

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В. И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра информационных систем

ОТЧЕТ
по лабораторной работе №16
по дисциплине «Цифровая обработка информации»
Тема: Спектральный анализ: непараметрические методы.

Студенты гр. 8374

Пихтовников К. С.
Хохрин С. С.
Чертков Н. Д.

Преподаватель

Клионский Д. М.

Санкт-Петербург

2020

Цель работы:

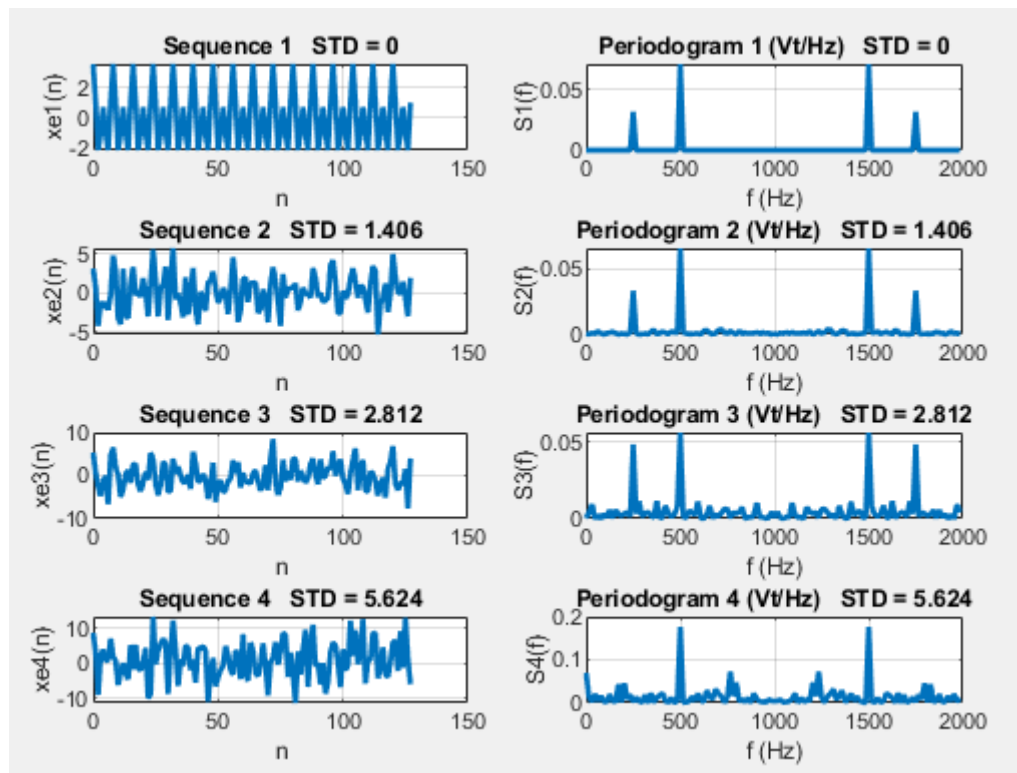
Изучить методы непараметрического спектрального анализа случайных последовательностей в MATLAB.

Исходные данные:

Переменная	Назначение	Значение	Идентификатор
$N_{бр}$	Номер бригады	$N_{бр}$	$Nb = 6$
N	Длина последовательности	$N = 128$	$N=128$
f_d	Частота дискретизации	$f_d = 1000 * (N_{бр} \bmod 5 + 1)$	$Fs=2000$
A_1	Амплитуды дискретных гармоник	$A_1 = 0.8 + 0.01N_{бр}$	$A1=0.86$
A_2		$A_2 = 1.5A_1$	$A2=1.29$
f_1	Частоты дискретных гармоник	$f_1 = \frac{f_d}{8}$	$f1=250$
f_2		$f_2 = 2f_1$	$f2=500$
σ_1 σ_2 σ_3 σ_4	Значения СКО	$\sigma_1 = 0$ $\sigma_2 = A_1$ $\sigma_3 = 2A_1$ $\sigma_4 = 4A_1$	Вектор sigma = [0, 0.86, 1.72, 3.44]

Выполнение работы:

1. Проверка информативности периодограммы в зависимости от уровня шума.



Пояснить:

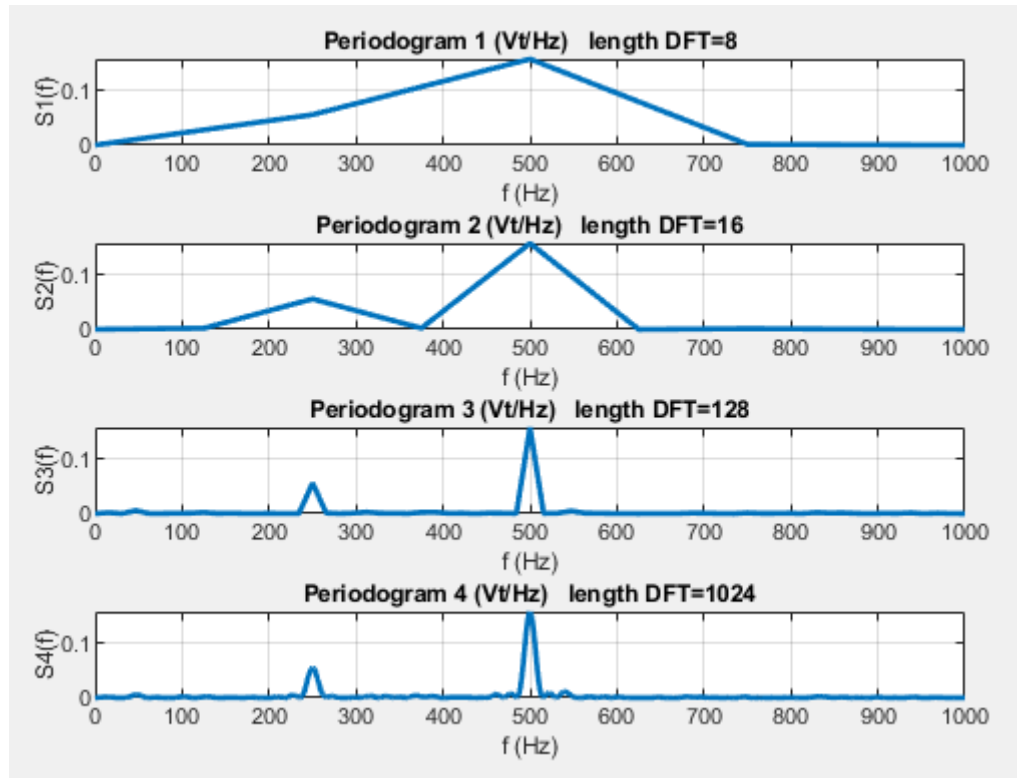
- влияние уровня шума на информативность периодограммы;

Для аддитивной смеси сигнала с шумом информативность периодограммы - возможность определения частот гармоник, зависит от СКО шума. Однако в общем случае при заранее неизвестном случайном сигнале существенная изрезанность периодограммы снижает ее информативность, т. к. вследствие несостоятельности она дает искаженную картину распределения средней мощности по частоте.

- при каком уровне шума невозможно визуальное различение гармоник.

Визуальное различение гармоник невозможно при уровне шума, равного 1.72 и выше

2. Проверка информативности периодограммы в зависимости от периода дискретизации по частоте.



Пояснить:

- чему равно разрешение по частоте при заданных размерностях ДПФ;

$$\text{Разрешение по частоте: } \frac{F_s}{\text{length}(x)} = \frac{2000}{128} = 15.625$$

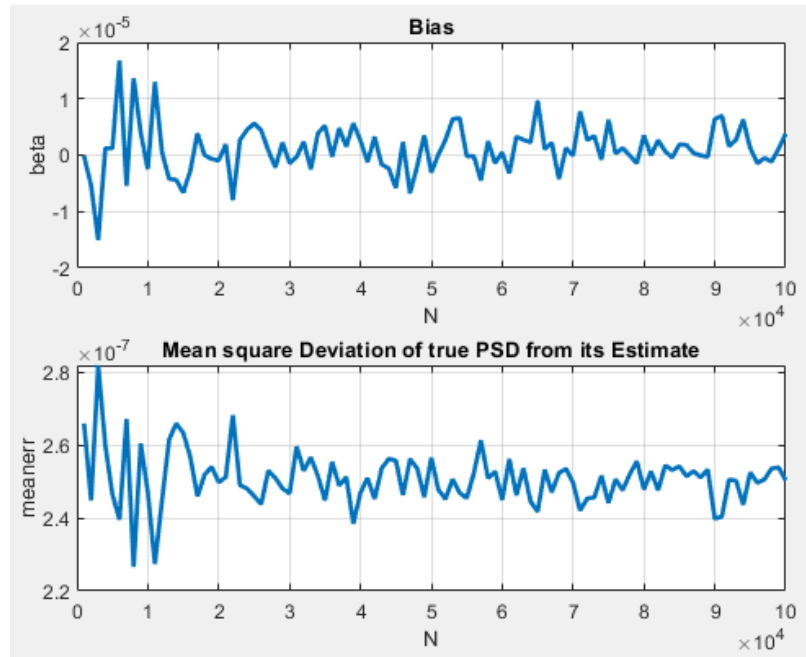
- при какой размерности ДПФ и почему периодограмма оказалась неинформативной;

Периодограмма оказалась неинформативной при размерности ДПФ равной 8, так как невозможно выделить все основные вершины (пики) из-за их сливания друг с другом.

- при какой размерности ДПФ периодограмма наиболее информативна (наиболее узкая и гладкая и содержит обе гармоники).

Периодограмма наиболее информативна при размерности ДПФ, равной 128.

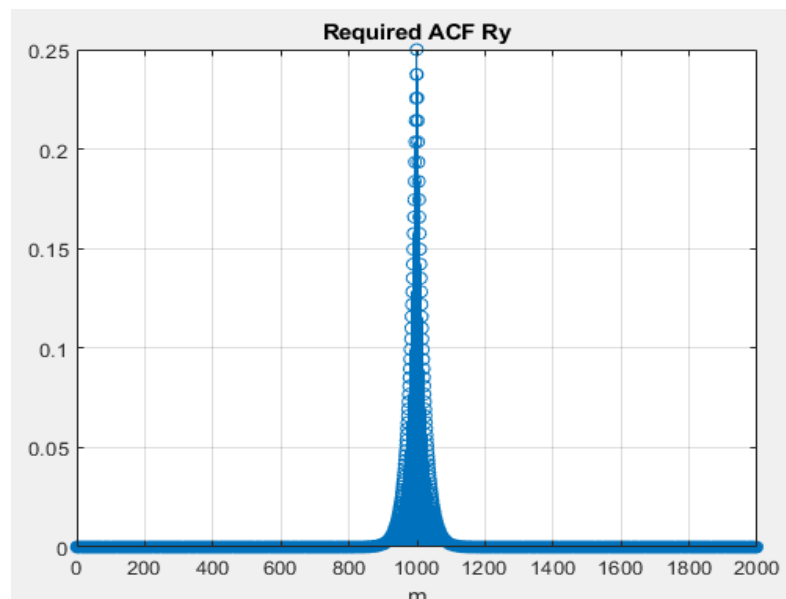
3. Проверка оценки СПМ на асимптотическую несмещённость и состоятельность.

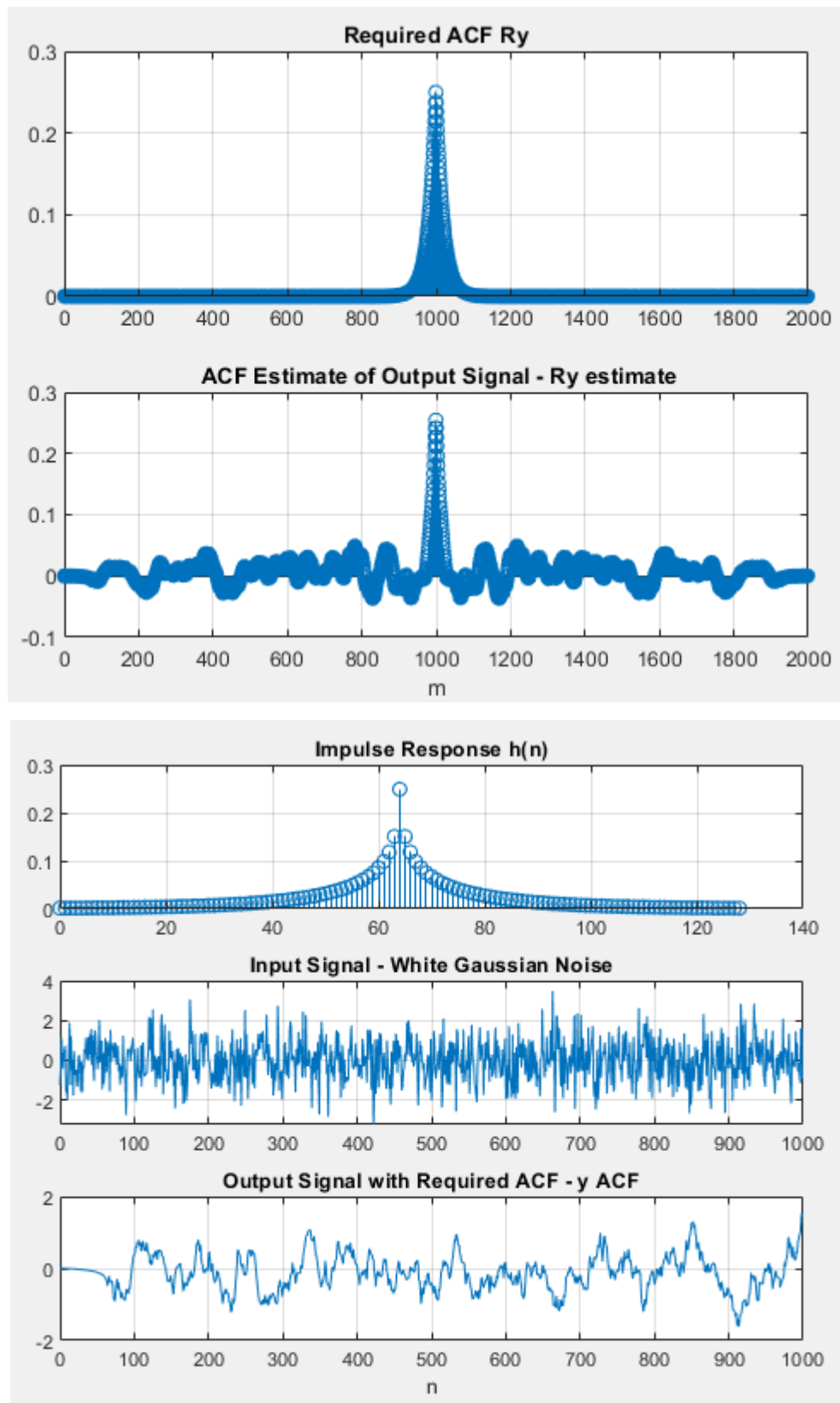


- Сделать вывод об оценке СПМ (16.2) нормального белого шума (смещенная, асимптотически несмещенная, состоятельная, несостоятельная).

Оценка СПМ нормального белого шума асимптотически несмещенная, т.к. смещение β стремится к 0 при $N \rightarrow \infty$ и состоятельная, поскольку математическое ожидание квадрата отклонения истинного значения параметра от его оценки стремится к нулю.

4. Моделирование случайной последовательности с требуемой АКФ.





Пояснить:

- какой тип КИХ-фильтра выбран и почему;

Выбран КИХ-фильтр 1-го типа, т.к. не требует проверки на соответствие типу избирательности фильтра с полученной АЧХ.

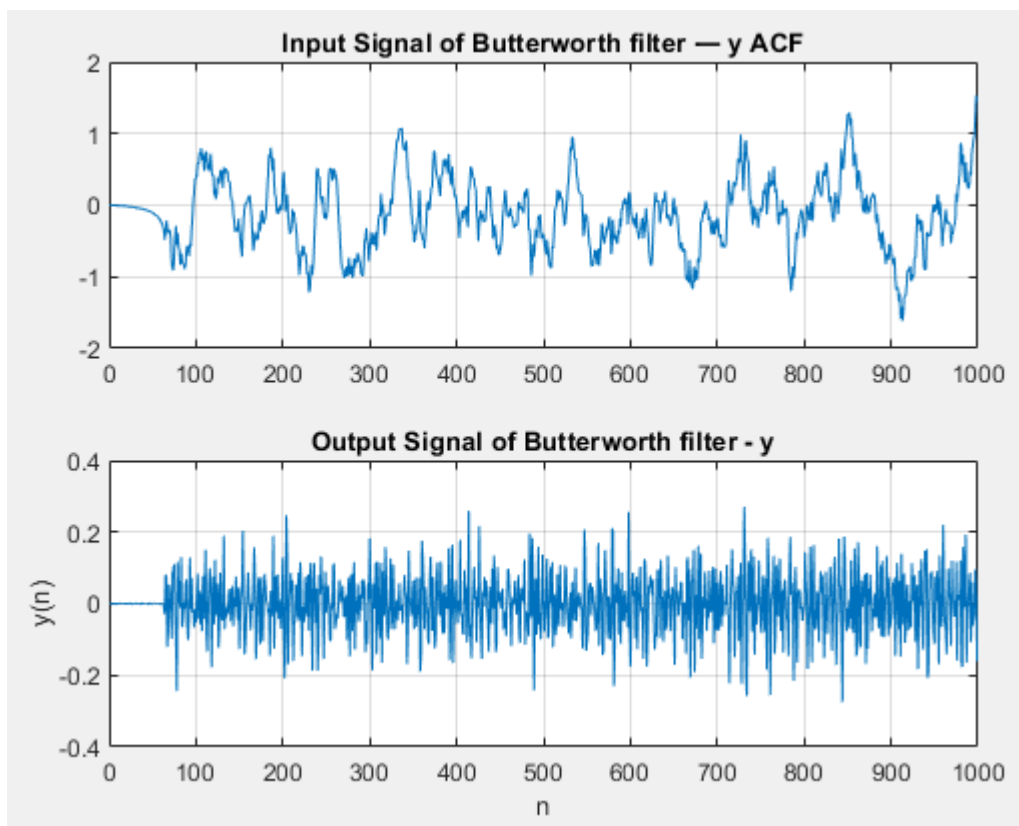
- что используется в качестве воздействия КИХ-фильтра;

В качестве воздействия КИХ-фильтра используется аддитивный белый гауссовский шум.

- что собой представляет реакция КИХ-фильтра.

Реакция КИХ-фильтра представляет собой непрерывную линию с усредненными значениями белого шума.

5. Фильтрация случайной последовательности с требуемой АКФ.



Пояснить:

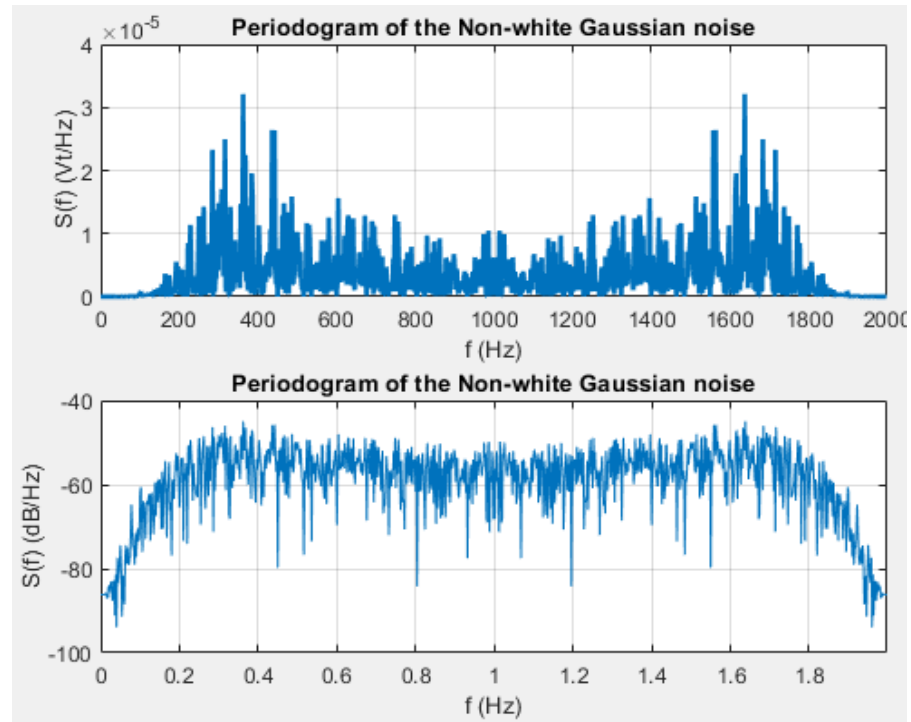
- что называют трендом во временной области;

Трендом, в общем случае, являются медленные закономерные изменения параметров исследуемого процесса.

- чему равны значения АЧХ и АЧХ (дБ) на частоте среза.

Частота среза — это частота, на которой значение АЧХ-фильтра падает до $1/\sqrt{2} = 0.707$ от своей величины в полосе пропускания. АЧХ на частоте среза падает примерно до уровня -3 дБ.

6. Расчёт периодограммы.

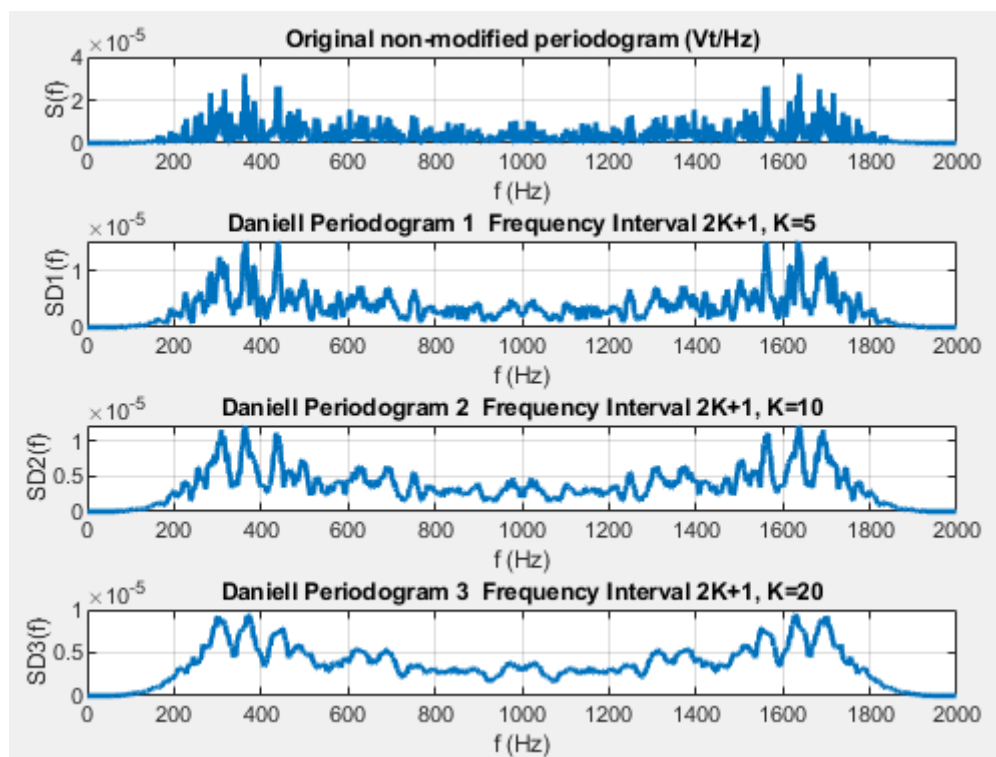


Пояснить:

- Связь между графиками;

Второй график представляет периодограмму для децибел. В случае мощностей связывающая формула приобретает вид $S(f)(\text{дБ/Гц}) = 10\lg S(f)$.

7. Расчёт периодограммы Даньелла.



Пояснить:

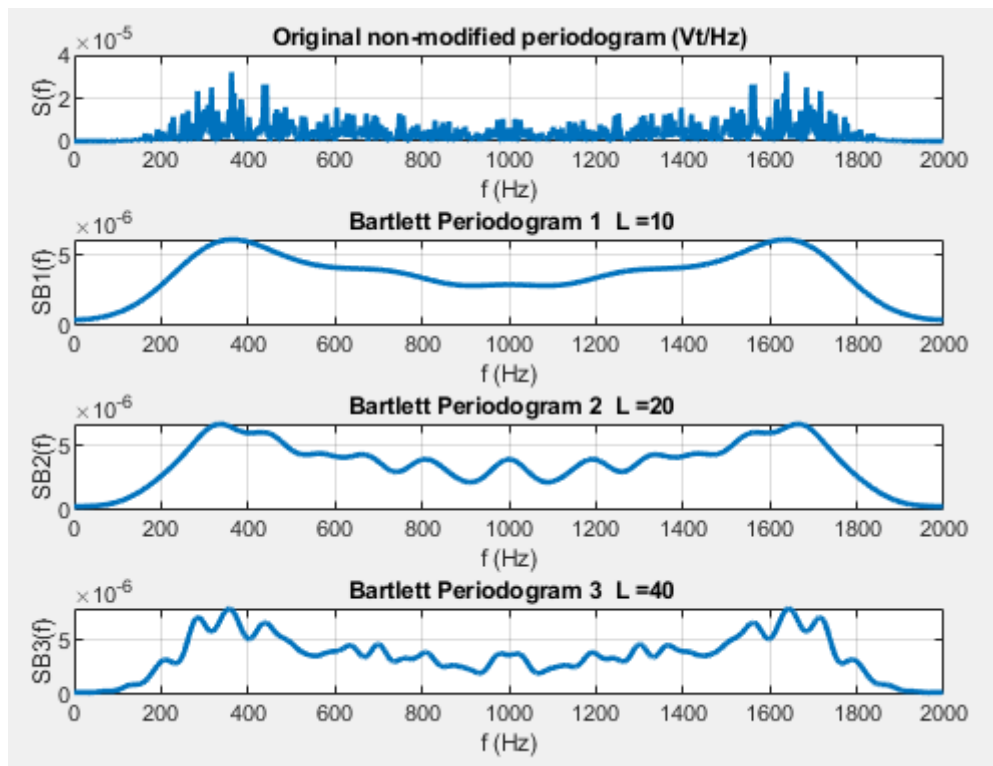
- при каком значении K периодограмма Даньелла наименее осциллирующая;

Периодограмма Даньелла наименее осциллирующая при значении $K=20$.

- как изменилась интенсивность осцилляций периодограммы Даньелла по сравнению с периодограммой.

Интенсивность осцилляций уменьшилась.

8. Расчёт периодограммы Бартлетта.



Пояснить:

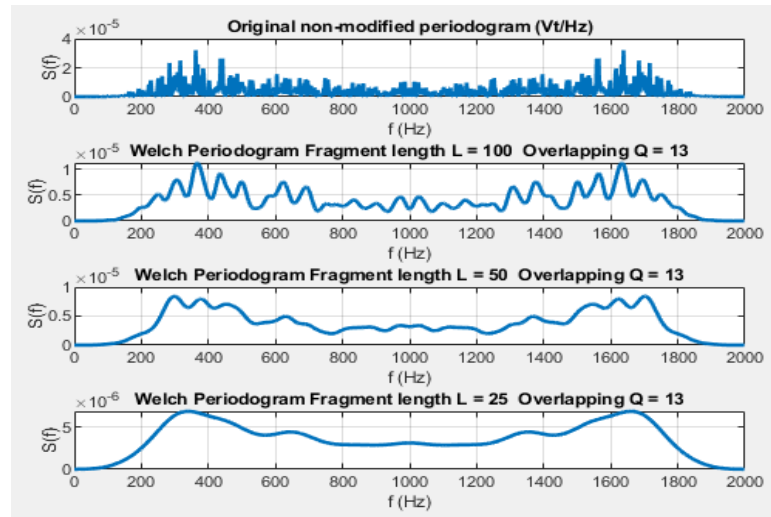
- При какой длине фрагмента L периодограмма Бартлетта наименее осциллирующая;

Периодограмма Бартлетта наименее осциллирующая при значении $L=10$.

- как изменилась интенсивность осцилляций периодограмм Бартлетта по сравнению с периодограммами Даньелла.

Интенсивность осцилляций уменьшилась.

9. Расчёт периодограммы Уэлча.



Пояснить:

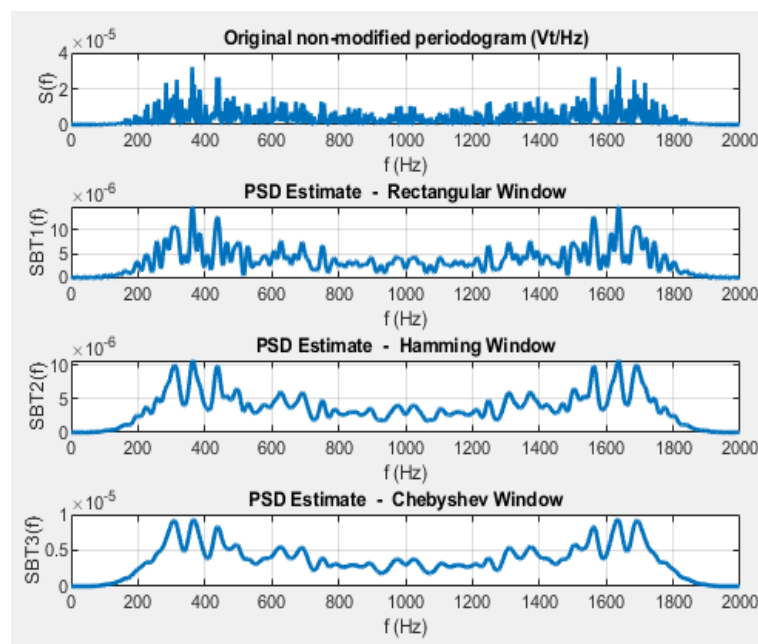
- при какой длине фрагмента L периодограмма Уэлча наименее осциллирующая;

При длине фрагмента L равной 25 периодограмма Уэлча наименее осциллирующая.

- как изменилась интенсивность осцилляций периодограмм Уэлча по сравнению с периодограммой и периодограммами Даньелла и Бартлетта.

Интенсивность осцилляций у периодограмм Уэлча ниже по сравнению с периодограммами Даньелла и Бартлетта.

10. Расчёт оценки СПМ по методу Блэкмана-Тьюки.



Пояснить:

- при каком окне оценка СПМ по методу Блэкмана—Тьюки наименее осциллирующая;
- как изменилась интенсивность осцилляций оценки СПМ по методу Блэкмана—Тьюки по сравнению с периодограммой и периодограммами Даньелла, Бартлетта и Уэлча.

11. Определение показателей качества оценок СПМ.

СКО периодограммы: $4.5e-6$;

Добротность периодограммы: 0.65

СКО периодограмм Даньелла:

K=5: $2.8e-6$

K=10: $2.5e-6$

K=20: $2.2e-6$

Добротность периодограмм Даньелла:

K=5: 1.66

K=10: 2.08

K=20: 2.60

СКО периодограмм Бартлетта:

L=100: $1.56e-8$

L=50: $1.76e-8$

L=25: $1.95e-8$

Добротность радиограмм Бартлетта:

L=100: 5.3

L=50: 4.2

L=25: 3.4

СКО периодограмм Уэлча:

L=100: 2.49×10^{-8}

L=50: 2.33×10^{-8}

L=25: 1.91×10^{-8}

Добротность периодограмм Уэлча:

L=100: 2.3

L=50: 2.4

L=25: 3.5

СКО оценок СПМ по методу Блэкмана-Тьюки:

Прямоугольное окно: 2.8×10^{-6}

Окно Хэмминга: 2.4×10^{-6}

Окно Чебышева: 2.2×10^{-6}

Добротность оценок СПМ по методу Блэкмана-Тьюки:

Прямоугольное окно: 1.67

Окно Хэмминга: 2.29

Окно Чебышева: 2.57

Пояснить:

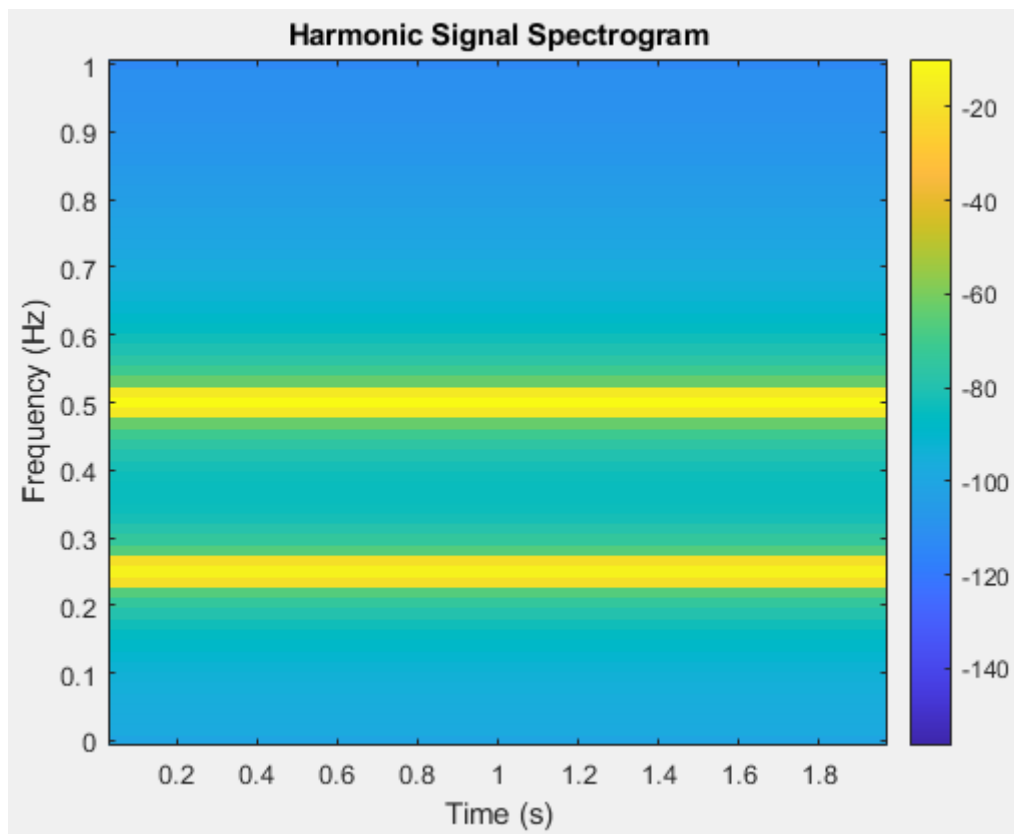
- какая из оценок СПМ является наилучшей и наихудшей по критериям СКО и добротности;

Наилучшей оценкой СПМ по критериям СКО и добротности является оценка Бартлета, а наихудшей оценка Даньелла.

- соответствие между показателями качества и графиками оценок СПМ.

Чем меньше СКО, тем выше качество оценки СПМ.

12. Построение спектрограммы.



Пояснить, с какой целью строится спектрограмма.

Спектрограмма — частотно-временное распределение, которое отображается цветом на плоскости время-частота и характеризует распределение частотных компонент сигнала во времени. Она строится для того, чтобы показать зависимость спектральной плотности мощности сигнала от времени.