

**ЗАО «Руднев – Шиляев»**

**Двухканальные анализаторы сигналов - «СА»**  
*Техническое описание и инструкция по эксплуатации*

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Назначение и технические характеристики анализатора.....	3
2. Элементы управления анализатора.....	7
2.1. Поле оконных весовых функций.....	8
2.2. Поле установок измерений.....	8
2.3. Поле выбора режима измерений и управление внешними устройствами.....	11
2.4. Поле управления экранами.....	13
2.5. Стартовый модуль.....	15
2.6. Поля управления режимом изображения и передачи данных.....	18
3. Режимы измерений.....	24
3.1. Калибровка измерительных каналов.....	24
3.2. Измерения.....	25
3.2.1. Метод Спектрального накопления.....	25
3.2.2. Метод Синхронного накопления.....	28
3.2.3. Статистические Распределения.....	29
3.2.4. Метод Собственные спектры.....	31
3.3. Режим обработки данных из файлов .....	32
4. Цифровой генератор формы волны.....	33
4.1. Назначение и технические характеристики .....	33
4.2. Элементы управления генератора .....	34
4.3. Режимы формирования сигналов.....	34
4.4. Математические модели некоторых форм сигналов.....	37
5. Используемые символы и определения функций.....	38
5.1. Принятые обозначения символов.....	38
5.2. Операторы.....	38
5.3. Определения функций.....	39
Требования безопасности.....	45
Условия применения прибора. ....	46
Состав прибора.....	47
Гарантийные обязательства .....	48

## 1. Назначение и технические характеристики анализатора

Двухканальные анализаторы сигналов «Серии СА», «СА-02Л», «СА-02usb» являются многофункциональными приборами, ориентированными на решение измерительных задач акустического и вибрационного диапазонов частот.

Анализаторы представляют собой виртуальные измерительные приборы, построенные на базе персонального компьютера. Принцип построения модульный, где системные и программные модули настроены на решение конкретных задач. Управление решением задач и диалог с пользователем поддерживает программная оболочка – интерфейс пользователя.

Анализаторы обеспечивают измерение и цифровую обработку сигналов в соответствии с выбранным методом: **«Спектральное накопление»**, **«Синхронное накопление»**, **«Распределения»**, **«Собственные спектры»**.

Каждому из перечисленных методов соответствует набор измеряемых функций.

Метод **«Спектральное накопление»** - обеспечивает измерение *авто и взаимных корреляционных функций и спектров, функции частотной когерентности, когерентной и некогерентной мощности, комплексных передаточных функций, отношение сигнал/шум, временное развитие сигнала, отношение сигналов двух измерительных каналов, проведение кепстрального анализа.*

Метод **«Синхронное накопление»** - дает возможность определить *авто и взаимные корреляционные функции, автоспектры, когерентную и некогерентную мощность отношение сигнал/шум, временное развитие сигнала и отношение сигналов двух измерительных каналов, провести кепстральный анализ* для реализаций исследуемых сигналов, сглаженных предварительно во временной области.

Метод измерений - **«Распределения»** - предполагает построение *функции плотности распределения и функции распределения вероятностей* измеряемых сигналов.

Метод **«Собственные спектры»** обеспечивает измерение октавных и третьоктавных собственных спектров измеряемых сигналов.

Указанные характеристики могут быть получены как при непосредственном измерении и обработке в реальном масштабе времени, так и при обработке файлов данных.

Анализатор снабжен многофункциональным стартовым модулем, обеспечивающим различные режимы запуска измерений. Так, возможен *свободный запуск, запуск по внешнему ТТЛ уровню, запуски по условиям: по уровню сигнала одного из каналов, запуск при превышении заданного уровня сигнала, если сигнал ниже уровня, если сигнал находится внутри заданного региона, а также отрабатываются верхний и нижний гистерезисы.*

Предусмотрена возможность интегрирование и дифференцирование измеряемых сигналов во временной области, а также интегрирование в частотной, что обеспечивает измерение интегральных и дифференциальных характеристик сигнала без смены первичного

преобразователя. Например, характеристик скорости и перемещения заданной точки колебаний объекта при использовании в качестве первичного приемника акселерометра.

Наличие межканального временного смещения дает возможность исключить запаздывание между каналами, что обеспечивает корректное измерение передаточных и взаимных корреляционных функций для исследуемых объектов, имеющих значительные задержки преобразования сигналов, превышающих время корреляции сигналов между входом и выходом.

Для изображения измеренных характеристик сигналов можно воспользоваться одним или одновременно двумя экранами. Масштаб по оси абсцисс выбираются в зависимости от изображаемой функции и может быть линейными в частотной и временной областях. При использовании режима «Собственные спектры» предусмотрено октавное и треть октавное представление в частотной области. Масштаб по оси ординат также выбирается в зависимости от изображаемой функции. Выбор масштабов по осям и экранам независимый.

Каждый экран анализатора снабжен указателями - курсорами, для поиска и слежения за изображаемой информацией, указателем гармоник. Имеется возможность синхронного перемещения курсоров, а также многократного увеличения изображенных функций.

При выходе из программы происходит автоматическое сохранение последних установок на режимы обработки и изображения. Эти режимы будут восстановлены при следующем включении прибора.

Результаты измерений могут быть записаны на жесткий диск для хранения и вторичной обработки средствами приложений Windows, например, Microsoft Excel, или через стандартный буфер обмена переданы другим приложениям.

Для соединения с первичными приемниками вибрационных и акустических сигналов в комплект поставки входит коммутационная коробка с расположенными на ней входными разъемами «0,1,...,15» и разъемом для запуска измерений по внешнему ТТЛ уровню - “Внешний старт»” – рис.1.1.

Анализаторы обеспечивают возможность:

- подключения первичных вибрационных и акустических приемников, имеющих собственные усилители;
- подключения приемников с ИСР питанием;
- проведение калибровки измерительных трактов с учетом коэффициентов усиления внешней аппаратуры;
- адаптации системы к уровням измеряемых сигналов в режимах автоматического и ручного управления;
- свободного запуска измерений, запуска по внутреннему триггеру и по внешнему ТТЛ уровню.

Кроме того, анализаторы могут быть укомплектованы задающим генератором, обеспечивающим формирование сигналов: Синус; Качающийся синус; Шум в полосе; Импульсы.

Указанные выше возможности гарантируют удобства в применении анализаторов при проведении вибрационных и акустических исследований.

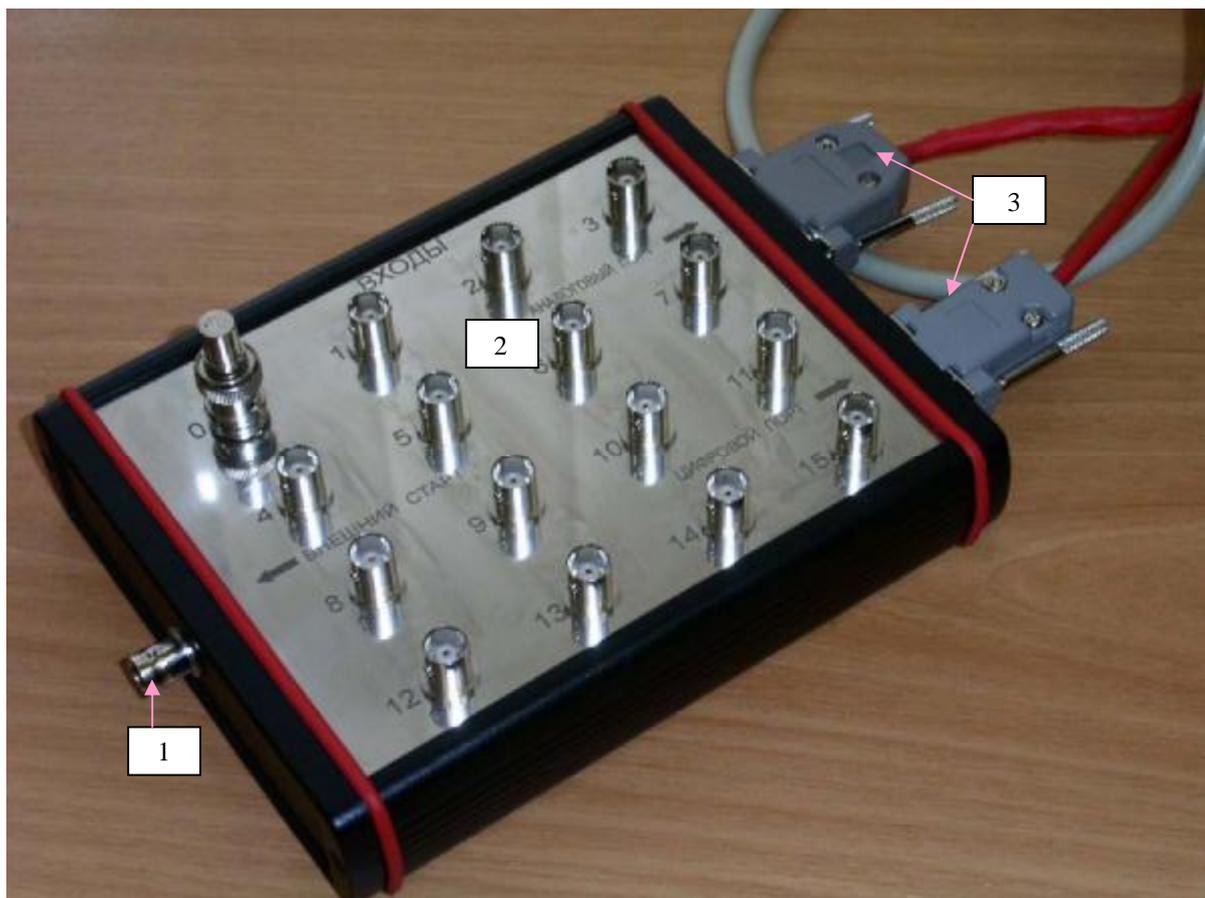


Рис.1.1. Коммутационная коробка:

- 1 – внешний старт;
- 2- входные разъемы;
- 3- разъемы подсоединения РС.

На рис. 1.2. показана иконка для запуска двухканального анализатора сигналов.



Рис. 1.2. Вид иконки для запуска двухканального анализатора сигналов.

#### **Характеристики анализатора «CA-02м», «CA-02usb»**

Количество измерительных каналов	2 из 16;
Тип АЦП	ЛА-1.5РС1
Разрешение АЦП	последовательного приближения;
Входное сопротивление	12 бит;
Диапазоны входных напряжений, В:	100 МОм/12Пф
Полосы пропускания, Гц:	10, 5, 2.5, 1, 0.5, 0.25, 0.1, 0.05;
Динамический диапазон	80000, 40000, 20000, 12800, 10000, 6400, 5000, 3200, 2500, 1600, 800, 400, 200, 100, 50, 25;
Пульсация в полосе пропускания	120 дБ;
Перекрестный шум	0.3 дБ;
Межканальные искажения (с цифровой коррекцией):	-80 дБ;
Модуль	0,1 дБ;
Фаза	<0.3°;
Цифровой триггер	ТТЛ совместимый
ICP питание на каждый канал	
(на внешней коммутационной коробке)	24В, 4мА;
программное управление включением/отключением ICP питания;	

**Характеристики анализатора «СА-02Л»**

Количество измерительных каналов	- 2 из 8 синхронных каналов;
Тип АЦП	- Delta-Sigma;
Разрешение АЦП	- 24 бита;
Входное сопротивление	- не менее 1 МОм/60Пф
Амплитуда входного сигнала, макс:	- 10, В;
Вход – программное переключение	- AC/DC,
АС – 3дБ при частоте среза 3.4 Гц;	
Полосы пропускания, Гц:	40000, 20000, 10000, 8000, 5000, 4000, 2500, 1600, 800, 400, 200, 100, 50 .
Мгновенный динамический диапазон	- > 110 дБ;
Пульсация в полосе пропускания	- 0.5 дБ;
Нелинейность фазовой характеристики	- 0.5°;
Перекрестный шум	- < -100 дБ;
Межканальные искажения:	
Модуль	- 0,1 дБ;
Фаза	- < 0.5°;
Аналоговый триггер:	
источник	- каналы 0 – 7;
уровень	- программируемый +10, -10, В;
склон	- положительный, отрицательный;
Цифровой триггер	- TTL совместимый
длительность	≥ 10нс;
ICP питание на каждый канал	-24 В, 4 мА;
программное управление включением/отключением ICP питания;	

**Характеристики анализа.**

Разрешение: 16384, 8192, 4096, 2048, 1024, 512, 256 дискретных значений во временной области; 6401, 3201, 1601, 801, 401, 201, 101 полоса в частотной, а также октавное и треть октавное представление в частотной области, при стандартном количестве полос, выбираемом автоматически в соответствии с полосой пропускания. Нижняя среднегеометрическая частота полосы при октавном и треть октавном представлении 16 Гц.

В режиме статистического анализа число разрядов гистограммы может выбираться пользователем из ряда возможных значений: 256, 512, 1024, 2048.

Весовые функции: Прямоугольная, Ханнинг, Хемминг, Блэкман-Харрис, Уточненный Блэкман, Блэкман, Плоская вершина, 4-ое выражение Блэкман-Харрис, 7-ое выражение Блэкман-Харрис, Экспоненциальная.

## 2. Элементы управления анализатора.

При загрузке программного продукта “СА...” на экране монитора появляется изображение основной панели управления виртуального прибора рис.2.1, где расположены *управляющие элементы: кнопки управления, индикаторы, поля ввода данных, а также экраны для наблюдения за процессом измерений и изображения результатов.*

*Кнопки управления* - кнопки, активация которых приводит к выполнению определенных операций или действий измерительной системы. Так, кнопка «Выход», обеспечивает выход из программы. (Здесь и далее «нажать» – «активировать» элемент управления означает выполнить следующие операции - подвести курсор мыши в поле элемента и щелкнуть левой клавишей мыши).

*Индикатор* - элемент управления, характеризующий определенное состояние измерительной системы, например текущее количество накоплений.

*Поле ввода данных* - поле, в которое пользователь может внести числовую или текстовую информацию с клавиатуры.

*Управляющие элементы* объединены в поля по принадлежности к типу задачи управления процессом измерения. Таких полей несколько - рис.2.1.

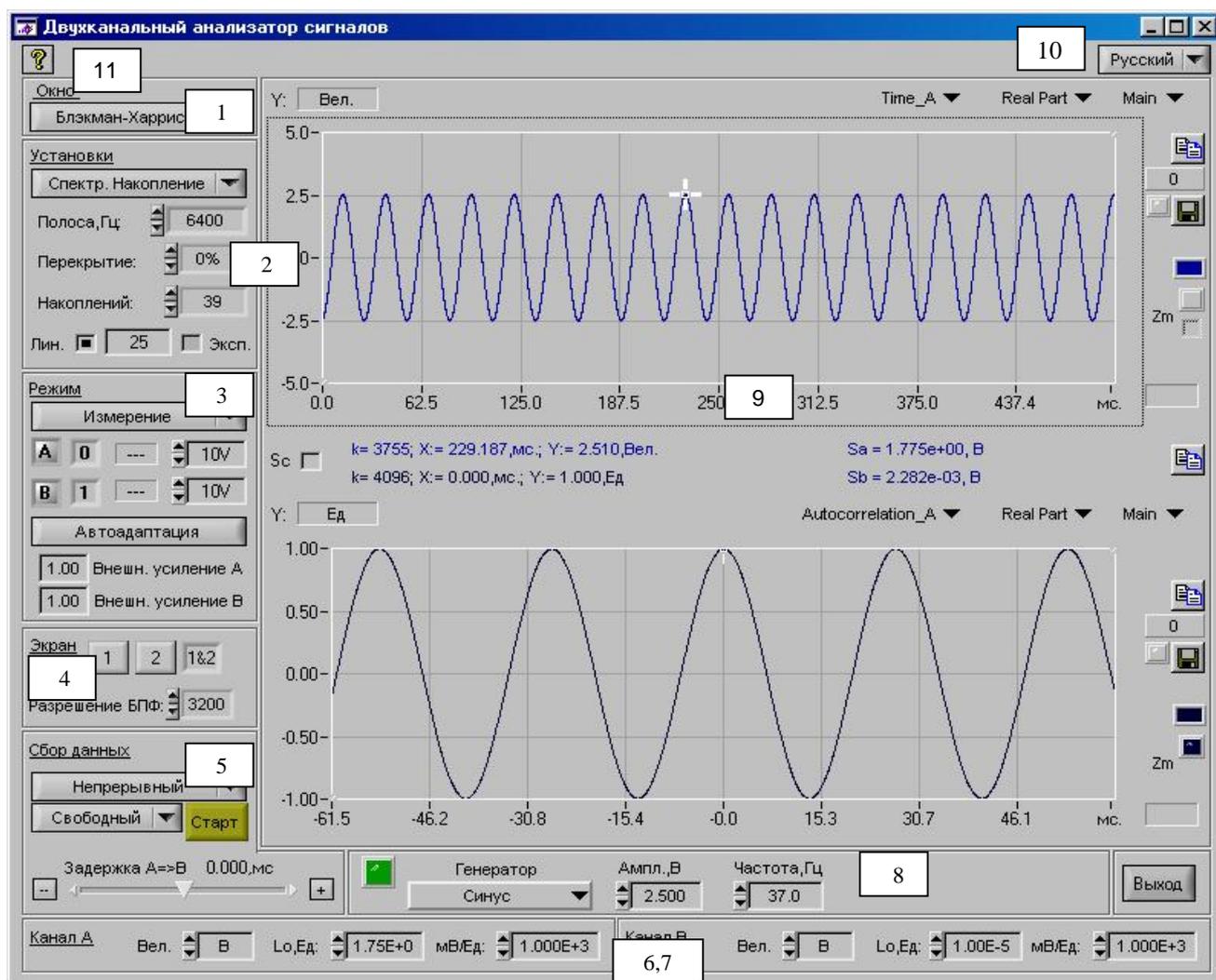


Рис. 2.1. Поля управления двухканального анализатора сигналов:

- 1 - поле выбора оконных весовых функций;
- 2 - поле установок измерений;
- 3 - поле выбора режима измерений;
- 4 – поле управления экранами;
- 5 – поле стартового модуля;
- 6,7 – поля калибровки каналов А и В;
- 8 - поле элементов управления генератора - формирователя сигналов;
- 9 - поля изображения данных измерений;
- 10 – выбор языка общения; 11 – контекстная помощь.

## 2.1. Поле оконных весовых функций

На рис. 2.2. показаны весовые оконные функции доступные пользователю при проведении измерений.

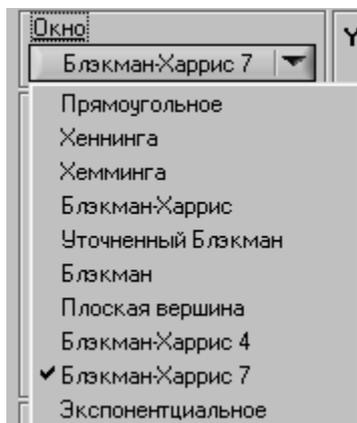


Рис.2.2. Набор весовых оконных функций.

Прямоугольное и экспоненциальное весовые окна, как правило, используются при анализе импульсных переходных характеристик. При статистическом анализе используют прямоугольное весовое окно.

Окна Хеннинга, Хемминга, Блэкмана-Харриса, Уточненный Блекман, Блекмана, Плоская вершина, Блэкмана-Харриса четвертого и седьмого порядков используют при спектральном анализе на основе быстрого преобразования Фурье (БПФ) для подавления резких вариаций на начальном и конечном участках исходных временных реализаций [1].

## 2.2. Поле установок измерений.

Характер решаемой измерительной задачи определяет и метод измерений. Так, для получения состоятельных оценок эргодических стационарных процессов широко используется «Спектральное накопление».

Импульсное нагружение объекта при спектральных измерениях отклика дает возможность оценить его собственные частотные характеристики.

Нагрузки, обусловленные наличием дисбалансов вращающихся частей преобразователей энергии, могут быть корректно определены в условиях значительных посторонних помех, методом «Синхронного накопления» во времени. В качестве стартового синхроимпульса, в этом случае, достаточно использовать импульсы датчика оборотов, связанного с валом - источником нагрузок.

Распределение мгновенных значений нагрузок может быть получено по результатам статистического анализа исследуемого сигнала. Для этого полезно иметь гистограммы распределения мгновенных значений - использовать метод измерения **«Распределения»**.

Для реализации измерения октавных и одна треть октавных спектров исследуемых сигналов можно использовать метод измерений – **«Собственные спектры»**.

Выбор одного из указанных методов измерений обеспечивает управляющий элемент поля *Установки*, показанный на рис 2.3.

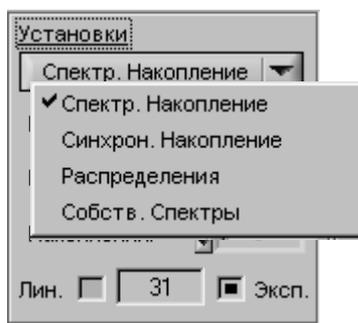


Рис.2.3. Элемент управления выбором метода измерений: «Спектральное накопление»; «Синхронное накопление»; «Распределения»; «Собственные спектры».

Выбор одного из указанных методов измерений определяет и возможность выбора сопутствующих управляющих параметров поля, которые связаны с основным динамически.

На рис. 2.4 показаны управляющие элементы для выбора параметров, сопутствующих методам **«Спектральное накопление»** и **«Собственные спектры»**.

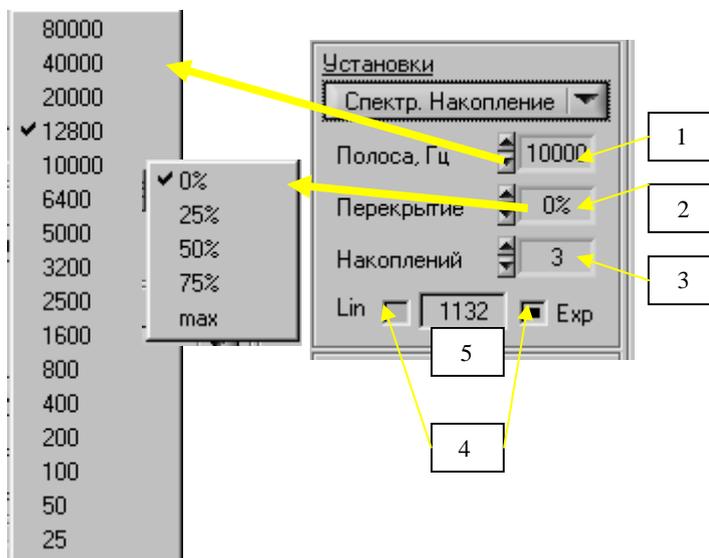


Рис.2.4. Элементы управления поля *Установки*, обеспечивающие выбор:  
 1 – полосы анализа, Гц;  
 2 – процент перекрытия данных;  
 3 – числа накоплений может быть выбрано в пределах 1 – 131072;  
 4 – типа накопления Лин. - линейное; Эксп.. – экспоненциальное;  
 5 - индикатор текущего числа накоплений.

Управляющие элементы для выбора параметров, сопутствующих методу **«Синхронное накопление»**, показаны на рис.2.5.

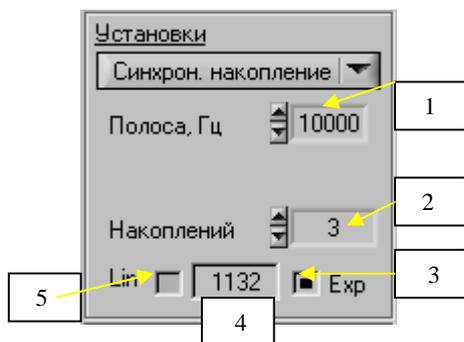


Рис.2.5. Элементы управления поля Установки, обеспечивающие выбор:  
 1 – полосы анализа, Гц;  
 2 – числа накоплений может быть выбрано в пределах 1 – 131072;  
 3,5 – тип накопления Лин. - линейный; Эксп.. – экспоненциальный;  
 4 - индикатор текущего числа накоплений.

Следует отметить, что в методе «**Синхронное накопление**» сглаживание данных происходит во временной области, т.е. накапливаются мгновенные значения по ансамблю реализаций, измерение каждой из которых происходит по внешнему синхроимпульсу. В методе «**Спектральное накопление**» сглаживание данных происходит по ансамблю, но в частотной области.

На рис. 2.5а показаны управляющие элементы для выбора параметров, сопутствующих методу **Распределения**. Накопление в этом методе измерений выполняется по линейному закону для числа попаданий в фиксированные интервалы разрядов гистограмм.

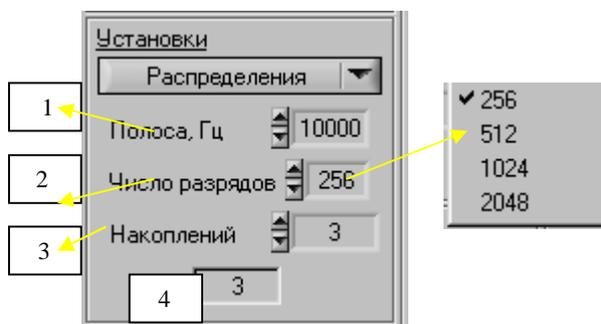


Рис.2.5а. Элементы управления поля Установки, обеспечивающие выбор:  
 1 – полосы анализа, Гц;  
 2 – числа разрядов гистограмм;  
 3 - числа накоплений;  
 4 - индикатор текущего числа накоплений.

## 2.4. Поле выбора режима измерений и управление внешними устройствами

Элементы этого поля – рис. 2.6, обеспечивают выбор источника данных: *Измерение* или *Файл источник* –(1), номера каналов, подключаемых к входам “А”, “В” анализатора –(3).

Индикаторные лампочки “А”, “В” –(2) сигнализируют о перегрузке каналов в процессе проведения измерений.

Интегрирование или дифференцирование сигналов первичных преобразователей обеспечивают элементы управления – (6).

Элементы управления «*Внешнее усиление. А*», «*Внешнее усиление В*» – (4), дают возможность занести в память и учесть коэффициенты усиления внешней аппаратуры, если такая аппаратура используется в процессе проведения измерений, включить ИСР питание для соответствующих первичных преобразователей.

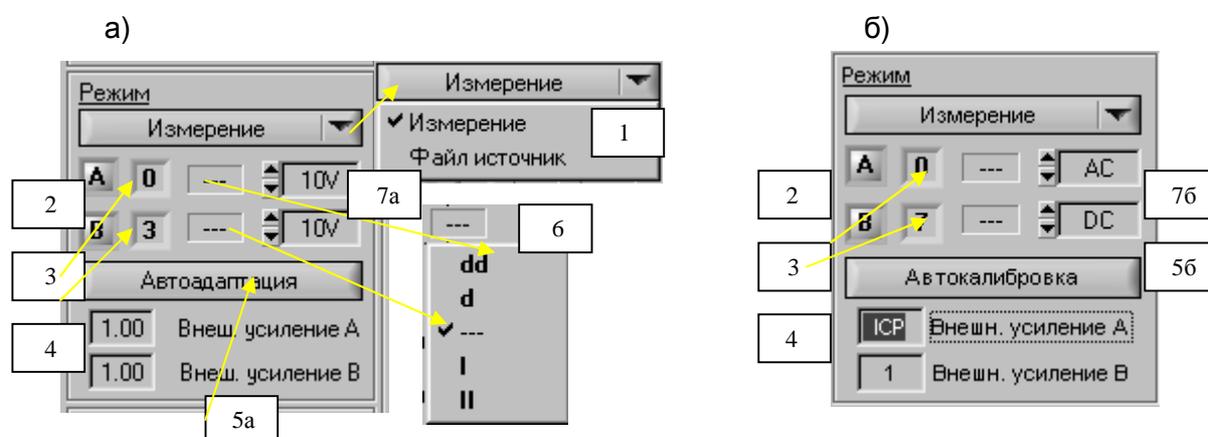


Рис.2.6. Элементы управления режимом измерений:

- 1 – выбор источника данных для анализа;
- 2 – индикаторы перегрузки по каналам А и В;
- 3 – переключатели измерительных каналов;
- 4 – элементы управления внешними усилителями, источниками питания для первичных преобразователей с ИСР питанием (для Серии СА СА-02USB - по спец заказу);
- 5а – авто адаптация системы к уровням измеряемых сигналов;
- 5б – авто калибровка каналов;
- 6 – тип преобразования временной реализации: dd – двойное дифференцирование; d - дифференцирование; --- без преобразования; I - интегрирование; II – двойное интегрирование.
- 7а – выбор коэффициентов усиления по каналам (для Серии СА СА-02USB);
- 7б – включение отключение фильтров ФВЧ – режим AC/DC (для СА-02Л).

Для смены номеров каналов подключенных к входам анализатора «А» или «В» достаточно активировать левой клавишей мыши элемент управления (3) соответствующего канала и манипулируя стрелками «вверх» или «вниз» клавиатуры выбрать требуемый номер канала. При этом следует обратить внимание на состояние канала. Если номер канала «утоплен» по отношению к панели - канал подключен, если выступает над панелью – отключен.

Активация клавиши «Автоадаптация» - рис.2.6а (для “Серии СА” и “Са-02USB”) обеспечит автоматический выбор коэффициентов усиления по каналам, при этом цвет кнопки

«Автоадаптация» изменится. По окончании процесса адаптации цвет кнопки восстановится, а система перейдет в режим измерений.

Активация кнопки «Автокалибровка» - рис. 2.6б обеспечит авто калибровку измерительных каналов, по окончании которой система перейдет в режим измерений.

Для учета коэффициента усиления внешней аппаратуры достаточно внести в поле (4), соответствующего канала, значение этого коэффициента. Например, 2.5 по каналу «В» – рис.2.7.

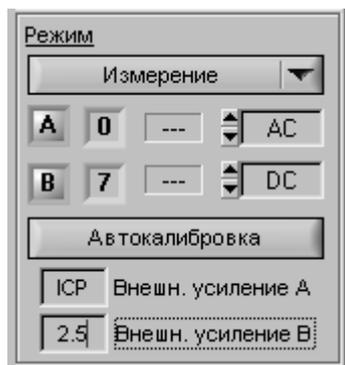


Рис.2.7. Занесение в оперативную память коэффициентов усиления внешней аппаратуры измерительных каналов «А» и «В».

Для включения ICP питания измерительного канала достаточно в поле управления *Внешнее усиление*, соответствующего канала, набрать с клавиатуры аббревиатуру "ICP", при этом подключится ФВЧ. Наличие ICP питания канала блокирует возможность отключения ФВЧ канала – рис.2.7.

## 2.4. Поле управления экранами

В этом поле расположены управляющие элементы, обеспечивающие смену формата экранов. Активация элемента «1&2» вызовет изображение двух функций выбранных пользователем на верхнем и нижнем экранах – рис 2.8.

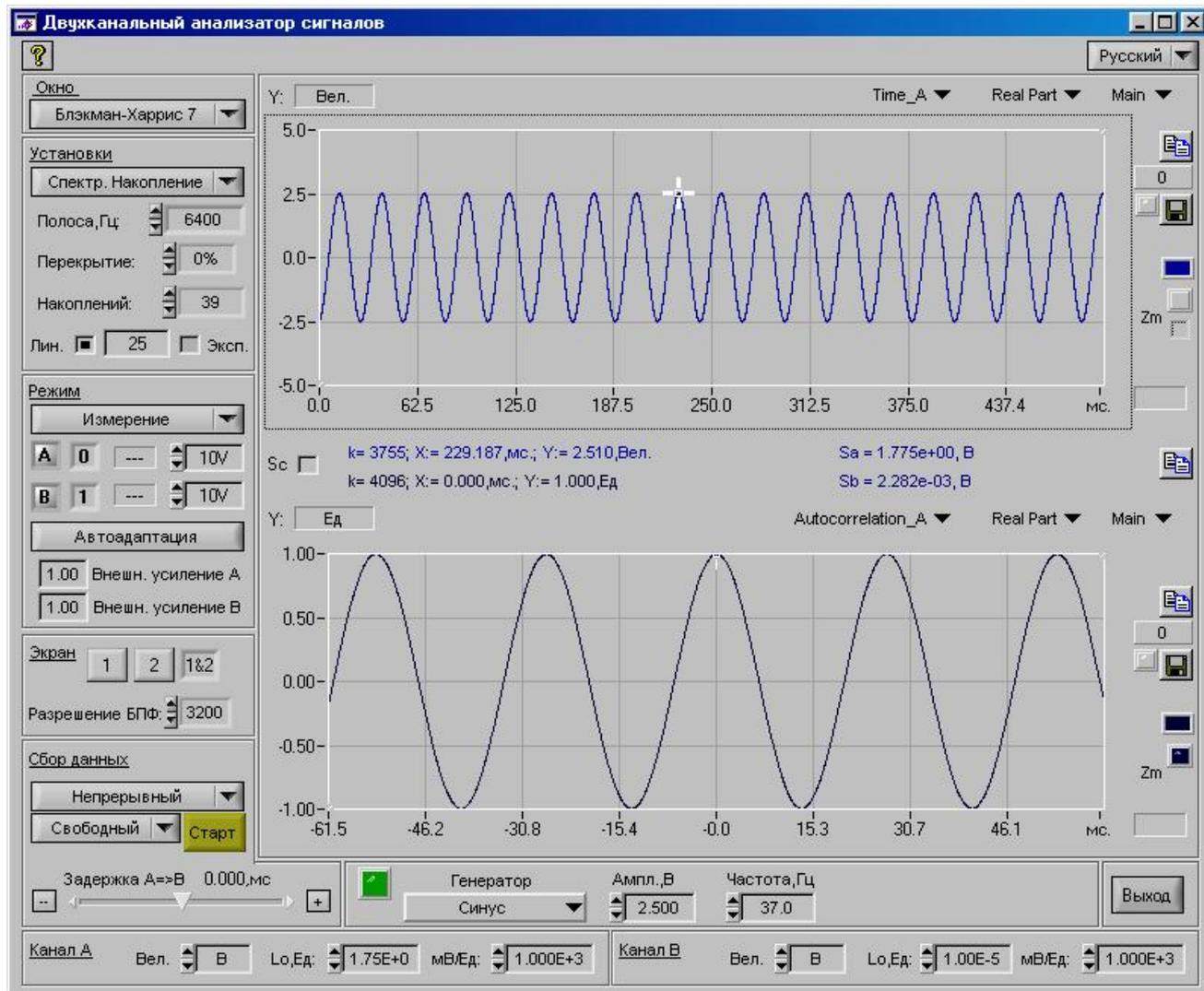


Рис.2.8. Элементы управления поля Экран. Выбор двух экранов для изображения результатов измерений.

Активация элемента «2» или «1» этого поля приведет к изображению одной из функций показанных на рис 2.8. Так, при нажатой кнопке 2 будет видна в увеличенном масштабе только выбранная для изображения функция по каналу «В» - рис.2.9, а при нажатой первой кнопке только выбранная для изображения функция по каналу «А»

В этом поле расположен элемент, обеспечивающий выбор размера БПФ. Пользователю доступны следующие варианты размера 100, 200, 400, 800, 1600, 3200, 6400, что обеспечивает соответствующее этим цифрам разрешение при спектральном представлении данных. При изображении функций во временной области указанным цифрам соответствуют отрезки времени  $\Delta T = dt * N$ , где  $dt$  – шаг квантования,  $N = 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16384$  – размер блока исходных данных для анализа.

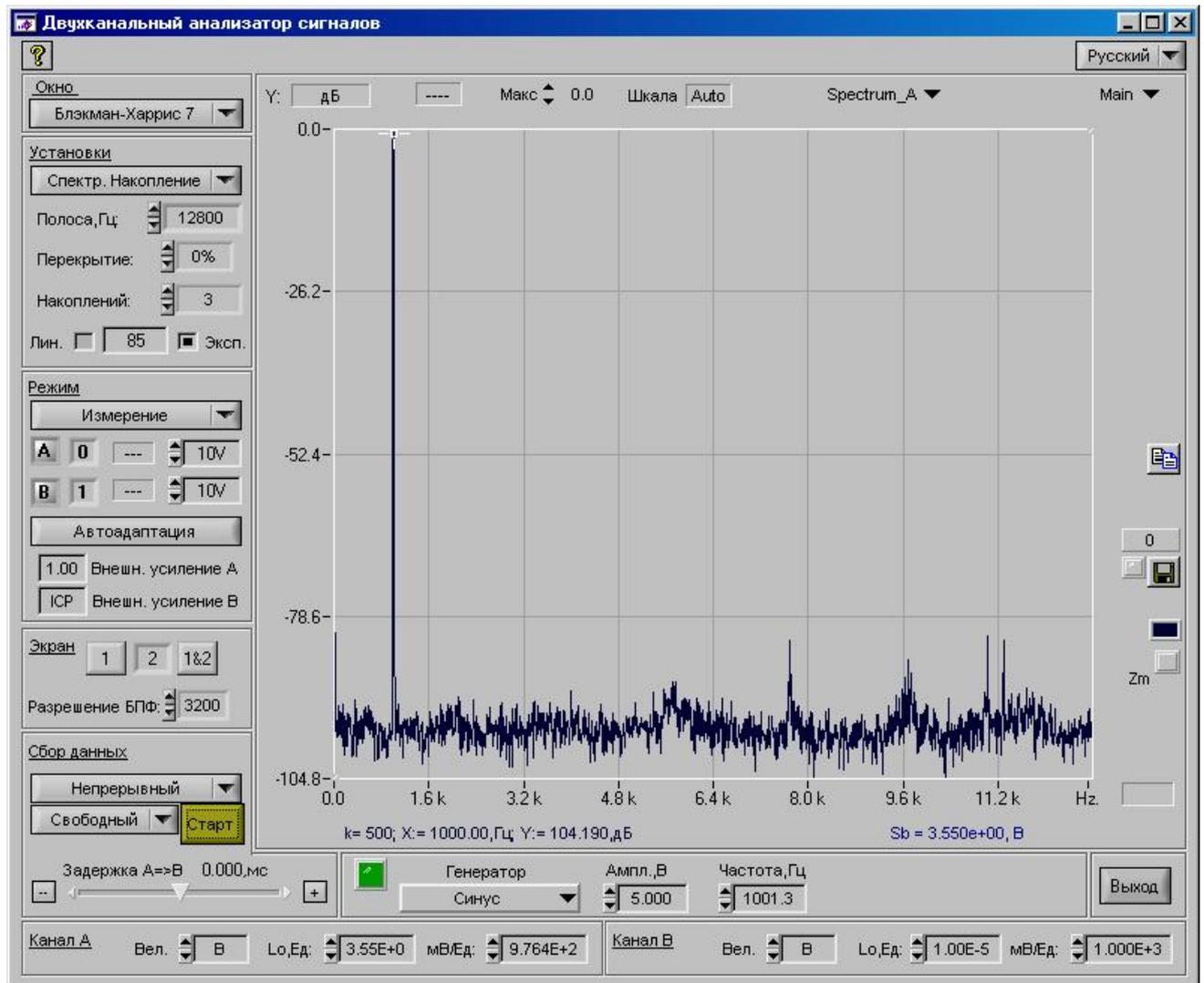


Рис.2.9. Изображение одной из функций, показанных на рис 2.9 – результат активации кнопки 2 поля управления Экран.

В поле Экран, справа от элемента *Разрешение БПФ*, для некоторых режимов измерений может появиться восклицательный знак - «!», рис. 2.10. Этот значок предупреждает о том, что процесс сбора данных идет с пропусками данных.

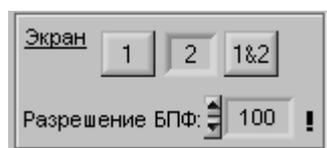


Рис.2.10. Иллюстрация режима работы анализатора, при котором происходит пропуск входных данных, о чем свидетельствует наличие значка «!».

## 2.5. Стартовый модуль

Стартовый модуль включает в себя набор элементов управления позволяющих формировать широкий набор режимов запуска измерений – рис.2.11.

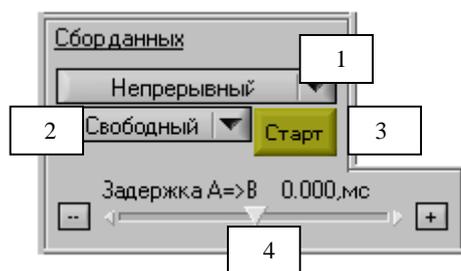
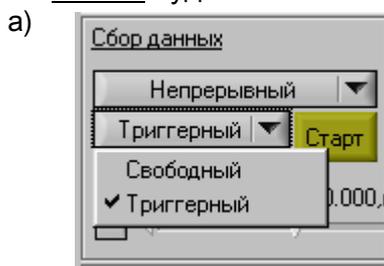


Рис.2.11. Элементы управления стартового модуля:

- 1 – элемент, задающий характер сбора данных из набора: Непрерывный; По условию;
- 2 – элемент, задающий условия старта из набора: свободный; внешний ТТЛ; Триггерный;
- 3 – элемент, запускающий и останавливающий измерения;
- 4 - элемент, формирующий задержку между каналами.

Элементы стартового модуля связаны динамически. Так, выбор режима - *Непрерывный* сбор данных – рис.2.12а дает возможность выбрать *Свободный* или *Триггерный* старт. Старт *Триггерный* предполагает запуск *По уровню* одного из измерительных каналов, при этом всплывает дополнительная панель – *Установки триггера* – рис.2,12б, где можно выбрать номер запускающего канала, уровень запуска, в единицах измеряемой величины, запускающий склон сигнала и предысторию. При этом канал запуска в поле Режим будет отмечен красным цветом.



б)



Рис. 2.12. Формирование режима непрерывного сбора при старте по триггеру канала с номером «0» и по фронту сигнала при запускающем уровне 0,5 вольта.

Управляя задержкой можно обеспечить отставание канала «А» от канала «В», или канала «В» от канала «А», а так же синхронный сбор данных.

Регулятор задержки (4), рис.2.11, активируется левой кнопкой мыши. Управление клавишами стрелки клавиатуры, а элементы "-", "+" - левой кнопкой мыши и клавишей "Enter" клавиатуры. Элементы управления задержкой имеют дискретный шаг регулировки,

равный приведенному шагу квантования АЦП  $dt = 0.390625/f_c$ , где  $f_c$  - полоса пропускания, а элементы управления "-", "+" - более крупный шаг, равный  $512 * dt$ .

Использование того или иного режима запуска измерений определяется выбором поставленной измерительной задачи и выбранным методом измерений. Так, при использовании методов «Спектральное накопление» и «Собственные спектры» могут быть полезны следующие режимы запуска измерений:

1. Сбор данных *Непрерывный*. Старт *Свободный* – обработка стационарных эргодических сигналов.
2. Сбор данных *Непрерывный*. Старт *Триггерный*. По уровню одного из каналов – аналогично предыдущему пункту, но при заданном начальном уровне сигнала.
3. Сбор данных *По условию*. Старт *Внешний ТТЛ* – обработка сигналов развитие которых синхронно с некоторым событием, например, импульсами датчика оборотов ротора.
4. Сбор данных *По Условию*. Старт *Триггерный*. По уровню одного из Каналов – аналогично предыдущему пункту.
5. Сбор данных *По условию*. Старт *Триггерный*. По уровню одного из каналов с предысторией – обработка сигнала, являющегося реакцией исследуемой колебательной системы на импульсное воздействие.

При использовании метода «Синхронное накопление» могут быть полезны следующие режимы запуска измерений:

1. Сбор данных *По условию*. Старт *Внешний ТТЛ* – обработка сигналов развитие которых синхронно с некоторым событием, например импульсами датчика оборотов ротора.
2. Сбор данных *По условию*. Старт *Триггерный*. По уровню одного из Каналов – аналогично предыдущему пункту.
3. Сбор данных *По условию*. Старт *Триггерный*. По уровню одного из каналов с предысторией – обработка сигнала, являющегося реакцией исследуемой колебательной системы на импульсное воздействие.

При использовании метода «Собственные спектры» могут быть полезны следующие режимы запуска измерений:

1. Сбор данных *Непрерывный*. Старт *Свободный* – обработка стационарных эргодических сигналов.
2. Сбор данных *По условию*. Старт *Внешний ТТЛ* – обработка сигналов развитие которых синхронно с некоторым событием.

Для статистической обработки данных могут быть полезны все возможные режимы запуска измерений:

1. Сбор данных *Непрерывный*. Старт *Свободный*.
2. Сбор данных *Непрерывный*. Старт *Триггерный*. По уровню.
3. Сбор данных *По условию*. Старт *Внешний ТТЛ*.
4. Сбор данных *По условию*. Старт *Триггерный*. По уровню.
5. Сбор данных *По условию*. Старт *Триггерный*. Если сигнал выше уровня.
6. Сбор данных *По условию*. Старт *Триггерный*. Если сигнал ниже уровня.
7. Сбор данных *По условию*. Старт *Триггерный*. Если сигнал внутри региона.
8. Сбор данных *По условию*. Старт *Триггерный*. Верхний гистерезис.
9. Сбор данных *По условию*. Старт *Триггерный*. Нижний гистерезис

На рис.2.13 проиллюстрированы варианты триггерных стартов стартового модуля.

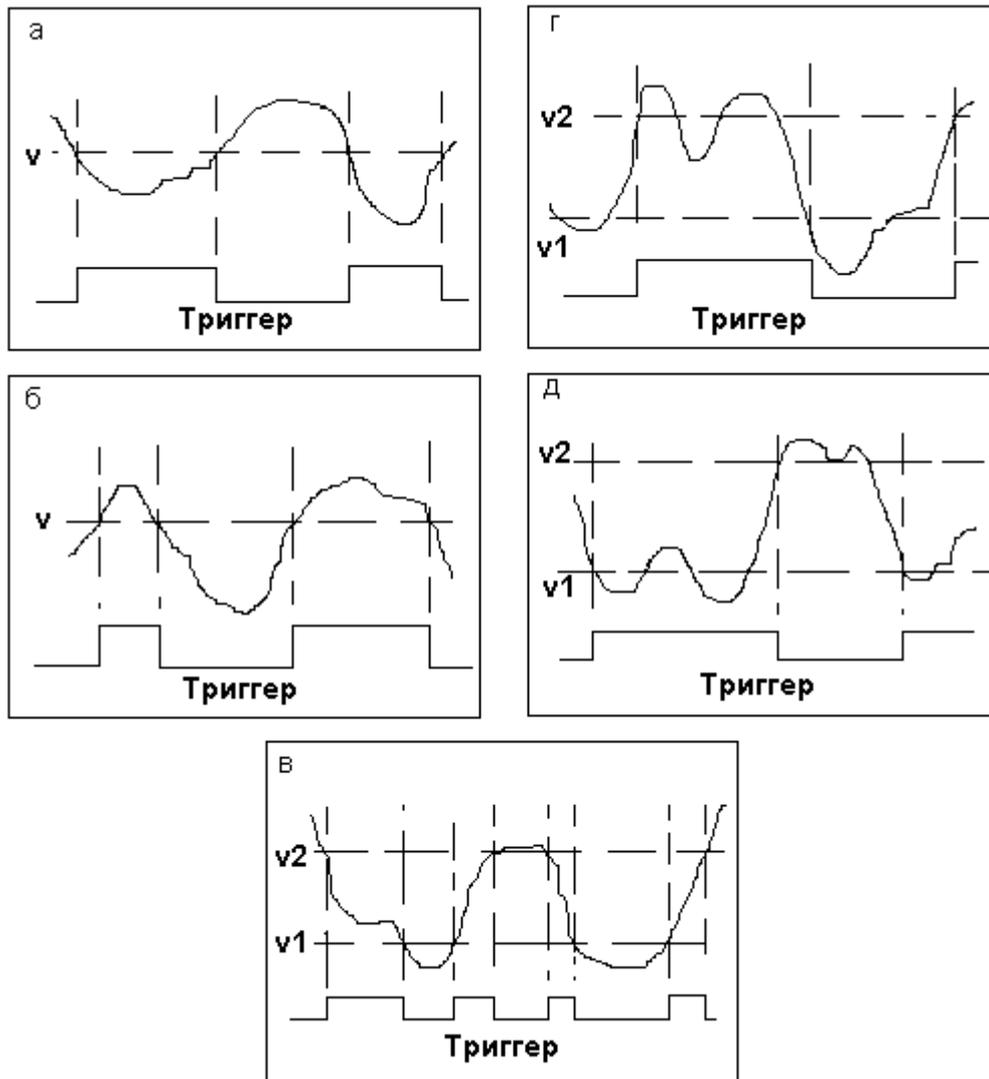


Рис.2.13. Варианты стартов по триггеру:

- а– сбор данных, если сигнал ниже заданного уровня  $v$ ;
- б - сбор данных, если сигнал выше заданного уровня  $v$ ;
- в - сбор данных, если сигнал внутри региона  $v1 - v2$ ;
- г – отработка верхнего гистерезиса;
- д - отработка нижнего гистерезиса.

## 2.6. Поля изображения результатов измерений и передачи данных.

На рис. 2.14. показаны два идентичных поля, обеспечивающих выбор измеряемых функций, режимов их изображения и передачи результатов измерений другим приложениям. Эти поля состоят из графических полей-экранов, где непосредственно изображаются результаты измерений. Набор управляющих элементов дает возможность пользователю оперативно вмешиваться в процесс измерения и представления результатов. Элементы управления связаны между собой динамически.

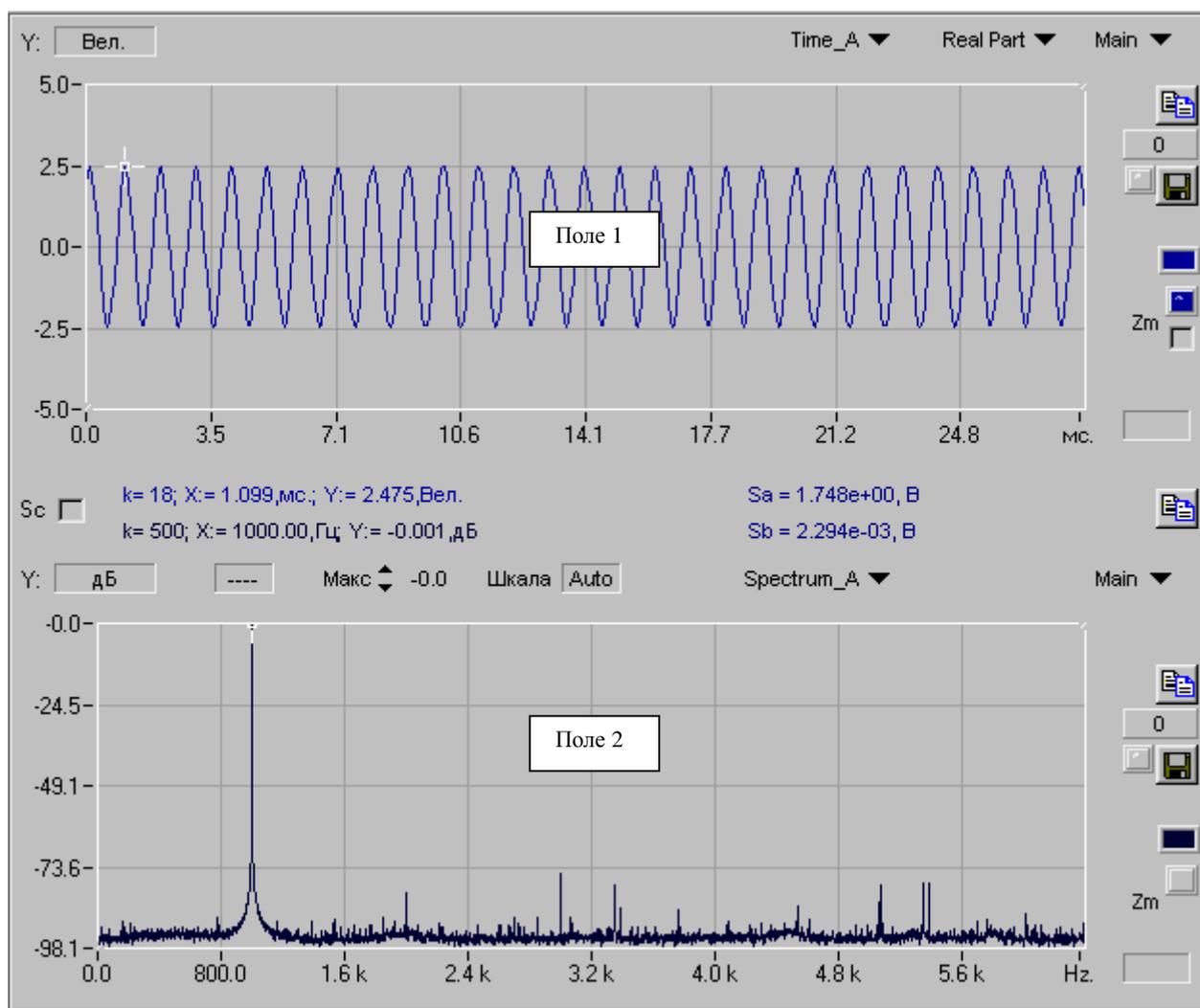


Рис. 2.14. Поля представления результатов измерений.

Так, вызов любой из предлагаемых функции, рис. 2.15, формирует набор возможных режимов представления выбранной функции - масштабы по осям абсцисс и ординат и ее расширения, если функция комплексная. На втором поле показан режим представления автокорреляционной функции - это комплексная функция, поэтому для нее в управляющем «поле 2» предусмотрена дополнительная возможность представления - расширения

функции. К ним относятся: *Real Part* – реальная часть; *Image Part* – мнимая часть; *Mag.* - модуль; *Phase* - фаза; *Nyquist Plot* - диаграмма Найквиста; *Nichols Plot* – диаграмма Никольса.

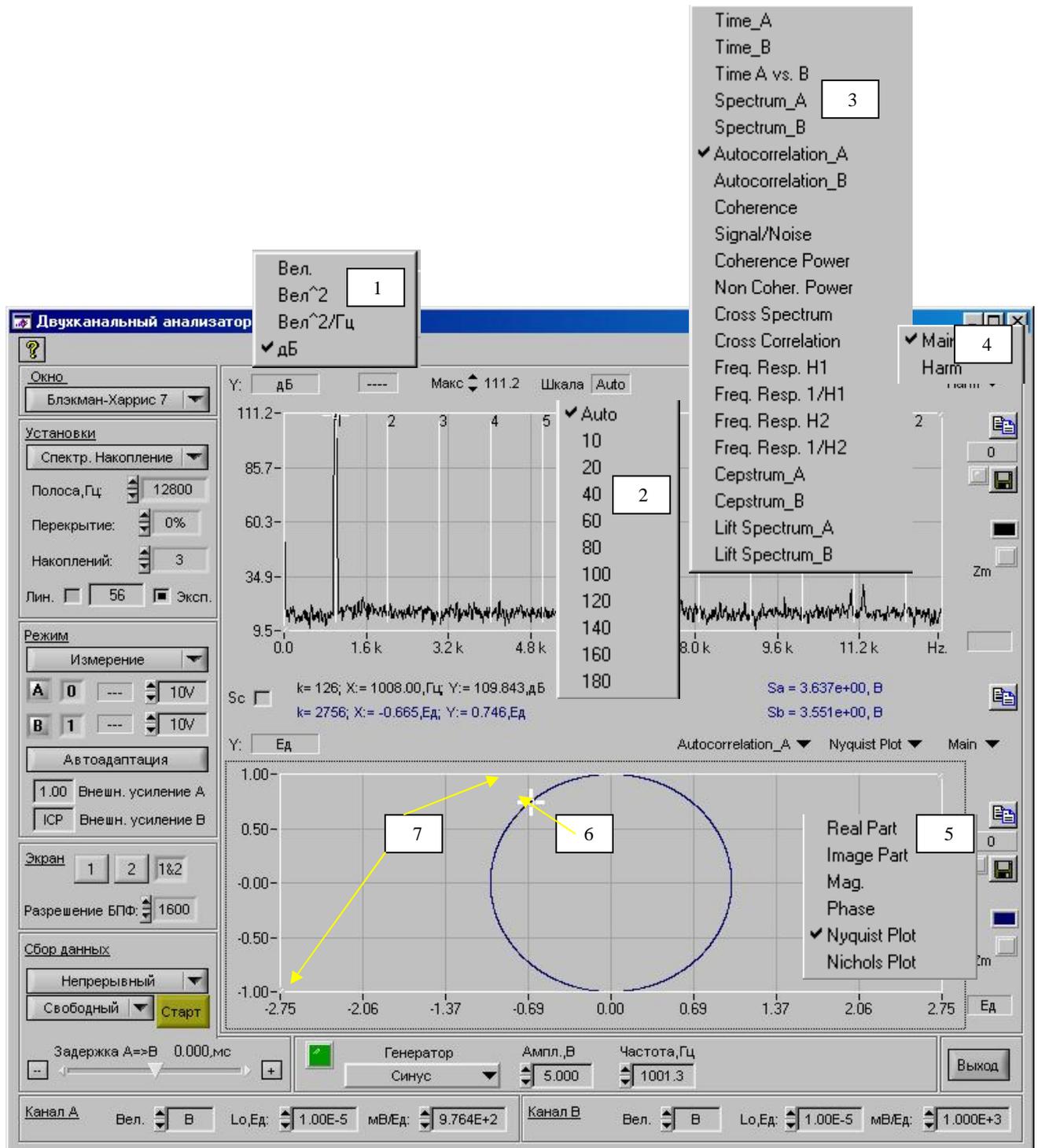


Рис. 2.15. Элементы управления изображением результатов измерений:

- 1 – единицы измерения автоспектра, ось ординат;
- 2 – выбор масштаба представления автоспектра в дБ;
- 3 – набор функций доступных для представления на экране для метода «Спектральное накопление»;
- 4 – следящие курсоры для функции Spectrum. Main – курсор текущих значений. Harm – указатель гармоник;
- 5 – набор расширений для комплексной функции Autocorrelation.
- 6 – основной курсор;
- 7 – вспомогательный курсор.

Каждому экрану принадлежат три курсора - один основной - короткий крест и два вспомогательных - длинные белые кресты. Основной курсор, в активном состоянии, после щелчка по нему левой клавишей мыши, обеспечивает слежение за текущими значениями представленной на экране функции. Эти значения по мере движения курсора индицируются в полях индикации экрана (1), рис.2.16. (Перемещение активного курсора по графику изображенной функции обеспечивается клавиатурой: стрелка «->» - движение направо; стрелка «<-» - движение налево; «Shift» + одна из стрелок быстрое движение).

Кроме того, экраны снабжены указателями гармоник - «Harm». Нажатие этой кнопки при активном основном курсоре приводит к построению на графике вертикальных линий, соответствующих второй, третьей и т.д. гармоникам по отношению к координате «X» расположения основного курсора (для функций представленных в частотной области) – рис. 2.16.

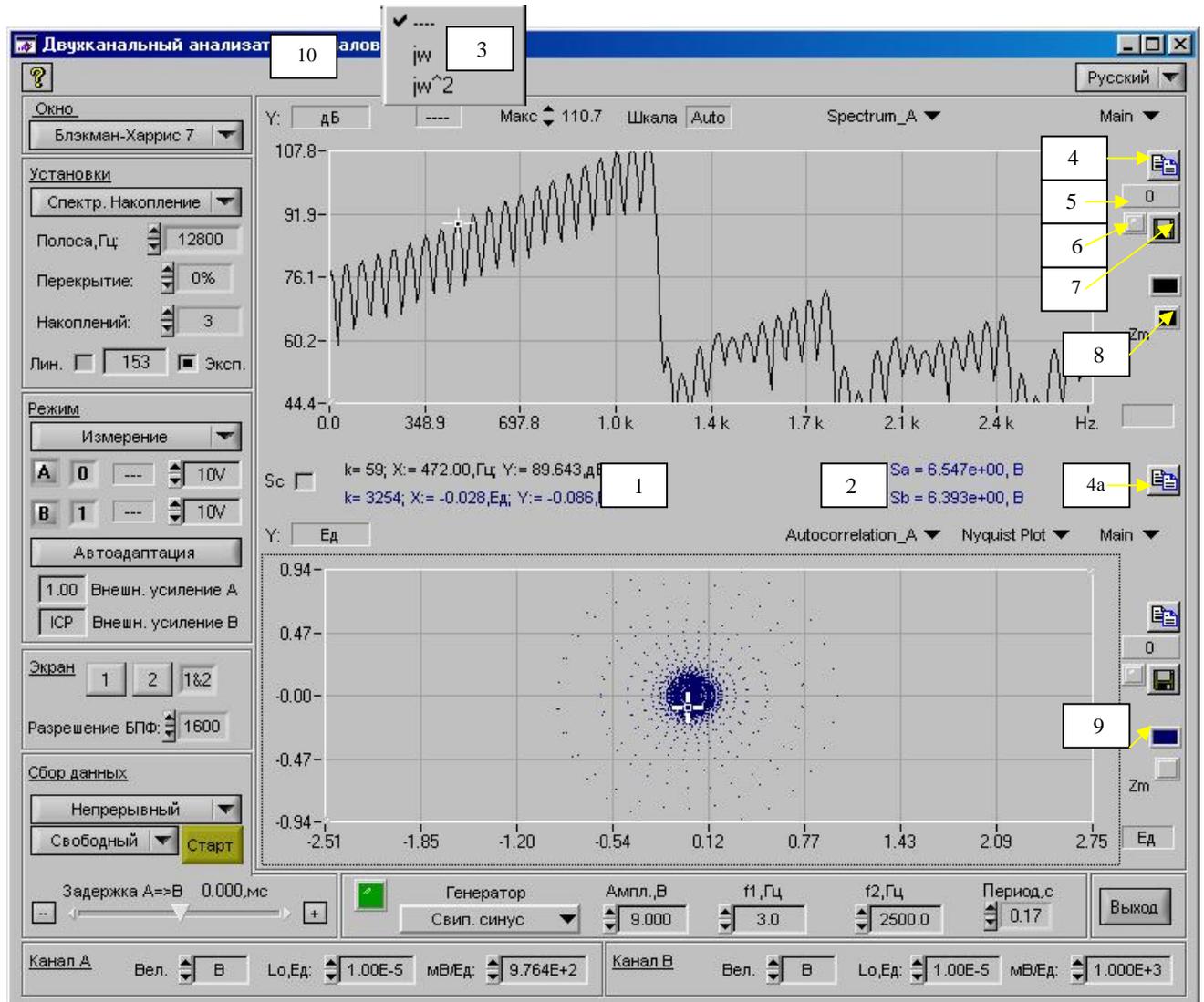


Рис. 2.16. Элементы управления полей представления результатов измерений:

- 1- поля индикации основных курсоров, где к – номер текущей точки и ее координаты;
- 2- поля индикации действующих значений Sa, Sb - измеряемых величин по каналам «А», «В»;
- 3- интегрирование в частотной области:  $j\omega$  – интегрирование;  $j\omega^2$  –двойное интегрирование;
- 4- передача графической информации экрана в системный буфер обмена;
- 4а -передача графической информации экранов 1&2 а в системный буфер обмена;
- 5,6,7 - элементы управления записью информации экрана в файл;
- 8- индикаторы состояния Zoom (Лупа);
- 9- выбор цвета графика, изображенного на экране;
- 10- управление синхронизацией курсоров.

Вспомогательные курсоры после их последовательной активации и перемещении одного - в левый верхний, а второго в нижний правый углы поля участка экрана, которое желательно увеличить, определяют координаты этого поля.

Активация увеличиваемого поля одинарным щелчком правой клавиши мыши приводит к «растягиванию» выбранного участка экрана на весь экран. Возврат к обычному разрешению экрана обеспечивается двойным щелчком правой клавиши мыши в поле экрана. Режим увеличенного масштаба любого экрана сопровождается изменением цвета индикаторов (9) на цвет графика изображенной на экране функции – рис.2.16.

При работе с двумя экранами может быть полезна кнопка (10) - “Sc”, обеспечивающая синхронное перемещение *основных курсоров* обоих экранов, если экраны имеют одинаковые масштабы представления результатов по осям «X».

Кнопки (5),(6),(7) предназначены для записи в файл изображенной на экране функции. Формат записи обеспечивает возможность вторичной обработки данных средствами приложений Windows , например, Microsoft Excel.

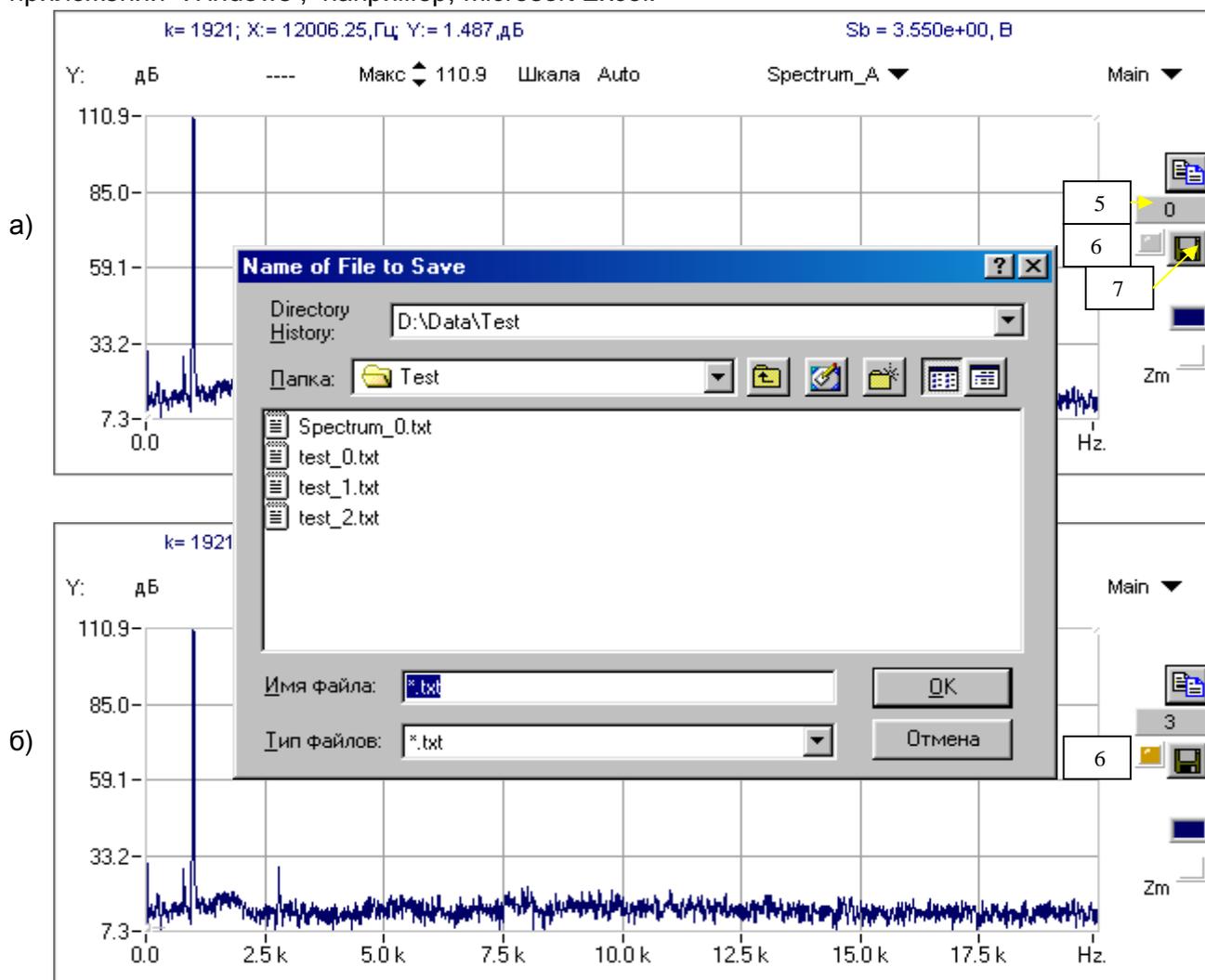


Рис.2.17. Режимы записи результатов измерений в файлы данных:  
 а) – Управляющий элемент (6) неактивен. Режим записи одиночных файлов;  
 б) – Управляющий элемент (6) активен. Режим записи группы одноименных файла

Для записи результата обработки в файл достаточно активировать управляющий элемент (7), рис.2.16, что вызовет появление всплывающей панели с предложением указать место расположения файла и его имя – рис. 2.17а. Активация кнопки «ОК», дополнительной панели обеспечит запись файла по указанному адресу с заданным именем.

В том случае, если необходимо записать результаты группы измерений, то сначала необходимо активировать элемент (6), рис.2.17, затем вызвать дополнительную панель элемент (7), где указать место расположения файла и его имя. Нажать «ОК» на панели, что вызовет запись файла с указанным именем и расширением «\_0.txt». Для записи следующего файла той же группы достаточно активировать элемент (7). При этом всплывающее окно не появится. Файл будет записан под тем же именем с новым расширением «\_1.txt». Запись файлов группы будет сопровождаться изменением числа на индикаторе (5), рис.2.17, который фиксирует количество записанных файлов данной группы.

Отключение элемента (6) переведет систему в режим записи одиночных файлов.

Каждому экрану принадлежат кнопки (4) и (9).

Активация кнопки (4) заносит в буфер обмена график, изображенный на соответствующем экране. Элемент (4а) заносит в буфер обмена графическую информацию одновременно для двух экранов.

Информация буфера обмена доступна другим приложениям, например “Microsoft Word”.

Активация кнопки (9) изменит цвет изображаемой на экране функции и цвет текста в полях индикации.

При анализе реакции системы на импульсное воздействие бывает полезно использовать сглаживание ограниченного участка временного сигнала прямоугольной или экспоненциальной весовыми функциями. С этой целью предусмотрен элемент управления – (1), рис.2.18, который включает/отключает сглаживание выбранного участка временного сигнала. На верхнем экране временная функция канала «А», сглаженная прямоугольной весовой функцией. На нижнем экране спектр сглаженной временной функции.

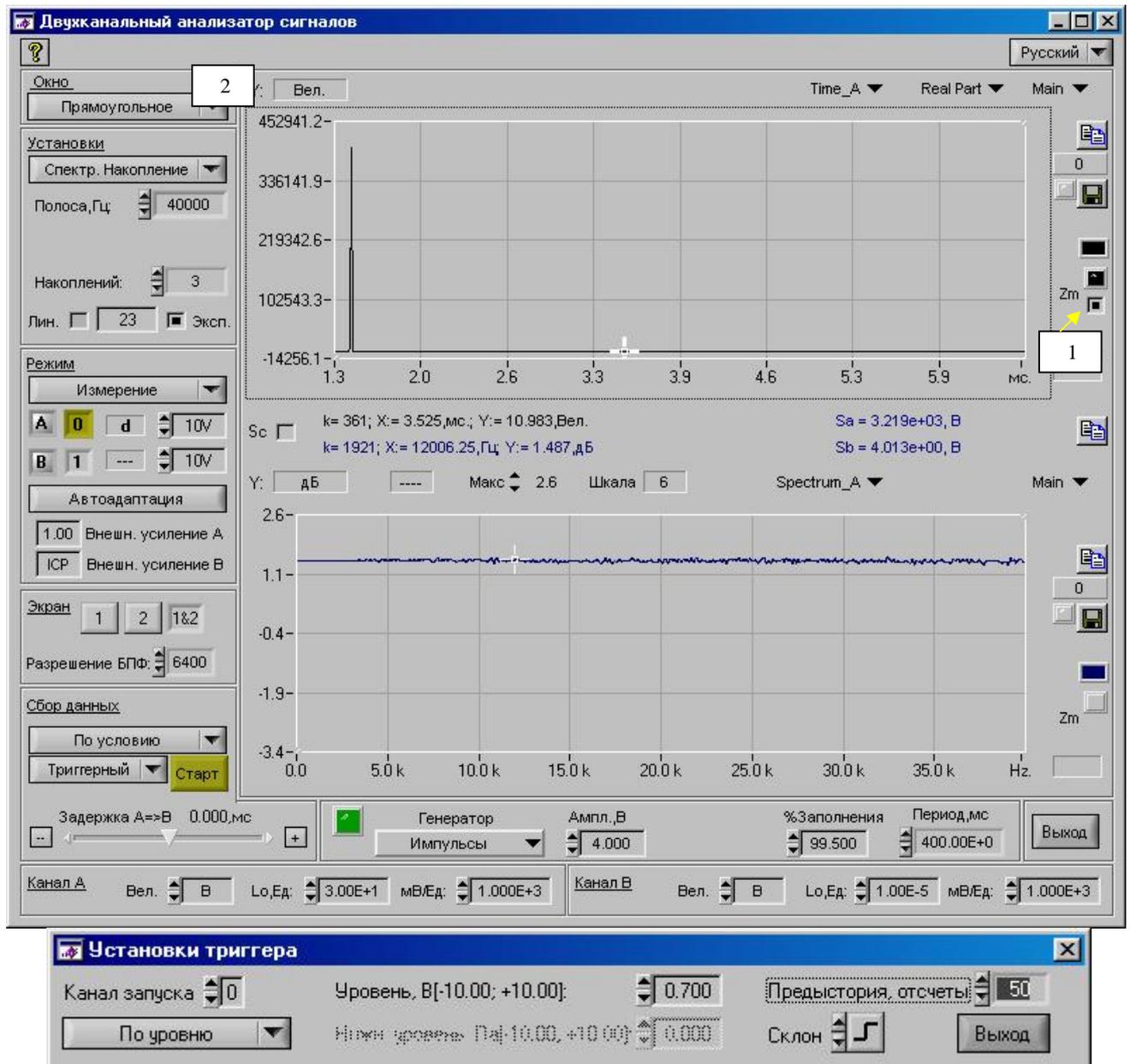


Рис.2.18. Элемент управления -1, обеспечивающий сглаживание выбранного участка временного сигнала весовой функцией, в данном случае – прямоугольной – 2.

### 3. Режимы измерений

#### 3.1. Калибровка измерительных каналов.

Для калибровки измерительных каналов предусмотрены поля управления, расположенные в самом низу панели управления анализатора сигналов - рис.3.1. Здесь находятся элементы управления, обеспечивающие выбор размерности – “Вел.”, порогового уровня измеряемых величин – “Lo,Ед.”, а также поля ввода чувствительности первичного приемника – “мВ/Ед.”.

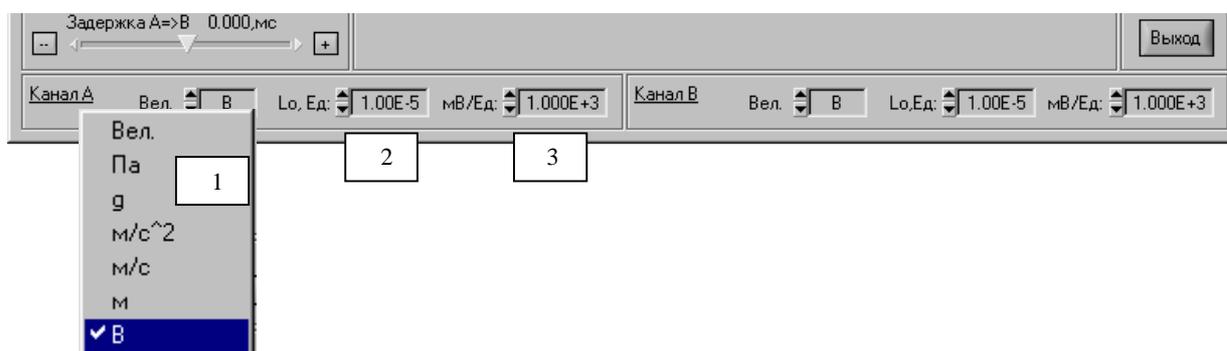


Рис.3.1. Элементы управления поля калибровки:

- 1 – выбор размерности измеряемой величины;
- 2 – пороговый уровень измеряемой величины;
- 3 – чувствительность первичного приемника.

Если чувствительности первичных приемников известны заранее, то достаточно ввести эти значения в *поля ввода*: “мВ/Ед.”.

При калибровке каналов от внешнего источника сигнала – калибратора, необходимо в поле ввода данных «Вел» ввести размерности измеряемых величин, при этом в полях “Lo,Ед.” появится пороговый уровень сигнала, соответствующий выбранной размерности (в случае необходимости этот уровень можно изменить).

Если в состав первичного измерительного тракта включен измерительный усилитель, то для проведения корректных измерений необходимо учитывать его коэффициент усиления. Для этого в поле “Внешнее усиление” необходимо записать значение коэффициента усиления первичных измерительных трактов, соответствующего канала. Если в измерительной цепи канала внешние усилители отсутствуют, то в поле “Внешнее усиление” должен быть занесена 1.

Записав в указанные поля необходимые данные, следует подсоединить к первичному приемнику образцовый источник, подать калиброванный сигнал и провести измерения, например – автоспектра. Для чего в одном из полей изображения необходимо выбрать измеряемую функцию – “Spectrum\_A” или “Spectrum\_B” (рис. 2.15), в зависимости от

калибруемого канала. В поле “Установки” выбрать экспоненциальный “Эксп...” режим накопления данных и нажать кнопку «Старт» в поле “Сбор данных”, основной панели управления.

Анализатор начнет измерение спектра калибруемого канала, при этом необходимо подбирать чувствительность первичного приемника так, чтобы выполнилось равенство измеряемого действующего значения сигнала заданному уровню сигнала калибратора, выраженному в принятых единицах измерения или децибелах. При совпадении измеренного действующего значения и заданного уровня сигнала процесс калибровки канала следует прекратить, для чего достаточно нажать кнопку «Стоп» в поле “Сбор данных”.

Следует отметить, что темп подбора чувствительности калибруемого канала может быть увеличен при нажатии клавиши “Shift”. Одновременное нажатие клавиш “Shift + Стрелка вверх” вызовет быстрое увеличение чувствительности, а сочетание “Shift + Стрелка вниз” – быстрое снижение чувствительности. Манипуляция клавишами “Стрелка вверх” и “Стрелка вниз” обеспечивает плавное изменение чувствительности калибруемого канала.

Результаты калибровки сохраняются в памяти РС до проведения следующей калибровки. Выключение РС, перезагрузка программы, работа с другим приложением не повлияют на результаты последней калибровки.

## **3.2. Измерения**

### **3.2.1. Метод Спектрального накопления**

Метод Спектрального накопления хорошо зарекомендовал себя и широко используется в вибрационных и акустических измерениях. Метод дает возможность проводить исследования, как детерминированных гармонических сигналов, эргодических стационарных сигналов, так и реакции объектов на импульсное воздействие.

Для проведения измерения гармонических или стационарных эргодических сигналов необходимо в поле “Установки” выбрать метод измерений «Спектральное накопление», задать количество – «Накоплений» и тип накоплений - “Лин.”, “Эксп..”, можно задать размер перекрытия данных - “Перекрытие” и полосу пропускания – «Полоса». Затем, если используется усилитель заряда РШ2738Э подключить его ко входам анализатора, соединить управляющий кабель с «Com1» портом и включить источник питания усилителя.

После чего следует провести калибровку измерительных трактов и адаптацию системы к измеряемым сигналам. Выбрать нужный режим запуска измерений в поле “Сбор данных”. В поле управления режимом изображения выбрать нужную функцию из предлагаемого набора и запустить измерения - нажав кнопку “Старт”. Последовательность управления процессом измерений может быть и любой другой. Все зависит от решаемой задачи, времени и стоимости эксперимента. Желательно при выборе режимов работы

анализатора использовать априорную информацию о характере и длительности исследуемого сигнала.

На рис.3.2. приведены результаты измерений двух независимых сигналов, полученных с помощью двух разных генераторов.

Анализируя спектры, рис.3.2., можно сделать вывод о том, первый генератор – Spectrum\_A - имеет гармонические искажения на уровне – 80 дБ. Второй генератор- сумма трех синусов - Spectrum\_B имеет ярко выраженные максимумы на частотах 9, 11 и 21 Гц.

Для измерения импульсных сигналов достаточно изменить условия запуска анализатора. Для этого в поле «Сбор данных» необходимо поставить режим сбор данных «По условию», а старт «Триггерный», «По Уровню» с предысторией. В качестве весового окна в поле «Окно» следует выбрать либо: «Прямоугольное» либо «Экспоненциальное» окно.

Все эти изменения настроек анализатора связаны со спецификой измерений импульсных сигналов.

На рис. 3.3а показан импульсный сигнал, сформированный генератором формы волны и его спектр рис.3.3б.

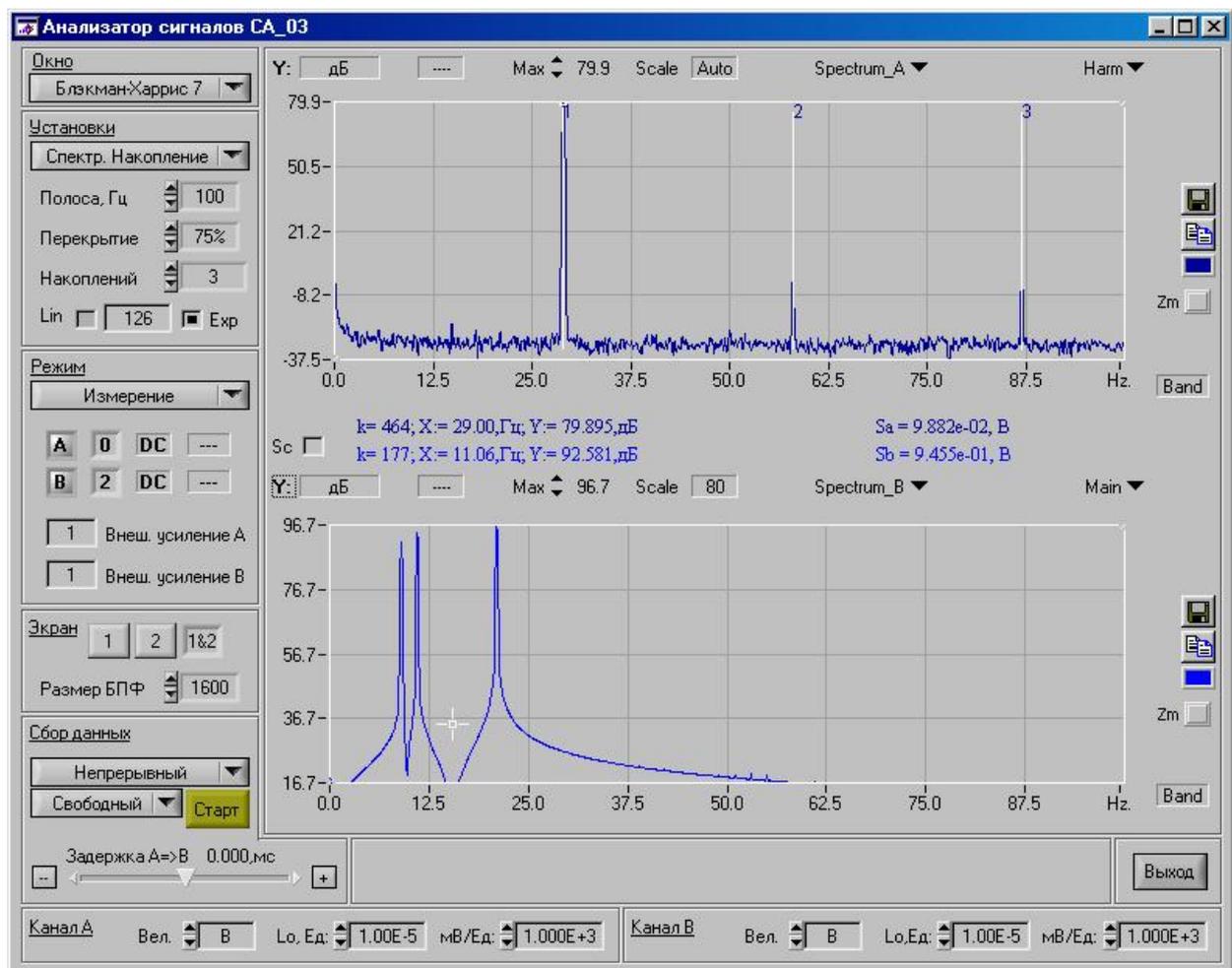


Рис.3.2. Спектр гармонических сигналов двух независимых генераторов:  
 Канал «А» - синус с частотой 29 Гц и амплитудой 0,13 В;  
 Канал «В» - сумма трех синусов с частотами 9, 11, 21 Гц и относительными амплитудами 1, 0,5, 0,7 и действующим значением = 0,95 В.

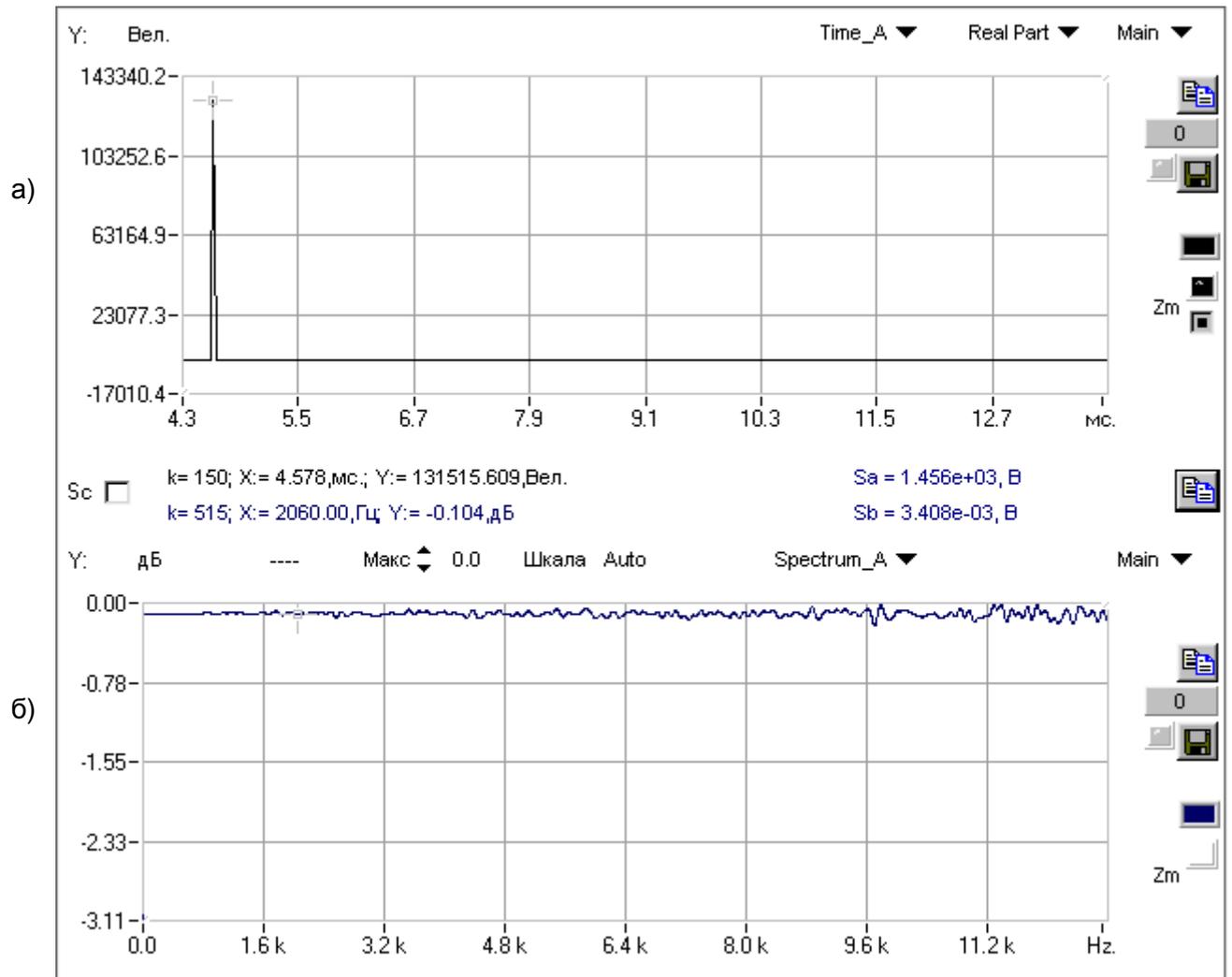


Рис. 3.3. Импульсный сигнал – а), и б) -его спектр.

### 3.2.2. Метод Синхронного накопления

Для проведения измерений методом Синхронного накопления необходимо подсоединить и настроить аппаратуру измерительных трактов аналогично предыдущему параграфу.

Анализатор должен быть настроен на выбранный метод измерений, для чего в поле Установки необходимо выбрать метод «Синхронное накопление», стартовый модуль должен обеспечить сбор данных «По условию» и старт либо «Триггерный», либо «По уровню», либо «Внешний ТТЛ».

Результаты измерений реальной части сигнала представляющего собой сумму сигналов - шума Гаусса и синуса, отношение действующих значений которых составляет  $S_N / S_S = 0.12$ , показаны на рис.3.4, рис.3.4.

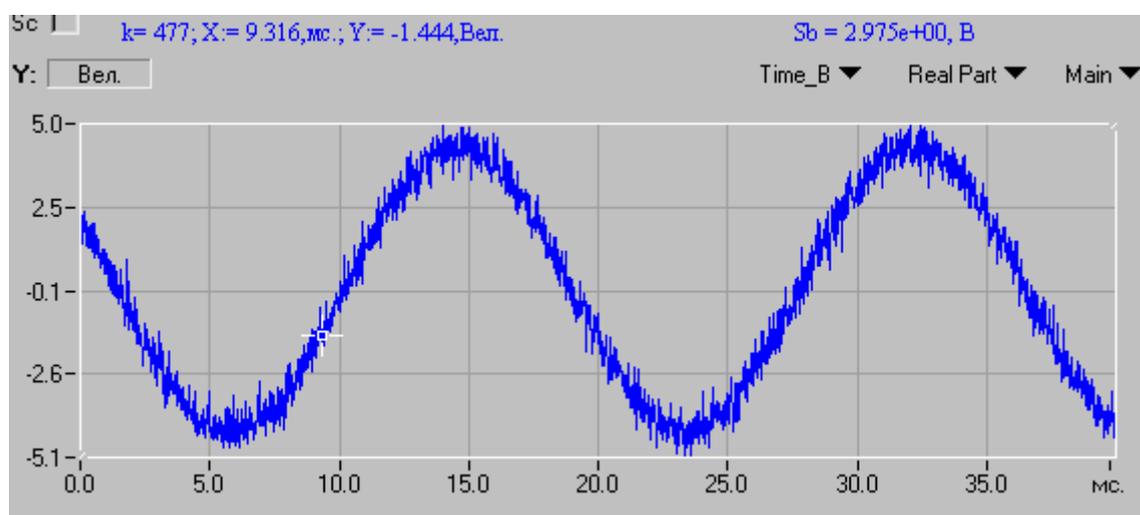


Рис.3.4. Сумма гармонического сигнала и шума.  $S_N / S_S = 0.12$ . Без накопления.

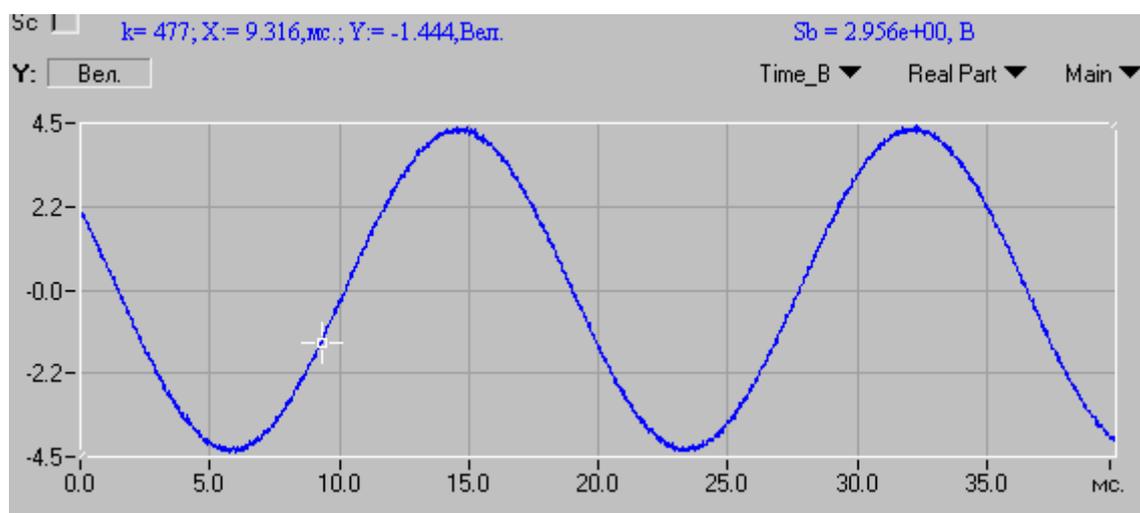


Рис.3.5. Результат линейного накопления сигнала показанного на рис.3.5. Использован метод синхронного накопления. Число накоплений 77.

### 3.2.2. Статистические Распределения

Для получения статистических распределений исследуемых сигналов можно использовать двухканальный анализатор - метод **Распределения**. На рис.3.6. показана основная панель управления анализатора с установками, обеспечивающими этот режим работы.

Следует напомнить, что стартовый модуль в режиме измерения статистических распределений обеспечивает девять вариантов запуска:

1. Сбор данных *Непрерывный*. Старт *Свободный*.
2. Сбор данных *Непрерывный*. Старт *Триггерный*. По уровню.
3. Сбор данных *По условию*. Старт *Внешний ТТЛ*.
4. Сбор данных *По условию*. Старт *Триггерный*. По уровню.
5. Сбор данных *По условию*. Старт *Триггерный*. Если сигнал выше уровня.
6. Сбор данных *По условию*. Старт *Триггерный*. Если сигнал ниже уровня.
7. Сбор данных *По условию*. Старт *Триггерный*. Если сигнал внутри региона.
8. Сбор данных *По условию*. Старт *Триггерный*. Верхний гистерезис.
9. Сбор данных *По условию*. Старт *Триггерный*. Нижний гистерезис

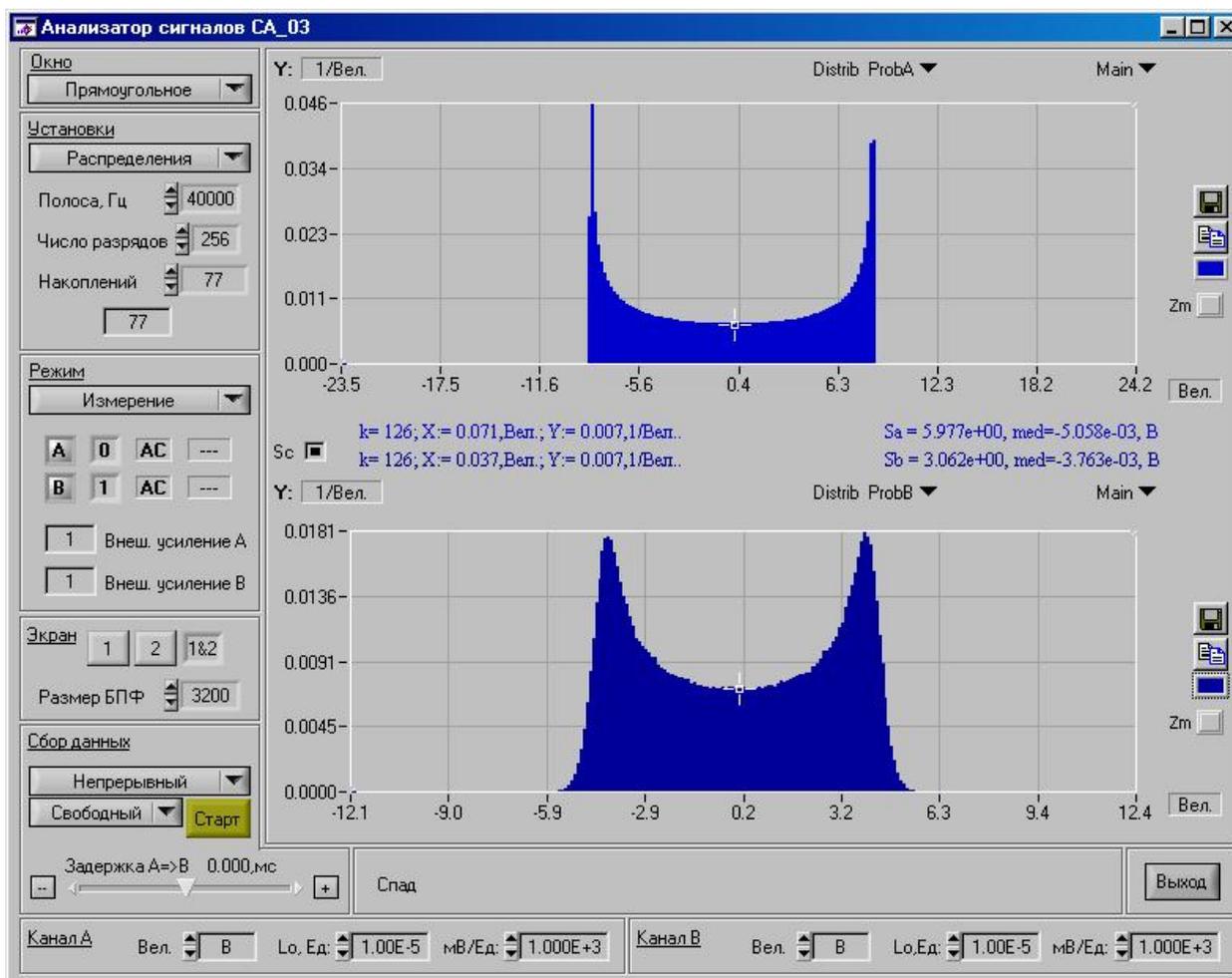


Рис.3.6. Установки анализатора для получения статистических распределений сигналов. На экранах вида распределения сигналов: верхний экран – распределение синуса; нижний экран – распределение суммы сигналов - шума Гаусса и синуса.

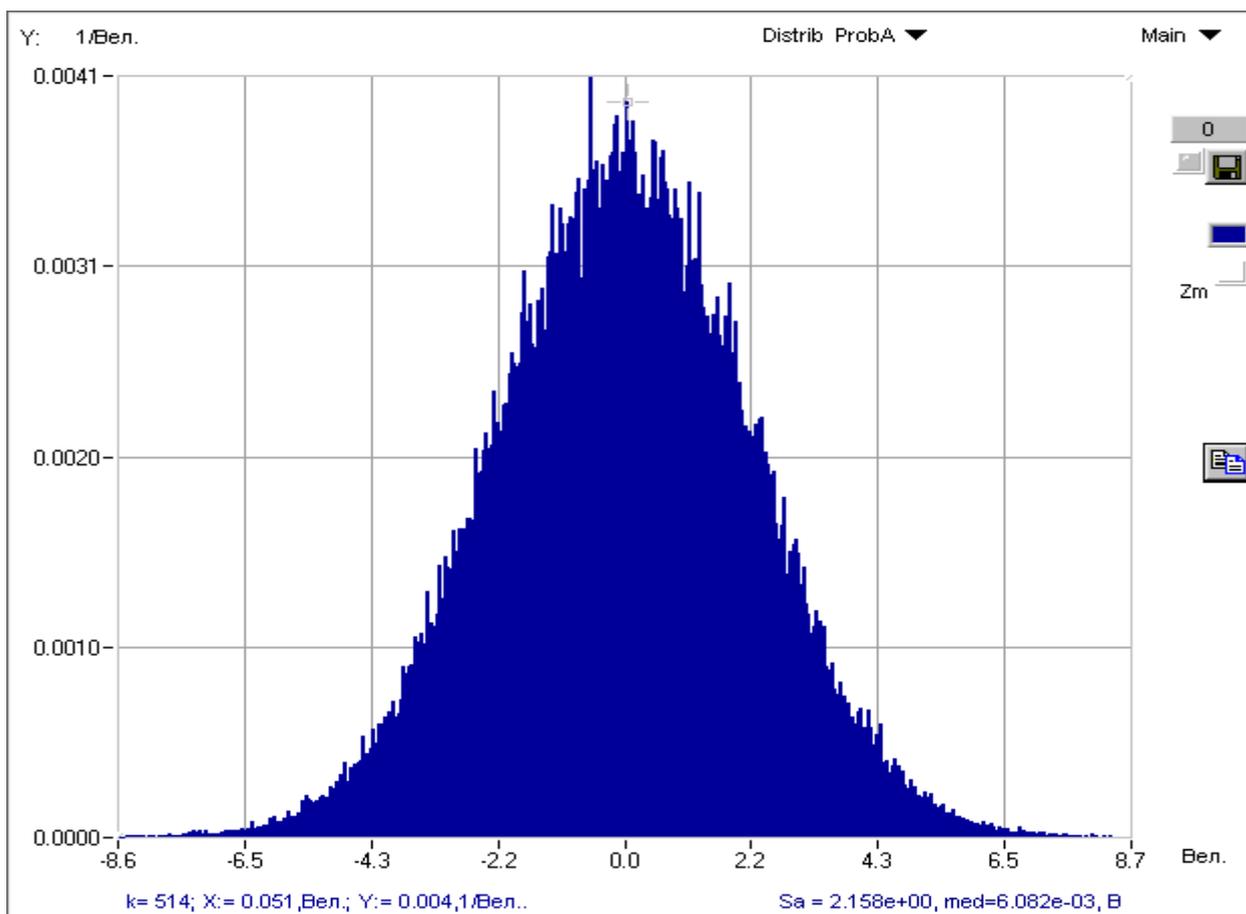


Рис.3.7. Распределение мгновенных значений сигнала «Шум в полосе». Действующее значение 2 В.

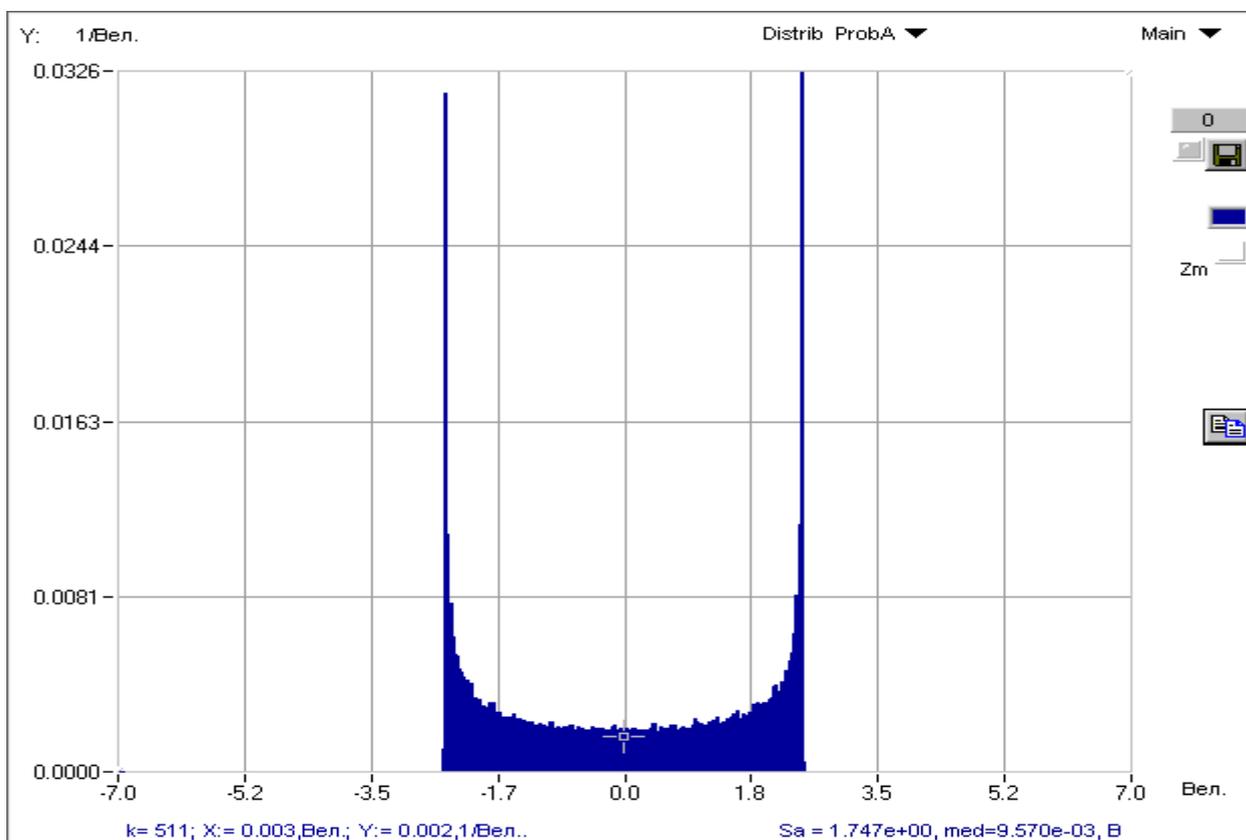


Рис.3.8. Распределение мгновенных значений гармонического сигнала. Амплитуда сигнала 2.5В.

### 3.2.3. Метод «Собственные спектры»

Для проведения измерений на основе метода «Собственные спектры» необходимо подсоединить и настроить аппаратуру измерительных трактов аналогично предыдущему параграфу.

Анализатор должен быть настроен на выбранный метод измерений, для чего в поле Установки необходимо выбрать метод «Собств. спектры», стартовый модуль должен обеспечить сбор данных - «Непрерывный», старт - «Свободный», либо сбор - «По условию», старт - «Внешний ТТЛ».

На рис.3.9. показана основная панель управления анализатора с установками, обеспечивающими этот режим работы.

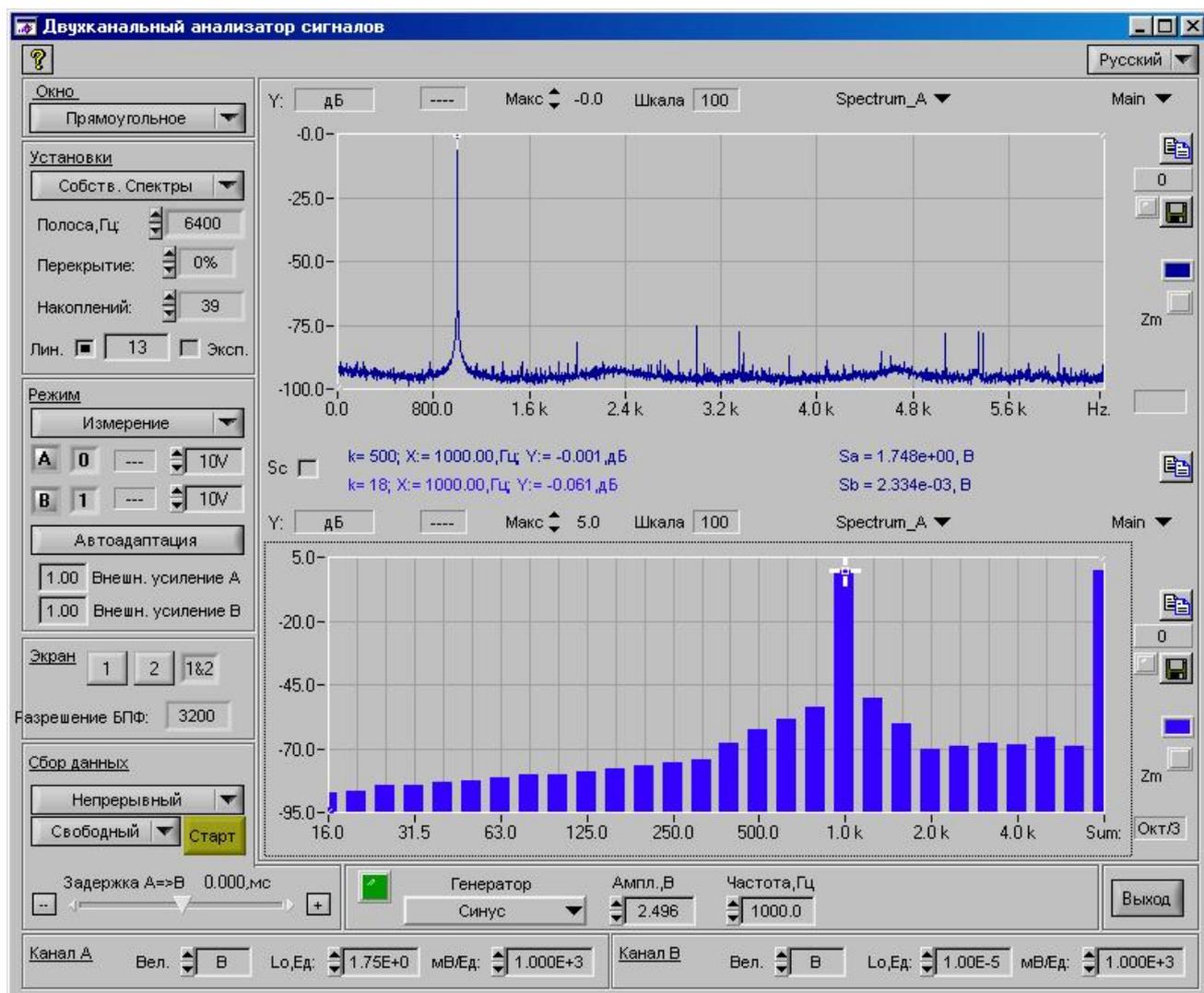


Рис.3.9. Работа анализатора в режиме «Собственные спектры»: на экране №1 показан спектр гармонического сигнала в узкополосном представлении, а на экране №2 - в представлении одна треть октавы.

### 3.3. Режим обработки данных из файлов

Нажатие кнопки выбора источника данных в поле “Файл источник” - рис.3.10 вызывает появление всплывающего окна, в котором предлагается пользователю выбрать файл данных для обработки. После выбора файла (1) появится поле управления режимом “Файл источник”, где расположены текстовое окно с именем выбранного для обработки файла (2) и коммутатор номеров каналов (3), записанных в файл данных. Вверху – (4) появится эксклюзивная информация о файле, характеризующая режим записи данных в файл цифровым регистратором «МА». Нажатие левой клавишей мыши в поля элементов коммутатора (3) вызовет “подключение” (“отключение”) данных, записанных по каналу в файл, ко входам “А”, “В” анализатора.

Управление анализатором в режиме «Файл источник» аналогично работе с анализатором режиме «Измерения».

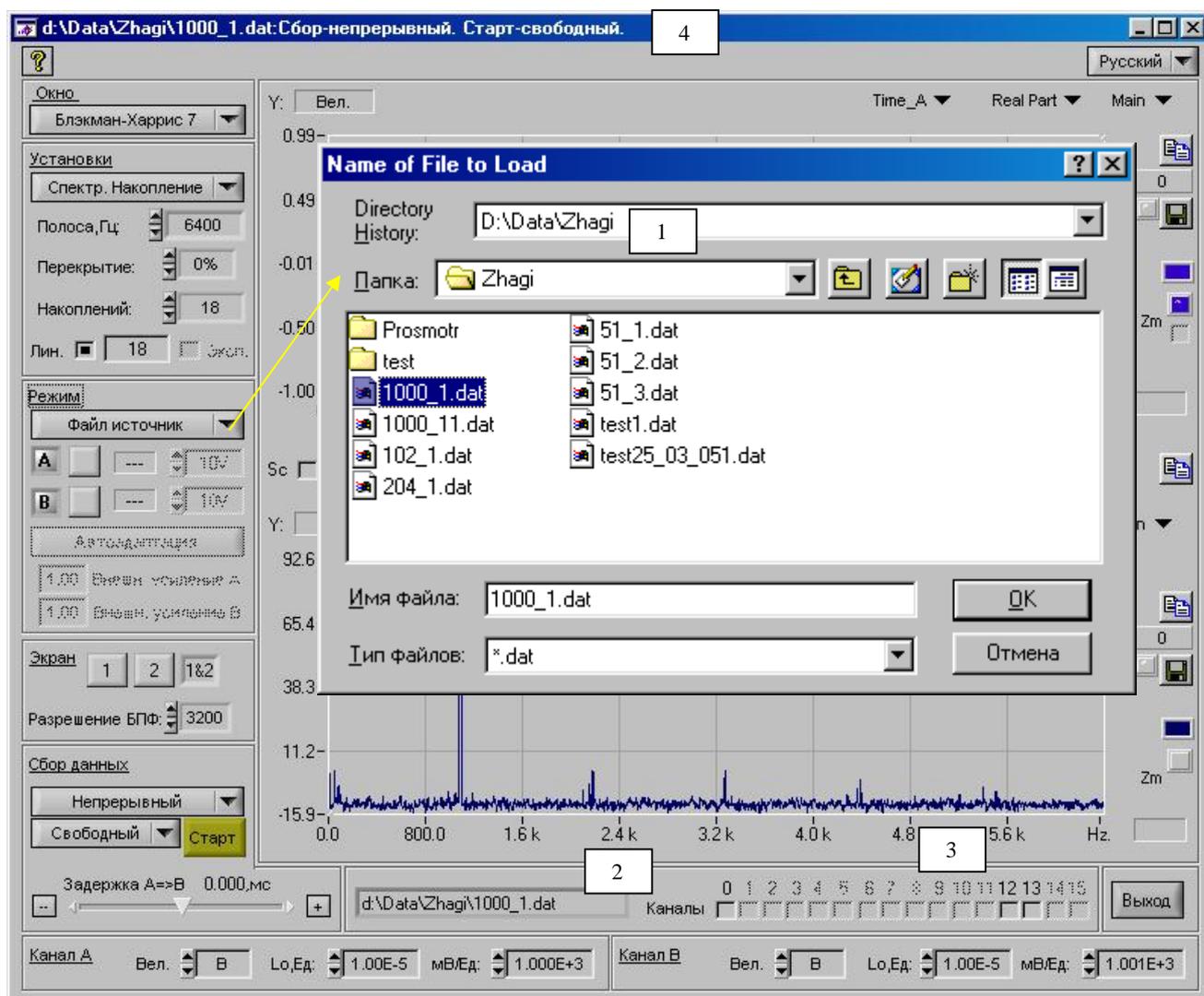


Рис.3.10. Режим работы анализатора “Файл источник” – источник данных файл:

- 1 – дополнительное всплывающее окно для выбора файла данных для обработки;
- 2 – индикатор имени выбранного файла данных;
- 3 – номера каналов, по которым в выбранном файле записаны данные;
- 4 – поле эксклюзивной информации о файле.

## 4. Цифровой генератор формы волны

### 4.1. Назначение и технические характеристики

Цифровой генератор предназначен для физического моделирования сигналов различной формы.

Генератор представляет собой виртуальный измерительный прибор, построенный на базе персонального компьютера. Плата цифроаналогового преобразования (ЦАП) может быть установлена во внешнем блоке, который связан с ПК по USB интерфейсу, либо непосредственно в PCI слот ПК.

Плата может иметь собственный буфер заданного размера или в качестве такого буфера может быть использована оперативная память ПК требуемого размера.

Цифровое моделирование на ПК формы сигнала, заполнение этого буфера и последующее его циклическое «проигрывание» обеспечивает получение на выходе платы аналогового сигнала заданной формы.

Управление формированием сигналов и диалог с пользователем поддерживает программная оболочка – интерфейс пользователя.

Выход генератора оформлен в виде BNC разъема, который в любом варианте исполнения генератора доступен пользователю.

Генератор обеспечивает возможность физического моделирования следующих форм сигналов:

- **гармонический сигнал** с параметрами:
  - полоса 0.5 – 40000 Гц;
  - регулируемая амплитуда 0. – 5 В;
- **синус качающейся частоты** с параметрами:
  - максимальная полоса качания сигнала 0.5 – 5000 Гц;
  - регулируемая амплитуда 0. - 5 В;
  - закон изменения частоты – постоянная скорость изменения;
- **шум в ограниченной полосе**:
  - полоса пропускания, максимальная 0.5 – 25600 Гц;
  - регулируемое действующее значение 0 - 2.1В;
- **импульсный сигнал**:
  - форма прямоугольная;
  - максимальный период - 4 сек;
  - заполнение, % 0,1– 100;

#### *Характеристики генератора формы волны*

- Число каналов – 1;
- Диапазон выходного напряжения (на сопротивление нагрузки 50 Ом)  $\pm 5$  В;
- Частотный диапазон 0.5 – 80000 Гц;
- Коэффициент гармоник (на частоте гармонического сигнала 1 кГц) - 70 дБ;
- Форма сигнала: синус, синус качающейся частоты в полосе - 0.5 – 5000 Гц; шум в ограниченной полосе, импульсный сигнал с регулируемым заполнением; скважностью.

### 4.2. Элементы управления генератора

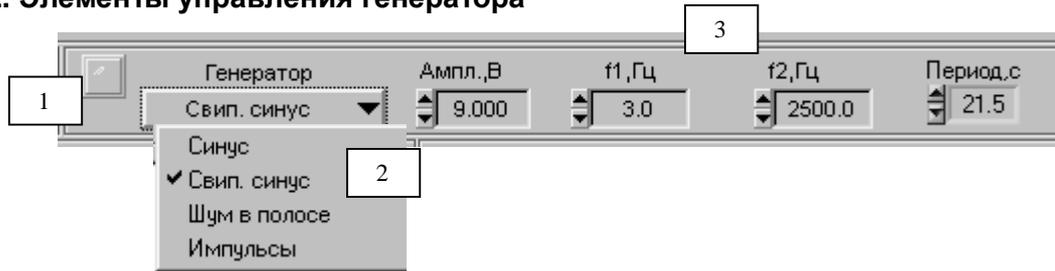


Рис. 4.1.Элементы управления генератора сигналов:

- 1 – кнопки включения/выключения «проигрывания» заданной формы;
- 2 – поле выбора формы волны;
- 3 – поле установок параметров сигнала.

### 4.3. Режимы формирования сигналов

На рис 4.2 – рис.4.5 показано состояние управляющих элементов генератора при моделировании различных форм сигналов. Результаты измерения характеристик этих сигналов получены на анализаторе сигналов «Серии СА».

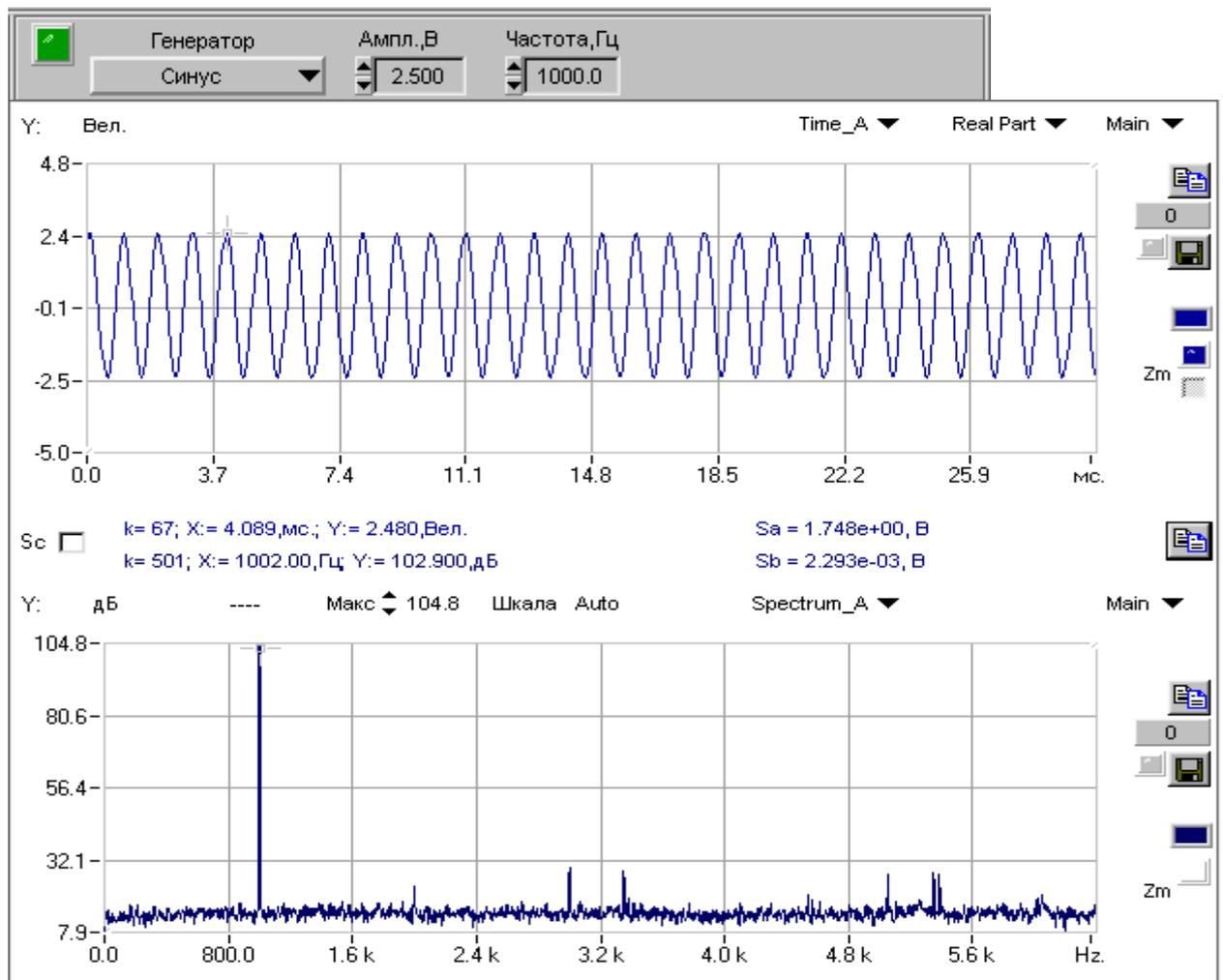


Рис. 4.2. Параметры генератора формы волны при моделировании гармонического сигнала с частотой 1000Гц и амплитудой 2.5В и спектр этого сигнала.

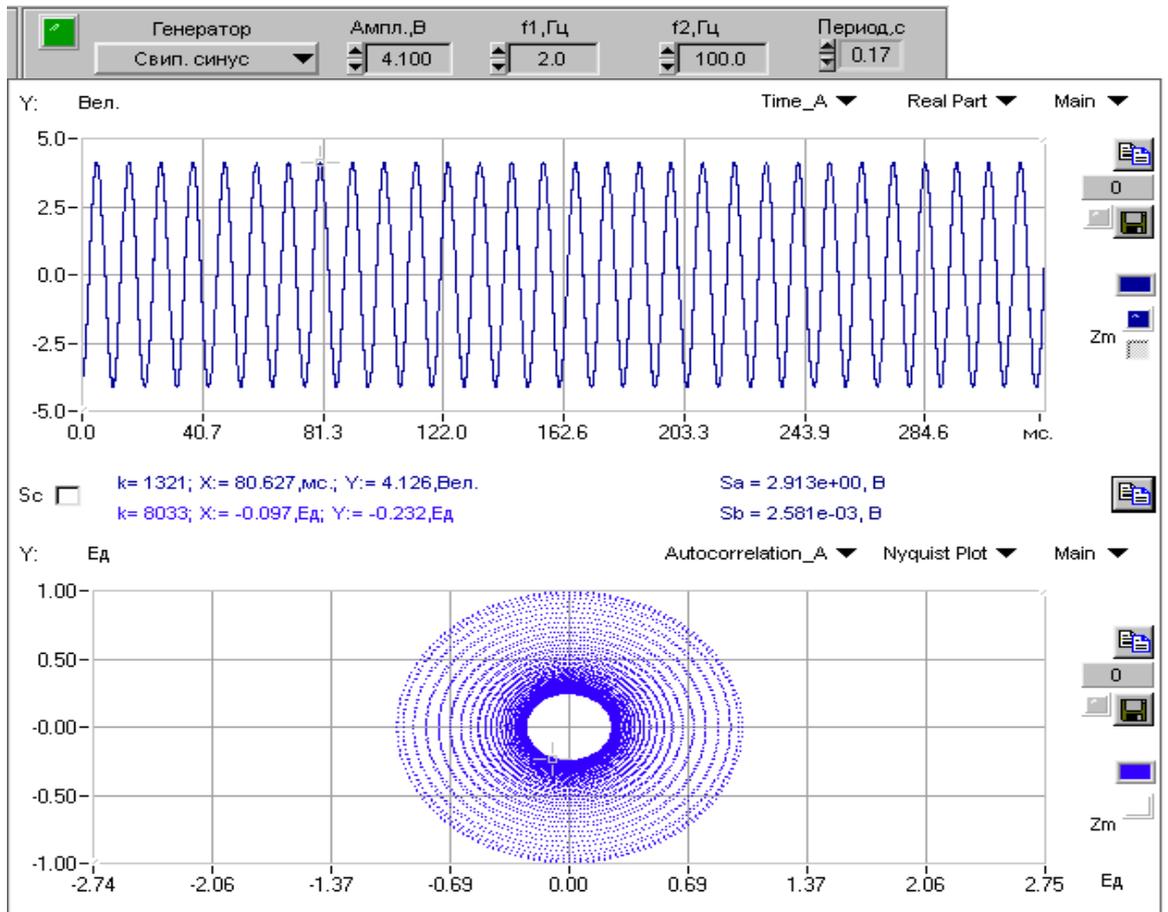


Рис. 4.3. Синус качающейся частоты в полосе 2 – 100 Гц и его мгновенная диаграмма Найквиста. Амплитуда сигнала 4.1В. Период качания 170 мс.

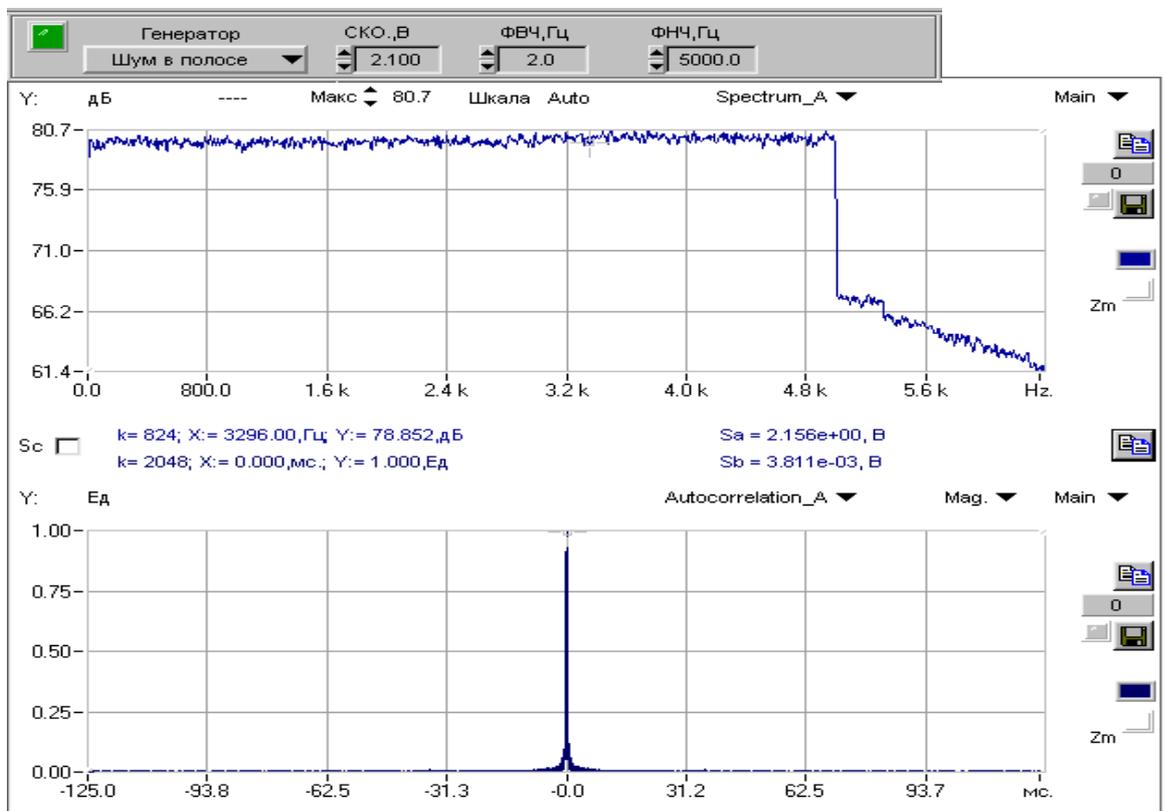


Рис.4.4. Шум в ограниченной полосе 2 – 5000Гц, его спектр и модуль нормированной автокорреляционной функции.

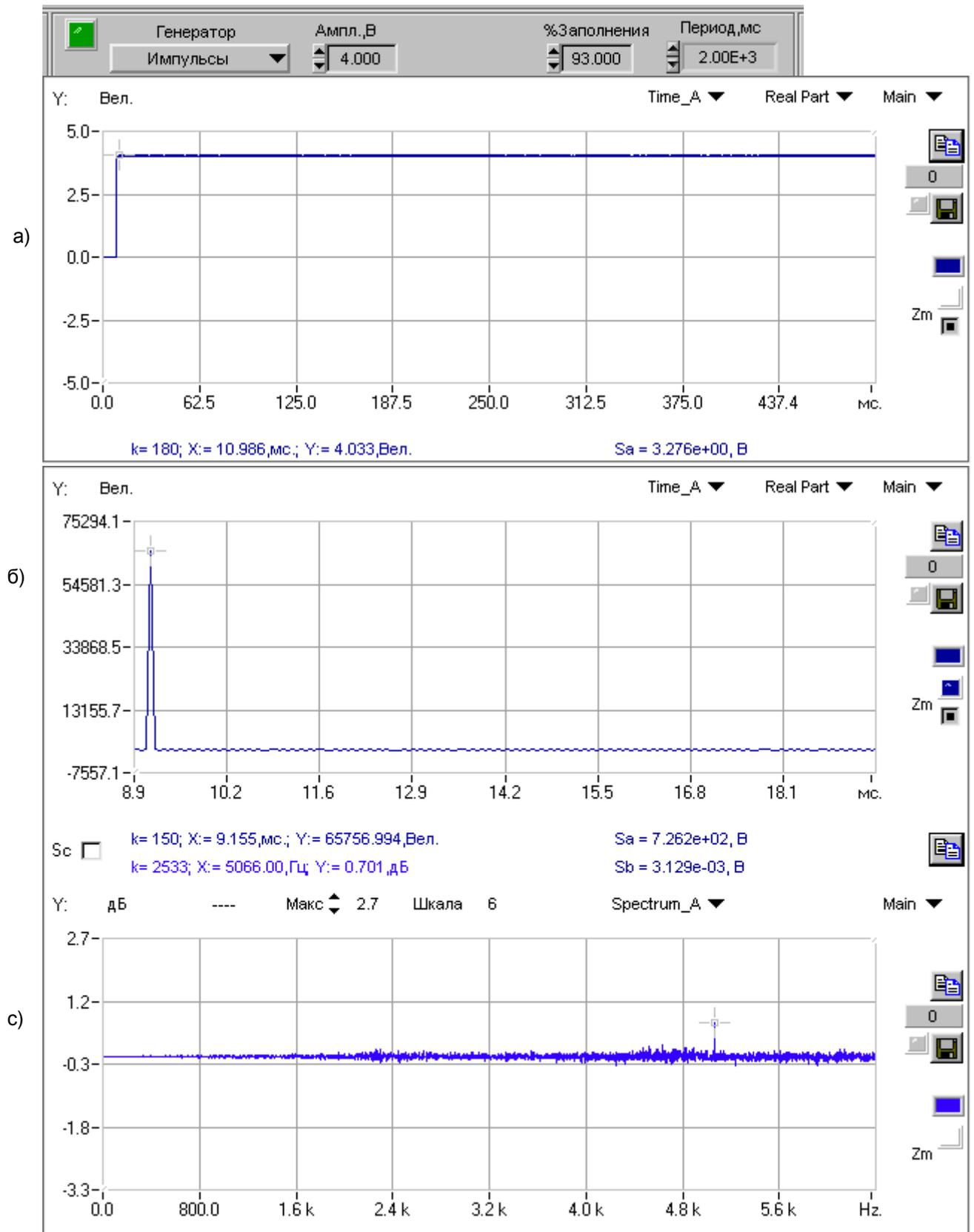


Рис.4.5.Импульсный сигнал - скачек с амплитудой 4В, заполнение 93%, период 2000мс:  
 а)- вид сигнала;  
 б) – результат дифференцирования во временной области;  
 в) - спектр импульса.

#### 4.4. Математические модели некоторых форм сигналов

Канал генератора обеспечивает физическое моделирование четырех форм колебаний: Синус, качающийся синус с дискретно изменяемым временем качания; Шум в ограниченной полосе. Импульсный сигнал, длительность которого изменяется дискретно.

##### 4.1. Свипирующий синус

При частотной модуляции применяют различные законы изменения частоты, среди них и изменение скорости качания частоты по линейному закону, аналитическое выражения для сигнала «Свип. синус» в этом случае имеет вид

$$y(t) = \text{ampl} * \text{Sin}\left(at + \frac{b}{2T}t^2\right), \quad \text{при } -\frac{T}{2} < t < \frac{T}{2}, \quad (4.1)$$

$$\text{где } a = \frac{w_1 + w_2}{2};$$
$$b = w_2 - w_1.$$

##### 4.2. Шум в ограниченной полосе

Шум «гаусса», по определению – сигнал, мгновенные значения которого распределены по закону «Гаусса» - нормальное распределение.

Для формирования нормального распределения случайной величины  $Y_i$  с математическим ожиданием равным нулю и среднеквадратическим отклонением, равным единице используют следующее выражение

$$Y_i = \sum_{k=1}^{k=12} X_k - 6, \quad (4.2.)$$

где  $X_k$  - случайная величина, распределенная по закону равномерной плотности в интервале [0, 1].

## 5. Используемые символы и определения функций.

### 5.1. Принятые обозначения символов.

$t$	-	Переменная во временной области.
$t$	-	Временная задержка.
$\Delta t$	-	Интервал выборки (шаг квантования).
$n$	-	Индекс во временной области.
$a(n), b(n)$	-	Реализация во временной области, каналы А и В.
$R_a(n), R_b(n)$	-	Нормированные автокорреляционные функции, каналы А и В.
$R_{ab}(n)$	-	Нормированная функция взаимной корреляции.
$w(n)$	-	Весовая функция.
$f$	-	Переменная в частотной области.
$k$	-	Индекс в частотной области.
$\Delta f$	-	Разрешение по частоте.
$F$	-	Частотный диапазон.
$G_a(k), G_b(k)$	-	Мгновенный, односторонний спектр, канал А и В.
$G_{AA}(k), G_{BB}(k)$	-	Сглаженный, односторонний спектр, канал А и В.
$G_{AB}(k)$	-	Взаимный спектр, односторонний.
$H_{AB}(k)$	-	Частотная характеристика.
$g_{AB}^2(k)$	-	Функция когерентности.
$COP(k)$	-	Когерентная выходная мощность.
$NCOP(k)$	-	Некогерентная выходная мощность.
$\frac{N}{S}(k)$	-	Отношение шума к сигналу.
$w(k)$	-	Весовая функция.

### Операторы.

$FT$	-	Преобразование Фурье: $X(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \exp(-j \frac{2\pi kn}{N}).$
$IFT$	-	Обратное преобразование Фурье: $x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} X(k) \exp(j \frac{2\pi kn}{N}), \text{ где } n = n\Delta t, k = k\Delta f.$
$[*]$	-	Комплексное сопряжение.
$[-]$	-	Усреднение.

**Определения функций.**Мгновенные односторонние спектры

$$G_a(k) = \begin{cases} S_a(k), \text{ для } k = 0 \\ 2 \cdot S_a(k), \text{ для } 1 < k < N/2 - 1 \\ 0, \text{ для } N/2 - 1 \end{cases},$$

где  $S_a(k) = FT[w(n) \cdot a(n)]$  - мгновенный двухсторонний спектр.

Аналогично для канала В. Мгновенные комплексные спектры на экранах анализатора не изображаются.

**Сглаженный, односторонний спектр (Spectrum\_A, Spectrum\_B)**

$$G_{AA}(k) = \overline{G_a^*(k)} \cdot G_a(k) = |G_a(k)|^2$$

На экранах анализатора изображаются

Представление по оси «Y»:

- n среднеквадратичное значение;
- n энергия;
- n плотность энергии;
- n уровень в дБ.

Представление по оси «X»:

- n узкополосное;
- n октавное;
- n одна треть октавы.

Сказанное выше справедливо и для канала В.

**Взаимный спектр (Cross Spectrum)**

$$G_{AB}(k) = \overline{G_a^*(k)} \cdot G_b(k).$$

На экранах анализатора изображаются :

- n реальная часть (Real Part);
- n мнимая часть (Image Part);
- n модуль (Magnitude);
- n фаза (Phase).
- n диаграмма Найквиста (Nyquist Plot);
- n диаграмма Никольса (Nichols Plot);

Размерности по оси «Y» для действительной, мнимой частей и модуля:

- n энергии;
- n плотность энергии;
- n уровень в дБ.

Для Фазы градусы (Degree). Представление по оси «X»: узкополосное.

Диаграмма Найквиста -  $im_k(re_k)$  - зависимость мнимой нормированной составляющей взаимного спектра от реальной нормированной составляющей взаимного спектра на  $k$ -ой частоте.

Размерности по осям “Y” и “X”:

- n безразмерная величина (wd);

Диаграмма Никольса  $mag_k(Phase_k)$  - зависимость нормированного модуля взаимного спектра от фазовой составляющей взаимного спектра на  $k$ -ой частоте.

Размерности по осям “Y”:

**n** безразмерная величина (wd);

**n** уровень в дБ.

Размерности по оси “X”:

**n** градусы (Deg.).

Нормирование реальной части, мнимой части и модуля выполняется в соответствии с выражением

$$im_k = \frac{Im_k}{\sqrt{\sum_k G_{AA}(k) * \sum_k G_{BB}(k)}} .$$

**Частотная характеристика (Freq. Response  $H_1$ ).**

$$H_1(k) = \frac{\overline{G_{AB}(k)}}{G_{AA}(k)} .$$

На экранах анализатора изображаются :

**n** реальная часть (Real Part);

**n** мнимая часть (Image Part);

**n** модуль (Magnitude);

**n** фаза (Phase).

**n** диаграмма Найквиста (Nyquist Plot);

**n** диаграмма Никольса (Nichols Plot).

Размерности по оси «Y» для реальной, мнимой частей и модуля:

**n** безразмерная величина (wd);

**n** уровень в дБ.

Для Фазы градусы (Degree). Представление по оси «X»: узкополосное.

Диаграмма Найквиста - зависимость мнимой составляющей  $H_1(k)$  от реальной  $H_1(k)$  на  $k$ -ой частоте.

Размерности по осям “Y” и “X”:

**n** безразмерная величина (wd);

Диаграмма Николса - зависимость модуля  $H_1(k)$  от фазовой составляющей  $H_1(k)$  на  $k$ -ой частоте.

Размерности по осям “Y”:

**n** безразмерная величина (wd);

**n** уровень в дБ.

Размерности по оси “X”:

**n** градусы (Deg.).

**Частотная характеристика (Freq. Response  $1/H_1$ ).**

Представления по осям «Н» и «X» аналогичны представлениям функции **Freq. Response  $H_1$** .

**Частотная характеристика (Freq. Response  $H_2$ ).**

$$H_2(k) = \frac{\overline{G_{BB}(k)}}{G_{AB}^*(k)}.$$

На экранах анализатора изображаются :

- n реальная часть (Real Part);
- n мнимая часть (Image Part);
- n модуль (Magnitude);
- n фаза (Phase).
- n диаграмма Найквиста (Nyquist Plot);
- n диаграмма Никольса (Nichols Plot).

Размерности по оси «Y» для реальной, мнимой частей и модуля:

- n безразмерная величина (wd);
- n уровень в дБ.

Для Фазы градусы (Degree). Представление по оси «X»: узкополосное.

Диаграмма Найквиста - зависимость мнимой составляющей  $H_2(k)$  от реальной  $H_2(k)$  на  $k$ -ой частоте.

Размерности по осям “Y” и “X”:

- n безразмерная величина (wd);

Диаграмма Николса - зависимость модуля  $H_2(k)$  от фазовой составляющей  $H_2(k)$  на  $k$ -ой частоте.

Размерности по осям “Y”:

- n безразмерная величина (wd);
- n уровень в дБ.

Размерности по оси “X”:

- n градусы (Deg.).

**Частотная характеристика (Freq. Response  $1/H_2$ ).**

Представления по осям «H» и «X» аналогичны представлениям функции **Freq. Response  $H_2$** .

**Функция когерентности (Coherence).**

$$g_{AB}^2(k) = \frac{|G_{AB}(k)|^2}{\overline{G_{AA}(k)} * \overline{G_{BB}(k)}}.$$

**Отношение сигнал/шум (Signal/ Noise)**

$$\frac{S}{N}(k) = \frac{g_{AB}^2(k)}{1 - g_{AB}^2(k)}.$$

Размерности по оси «Y» :

- n безразмерная величина (wd);
- n уровень в дБ.

Представление по оси «X»:

- n узкополосное;
- n октавное;
- n одна треть октавы.

**Когерентная и некогерентная выходная мощность (Coherence Power, Non\_Coherence Power).**

$$COP(k) = g_{AB}^2(k) \cdot G_{BB}(k).$$

$$NCOP(k) = (1 - g_{AB}^2(k)) \cdot G_{BB}(k).$$

Размерности по оси «Y» :

- n энергии;
- n уровень в дБ.

Представление по оси «X»:

- n узкополосное;
- n октавное;
- n одна треть октавны.

**Нормированная автокорреляционная Функция, канал A, B (Autocorrelation).**

$$R_A(n) = \frac{R_{aa}(n)}{R_{aa}(n=0)},$$

где  $R_{aa}(n) = IFT[w(k) \cdot \overline{G_{AA}(k)}]$ .

На экранах анализатора изображается:

- n реальная часть (Real Part);
- n мнимая часть (Image Part);
- n модуль (Magnitude);
- n фаза (Phase).
- n диаграмма Найквиста (Nyquist Plot);
- n диаграмма Никольса (Nichols Plot).

Размерности по оси «Y» для реальной, мнимой частей и модуля:

- n безразмерная величина (wd);
- n уровень в дБ.

Для Фазы градусы (Degree). Представление по оси «X»: узкополосное.

Диаграмма Найквиста - зависимость мнимой составляющей  $R_a(n), R_b(n)$  от реальной составляющей  $R_a(n), R_b(n)$  для составляющей  $n$ .

Размерности по осям "Y" и "X":

- n безразмерная величина (wd);

Диаграмма Николса - зависимость модуля  $R_a(n), R_b(n)$  от фазовой составляющей  $R_a(n), R_b(n)$  для составляющей  $n$ .

Размерности по осям "Y":

- n безразмерная величина (wd);
- n уровень в дБ.

Размерности по оси "X":

- n градусы (Deg.).

**Нормированная функция взаимной корреляции (Cross Correlation)**

$$R_{AB}(n) = \frac{R_{ab}(n)}{\sqrt{R_{aa}(n=0) \cdot R_{bb}(n=0)}}$$

где  $R_{aa}(n) = IFT[w(k) \cdot \overline{G_{AB}(k)}]$ .

На экранах анализатора изображается:

- n реальная часть (Real Part);
- n мнимая часть (Image Part);
- n модуль (Magnitude);
- n фаза (Phase).
- n диаграмма Найквиста (Nyquist Plot);
- n диаграмма Никольса (Nichols Plot).

Размерности по оси «Y» для реальной, мнимой частей и модуля:

- n безразмерная величина (wd);
- n уровень в дБ.

Для Фазы градусы (Degree). Представление по оси «X»: узкополосное.

Диаграмма Найквиста - зависимость мнимой составляющей  $R_{ab}(n)$  от реальной составляющей  $R_{ab}(n)$  для составляющей  $n$ .

Размерности по осям “Y” и “X”:

- n безразмерная величина (wd);

Диаграмма Николса - зависимость модуля  $R_{ab}(n)$  от фазовой составляющей  $R_{ab}(n)$  для составляющей  $n$ .

Размерности по осям “Y”:

- n безразмерная величина (wd);
- n уровень в дБ.

Размерности по оси “X”:

- n градусы (Deg.).

**Мгновенная временная функция**

$$a_z(n) = a(n) + j\tilde{a}(n),$$

где  $0 < n < N - 1$  - число дискретных отсчетов;

$a(n), \tilde{a}(n)$  - реальная и мнимая части аналитической временной функции  $a_z(n)$ ;

$\tilde{a}(n) = \mathbf{h}[a(n)]$  - преобразование Гильберта;

$$a_z(n) = F^{-1}[G_a(k)], \text{ где } G_a(k) = \begin{cases} S_a(k) \text{ при } k = 0 \\ 2S_a(k) \text{ при } 1 < k < N/2 - 1 \\ 0 \text{ для } N/2 < k < N - 1 \end{cases}$$

$$S_a(k) = F[a(n)].$$

Изобразится на экране:

- действительная часть;
- мнимая часть;
- модуль;
- фаза;
- диаграмма Найквиста;
- диаграмма Никольса.

**Кепстр**

$$C_{za}(n) = F^{-1}[10 \log_{10}(\overline{G_{aa}(k)})],$$

$$0 < n < N - 1, 0 < k < N - 1,$$

Принято изображать:

- действительную часть;
- мнимую часть;
- модуль.

**Профильтрованный спектр.**

$$G_{aa}^L(k) = F[w(n)C_{za}(n)],$$

$$0 < n < N - 1, 0 < k < N - 1,$$

$w(n)$  –используемый лифтр.

Принято изображать:

- СКЗ
- Мощность;
- Спектральная плотность мощности;
- Спектральная плотность энергии.

**Усреднение (сглаживание)** - применяется для повышения точности измерений при обработке случайный сигналов и выделения полезного сигнала на фоне шумов.

**Линейное усреднение (Лин.)**

$$Y_n = \left(1 - \frac{1}{n}\right) \cdot Y_{n-1} + \frac{X_n}{n},$$

где  $Y_n, Y_{n-1}$  - средние значения после  $n$  и  $n - 1$  циклов усреднения соответственно;

$X_n$  - текущее значение усредняемой величины.

**Экспоненциальное усреднение (Эксп..)**

$$Y_n = \left(1 - \frac{1}{N}\right) \cdot Y_{n-1} + \frac{X_n}{N}$$

где  $Y_n, Y_{n-1}$  - средние значения после  $n$  и  $n - 1$  циклов усреднения соответственно;

$X_n$  - текущее значение усредняемой величины;

$N$  - заданное число усреднений.

## ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

По степени защиты от поражения электрическим током ПЭВМ, на базе которой создан измерительный комплекс, относится к классу защиты I в соответствии с требованиями ГОСТ 26104-89.

ПЭВМ имеет сетевой шнур, у которого зажим защитного заземления является частью сетевой вилки;

В ПЭВМ, подключаемой к сети, имеются опасные напряжения, поэтому при её эксплуатации, контрольно-профилактических и регулировочных работах, производимых с ПЭВМ, необходимо строго соблюдать соответствующие меры предосторожности:

- 1) Перед включением ПЭВМ в сеть питания проверить исправность сетевого соединительного шнура и соединение зажима защитного заземления ПЭВМ с шиной защитного заземления;
- 2) Соединение зажима защитного заземления ПЭВМ с шиной защитного заземления производить раньше других присоединений к ПЭВМ, а отсоединение – после всех отсоединений;
- 3) В случае использования ПЭВМ совместно с другой аппаратурой или в составе измерительных комплексов соедините зажимы защитного заземления всего измерительного комплекса в целях выравнивания потенциалов корпусов;
- 4) При ремонте ПЭВМ замену любого элемента, производить только при отключенном от сети питания сетевом соединительном шнуре;
- 5) Руководствоваться техникой безопасности из руководства пользователя ПЭВМ.

Разборку схем подключений к ПЭВМ, начинать с отключения от сети питания всей аппаратуры, последней отключить ПЭВМ.

Для предотвращения выхода из строя прибора серии СА на входные разъемы необходимо подавать сигналы с параметрами, указанными в таблице (Таблица 1).

**Таблица 1**

### Параметры сигналов, подаваемых на разъемы прибора Серии СА

Разъемы СР-50	Описание входного сигнала
<0,1,...,15>	Входы каналов анализатора. Максимальное напряжение входа, амплитуда $\pm 10В$ .
<Внешний старт.>	Вход внешнего сигнала управления, ТТЛ уровня

**Условия применения прибора**

Нормальные условия применения прибора указаны в таблице (Таблица 2).

**Таблица 2****Нормальные условия применения (зависят от типа ПЭВМ)**

Температура окружающего воздуха	20±5 °С
Относительная влажность воздуха	от 30 до 80 % при температуре 25 °С
Атмосферное давление	84 – 106 кПа (630 – 795 мм рт. ст.)
Частота питающей сети ПЭВМ	50±0,5 Гц
Напряжение питающей сети переменного тока ПЭВМ	220±4,4 В
Форма кривой переменного напряжения питающей сети ПЭВМ	синусоидальная

Рабочие условия применения прибора указаны в таблице (Таблица 3).

**Таблица 3****Рабочие условия применения (зависят от типа ПЭВМ)**

Температура окружающего воздуха	От 5 до 40 °С
Относительная влажность воздуха	90 % при температуре 25 °С
Атмосферное давление	70 – 106,7 кПа (537 – 800 мм рт. ст.)

**Состав прибора**

Состав комплекта поставки прибора указан в таблице 7.1

Таблица 7.1

Наименование, тип	Количество	Примечание
Двухканальный анализатор сигналов на базе РС	1	
Внешняя коммутационная коробка	1	
Кабель питания	1	
Руководство по эксплуатации	1	

**Гарантийные обязательства**

Гарантийный талон № \_\_\_\_\_ на Анализатор сигналов СА\_02м

Предприятие-изготовитель гарантирует безотказную работу анализатора сигналов СА\_02м в течение гарантийного срока 18 (восемнадцать) месяцев со дня его продажи при условии соблюдения потребителем требований руководства по эксплуатации.

В случае выхода прибора из строя по вине предприятия изготовителя, в период гарантийного срока производится бесплатный ремонт или его замена по усмотрению предприятия изготовителя.

Тел. (095)787-6367, 787-6368

Дата продажи \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

Подпись представителя фирмы \_\_\_\_\_

М.П.

-----*Линия отреза (эта часть гарантийного талона остается у изготовителя)*-----  
----

Гарантийный талон № \_\_\_\_\_ на Анализатор сигналов СА\_02м

Предприятие-изготовитель гарантирует безотказную работу анализатора сигналов СА\_02м в течение гарантийного срока 18 (восемнадцать) месяцев со дня его продажи при условии соблюдения потребителем требований руководства по эксплуатации.

В случае выхода прибора из строя по вине предприятия изготовителя, в период гарантийного срока производится бесплатный ремонт или его замена по усмотрению предприятия изготовителя.

Тел. (095)787-6367, 787-6368

Дата продажи \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

Подпись представителя фирмы \_\_\_\_\_

М.П.