



**ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
«ОКТАВА-ЭЛЕКТРОНДИЗАЙН»  
ООО «ПКФ Цифровые приборы»**

---

## **Программное обеспечение**

### **SSSignal+FRF**

**ИНСТРУКЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ**

**ПКДУ.411000.001.026**

Редакция 1.00

Москва  
2018 г.

**Сервисный центр приборостроительного объединения**

**«Октава-ЭлектронДизайн» находится по адресу:**

г. Москва, ул. Годовикова, д.9, стр.12, подъезд 12.1, [service@octava.info](mailto:service@octava.info)

**ООО «ПКФ Цифровые приборы»** (производство и ремонт – номер в реестре уведомлений Росстандарта 120СИ0000030312), **ООО «Октава»** (поставка оборудования).

Адрес для переписки: 129281, Москва, ул. Енисейская, д. 24, 150

Тел. / факс: +7 (495) 225-55-01

e-mail: [info@octava.info](mailto:info@octava.info)

[www.octava.info](http://www.octava.info)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>1. Назначение .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Перечень программных модулей.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Рабочее место для использования ПО .....</b>	<b>4</b>
3.1. Применяемое оборудование .....	4
3.2. Установка программного обеспечения .....	5
3.3. Подключение измерительного блока Экофизика-110А к компьютеру .....	5
<b>4. Программный модуль SSSignal+FRF .....</b>	<b>6</b>
<b>5. Измерение частотных характеристик.....</b>	<b>10</b>
5.1. Концепция измерения.....	10
5.2. Процедура измерения .....	11

---

## 1. Назначение

---

Программное обеспечение **SSSignal+FRF** предназначено для работы с 2-канальными синхронными цифровыми сигналами, которые передаются в цифровом коде на интерфейсные порты измерительного блока ЭКОФИЗИКА-110А (исполнения «110А», «HF») в режиме «Звук-DAC». Программное обеспечение позволяет измерить амплитудные и фазовые частотные характеристики акустического тракта между контрольной приемной точкой (микрофон) и точкой возбуждения, в которой располагают громкоговоритель, возбуждаемый синхронным сигналом от генератора, который встроен в ИИБ.

Программное обеспечение может быть использовано для исследования резонансных и иных акустических свойств помещений, а также для исследования фронта звуковой волны.

Программа рассчитана на работу в операционной системе **Windows 7/8/10**. Программа поставляется на CD-диске или через средства сети интернет.

---

## 2. Перечень программных модулей

---

Наименование модуля	Описание приложения
SSSignal+FRF	Измерение частотных характеристик акустических трактов

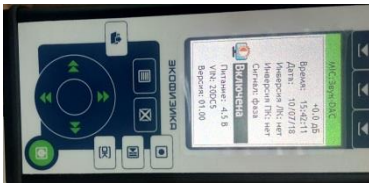
---

## 3. Рабочее место для использования ПО

---

### 3.1. Применяемое оборудование





- ИИБ Экофизика-110А (исполнение 110А или HF) с опциональным режимом «Звук-DAC»



- Адаптер оптоволоконного выхода DIN2SPDIF  
- Оптоволоконный кабель для передачи цифрового сигнала встроенного генератора ИИБ на большое расстояние



- Адаптер SPDIF2DAC – преобразование цифрового сигнала генератора ИИБ в аналоговый для подачи на усилитель мощности

- OED-PA360M – усилитель мощности со стереовходом (модернизированный)

- OED-SP360, OED-SP-LF – громкоговорители

### 3.2. Установка программного обеспечения

Для работы с данными измерительного блока ЭКОФИЗИКА-110А на персональном компьютере достаточно просто переписать в папку эксперимента исполняемые и служебные файлы соответствующего программного модуля. Установка различных дополнительных драйверов может потребоваться только в том случае, если вместе с блоком ЭКОФИЗИКА-110А используются специализированные устройства, например, адаптер телеметрии цифровых преобразователей и т.п.

### 3.3. Подключение измерительного блока Экофизика-110А к компьютеру

Подключение ИИБ к компьютеру описано в руководстве по эксплуатации прибора Экофизика-110А. Если ИИБ располагается от компьютера на удалении 1-2 м, можно использовать прямое соединение USB-кабелем через USB порт ИИБ. Если ИИБ располагается на большом расстоянии от компьютера, то необходимо использовать подключение через адаптер ЭКО-DIN-DOUT.

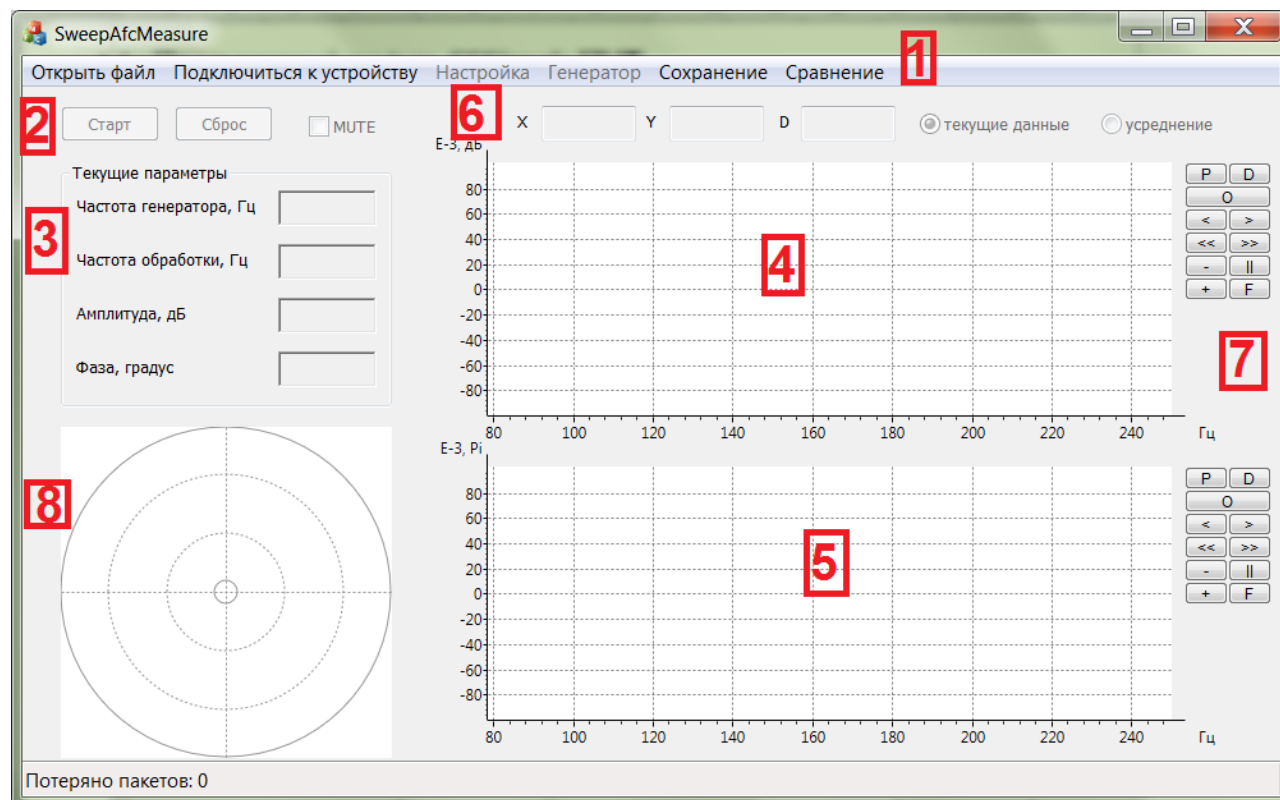
Примечание: программа SSSignal+FRF не поддерживает подключение ИИБ к компьютеру по WiFi. Используйте только кабельное соединение («витая пара»).

Подключив ИИБ к компьютеру, включите ИИБ в режим «ЗВУК-DAC», войдите в меню режима и проверьте правильность выбора напряжения поляризации и калибровочных настроек микрофона, а также то, что выбран режим телеметрии «Сигнал: фаза».

## 4. Программный модуль SSSignal+FRF

### Внешний вид и основные элементы рабочего окна программы

После запуска программы открывается следующее окно:



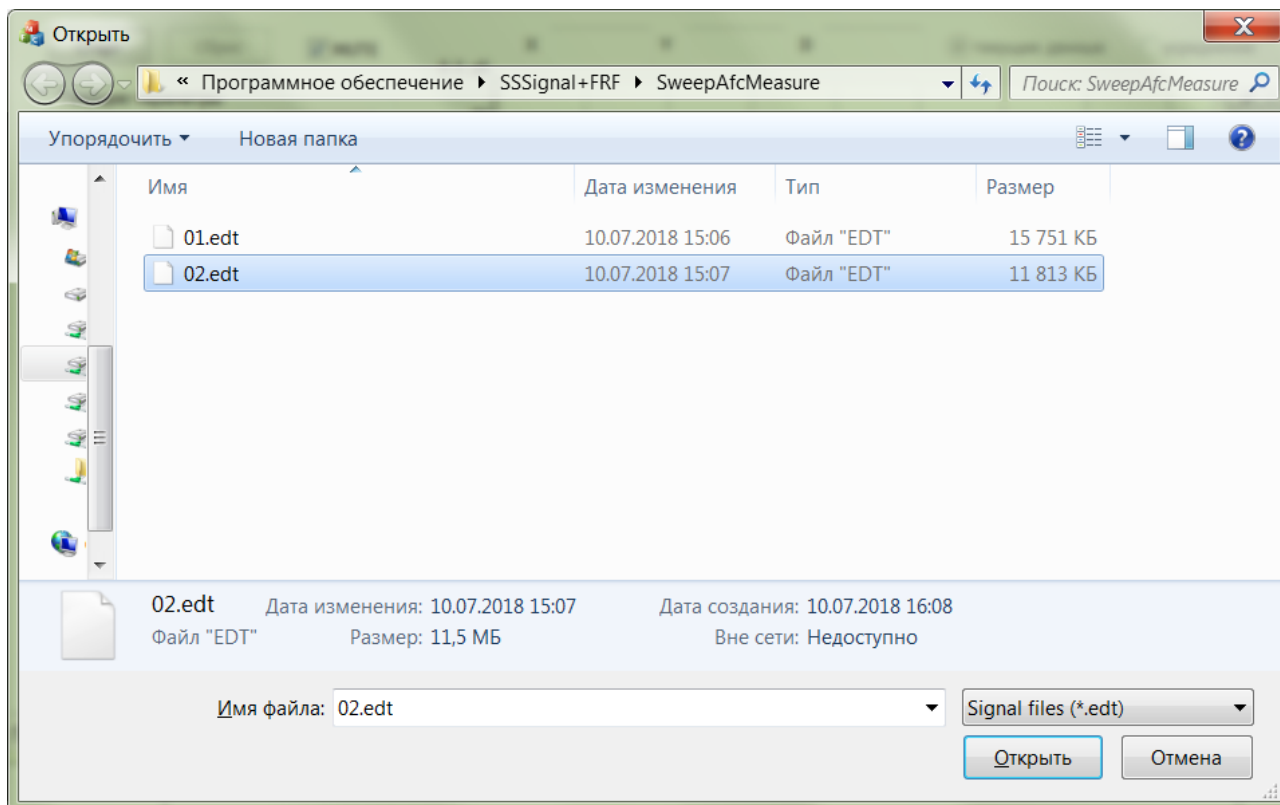
На рисунке выделены и обозначены цифрами следующие элементы рабочего окна:

- 1 -> Строка меню
- 2 -> Клавиши управления измерением частотных характеристик; результат измерения отображается на графиках (4), (5), (8);  
**СТАРТ, СБРОС**: запуск и обнуление измерений  
**MUTE** – отключение генератора
- 3 -> Текущие параметры процесса измерения:  
**Частота генератора** – текущая частота встроенного генератора;  
**Частота обработки** – текущая частота рассчитываемой частотной характеристики (может несколько отставать от частоты генератора из-за недостатка вычислительного ресурса)  
**Амплитуда, фаза** – измеренные значения амплитуды и фазы сигнала на частоте обработки
- 4 -> График амплитудно-частотной характеристики
- 5 -> График фазовой характеристики
- 6 -> **X, Y** - координаты курсора мыши на графике; **D** – рекомендуемая временная задержка в акустическом канале
- 7 -> Кнопки управления графиком
- 8 -> График амплитуда (радиус) / фаза (угол) в полярных координатах

Рассмотрим подробнее некоторые элементы рабочего окна.

### Меню «Открыть файл»

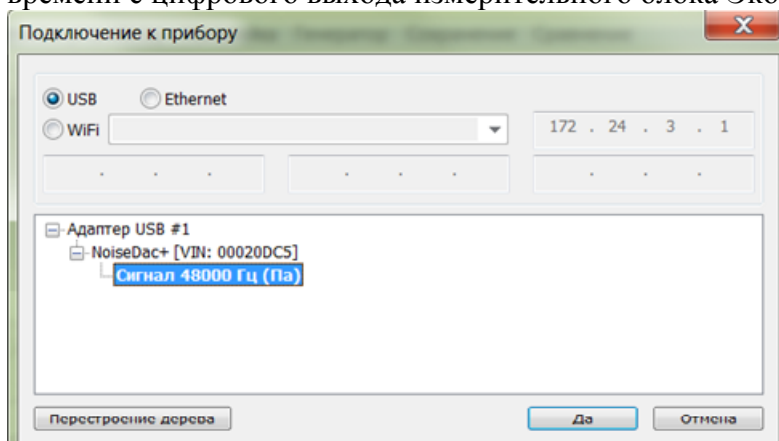
Это меню позволяет загрузить в программу сохраненный ранее файл оцифрованных временных форм (расширение файла *.edt*). Эти файлы могут создаваться в процессе эксперимента непосредственно в энергонезависимой памяти измерительного блока Экофизика-110А либо сохраняться в память компьютера из программы по команде «**Сохранить**» после завершения эксперимента.



После выбора меню «**Открыть файл**» появляется стандартное диалоговое окно, в котором пользователь выбирает нужный ему файл с расширением *.edt*.

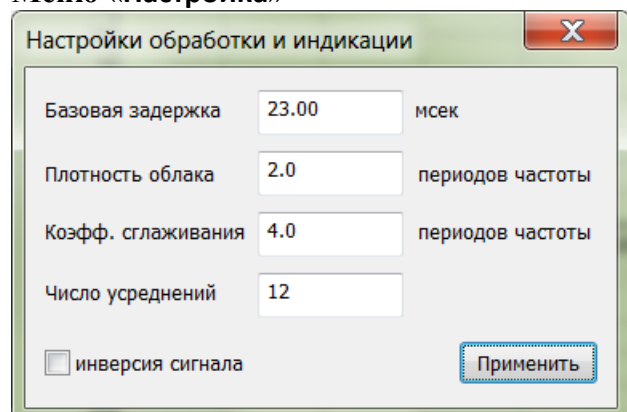
### Меню «Подключение к прибору»

Это меню следует использовать для получения доступа к телеметрии сигналов реального времени с цифрового выхода измерительного блока Экофизика-110А.



При любом способе подключения ИИБ (напрямую по USB либо через адаптер телеметрии) отметьте пункт **USB** и нажмите клавишу «Перестроения дерева». В появившемся дереве отметьте сигнал нужной телеметрии (**48000 Гц**) и нажмите «Да».

### Меню «Настройка»



Настройки обработки и индикации

Базовая задержка 23.00 мсек

Плотность облака 2.0 периодов частоты

Коефф. сглаживания 4.0 периодов частоты

Число усреднений 12

инверсия сигнала

Применить

Это меню используется для настройки параметров расчета частотных характеристик:

**Базовая задержка** Временная константа (в мс), характеризующая эффективное время прохождения волной акустического тракта между излучателем и приемником; следует помнить, что в реальных помещениях на прямой звук накладываются отраженные волны, поэтому эффективная длина акустического тракта может существенно отличаться от геометрического расстояния между излучателем и приемником.

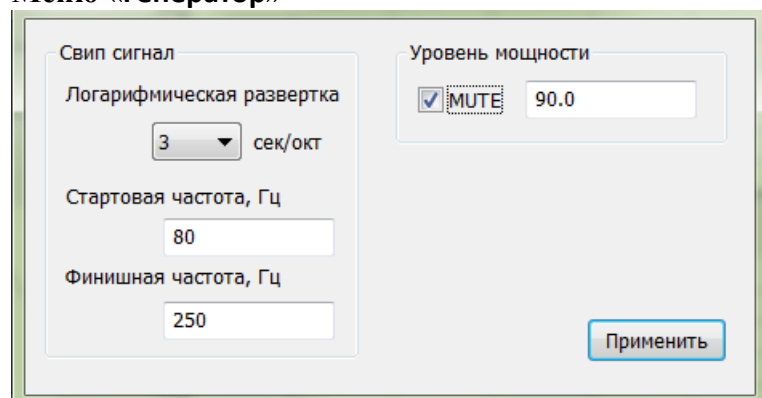
**Шаг расчета ЧХ (плотность облака)** Шаг по времени (в периодах частоты обработки) для расчета соседних точек частотной характеристики при разворачивающемся сигнале генератора; например, если текущая частота обработки 1000 Гц, а шаг равен двум периодам, то расчет частоты, амплитуды и фазы следующей точки ЧХ будет проведен через 2 мс.

**Интервал обработки** Временной интервал (в периодах частоты обработки), который используется для расчета частотной характеристики при текущем значении частоты; например, если текущая частота равна 1000 Гц, а интервал – 4 периода, то расчеты будут проводиться по интервалу «Текущее время +/- 4 мс» (т.о., общая длительность временного окна обработки будет составлять 8 мс, или удвоенный интервал обработки)

**Число усреднений** Количество циклов развертки сигнала генератора, использующихся в эксперименте

**Инверсия сигнала** Фазовый сдвиг сигнала приемника на  $\pi$  рад.

### Меню «Генератор»



Свип сигнал

Логарифмическая развертка

3 сек/окт

Уровень мощности

MUTE 90.0

Стартовая частота, Гц

80

Финишная частота, Гц

250

Применить



Настройка параметров развертки сигнала встроенного генератора ИИБ: уровень (дБ), темп развертки по частоте (количество секунд на октаву), низшая и высшая частота сигнала.

Поле MUTE позволяет отключить сигнал генератора (это поле дублирует аналогичный элемент в главном окне программы).

### Сохранение

Это меню позволяет сохранить полученные в процессе эксперимента временные формы сигналов в компьютерный файл типа *.edt* для последующего повторного анализа, записать рассчитанные частотные характеристики в текстовый файл (*.csv*) либо скопировать их в буфер обмена для прямой вставки в редакторы электронных таблиц или стандартные средства обработки текстовой информации.

### Сравнение

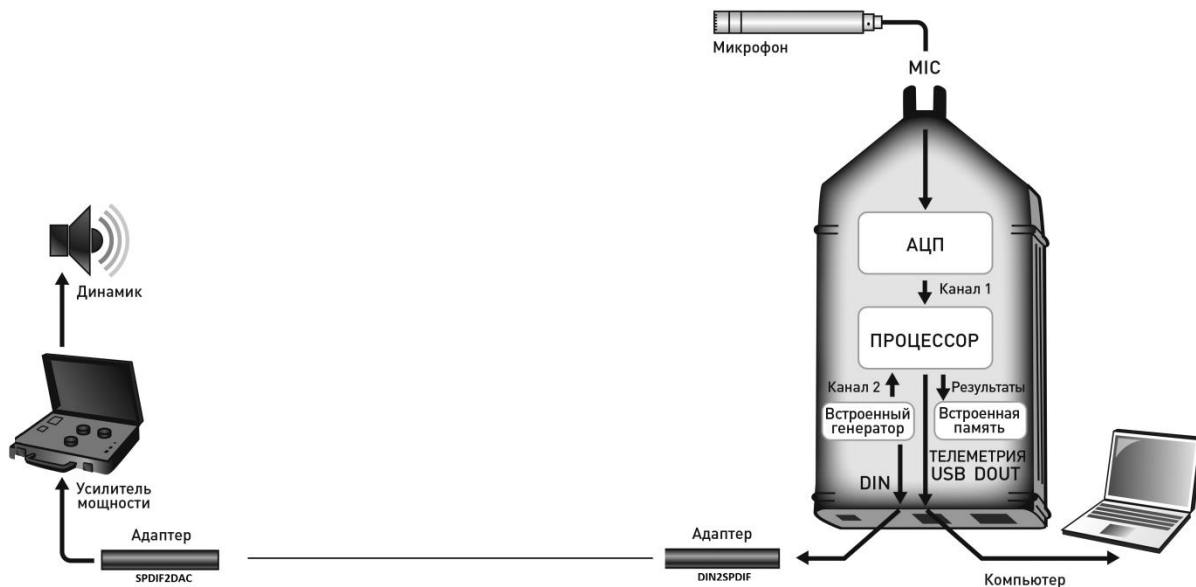
Эта функция позволяет сравнивать амплитудные и частотные характеристики из разных экспериментов или из разных временных промежутков одного и того же эксперимента.



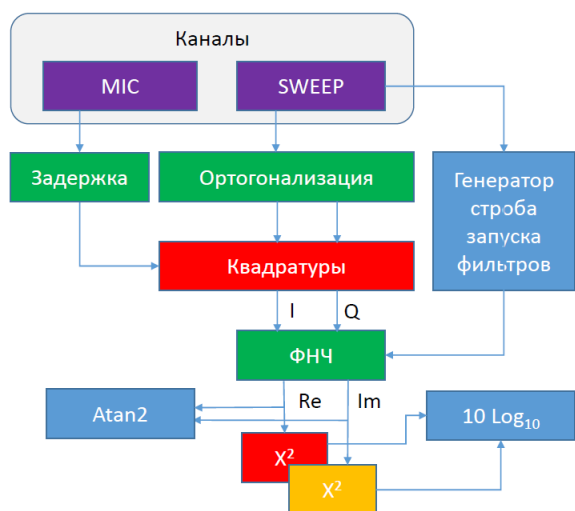
## 5. Измерение частотных характеристик

### 5.1. Концепция измерения

Индикаторный блок «Экофизика-110А», работая в режиме «Звук-DAC» и находясь под управлением компьютера с программой SSSignal+FRF, генерирует цифровые синусоидальные сигналы с непрерывно изменяющейся частотой (логарифмическая развертка), которые через цифровой выход DIN и систему адаптеров (DIN2SPDIF, SPDIF2DAC) передаются в аналоговом виде на усилитель мощности и излучатель.



Одновременно сигнал генератора синхронно с оцифрованным в АЦП сигналом микрофона подается в микропроцессор ИБ Экофизика-110А для цифровой обработки. Таким образом, сигналы возбуждения и приемной части оказываются синхронизованными с высокой точностью. Структурная схема цифровой обработки приведена на рисунке ниже:



- Временная форма сигнала микрофона сдвигается по времени на величину базовой задержки
- Временная форма сигнала генератора подвергается ортогонализации (дополняется мнимой частью той же амплитуды, но со сдвигом по фазе на  $\pi/2$ )
- Вычисляются квадратуры - произведение сдвинутой на величину базовой задержки временной формы сигнала микрофона на комплексную (ортогонализованную) временную форму сигнала генератора
- Производится свертка квадратуры на интервале обработки (см. предыдущий пункт).

При этом отбрасываются слагаемые, соответствующие удвоению угла фазы, то есть, по существу, сигнал проходит через своеобразный фильтр низких частот, а в полученной отфильтрованной свертке отсутствует вклад некогерентных помех.

- Рассчитывается амплитуда и фаза полученного сигнала свертки. Из-за того, что частота сигнала непрерывно изменяется, рассчитанные значения обладают погрешностью порядка  $O(\delta f)$ , где  $\delta f$  – изменение частоты на интервале обработки.
- Достигнув крайней частоты развертки, свип-сигнал генератора разворачивается в противоположном направлении, и вся процедура измерения повторяется для тех же частот, что и в предыдущем случае.
- Итоговые значения амплитудной и фазовой частотных характеристик рассчитываются как функции значений, полученных на прямом и обратном ходе цикла развертки сигнала генератора. Благодаря специально подобранной функции обработки, эти итоговые значения обладают на порядок меньшей погрешностью ( $O(\delta f^2)$ ).
- В зависимости от параметров настройки, эксперимент может содержать несколько циклов развертки (количество усреднений), а результатом его будут усредненные значения амплитудных и фазовых частотных характеристик.

## 5.2. Процедура измерения

- Разместите оборудование в помещении нужным образом,
- Подсоедините ИБ Экофизика-110А к усилителю мощности и компьютеру
- Включите ИБ в режим «Звук-ДАС», проверьте напряжение поляризации микрофона, параметры калибровки, параметры телеметрии («сигнал:фаза»).
- Запустите программу на компьютере, подключитесь к телеметрии измерительного блока
- Настройте генератор (частотный диапазон, уровень сигнала, скорость развертки)
- В меню «**Настройка**» установите приблизительно базовую задержку
- Запустите измерение клавишей «**Старт**» (убедитесь, что в поле MUTE нет отметки). Клавиша «**Стоп**» останавливает передачу данных. Вы может произвести расчеты частотных характеристик по накопленному на этот момент программой сигналу. Повторное нажатие «**Старт**» обнуляет все накопленные сигналы и расчеты и перезапускает процесс накопления сигнала (при необходимости сохранения результатов или сигналов воспользуйтесь функцией «**Сохранение**»).

В графических полях появятся кривые амплитудной (дБ, верхнее поле) и фазовой ( $\pi$  рад, нижнее поле) характеристик. Серое «облако» вокруг кривой показывает разброс значений на разных циклах развертки.



Если базовая задержка установлена неправильно, фазовая характеристика будет содержать четко выраженный наклонный тренд (см. рисунок выше). Отметьте левой и правой кнопкой мыши начало и конец характерного участка спада фазовой характеристики; в поле D появится рекомендуемое значение базовой задержки.



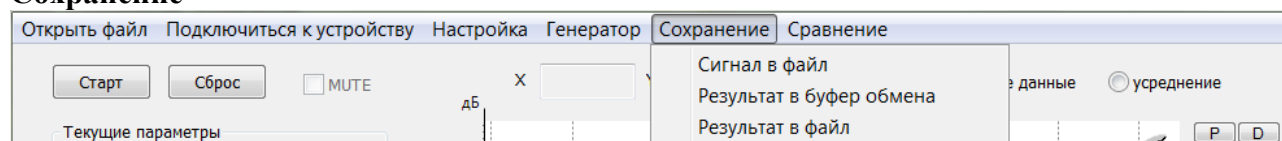
## Работа с файлами сигнала

Описанные в предыдущем пункте процедуры расчета частотных характеристик можно выполнять в режиме *off-line*, загрузив в программу сохраненный предварительно файл с расширением *.edt*.

**Примечание** – допускаются только файлы сигналов, сохраненные в ИБ Экофизика-110А в режиме «Звук-DAC» с опцией «сигнал:фаза», либо файлы сохраненные непосредственно из программы SSSignal+FRF.

Клавиша «**Старт**» запускает и останавливает расчет. Расчет также будет автоматически остановлен после обработки всего файла.

## Сохранение



После завершения измерения частотных характеристик пользователь может сохранить исходные данные и рассчитанные результаты в память компьютера или на съемный носитель.

### Сигнал в файл

Запись в файл с расширением *.edt* цифрового 2-канального сигнала микрофона и генератора. Эта функция доступна только в режиме работы с телеметрией измерительного блока после последовательного нажатия программных клавиш «**Старт**» и «**Стоп**». В файл записывается весь сигнал, переданный в программу между последовательными нажатиями **Старт/ Стоп**.

### Результат в буфер обмена

Усредненные амплитудная и частотная характеристики копируются в буфер обмена Windows для последующей вставки в редактор электронных таблиц или текстовый редактор:

	A	B	C
1	BaseDelay,mse	22.00	
2	Freq,Hz	Ampl,dB	Phase
3	82.0	58.5	2.866
4	82.1	58.5	2.879
5	82.2	58.5	2.908
6	82.3	58.4	2.934
7	82.4	58.3	2.967
8	82.5	58.1	2.982
9	82.7	57.9	3.003
10	82.8	57.8	3.016

### Результат в файл

Усредненная амплитудная и частотная характеристики сохраняются в текстовый файл типа *.csv*

## Сравнение



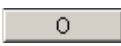





Функция «Сравнение» позволяет сравнить частотные характеристики, предварительно сохраненные в файл (.csv) и (или) рассчитанные в данный момент программой.



Верхняя половина графического поля соответствует амплитудной характеристике, нижняя – частотной характеристике. Каждой кривой (красная, синяя) пользователь может сопоставить файл .csv (кнопка «Из файла») или результат текущего расчета (кнопка «Результат измерения»).

### Кнопки управления графиками

Справа от всех графических полей программы расположена панель кнопок управления графическими данными. Ниже дано описание этих кнопок.

Кнопка	Описание
	Копирует графическое изображение в отдельный файл формата JPEG или BMP.
	Сохраняет данные, представленные на графике, в текстовый файл.
	Удаляет с графика курсоры.
	Включает режим увеличения; область между основным и дополнительным курсорами растянется до размеров всего графического поля.
	Перемещают зону увеличенного изображения в пределах диапазона графических данных.
	Перемещают зону увеличенного изображения в пределах диапазона графических данных с увеличенным шагом.
	Изменяют масштаб увеличения зоны изображения.
	Отмена режима увеличения.