

Московский государственный технический университет им. Н.Э.
Баумана

Факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника (РЛ)»

Кафедра «Технология приборостроения (РЛ6)»

Лабораторная работа №4
по дисциплине «Цифровая обработка сигналов»

Выполнил ст. группы РЛ6-71

Филимонов С. В.

Преподаватель Дмитриев Д. Д.

Москва, 2023

Задание № 1

Разработайте в Matlab функцию $[P, P_{dB}] = \text{calc_power}(x)$ для вычисления мощности сигнала по формуле

$$P_a = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x^2(n).$$

Функция также должна выдавать значение мощности в децибелах

$$P_{dB} = 10 \log_{10} P_a.$$

Посчитайте мощность следующих сигналов при $n = 0, 1, \dots, 127$:

$$\begin{aligned} x_1(n) &= 0,5 \sin \left(2\pi \frac{3}{128} n \right), \\ x_2(n) &= 0,5 \sin \left(2\pi \frac{30}{128} n \right), \\ x_3(n) &= 0,3 \cos \left(2\pi \frac{6}{128} n \right) + 0,4 \cos \left(2\pi \frac{10}{128} n \right). \end{aligned}$$

Мощность для первого сигнала $[0.125, -9.030899869919436]$

Мощность для второго сигнала $[0.12499999999999999, -9.03089986991944]$

Мощность для третьего сигнала $[0.12499999999999996, -9.030899869919438]$

Задание № 2

Разработайте в Matlab функцию для вычисление периодограммы сигнала

$$P_{xx}(k) = \frac{1}{N} |X(k)|^2, k = 0, 1, \dots, N-1.$$

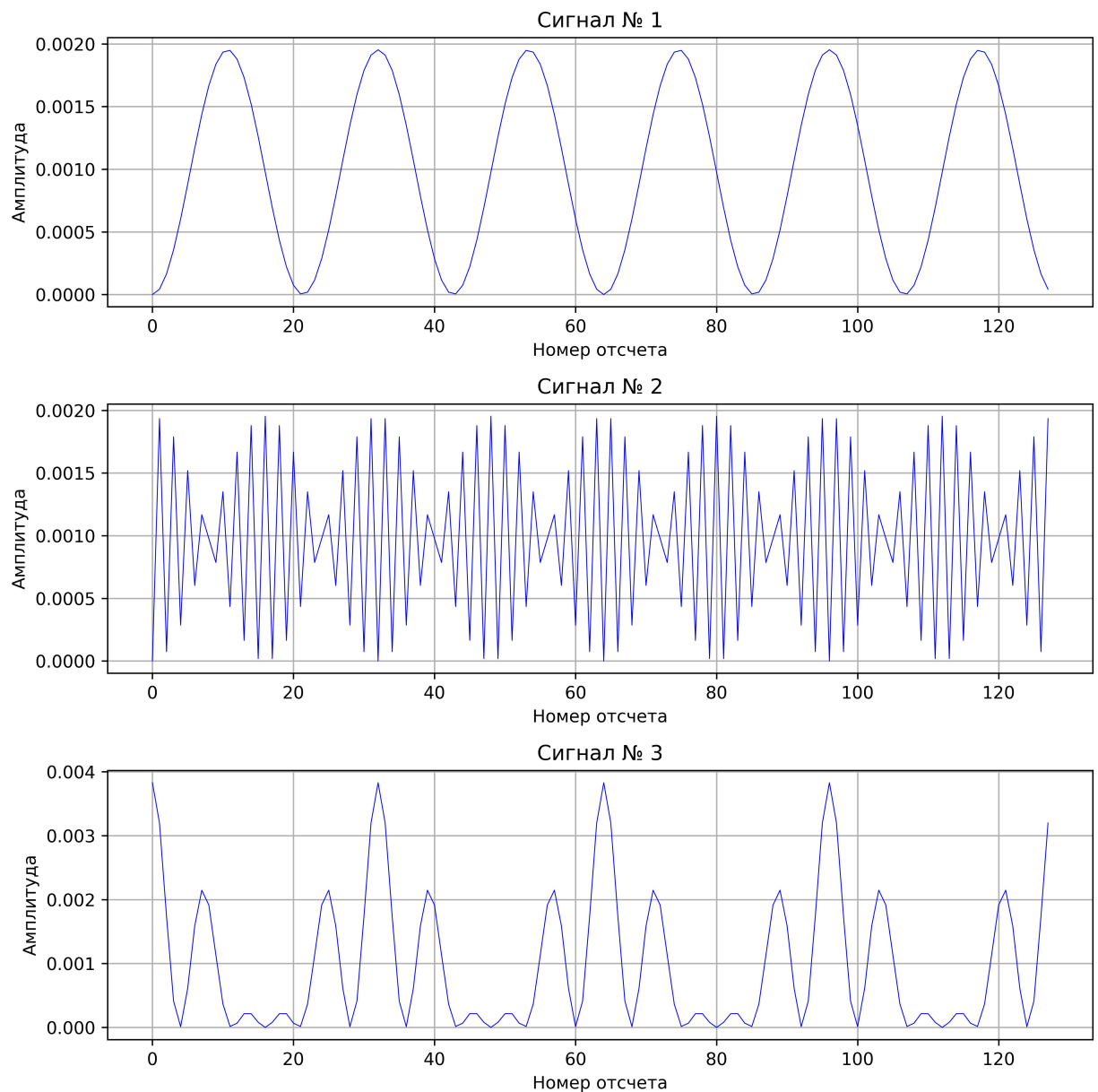
Постройте периодограммы сигналов из задания 4.2.1. Вычислите мощность сигналов из полученных периодограмм по формуле

$$P_a = \frac{1}{N^2} \sum_{k=0}^{N-1} |X(k)|^2.$$

Мощность для первого сигнала $[1.4305114746093748e-06, -58.44508654223943]$

Мощность для второго сигнала $[1.4305114746093752e-06, -58.44508654223943]$

Мощность для третьего сигнала $[2.089691162109375e-06, -56.799178940337185]$



Задание № 3

Предположим, что зарегистрированный сигнал представляет собой сумму полезного сигнала и белого шума ($n = 0, 1, \dots, 511$):

$$x(n) = 0.4 \cos\left(2\pi \frac{9}{128} n\right) + A \cdot r(n).$$

Определите максимальное отношение сигнал/шум (ОСШ), при котором по периодограмме $x(n)$ можно обнаружить в нем наличие полезного сигнала. Отношение сигнал/шум (англ. signal-to-noise ratio, SNR) – безразмерная величина, равная отношению мощности полезного сигнала к мощности шума:

$$\text{SNR(dB)} = 10 \log_{10} \frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}}.$$

Для определения требуемого ОСШ необходимо выполнить несколько экспериментов, плавно изменяя параметр A и наблюдая изменение периодограммы сигнала. Будем считать, что сигнал можно обнаружить, если уровень полезного сигнала на 10 дБ больше уровня компонент спектра, образуемых шумовым сигналом. Белый шум $r(n)$ можно получить в Matlab при помощи функции.

```
def calc_Ps(x):
    Ps = []
    for i in x:
        Ps.append(calc_power(i)[0])
    return Ps
```

```
n = np.arange(0, 512, 1)
A = [0.01, 0.05, 0.1, 0.25, 0.3, 0.4, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100, 1000]
rng = np.random.default_rng()
r = rng.integers(low=-1, high=1, size=512)
x = 0.4 * np.cos(2 * np.pi * 9 / 128 * n)
Psignal = calc_power(x)[0]
Ar = []
for a in A:
    Ar.append(a * r)
Pnoise = calc_Ps(Ar)
SNR = 10 * np.log10(Psignal / Pnoise)
print(SNR)
```

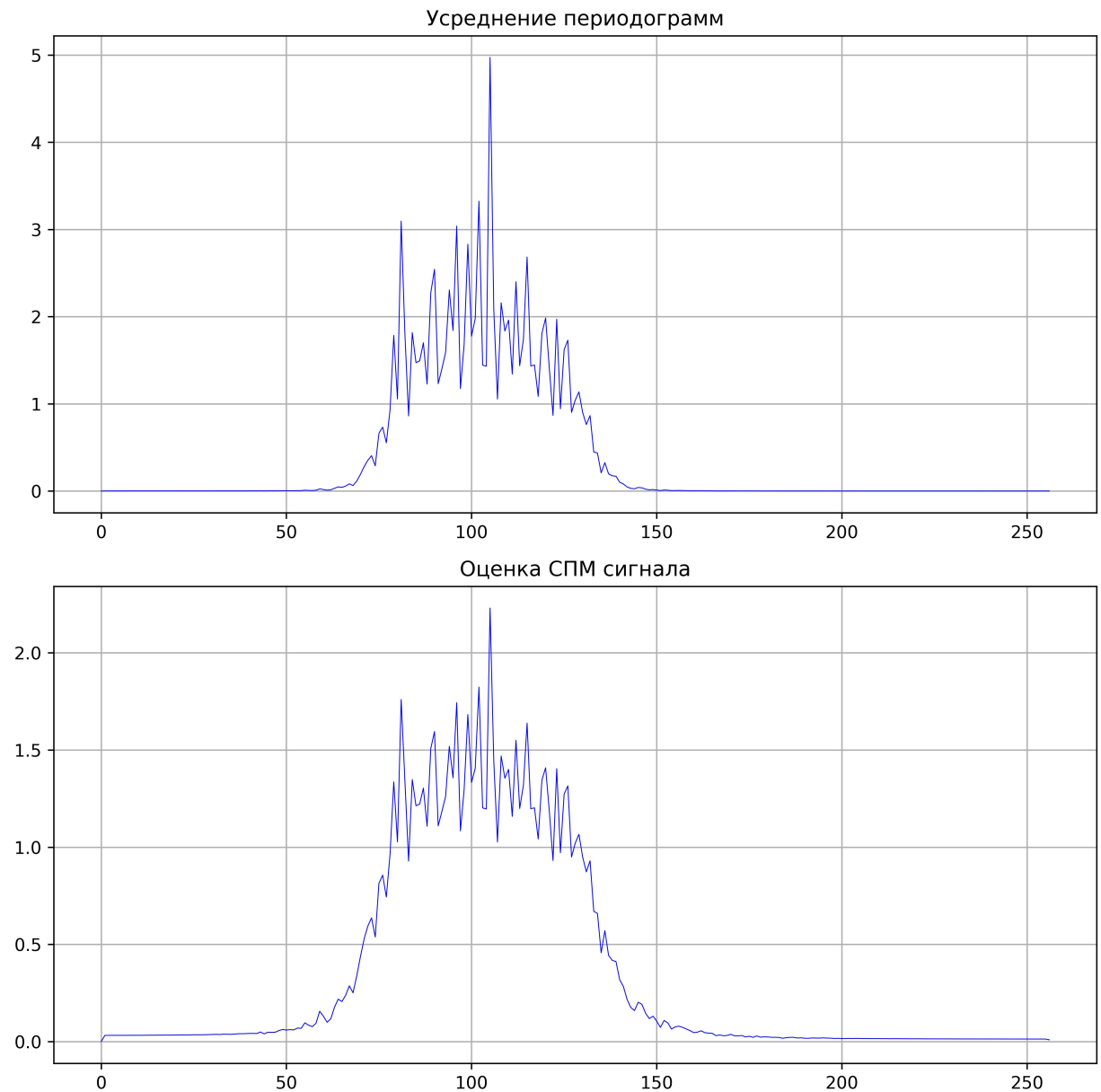
```
[ 32.10959407  18.13019399  12.10959407   4.1507939   2.56716898
  0.06839425 -1.86980601 -7.89040593 -21.86980601 -27.89040593
 -41.86980601 -47.89040593 -67.89040593]
```

Задание № 4

Оцените СПМ сигнала на выходе фильтра при помощи метода усреднения периодограмм. Параметры *NSAMP* и *NSHIFT* подберите самостоятельно. На вход фильтра поступает 4096 отсчетов белого шума. Коэффициенты фильтра

b = [0.00482434 0 -0.0192973 0 0.02894606 0 -0.0192973 0 0.00482434];

a = [1 -2.06958023 3.99771255 -4.3894077 4.45285533 -2.9060422 1.75168470 -0.5862147 0.18737949];



Задание № 5

Не удалось найти нужные файлы

Задание № 6

Разработайте в Matlab функцию для отделения вокализованных участков речи от невокализованных: $[x_v, x_u] = vu_separate(x, N, threshold)$ Сепарация (разделение) происходит на основе анализа кратковременной мощности сигнала (см. (4.7)). На вход функции поступает речевой сигнал x , дли- на окна анализа на котором считается мощность N и значение порога $threshold$. Если мощность сигнала в момент времени n больше порога, то счи- тается, что отсчет $x(n)$ является вокализованным, в противном случае – нево- кализованным. Сепарация выполняется следующим образом:

а) для входного сигнала $x(n)$ рассчитывается кратковременная мощность $P(n)$ по выражению (4.7);

б) рассчитывается признак вокализованности: $v(n) = \{1, P(n) > threshold, 0, P(n) \leq threshold\}$;

в) вычисляется сепарация сигнала: $xv(n) = x(n) \cdot v(n)$, $xu(n) = x(n) \cdot (1 - v(n))$.

Удобно мощность сигнала посчитать в децибелах: $PdB(n) = 10 \log_{10} P(n)$ и порог для сепарации также подбирать в децибелах.

```
: def vu_separate(x, N, threshold):  
    P = np.abs(x) ** 2  
    P_dB = 10 * np.log10(P)  
    v = P_dB > threshold  
    x_v = x * v  
    x_u = x * (1 - v)  
    return x_v, x_u
```