

«Методы и алгоритмы  
цифровой обработки сигналов  
на базе MATLAB»

*Методы непараметрического  
спектрального анализа.*

*Метод периодограмм*

*Даньелла*

Клионский Д.М. – к.т.н., доцент кафедры  
математического обеспечения и применения ЭВМ (МОЭВМ)

# НЕМОДИФИЦИРОВАННАЯ ФУРЬЕ- ПЕРИОДОГРАММА

2

## Определение периодограммы

$$\hat{S}(\omega) = \frac{|X(e^{j\omega T})|^2}{Nf_D} \quad X(e^{j\omega T}) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-j\omega Tn}$$

## Недостатки Фурье-периодограммы

- 1) **Высокая изрезанность**, усиливающаяся с увеличением длины последовательности.
- 2) **Эффект растекания спектра** (частично ослабляется за счет применения оконных функций, но полностью принципиально не устраним).
- 3) Для устранения недостатков применяется **сглаживание Фурье-периодограммы**.

# КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

## Классификация методов оценивания СПМ

- 1) метод периодограмм (метод Фурье-периодограмм);
- 2) методы модифицированных периодограмм;
  - Метод периодограмм Даньелла;
  - Метод периодограмм Бартлетта;
  - Метод периодограмм Уэлча;
- 3) метод Блэкмана-Тьюки.

В методе **периодограмм Даньелла** сглаживание исходной (немодифицированной) периодограммы достигается за счет ее усреднения по **соседним  $2K+1$  частотам**.

## ПЕРИОДОГРАММА ДАНЬЕЛЛА (1)

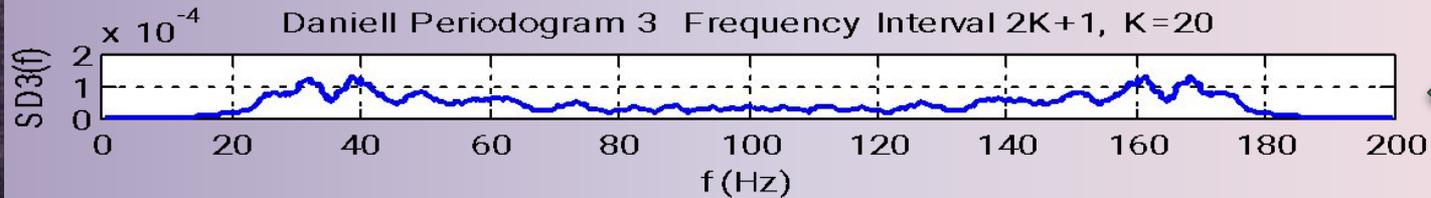
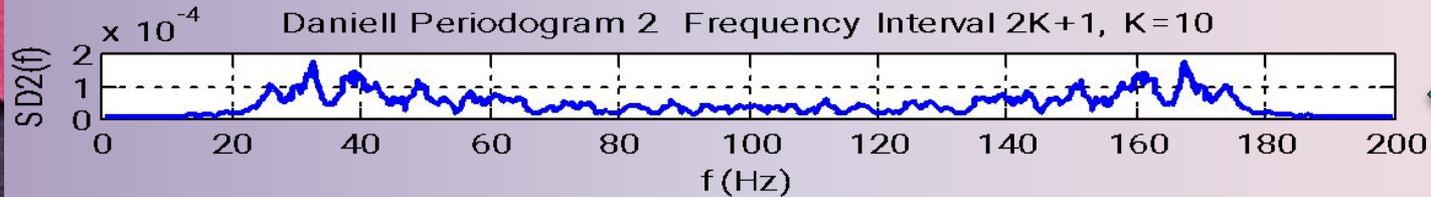
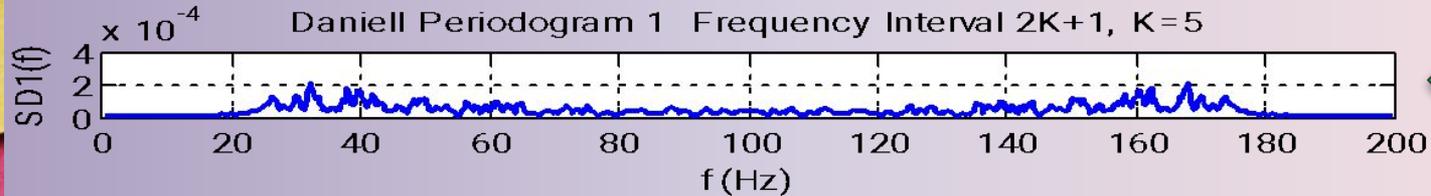
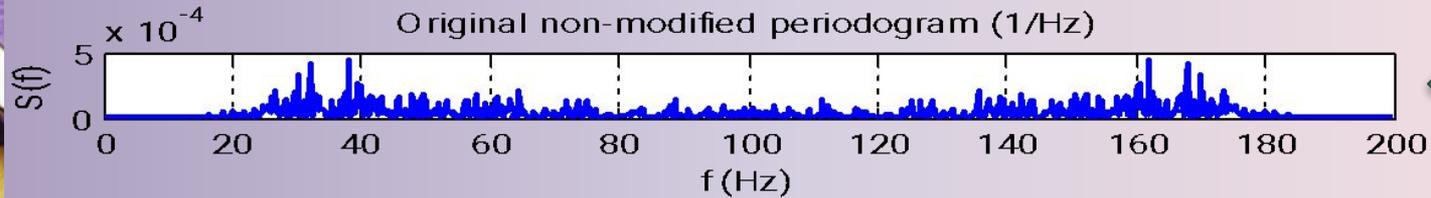
$$\hat{S}_{DANIELL}(\omega) = \frac{1}{2K+1} \sum_{k=i-K}^{i+K} \hat{S}(\omega_k), \quad i = K, K+1, \dots, N-1-K$$

- 1) **Периодограмма Даньелла** имеет длину  $N-2K$ , где  $N$  – длина сигнала,  $K$  – **односторонний размер** сглаживающего окна.
- 2) Исходную периодограмму необходимо дополнить  $K$  отсчетами в начале и в конце с учетом ее периодичности.
- 3) Периодограмма Даньелла – **асимптотически несмещенная оценка СПМ.**

## ПЕРИОДОГРАММА ДАНЬЕЛЛА (2)

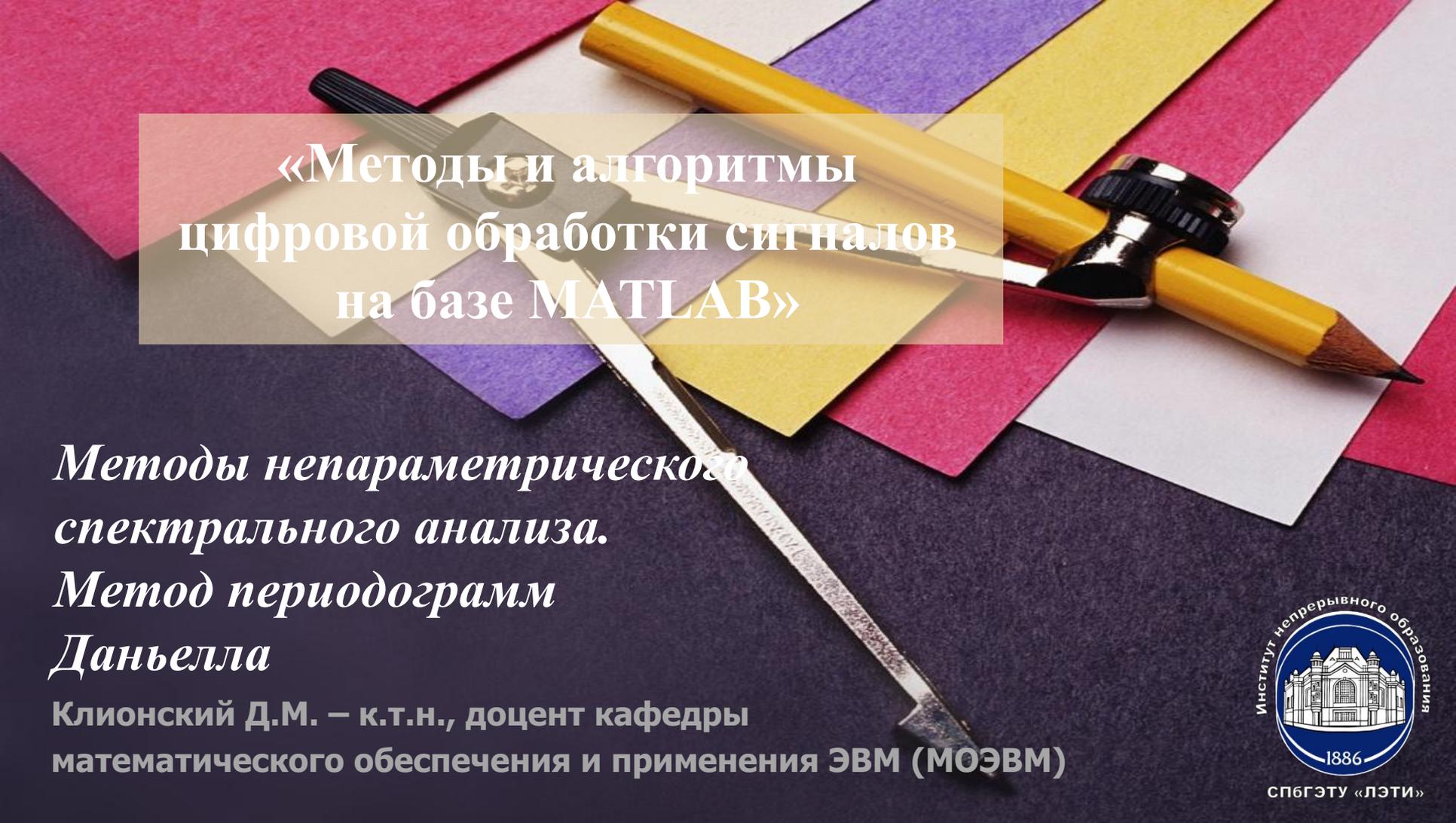
- 4) **Периодограмма Даньелла** обладает асимптотической несмещенностью, как и **исходная Фурье-периодограмма**.
- 5) **Периодограмма Даньелла** менее осциллирующая, чем исходная Фурье-периодограмма (за счет усреднения по соседним частотам).
- 6) При вычислениях в **MATLAB** используется функция `smooth` (сглаживание, вычисление скользящего среднего).
- 7) Специальной встроенной функции в **MATLAB** не существует.

## ГРАФИЧЕСКИЙ ПРИМЕР



## ПЕРИОДОГРАММА ДАНЬЕЛЛА (3)

- 1) **Параметром метода периодограмм Даньелла** является длина окна  $K$ .
- 2) **Чем больше длина окна  $K$** , тем выше степень сглаживания.
- 3) **Чем выше степень сглаживания (чем больше  $K$ )**, тем хуже частотное разрешение, т.е. возможность различения 2-х близко расположенных частот гармоник.
- 4) При использовании **метода периодограмм Даньелла** необходимо искать компромисс между **уменьшением изрезанности оценки СПМ** и **ухудшением частотного разрешения**.



«Методы и алгоритмы  
цифровой обработки сигналов  
на базе MATLAB»

*Методы непараметрического  
спектрального анализа.*

*Метод периодограмм*

*Даньелла*

Клионский Д.М. — к.т.н., доцент кафедры  
математического обеспечения и применения ЭВМ (МОЭВМ)



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»