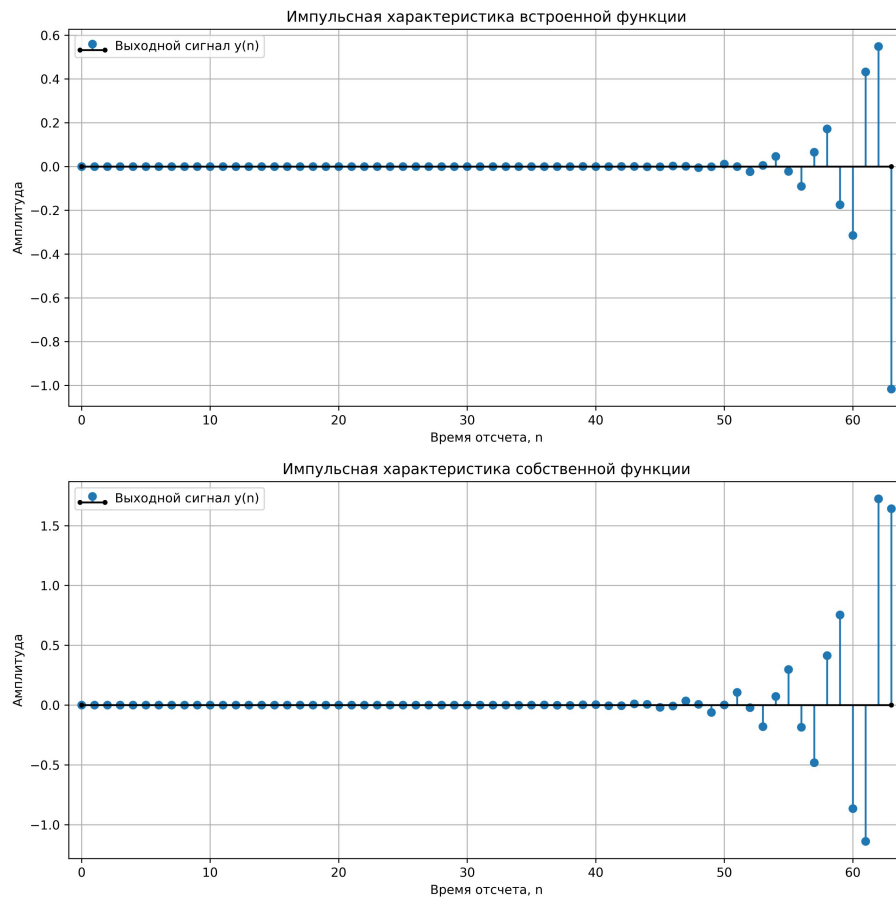
```
sys = tf(b, a)
z = zero(sys)
p = pole(sys)
print(f'Нули = \n{z[0]}\n{z[1]}\nПолюса = \n{p[0]}\n{p[1]}')
```

```
Нули =
(-0.11307287317933018+1.4142114424536374j)
(-0.11307287317933018-1.4142114424536374j)
Полюса =
(-0.114440000000000001+1.4312035097776976j)
(-0.114440000000000001-1.4312035097776976j)
```

Задание № 2

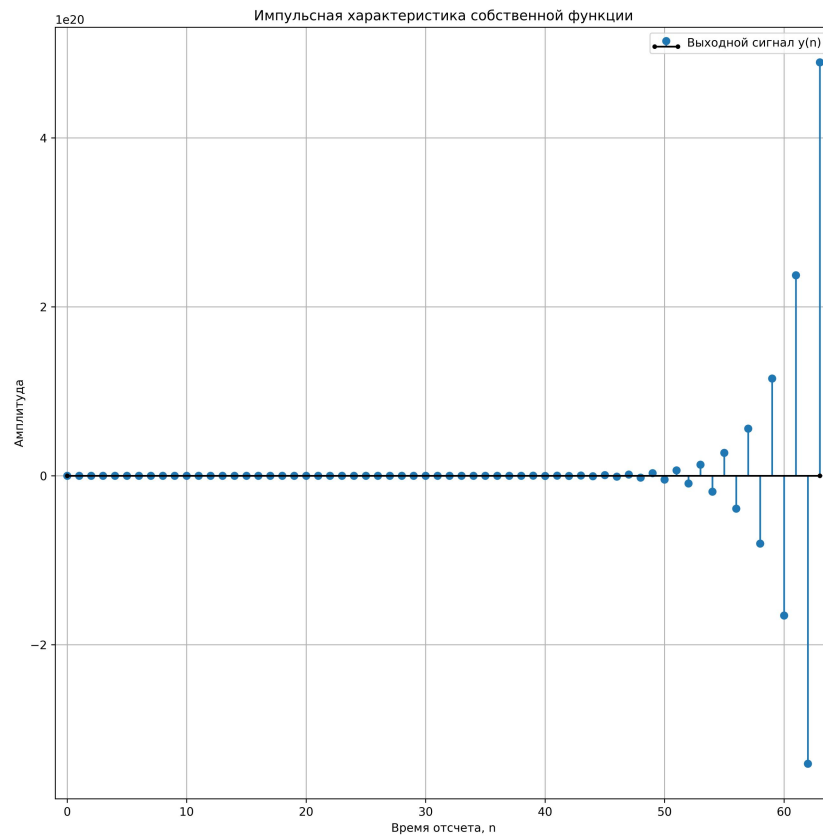
Напишите функцию, реализующую разностное уравнение (2.1). Навход функции поступают коэффициенты $\{b_i\}, \{a_i\}$ и входной сигнал $x[n]$. С помощью написанной функции постройте импульсную характеристику для фильтра из задания 2.2.1. Сравните результат с работой функции `filter`.

$$a_0 y(n) = \sum_{i=0}^M b_i x(n-i) - \sum_{i=1}^N a_i y(n-i),$$



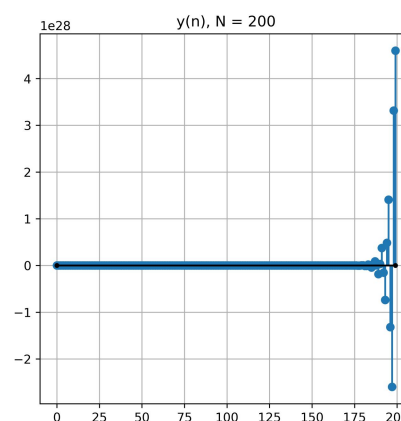
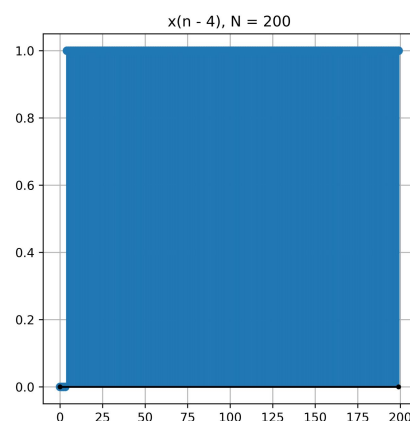
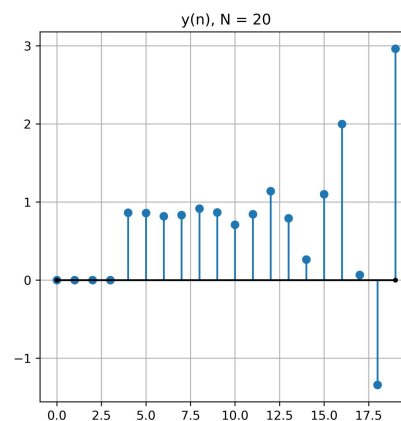
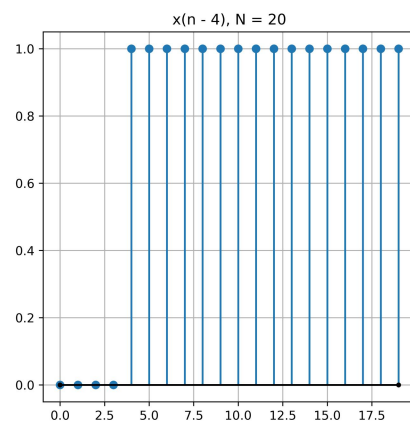
Задание № 3

2.2.3. Определите собственные частоты импульсной характеристики фильтра из задания 2.2.1 (см. формулу (2.3) и пояснение к ней). Найдите коэффициенты a и b уравнения (2.4) с которыми колебания собственных частот входят в импульсную характеристику. Для этого вычислите $h(n)$ для любых двух значений (например для $n = 0$ и 1) и составьте систему линейных уравнений относительно неизвестных a и b . Решите эту систему с использованием Matlab-оператора «\» (backslash). Используя найденные значения a и b , постройте график $h(n)$ согласно уравнению (2.4) и сравните его с результатом из задания 2.2.2.



Задание № 4

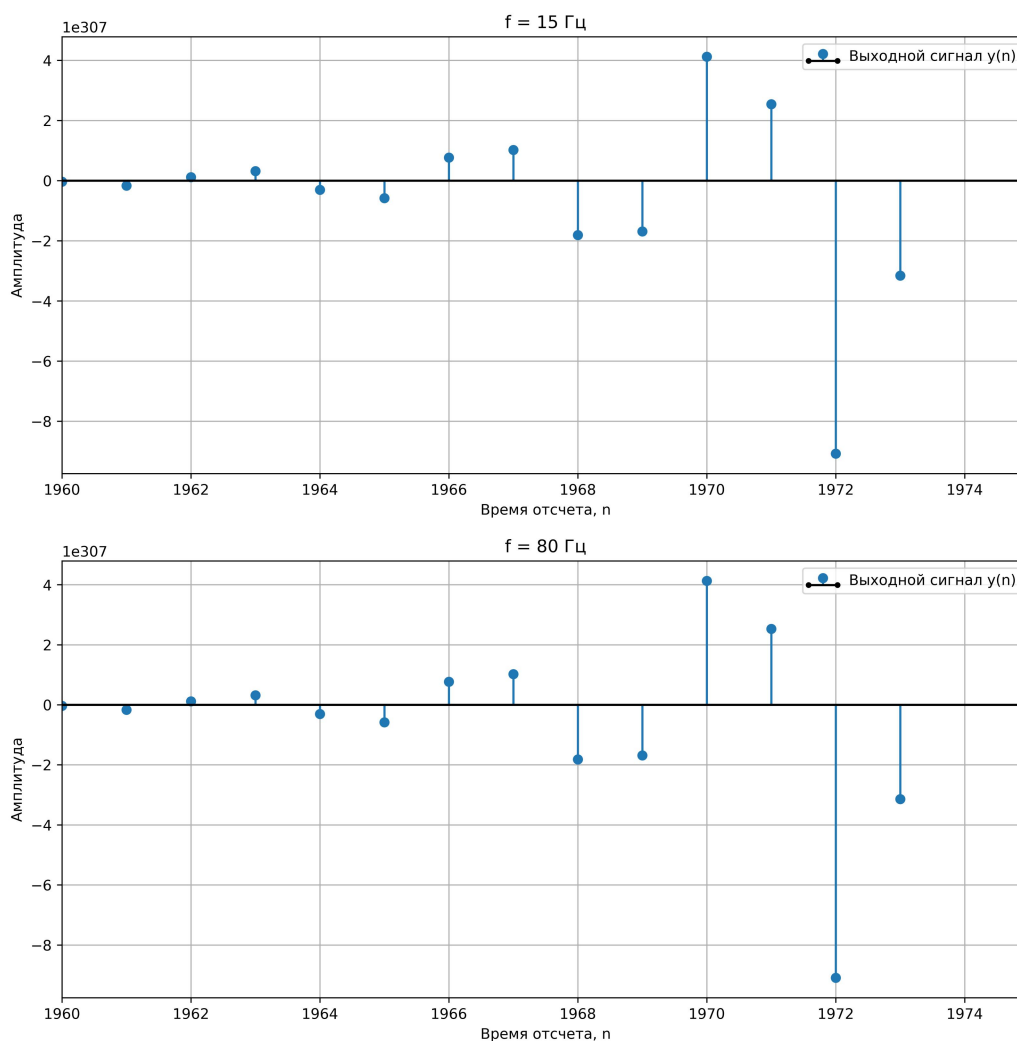
Найдите отклик фильтра из задания 2.2.1 при воздействии на вход единичного скачка $x(n)=u(n-n_0)$, $n=1\dots N$. Выбрав достаточное значение N , определите, к какому значению сходится выходной сигнал фильтра. Это значение называют устоявшимся режимом фильтра, а переменную часть характеристики – переходной характеристикой. В качестве n_0 возьмите номер своего варианта (т.е. если выполняете вариант 2, то $n_0 = 2$).



Задание № 5

Вычислите отклик фильтра на следующие сигналы (табл.ица 2.3)

Номер варианта	Задание
1–2	Периодический прямоугольный сигнал с частотой 10 Гц и сигнал такой же формы с частотой 20 Гц. Частота дискретизации сигналов $f_s=80$ Гц
3–4	Периодический треугольный сигнал с частотой 15 Гц и сигнал такой же формы с частотой 80 Гц. Частота дискретизации сигналов $f_s=320$ Гц
5	Периодический пилообразный сигнал с частотой 20 Гц и сигнал такой же формы с частотой 110 Гц. Частота дискретизации сигналов $f_s=440$ Гц
6	Периодический трапециевидный сигнал с частотой 18 Гц и сигнал такой же формы с частотой 130 Гц. Частота дискретизации сигналов $f_s=520$ Гц

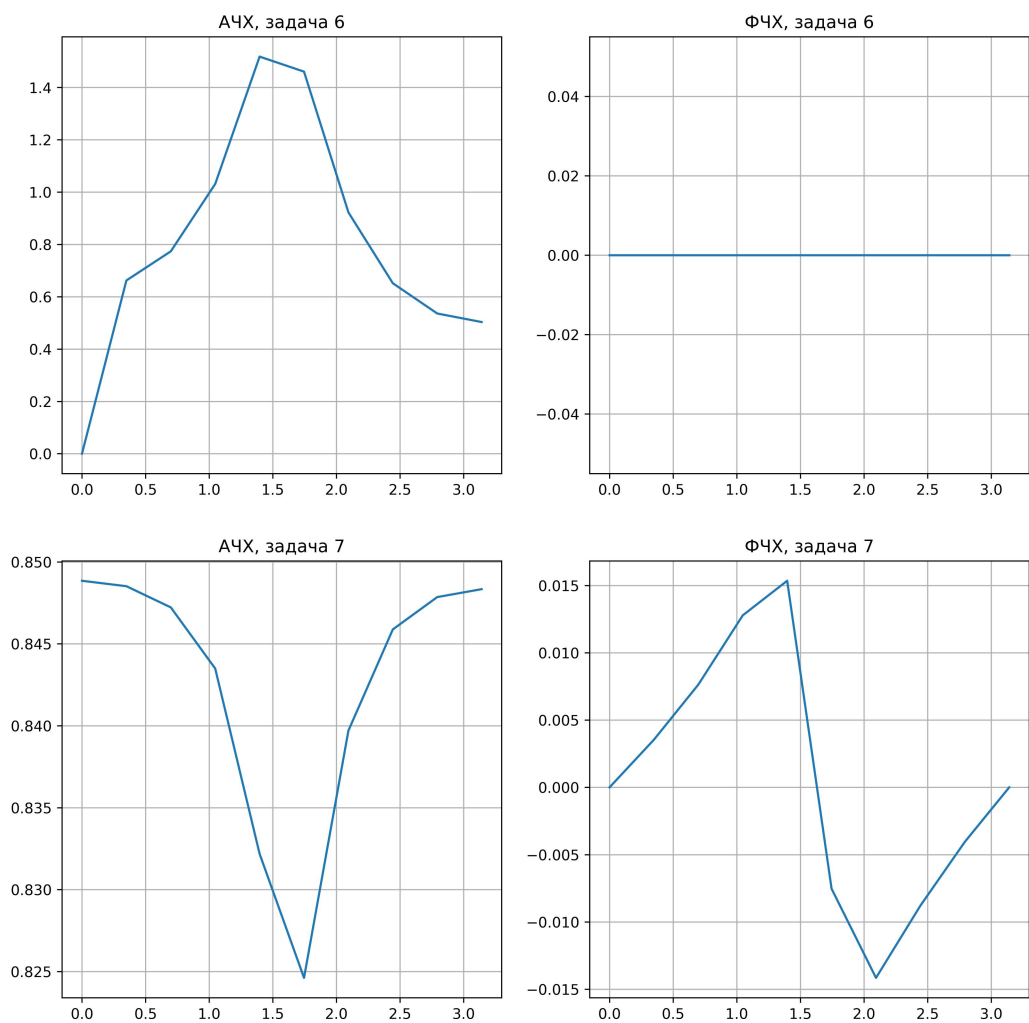


Задание № 6, 7

Вычислите частотную характеристику линейной системы из задания 2.2.1 по формуле

$$H(e^{j\omega}) = \frac{\sum_{k=0}^M b_k e^{j\omega k}}{(1 + \sum_{k=1}^M a_k e^{j\omega k})}, \quad \omega \in [0 \ \pi].$$

Постройте график $A(\omega) = |H(e^{j\omega})|$ и $\varphi(\omega) = \arg H(e^{j\omega})$. Функция $A(\omega)$ – это амплитудно-частотная характеристика (АЧХ), а $\varphi(\omega)$ – фазо-частотная характеристика (ФЧХ). Постройте АЧХ и ФЧХ линейной системы из задания 2.2.1 при помощи функции `freqz`.



Задание № 8

Алгоритм Карплуса–Стронга для имитации звука гитарной струны. Рассмотрим разностное уравнение:

$$y[n] = \alpha y[n - M] + x[n],$$

Напишите в Matlab функцию `y=ks_synthesis(x, alpha, P)`, которая генерирует выходную последовательность согласно разностному уравнению (2.15), длина выходной последовательности равна $M \times P$, где M – длина последовательности x .

```
def ks_synthesis(x, alpha, P):  
    M = len(x)  
    y_len = M * P  
    y = np.zeros(y_len)  
    for n in range(y_len):  
        if (n - M) >= 0:  
            y[n] = alpha * y[n - M]  
        if (n < M):  
            y[n] += x[n]  
    return y
```