

## Содержание

Описание пользовательского интерфейса программы «PSELab»	1
Вкладка « <i>Signal</i> »	2
Вкладка « <i>Spectrum estimation</i> »	4
Вкладка « <i>Time-frequency distribution</i> »	7
Формат входного файла	10
Дополнительно	10

### Описание пользовательского интерфейса программы «PSELab»

Программа PSELab предназначена:

- для оценки различными методами спектральной плотности мощности (СПМ) дискретного по времени сигнала или части сигнала.
- для вычисления различными методами частотно-временного распределения дискретных по времени ЧМ (и не только) сигналов.

Сразу после запуска программы на экране монитора появляется стандартное диалоговое окно ввода файла, в котором следует выбрать файл с анализируемыми данными и нажать кнопку “Открыть” (рис. 1). После нажатия кнопки “Открыть”, появится диалоговое окно в котором можно ввести дополнительные параметры, необходимые для обработки сигнала (рис. 2).

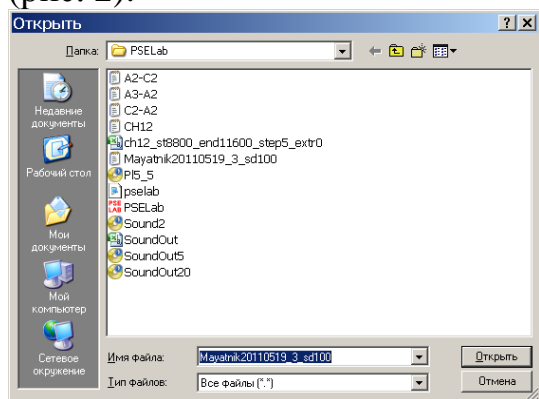


Рис. 1

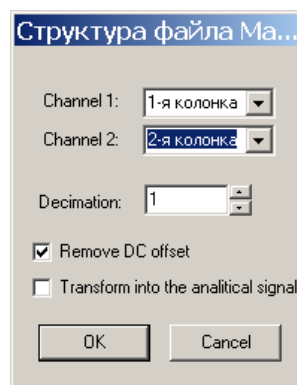


Рис. 2

Здесь можно выбрать номера колонок внутри файла в которых записаны данные (две колонки выбираются если в сигнале два квадратурных канала), шаг децимации и установить флажки (если требуется):

- *Remove DC offset* (удалить постоянную составляющую);
- *Transform into the analytical signal* (программно добавить квадратурную компоненту)(для квадратурных сигналов не устанавливать)

После чего нажать кнопку ОК.

После закрытия диалогового окна пользователь попадает в главное окно программы (рис. 3).

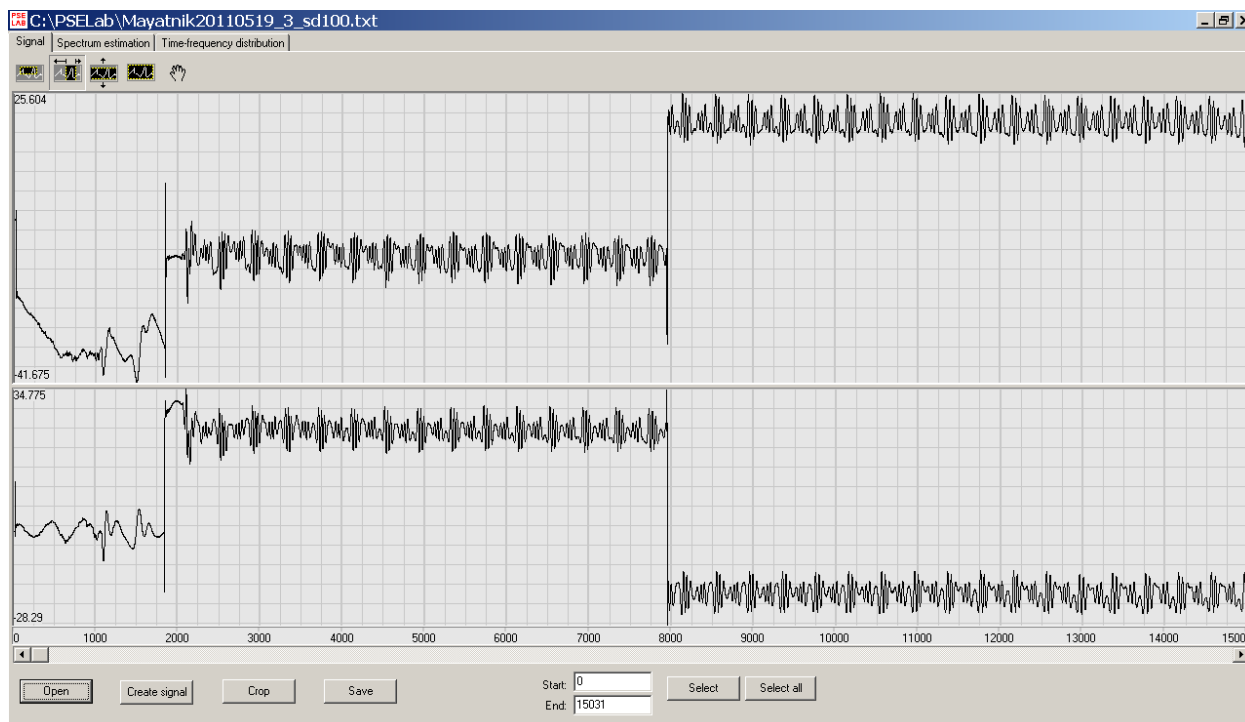


Рис. 3

Пользовательский интерфейс состоит из трех вкладок:

- *Signal* (используется для выделения пользователем анализируемого участка сигнала);
- *Spectrum estimation* (используется для оценки СПМ выделенного участка сигнала);
- *Time-frequency distribution* (используется для вычисления частотно-временного распределения выделенного участка сигнала);

#### Вкладка «Signal»

Перед тем, как перейти к обработке необходимо указать начало и конец анализируемого участка сигнала. Для этого служит вкладка «Signal» (рис. 3). На вкладке имеются два графических индикатора, на которых отображаются осциллограммы двух квадратурных каналов (если выбран только один канал, то виден только один графический индикатор). Начало анализируемого участка сигнала по умолчанию равно нулю, что соответствует первому отсчету, а конец –  $(N-1)$ , что соответствует последнему отсчету (здесь  $N$  – количество отсчетов). Изменить начало и конец анализируемого участка можно тремя способами:

- Если подвести курсор мышки на осциллограмме к отсчету, соответствующему началу или концу анализируемого участка сигнала, то курсор мышки поменяет форму, после чего, нажав левую клавишу мышки и переместив её, одновременно с ней переместится соответствующая граница анализируемого участка (рис. 4).

- В редактируемых полях «Start» и «End» ввести вручную номера отсчетов, соответствующих началу и концу анализируемого участка сигнала, после чего нажать кнопку «Select» (рис. 4) (кнопка «Select all» выделяет весь сигнал).
- Если нажать левую клавишу «Ctrl» и, не отпуская её, нажать левую клавишу мышки, то на осциллограмме отметится начало анализируемого участка сигнала, если нажать правую клавишу «Ctrl» и, не отпуская её, нажать левую клавишу мышки, то на осциллограмме отметится конец анализируемого участка (рис. 4).

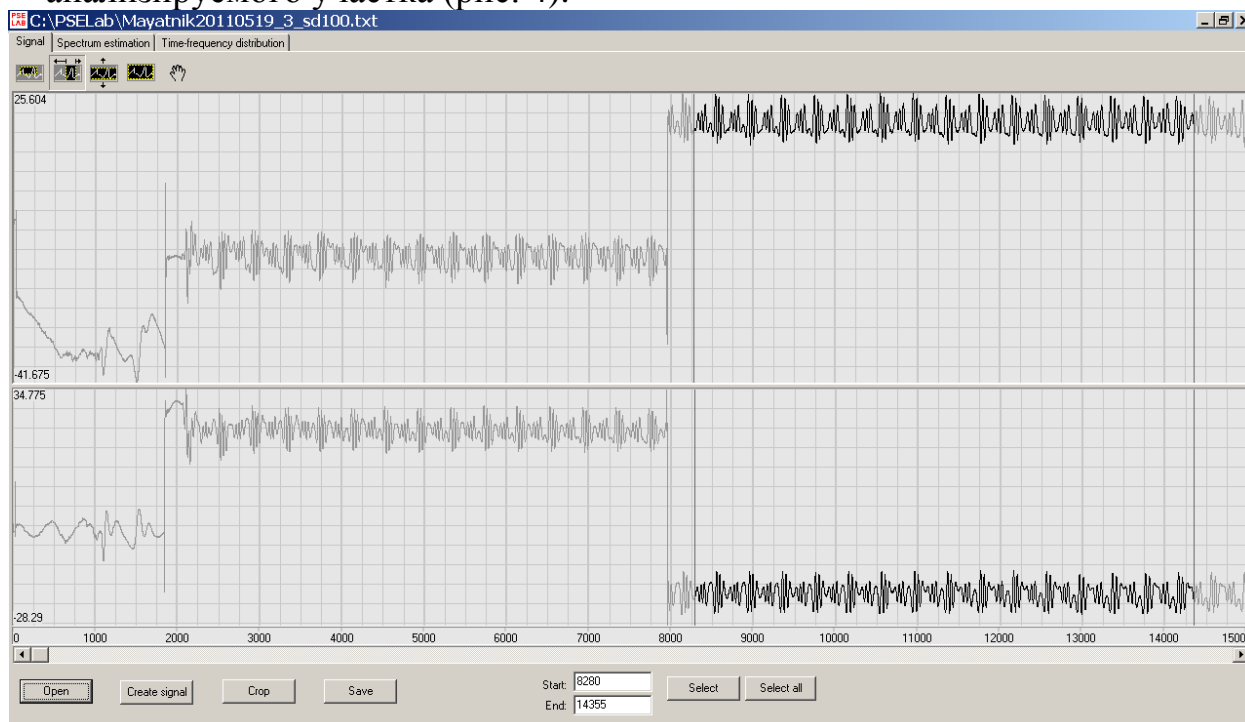


Рис. 4

Нажатие кнопки «Crop» удаляет края, оставляет только выделенный участок сигнала, который можно сохранить нажатием кнопки «Save».

Если на осциллограммах провести мышкой с зажатой левой клавишей, то можно изменить масштаб отображения осциллограмм (рис. 5).



Рис. 5

Над верхним графическим индикатором имеются дополнительные кнопки, позволяющие менять способ масштабирования:

- 1-я кнопка устанавливает режим масштабирования по вертикали и горизонтали одновременно;
- 2-я кнопка устанавливает режим масштабирования только по горизонтали;
- 3-я кнопка устанавливает режим масштабирования только по вертикали;
- 4-я кнопка отображает весь сигнал на графических индикаторах;
- 5-я кнопка устанавливает режим перемещения осциллограммы вправо-влево-вверх-вниз.

#### Вкладка «*Spectrum estimation*»

Данная вкладка используется для оценки спектральной плотности мощности выделенного участка сигнала.

На вкладке «*Spectrum estimation*» имеются три графических индикатора, на двух (слева) отображаются выделенные участки сигнала, а правый предназначен для отображения оцениваемой СПМ. Для оценки СПМ используются различные методы:

- Periodogram (периодограмма, описан в [1]);
- Simplex (метод оценки оптимальных параметров комплексной экспоненциальной модели с использованием симплексного алгоритма поиска, описан в [2]);
- Quasi-Newton (метод оценки оптимальных параметров комплексной экспоненциальной модели с использованием квазиньютоновского алгоритма поиска, описан в [2]);

- Prony (метод наименьших квадратов Прони, описан в [1]);
- PronyModif (модифицированный метод наименьших квадратов Прони, описан в [1]);
- AR Burg (метод Берга, описан в [1]);
- AR CovarianceModif (модифицированный ковариационный метод вычисления параметров авторегрессионной модели, описан в [1]);
- Music (метод Music, описан в [1]);
- EV (метод EV, описан в [1]);

При выборе соответствующих методов могут появиться поля для ввода дополнительных параметров.

После выбора метода оценки СПМ и ввода дополнительных параметров следует нажать кнопку «Run», после чего на правом графическом индикаторе отобразится СПМ (в зависимости от размера сигнала и введенных параметров возможна задержка). На графике СПМ по оси абсцисс отложены значения линейной цифровой частоты, по оси ординат значение СПМ в децибелах.

На рис. 6 представлен пример вычисления СПМ.

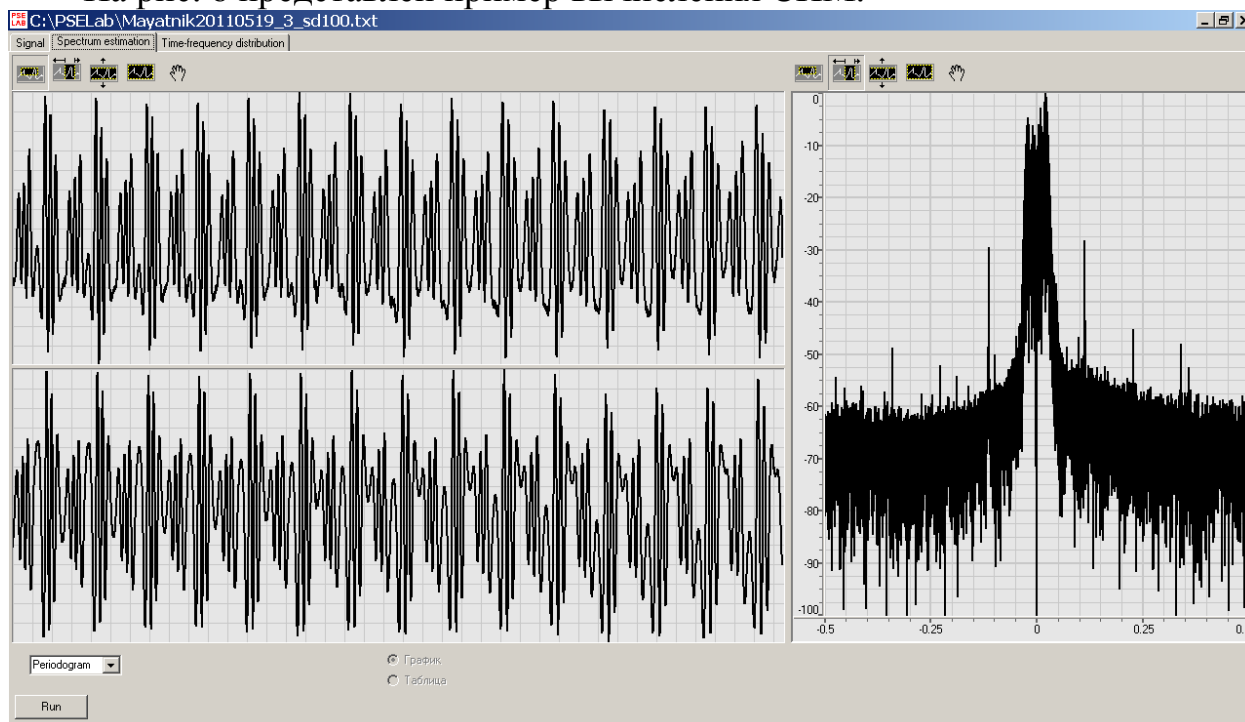


Рис. 6

Над каждым графическим индикатором есть кнопки масштабирования графиков, назначения которых приведены в описании закладки «Signal». Результат работы масштабирования приведен на рис. 7.

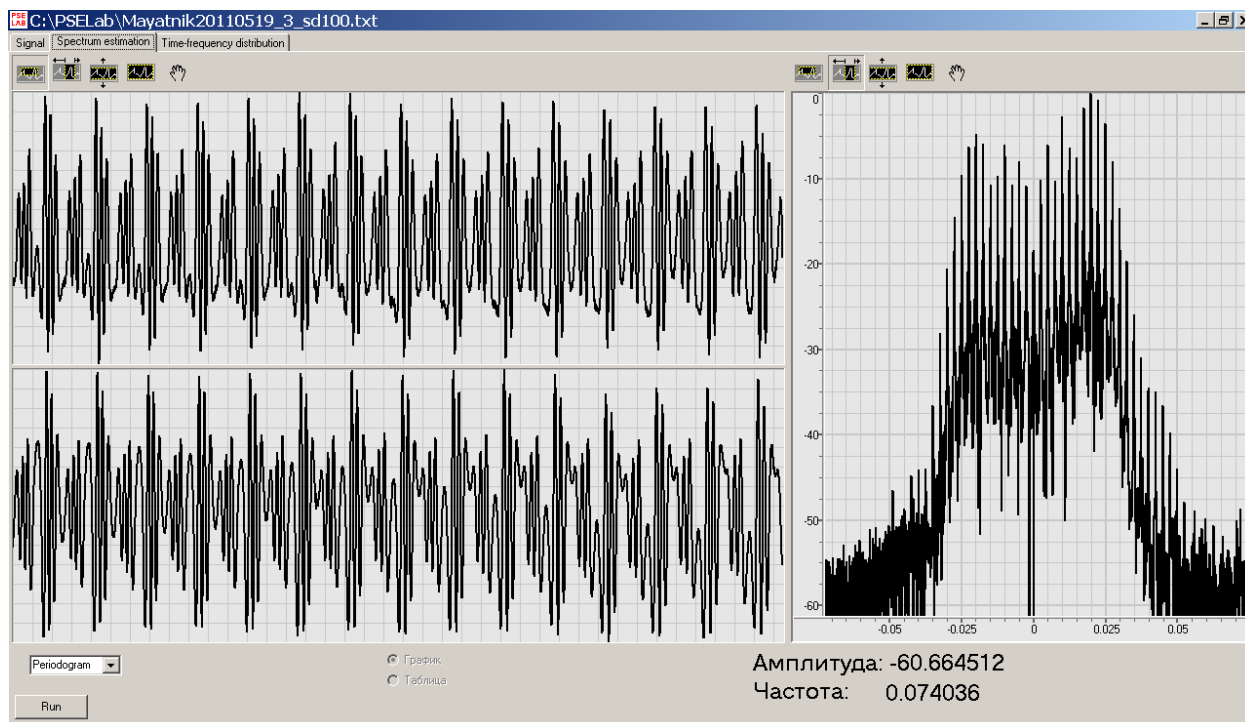


Рис. 7

Если нажать на графиках правую кнопку мышки, то возникает всплывающее меню, с помощью которого можно:

- поместить изображение соответствующего графика в буфер обмена (*Copy Image to Clipboard*) и далее вставить в любой графический редактор (рис. 8)
- отключить (включить) автомасштабирование (*AutoScale*).

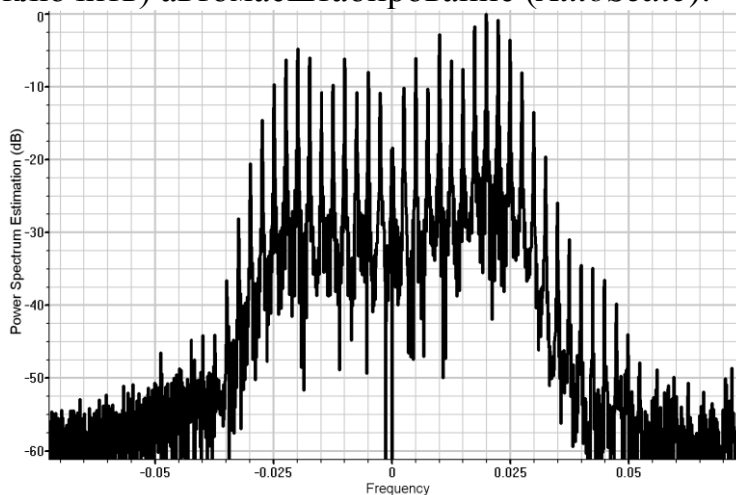


Рис. 8

Для некоторых методов (Simplex, Quasi-Newton, Prony и PronyModif) возможно представление полученных значений в виде таблицы, в которой отображаются оптимальные значения амплитуд, частот, фаз и коэффициентов затухания). Чтобы отобразить в виде таблицы необходимо нажать соответствующую радиокнопку.

На левых графиках серым цветом отображается выделенный участок сигнала, а чёрным – результат аппроксимации (актуально только в методах Simplex, Quasi-Newton, Prony и PronyModif).

Следует помнить, что для оценки СПМ введено ограничение на размер анализируемого участка, который равен 10000 отсчётов).

#### Вкладка «*Time-frequency distribution*»

Данная вкладка используется для оценки частотно временного распределения выделенного участка сигнала.

Частотно-временное распределение вычисляется с использованием скользящего окна. Перед вычислением следует задать размер окна, метод вычисления распределения, который можно выбрать с помощью элемента управления «*Method*» и дополнительные параметры для каждого метода. В программе реализованы следующие методы:

- Fourier (вычисление быстрого преобразования Фурье (алгоритм Винограда) в скользящем окне, для повышения точности отсчеты сигнала в окне дополняются нулями до размера, определенного пользователем в параметре *FFT size*);
- Wigner-Ville (вычисление псевдопреобразования Вигнера-Вилля [3, 4], для повышения точности отсчеты сигнала в окне дополняются нулями до размера, определенного пользователем в параметре *FFT size*);
- Simplex (оценка оптимальных параметров комплексной экспоненциальной модели в скользящем окне (с использованием симплексного алгоритма поиска), описан в [2]). Дополнительные параметры, которые необходимо задать:
  - *Number of exponent* (число комплексных экспонент в данной модели);
  - *Number of iteration* (количество поисков, неплохо работает со значением равным 1)
- Prony Modified (оценка оптимальных параметров комплексной экспоненциальной модели в скользящем окне (с использованием модифицированного метода наименьших квадратов Прони, описанного в [1])). Дополнительные параметры, которые необходимо задать:
  - *Number of exponent* (число комплексных экспонент в данной модели);
  - *FFT Size*;
- AR Burg (оценка оптимальных параметров авторегрессионной модели в скользящем окне (с использованием метода Берга, описанного в [1])). Дополнительные параметры, которые необходимо задать:
  - *AR parameter*;
  - *FFT Size*;
- AR Covar Modified (оценка оптимальных параметров авторегрессионной модели в скользящем окне (с использованием ковариационного

модифицированного метода, описанного в [1])). Дополнительные параметры, которые необходимо задать:

- *AR parameter*;
- *FFT Size*;
- MUSIC (вычисление метода MUSIC (описанного в [1]) в скользящем окне).  
Дополнительные параметры, которые необходимо задать:
  - *Dimension of the eigenvectors*;
  - *Dimension of the signal space*;

Следует обратить внимание, что все полученные значения на каждом шаге нормируются к 1.

Для вычисления частотно-временного распределения необходимо нажать кнопку «Run». Процесс вычисления сопровождается соответствующей индикацией. Частотно-временное распределение отображается на верхнем графике (рис. 9), на котором по оси абсцисс отложено время (в отсчетах), по оси ординат частота (линейная цифровая или реальная, если в редактируемом поле  $F_s$  задать частоту дискретизации (с учётом шага децимации)), значения амплитуд отображаются оттенками серого цвета (чем больше амплитуда, тем темнее).

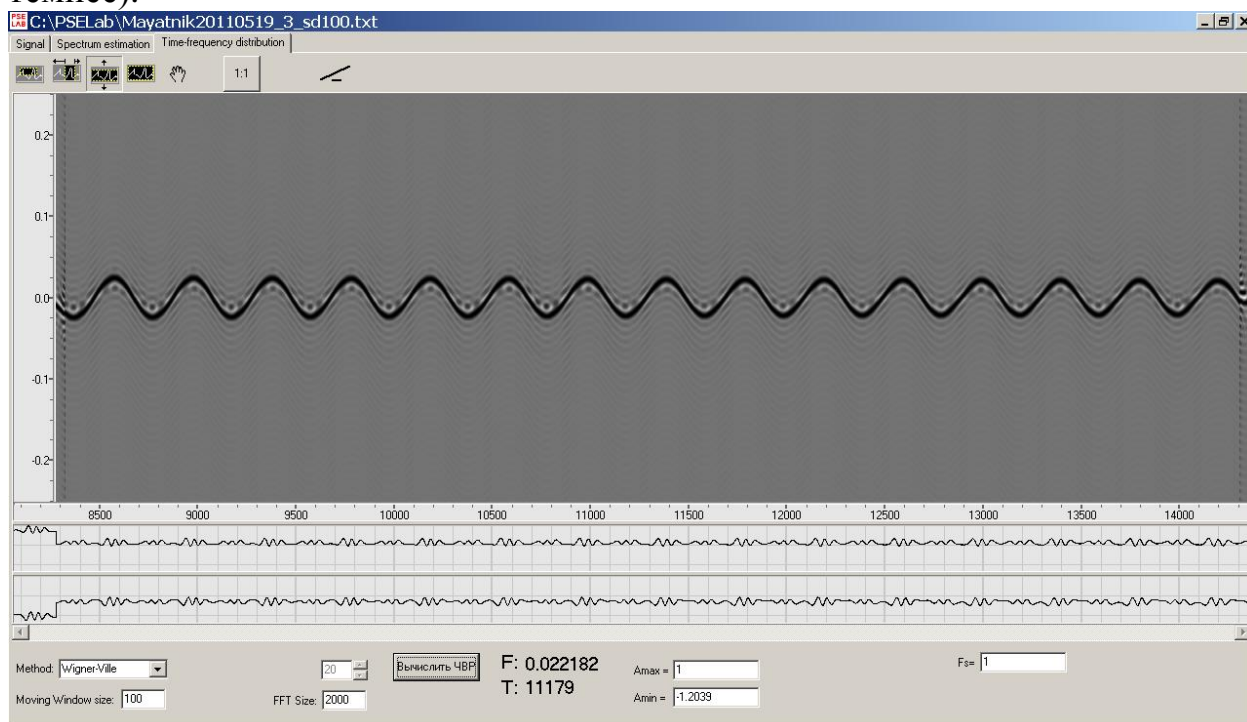


Рис. 9

Значениями полей *Amax* и *Amin* можно регулировать оттенки цвета.

Если значение на распределении получилось больше, чем задано в *Amax*, то оно отображается чёрным цветом, если меньше, чем задано в *Amin*, то оно отображается белым цветом (после изменения значений этих параметров следует один раз нажать левую клавишу мышки на распределении). Отключить автоопределение цвета можно во всплывающем меню, которое появляется при нажатии правой кнопки мышки на распределении.



Как и в предыдущих вкладках имеются кнопки выбора режима масштабирования, в дополнении к которым имеется кнопка 1:1, которая отрисовывает распределение без масштабирования по оси времени (1 пиксель на 1 отсчет). На рис. 10 представлен результат работы программы после изменения масштаба и параметра  $A_{min}$ .

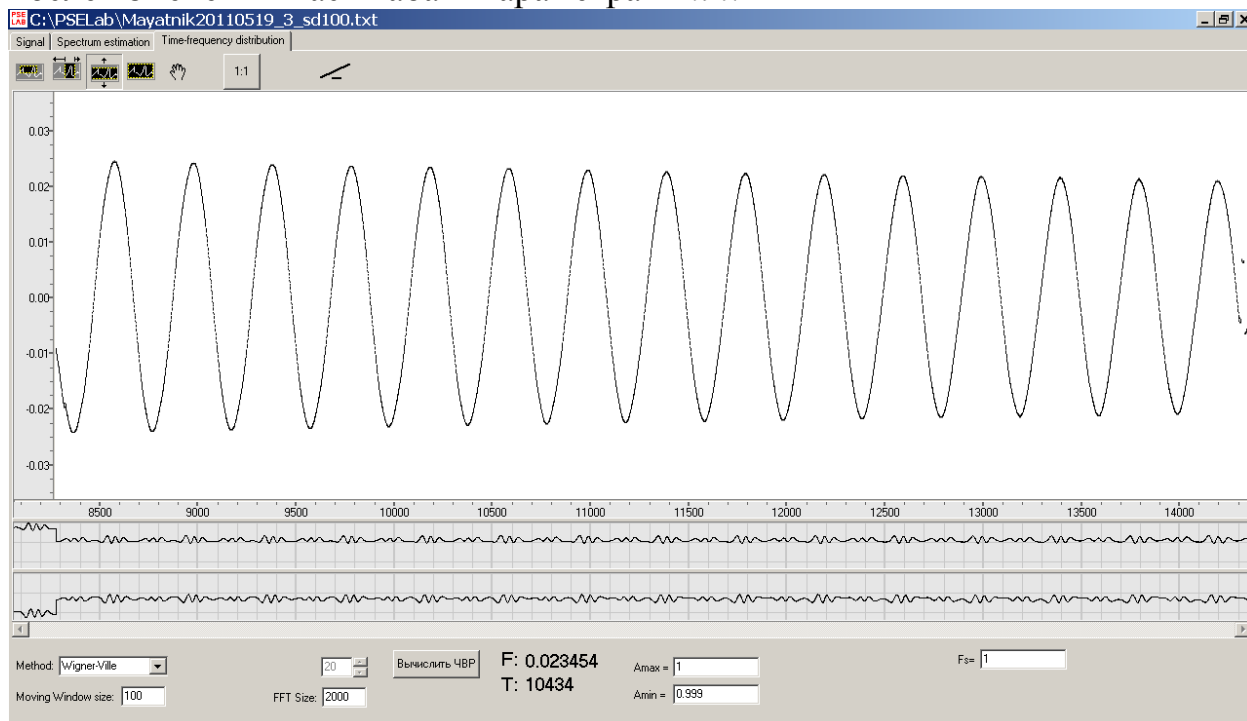


Рис. 10

При перемещении курсора мышки по распределению отображаются соответствующие его координатам значения частоты и номер отсчета.

С помощью пункта *Copy Image to Clipboard* во всплывающем меню изображение распределения помещается в буфер обмена и вставляется как картинка в любой графический редактор (рис. 11).

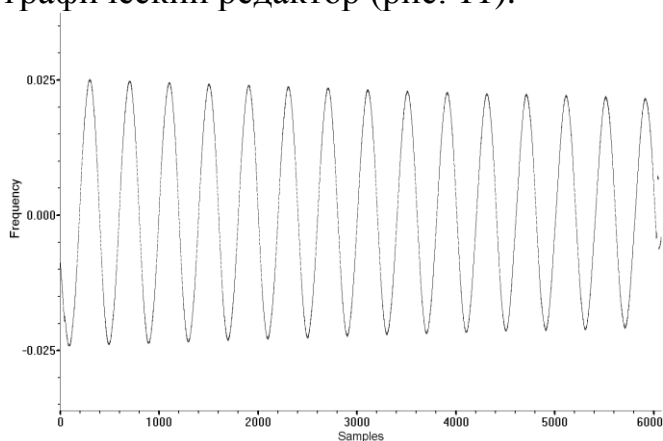


Рис. 11

## Формат входного файла

Входные данные должны быть представлены в виде текстового файла, состоящего из одной или нескольких колонок, в качестве разделителей которых можно использовать любое количество пробелов, табуляций и символов точка с запятой (в начале строки может быть любое количество пробелов и табуляций)

Числа в колонках допускается записывать как в числовом (с плавающей запятой), так и в экспоненциальном форматах.

В качестве разделителей целой и дробной частей числа используются символы точка и запятая.

В первые несколько строк файла можно вставить комментарий. Комментарием считаются начальные строки файла, первым видимым символом в которых является не цифра.

Например:

Эта строка - комментарий, т.к. первый видимый символ не цифра, точка или запятая

Со следующей строки начнутся анализируемые данные

```
1.23;; 2.123  
3.123 -0,12e1
```

## Дополнительно

В версии 2.2 появилась возможность экстраполяции данных (вторая вкладка).

1. Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1990. 584 с.
2. Лупов С.Ю., Серебряков А.М., Фрадкина Е.П. Оценка оптимальных параметров экспоненциальной и синусоидальной моделей отрезка дискретного сигнала // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2011. № 2. С. 71-80.  
([http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik/999999999\\_West\\_2011\\_2/9.pdf](http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik/999999999_West_2011_2/9.pdf))
3. Лупов С.Ю., Кривошеев В.И. Модификация преобразования Вигнера-Вилля для анализа интерферометрических данных газодинамических процессов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2011. № 5(3). С. 95-103.  
([http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik/999999999\\_West\\_2011\\_5%283%29/14.pdf](http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik/999999999_West_2011_5%283%29/14.pdf))
4. Лупов С.Ю. Модификация преобразования Вигнера-Вилля для анализа коротких широкополосных ЧМ сигналов // Сборник трудов X международной научно - практической конференции «Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments – 2011». М.: ДМК-пресс, 2011. С. 385-387.