



**Spike**<sup>™</sup>

Программное обеспечение

**Spike**<sup>™</sup>

для анализаторов спектра

**Signal Hound**<sup>™</sup>

Руководство пользователя

**Signal Hound**<sup>®</sup>

©2018, Signal Hound, Inc.  
35707 NE 86th Ave  
La Center, WA 98629 USA  
<http://www.signalhound.com>  
Phone (360) 263-5006 • Fax (360) 263-5007

**Эксклюзивный представитель компании в России**

ООО «Радиокомп»  
111024, Москва, ул. Авиамоторная, д.8  
<http://www.signalhound.ru>  
<http://www.radiocomp.ru>  
тел. (495) 957-77-45, факс (495) 925-10-64  
Email: [sales@radiocomp.ru](mailto:sales@radiocomp.ru)

## Оглавление

1 ВВЕДЕНИЕ .....	6
1.1 Что нового .....	6
1.2 Обновления ПО .....	6
2 ПОДГОТОВКА К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ .....	6
2.1 Начальный осмотр.....	6
2.2 Установка программного обеспечения.....	6
2.2.1 Системные требования.....	7
2.3 Установка драйвера прибора .....	8
2.4 Подключение прибора к компьютеру .....	8
2.5 Первый запуск программного обеспечения .....	8
3 НАЧАЛО РАБОТЫ.....	9
3.1 Координатная сетка.....	9
3.2 Меню программы .....	9
3.2.1 Меню File.....	9
3.2.2 Меню Edit .....	10
3.2.3 Предустановки.....	10
3.2.4 Установки .....	11
3.2.5 Режим измерений .....	11
3.2.6 Утилиты .....	11
3.2.7 Помощь .....	12
3.3 Панели управления (Control Panels) .....	12
3.4 Панель инструментов (Tool Bars) .....	12
3.4.1 Панель инструментов сканирования (Sweep Toolbar) .....	13
3.4.2 Панель инструментов нулевой развёртки (Zero Span Toolbar).....	13
3.4.3 Панель инструментов цифровой демодуляции (Digital Demodulation Toolbar).....	13
3.4.4 Панель инструментов отслеживания помех (Interference Hunting Toolbar) .....	13
3.5 Установки (Preferences).....	13
3.5.1 Выбор языка интерфейса .....	14
3.6 Строка состояния (Status Bar).....	14
3.7 Список предупреждений (Annunciator List) .....	14
4 РЕЖИМЫ РАБОТЫ .....	15
4.1 Режим свипирующего анализатора спектра (Swept Analysis) .....	15
4.1.1 Панель управления измерениями (Measurement Control) .....	16
4.1.2 Настройки развертки.....	18
4.1.3 Панель записи.....	20
4.1.4 Таблица пиковых значений (Peak Table) .....	20
4.2 Режим реального времени (Real-Time Spectrum Analysis) .....	21
4.2.1 Панели управления.....	23
4.3 Режим с нулевой полосой обзора (Zero-span Analysis).....	23
4.3.1 Панель управления в режиме с нулевой полосой обзора (Zero-Span Settings Control Panel).....	24
4.3.2 Панель управления записи и воспроизведения квадратурных данных (Record/Playback IQ Control Panels).....	25
4.3.3 Временная диаграмма АМ/ФМ/РМ (AM/FM/PM vs Time).....	26
4.3.4 График спектра сигнала (Spectrum Plot).....	26
4.3.5 Временная диаграмма квадратур (IQ Waveform Plot).....	27
4.3.6 График функции распределения (CCDF Plot) .....	28
4.4 Скалярный анализ цепей (Scalar Network Analysis).....	29
4.4.1 Панель управления скалярным анализом цепей (Scalar Network Analysis Control Panel).....	30

4.4.2	Панель управления измерениями (Measurements Control Panel)	30
4.4.3	Настройки развертки (Sweep Settings Control Panel)	30
4.4.4	Подготовка к измерению АЧХ	31
4.4.5	Проведение измерений АЧХ	31
4.4.6	Проведение измерений КСВ или обратных потерь	32
4.4.7	Ручное управление трекинг-генератором	33
4.5	Измерение фазовых шумов (Phase Noise)	33
4.5.1	Панель настроек для измерений фазового шума (Phase Noise Control Panel)	35
4.5.2	Скорость измерений (Measurement Speed)	35
4.6	Цифровая демодуляция (Digital Demodulation)	36
4.6.1	Панель управления демодуляцией (Digital Demodulation Control Panel)	37
4.6.2	Настройки интерфейса	37
4.6.3	Выбор фильтра для демодуляции	40
4.7	Измерения ЭМС (EMC Precompliance)	41
4.7.1	Панель управления измерениями ЭМС	43
4.7.2	Таблица диапазонов (Range Table)	44
4.7.3	Окно сканирования диапазона (Frequency Scan Display)	45
4.7.4	Таблица паразитных составляющих спектра (Spur Table)	45
4.7.5	Гистограмма детектора (Bar Meters)	46
4.7.6	Таблица измерений детектора (Meter List)	47
4.7.7	Квазипиковые измерения (Quazi-Peak Measurements)	47
4.8	Анализ аналоговой модуляции	48
4.9	Обнаружение помех (Interference Hunting)	49
4.9.1	Установка порогового уровня (Setting Baseline)	50
4.9.2	Определение событий (Defining Events)	51
4.9.3	Увеличение изображения (Regional Zoom)	52
4.9.4	Исключение диапазонов (Exclusion Zones)	53
4.9.5	Спектрограмма (Spectrogram)	53
4.9.6	Настройки развертки	53
4.9.7	Основная панель управления	53
4.9.8	Панель управления измерениями	55
4.9.9	Панель управления диапазонами (Exclusion Zones Control Panel)	55
4.9.10	Панель управления журналом событий	56
4.9.11	Таблица событий (Event List)	56
5	ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ	57
5.1	Измерение частоты и уровня	57
5.1.1	Использование маркеров	57
5.1.2	Использование разностных маркеров	57
5.1.3	Измерение сигналов с малой амплитудой	57
5.2	Запись рабочей сессии	58
5.3	Запись квадратурных данных	58
5.3.1	Запись	59
5.3.2	Воспроизведение	59
5.3.3	Формат файла квадратурных данных (IQ File Format)	61
5.3.4	Рекомендации	61
5.4	Захват сигналов	62
5.5	Измерение мощности в канале	62
5.6	Использование смещения опорного уровня	63
5.7	Маркеры шума	64
5.8	Тип фильтра RBW	64
5.9	Использование утилиты измерительного приемника	65
5.9.1	Последовательность действий при измерениях	65

5.10 Несколько советов для повышения качества измерений.....	66
6 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ .....	67
6.1 Печать .....	67
6.2 Сохранение изображений .....	67
6.3 Потери в тракте, граничные линии и коэффициент передачи антенны.....	67
6.4 Управление таблицами коррекции .....	69
6.4.1 Применение таблиц коррекции.....	69
6.5 Аудиопроигрыватель .....	70
6.6 Разностный измеритель частот.....	70
6.7 Подстройка опорной частоты .....	71
6.8 Подавление паразитных составляющих спектра .....	72
6.9 Синхронизация с GPS .....	72
7 РЕЖИМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ СИГНАЛА.....	74
7.1 Спектрограмма .....	74
7.2 Послесвечение.....	75
8 УСТРАНЕНИЕ НЕПОЛАДОК.....	76
8.1 Невозможно найти или открыть устройство.....	76
8.1.1 Индикатор светится зеленым, но подключиться нельзя.....	77
8.1.2 Устройство подключено, но индикатор не горит.....	77
8.2 ПО Spike выводит сообщение «Устройство не найдено» (BB60C).....	77
8.3 ПО Spike выводит сообщение «Устройство не найдено» (SA44/SA124).....	78
8.4 Устройство отключается во время работы.....	79
8.5 Устройство неисправно.....	79
8.6 Устройство выводит сообщение «IF Overload» при запуске программы .....	79
8.7 Установки электропитания .....	79
8.8 Установки электропитания в ОС Windows 10.....	80
8.9 Код ошибки 48: ПО для данного устройства заблокировано .....	80
8.10 Устройство не работает в виртуальной машине на Windows (только BB60C).....	81
9 КАЛИБРОВКА И НАСТРОЙКА .....	81
10 ГАРАНТИЯ .....	82
10.1 Сведения о сторонних продуктах .....	82
11 ПРИЛОЖЕНИЕ.....	83
11.1 Карта сигнальных созвездий.....	83
11.2 Пользовательские установки усиления/затухания (BB60C).....	85
12 ССЫЛКИ .....	85

# 1 ВВЕДЕНИЕ

Этот документ описывает работу и функции программного обеспечения (ПО) Spike™ для анализаторов спектра компании Signal Hound. Программное обеспечение Spike™ позволяет выполнять анализ спектра сигнала и измерение амплитудных характеристик трактов в реальном времени для всей линейки анализаторов спектра и трекинг-генераторов компании Signal Hound, включающих в себя:

- Анализаторы спектра USB-SA44 / USB-SA44B / USB-SA124A / USB-SA124B
- Трекинг-генераторы USB-TG44A / USB-TG124A
- Анализаторы спектра реального времени BB60A / BB60C

В этом руководстве даются рекомендации по установке и работе программного обеспечения, перечислены типы измерений, которые возможно произвести с помощью программного обеспечения Spike™, а также приводится описание различных настроек программы.

## 1.1 Что нового

Начиная с версии 3.0, программное обеспечение для приборов компании Signal Hound было переименовано в Spike™. ПО Spike™ поддерживает анализ спектра в реальном времени для всех приборов компании Signal Hound. Также в ПО Spike™ была интегрирована работа с трекинг-генераторами серии TG.

## 1.2 Обновления ПО

Последние версии ПО Spike™ доступны на сайте [signalhound.com/spike/](http://signalhound.com/spike/). Начиная с версии 3.0.10, программное обеспечение выдаёт сообщения для пользователя при наличии более новых версий. Данное сообщение появляется в строке состояния, а также в разделе «Help» → «About Spike». Ссылка для скачивания обновлений доступна там же.

# 2 ПОДГОТОВКА К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

## 2.1 Начальный осмотр

Внимательно осмотрите упаковку на предмет повреждений при транспортировке перед тем, как ее открывать. В комплект поставки входят:

- прибор Signal Hound,
- USB кабель,
- компакт-диск с программным обеспечением.

## 2.2 Установка программного обеспечения

Программное обеспечение для приборов Signal Hound можно найти на компакт-диске из комплекта поставки или на сайтах [www.signalhound.com](http://www.signalhound.com) и [www.signalhound.ru](http://www.signalhound.ru). После того, как вы скачали и разархивировали ПО, запустите файл **setup.exe** и следуйте инструкциям, отображаемым на экране. Обратите внимание, что вам необходимо иметь права администратора ПК для установки программного обеспечения Spike™. Возможно,

вам также будет предложено установить программу Windows Runtime Frameworks, так как она необходима для работы программного обеспечения Spike™. Кроме того, программа установит драйверы для прибора. Рекомендуется установить приложение Spike™ в папку по умолчанию.

**Примечание:** для работы ПО с оборудованием Signal Hound необходимо включить режим высокой производительности в настройках компьютера пользователя через меню **Панель управления** → **Электропитание**. Если на мобильном или настольном ПК используется режим низкого энергопотребления, то необходимо сделать этот шаг для обеспечения оптимальной работы ПО. Более подробная информация представлена в разделе **8.7 Установки электропитания**.

## **2.2.1 Системные требования**

Поддерживаемые операционные системы:

- ОС Windows 7 (32 или 64-битная версия)
- ОС Windows 8 (32 или 64-битная версия)
- ОС Windows 10 (32 или 64-битная версия)

Минимальные системные требования:

- Для приборов серии SA: двухъядерный процессор Intel
- Для приборов серии BB: четырехъядерный процессор Intel i-серии с архитектурой Sandybridge или новее\*

Требования к оперативной памяти:

- Минимум – 4 ГБ
- Рекомендуется – 8 ГБ оперативной памяти

Программное обеспечение в среднем использует меньше 1 ГБ оперативной памяти.

Версия интерфейса USB:

- Для приборов серии SA: USB 2.0
- Для приборов серии BB: USB 3.0

Версии контроллеров USB3.0 фирм Renesas и ASMedia могут вызвать неполадки в ПО. Рекомендуется использование контроллеров Intel процессоров третьего поколения и новее (моделей i3/i5/i7).

Графические драйверы:

- Минимальные требования: поддержка OpenGL 2.0
- Рекомендуется: поддержка OpenGL 3.0

Примечание:

\* Программное обеспечение оптимизировано для процессоров Intel. Мы настоятельно рекомендуем их к использованию с приборами Signal Hound.

## 2.3 Установка драйвера прибора

Драйверы для приборов поставляются на компакт-диске в комплекте поставки прибора, а также их можно скачать с сайта [www.signalhound.com](http://www.signalhound.com). Следует различать драйверы для 32 и 64-разрядных операционных систем. Драйверы должны устанавливаться автоматически в процессе установки ПО Spike™. Если по каким-то причинам драйверы не установились, вы можете установить их вручную двумя способами:

- Для ручной установки драйверов приборов серии ВВ (например ВВ60С), перейдите в папку, где установлено приложение Spike™ и найдите файл **Drivers64bit.exe** (для 32-битной системы файл **Drivers32bit.exe**). Щелкните по нему правой кнопкой мыши и запустите от имени администратора.

Чтобы вручную установить драйвер приборов SA серии (например, USB-SA44B), перейдите в папку, где установлено приложение Spike™, найдите файл **CDM v2.12.00 WHQL Certified.exe**, щелкните по нему правой кнопкой мыши, запустите от имени администратора и следуйте инструкциям по установке.

- Если этот способ не помог, воспользуйтесь установкой драйверов с помощью «Диспетчера устройств».

Убедитесь, что прибор Signal Hound подключен к компьютеру, и нажмите кнопку «Пуск» Windows. Затем выберите «Устройства и Принтеры». Найдите неизвестное устройство FX3 USB 3.0 и щелкните правой кнопкой мыши на его значок. Выберите пункт «Свойства». После этого выберите вкладку «Оборудование» и затем «Свойства», нажмите «Изменить параметры». Нажмите кнопку «Обновление драйверов», а затем укажите путь к папке на компакт-диске, в которой записаны драйвера. Обратите внимание на разрядность своей операционной системы (32-х или 64-х разрядная). Нажмите кнопку **ОК** и дождитесь установки драйверов.

Если по каким-либо причинам драйверы не установились, обратитесь в службу технической поддержки компании Signal Hound.

## 2.4 Подключение прибора к компьютеру

После того как программное обеспечение и драйверы будут установлены, компьютер готов к подключению прибора. Вначале подключите USB кабель из комплекта поставки к компьютеру (в случае если в комплект поставки входит кабель с двумя разъемами USB типа А – подключите оба разъема к компьютеру) затем подключите прибор. При первом подключении происходит процесс опознавания устройства и возможной установки дополнительных драйверов. Необходимо подождать, пока этот процесс завершится. Когда прибор и ПК будут готовы к работе, светодиод на лицевой панели прибора будет постоянно светиться зеленым.

## 2.5 Первый запуск программного обеспечения

После того как программное обеспечение и драйверы установлены и устройство подключено, вы можете запустить программное обеспечение. Вы можете сделать это с помощью ярлыка на рабочем столе или же запустить файл **Spike.exe** из папки, куда была установлена программа. Если устройство подключено, вы увидите на экране монитора индикатор, отображающий процесс подготовки к запуску прибора. Если устройство не подключено или не обнаружено программным обеспечением, программа уведомит вас об этом. В этом случае подключите прибор и выберите в программе пункт меню «File» → «Connect Device», чтобы открыть устройство.



## 3 НАЧАЛО РАБОТЫ

После запуска программного обеспечения Spike™ вы увидите графический интерфейс пользователя (GUI). В этом разделе руководства описываются графический интерфейс и его использование для управления анализатором спектра Signal Hound. На рис. 1 представлен вид программного обеспечения после запуска. Если устройство уже подключено при запуске приложения, то отображается спектрограмма сигналов во всем диапазоне частот подключенного прибора (режим «Full Span»).

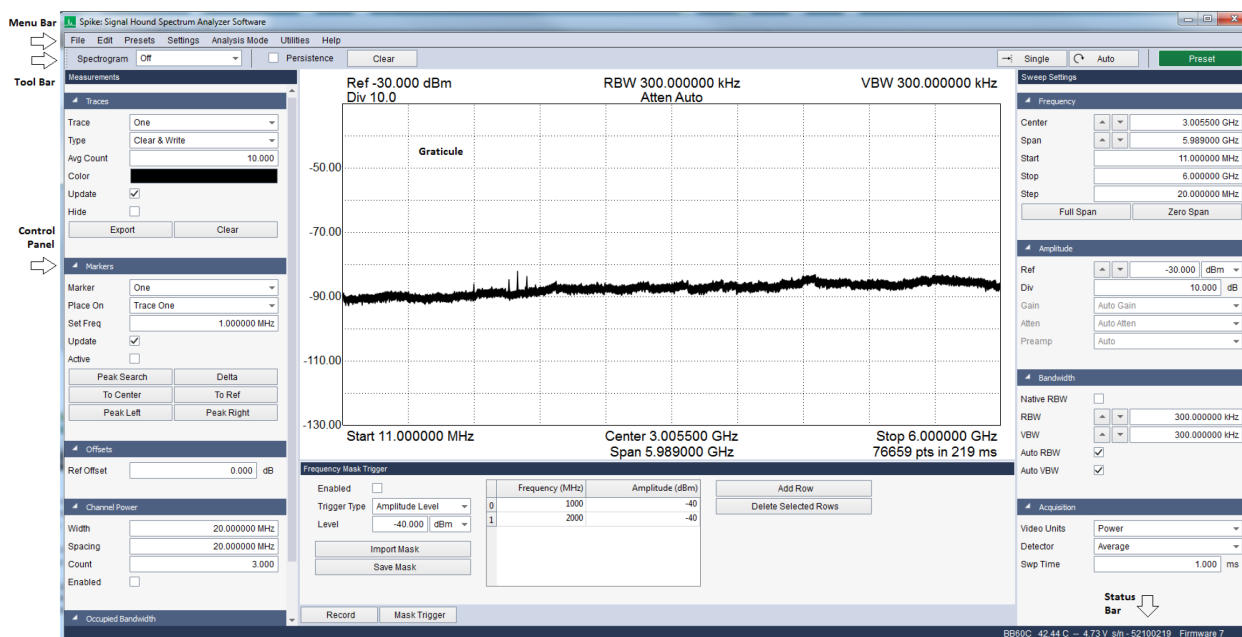


Рисунок 1. Графический интерфейс пользователя (GUI) программы Spike™.

### 3.1 Координатная сетка

В центре экрана размещается координатная сетка, на которой отображается спектрограмма и производятся измерения. Программное обеспечение всегда отображает сетку размером 10×10 квадратов. Элементы управления и текстовые поля располагаются как снаружи, так и внутри координатной сетки.

### 3.2 Меню программы

#### 3.2.1 Меню File

В меню «File» имеются следующие опции:

- **Load User Preset** – загружает предустановки пользователя. См. раздел **Предустановки**
- **Save User Preset** – сохраняет предустановки пользователя. См. раздел **Предустановки**
- **Print** – печать текущей координатной сетки. Не печатает вид контрольной панели
- **Save as Image** – сохраняет вид текущей координатной сетки в формате PNG/JPG/BMP
- **Quick Save Image** – сохраняет вид текущей координатной сетки в формате PNG в директорию по умолчанию и с именем файла по умолчанию. Имя файла имеет вид *SpikeImageXX*, где XX – номер, и сохраняется в директорию *MyDocuments/SignalHound*
- **Import** → **Limit Lines** → **Clear Limit Line Table** – импортирует набор граничных линий, значения точек которых сравниваются со значениями исследуемого сигнала. Представляют собой две линии, определяющие приемлемые значения амплитуды

сигнала в данной частотной области. См. раздел **6.3 Потери в тракте, граничные линии и характеристики антенны**

- **Connect Device** – если устройство не подключено, данная опция позволяет увидеть набор всех устройств Signal Hound, определяемых ПК, и их серийные номера. Из списка можно выбрать одно устройство для подключения
- **Disconnect Device** – позволяет отключить текущее устройство. Данная опция полезна для целей подачи питания на различные подключённые устройства Signal Hound, а также для переключения устройств без перезапуска управляющего ПО
- **Exit** – отключает устройство и закрывает управляющее ПО

### 3.2.2 Меню *Edit*

- **Restore Default Layout** – позволяет восстановить расположение окон и полей ввода, установленное по умолчанию, после перезапуска программы
- **Title** – включение или выключение пользовательского названия графика. Название появляется над координатной сеткой и отображается на распечатках и в записях измерений
- **Clear Title** – удаляет текущее название
- **Colors** – позволяет выбрать различную цветовую гамму координатной сетки и графика
- **Hide Control Panels** – временно скрывает все видимые панели управления. Полезно для презентаций и отображения на мониторах с малыми размерами
- **Show Control Panels** – отображает ранее скрытые панели управления. Если меняется режим или загружаются предустановки, скрытые панели управления отображаются автоматически
- **Program Style** – позволяет выбрать цветовую гамму интерфейса пользователя
- **Preferences** – открывает окно с дополнительными настройками программы. См. раздел **Панель поиска помех**
- **Spectrogram** – включает спектрограмму. См. раздел 7.1 Спектрограмма

### 3.2.3 Предустановки

Предустановки позволяют сохранять пользовательские конфигурации измерений. Каждая предустановка сохраняет полный перечень настроек ПО, позволяя пользователю легко переключаться между конфигурациями для быстрого проведения измерений.

Файл предустановок имеет расширение `.ini`, что соответствует файлам инициализации ОС Windows. ПО Spike может сохранять и загружать предустановки двумя способами. В меню **File** пользователь может сохранять и загружать их, непосредственно выбирая соответствующие файлы. Другим способом может быть выбор из 9 предустановок в меню **Preset**. Данные предустановки всегда доступны и позволяют быстро загрузить конфигурацию с использованием сочетания клавиш.

Предустановки могут быть загружены только для того типа устройств, для которого они сохранялись.

Предустановки, доступ к которым осуществляется через меню **Preset**, сохраняются по адресу `C:\Users\YourUserName\AppData\Roaming\SignalHound\`. Директория `AppData\` является по умолчанию скрытой в ОС Windows. Каждый набор предустановок сохранён в директориях с названиями **Preset[1-9]**. Основной файл имеет расширение `.ini` и называется `Preset[1-9].ini`. Чтобы использовать данные предустановки на другом компьютере, просто скопируйте соответствующую директорию по нужному адресу (как в примере выше).

### 3.2.4 Установки

- **Reference** – позволяет выбрать внешний или внутренний источник опорного сигнала. Если выбран внешний сигнал, убедитесь, что источник 10 МГц подключен к соответствующему порту BNC
  - Internal** – использование внутреннего источника тактовой частоты
  - External Sin Wave** – использование внешнего сигнала синусоидальной формы
  - External CMOS-TTL** – использование внешнего сигнала КМОП
- Spur Reject – см. раздел 6.8 Подавление ПСС для получения подробной информации
- **Enable Manual Gain/Atten** – включение возможности пользователя изменять усиление и аттенюацию в ручном режиме

### 3.2.5 Режим измерений

- **Idle** – приостановка работы прибора
- **Sweep** – режим традиционного анализатора спектра (сweepирующего). См. раздел 4.1 Режим sweepирующего анализатора спектра (Swept Analysis)
- **Real-Time** – режим анализатора спектра реального времени. См. раздел 4.2 Режим реального времени (Real-Time Spectrum Analysis)
- **Zero-Span** – режим работы с нулевой полосой обзора. См. раздел 4.3 Режим с нулевой полосой обзора (Zero-Span Analysis)
- **Harmonics Viewer** – переход в режим анализа гармоник сигнала. Отображается мощность сигнала и пять гармоник центральной частоты
- **Scalar Network Analyzer** – если к компьютеру подключены анализатор спектра серии SA и трекинг-генератор серии TG, возможен скалярный анализ цепей. В этом режиме возможно измерить АЧХ устройств, подключенных к трекинг-генератору и анализатору спектра. См. раздел 4.4 Скалярный анализ цепей (Scalar Network Analysis)
- **Phase Noise Plot** – отображение графика фазовых шумов в дБн/Гц относительно отстройки от несущей доступно только для устройств SA44 или SA124. См. раздел 4.5 Измерение фазовых шумов (Phase Noise Measurements)
- **Modulation Analysis** – запускает режим цифровой демодуляции. См. раздел 4.6 Цифровая демодуляция (Digital Demodulation)
- **EMC Precompliance** – функция доступна для BB60A и BB60C, позволяет проводить измерения параметров электромагнитной совместимости. См. раздел 4.7 Параметры ЭМС (EMC Precompliance)
- **Analog Demod** – режим позволяет измерять параметры модуляции АМ- и ЧМ-сигналов. См. раздел 4.8 Аналоговая демодуляция (Analog Demod)

### 3.2.6 Утилиты

- **Path Loss Tables** – окно для задания таблицы потерь в тракте и коэффициента антенны. См. раздел 6.3 Потери в тракте, граничные линии и коэффициент антенны (Path Loss, Limit Line and Antenna Factor Format)
- **Audio Player** – окно для настройки аудиопроигрывателя. См. раздел 6.5 Аудиопроигрыватель
- **Measuring Receiver** – окно утилиты измерительного приемника. См. раздел 5.9 Использование утилиты измерительного приемника
- **Tracking Generator Controls** – если к компьютеру подключен трекинг-генератор, откроется дополнительное окно для ручного управления его амплитудой и частотой. Этот режим включится, если режим скалярного анализатора цепей не активен

- **SA124 IF Output** – окно для настройки анализатора спектра SA124 в качестве преобразователя частоты вниз. Пока прибор SA124 работает в режиме преобразователя частоты вниз, другие задачи выполнять он не сможет
- **Self Test** – окно для самопроверки анализаторов спектра SA44B и SA124B. Следуйте инструкциям в открывшемся окне для проведения самопроверки. Результаты проверки будут отображены в следующих диалоговых окнах

### 3.2.7 Помощь

- **User Manual** – окно для задания таблицы потерь в тракте и коэффициента антенны. См. раздел 6.3 Потери в тракте, граничные линии и коэффициент антенны (Path Loss, Limit Line and Antenna Factor Format)
- **Signal Hound Website** – открывает сайт [signalhound.com](http://signalhound.com) в браузере пользователя
- **Support Forums** – открывает сайт форума техподдержки Signal Hound в браузере
- **About Spike** – отображает версию используемого программного обеспечения и API

## 3.3 Панели управления (Control Panels)

Панели управления представляют собой набор элементов интерфейса для задания режима работы прибора и настройки программного обеспечения. После первого запуска панели управления появятся по обе стороны координатной сетки. Все панели можно перемещать для удобства пользователя. Также панели могут быть размещены вертикально, накладываться друг на друга (с вкладками), или располагаться бок о бок. Перемещение панелей осуществляется с помощью мыши.

Каждая панель управления содержит несколько взаимосвязанных элементов. Более подробно назначение панелей управления будет описано ниже. Любая панель управления может быть закрыта, свернута или развернута.

## 3.4 Панель инструментов (Tool Bars)

Панель инструментов находится под меню приложения. На ней размещены элементы управления, связанные с функциями и отображением в заданной конфигурации программы. Все режимы измерений обладают набором общих регулировок, при этом некоторые имеют дополнительные настройки.

Общие настройки включают в себя:

- **Single** – программа проводит единичное измерение до остановки
- **Continuous** – программа проводит непрерывную серию измерений
- **Recal** – повторная калибровка устройства для устранения потенциальной ошибки из-за изменения температуры. Данная функция должна быть запущена пользователем в любой момент времени при появлении сообщения «*Perform Cal*»
- **Preset** – возвращает программу и подключённое устройство в первоначальное состояние (перезагрузка устройства)

### **3.4.1 Панель инструментов сканирования (Sweep Toolbar)**

Данная панель доступна, когда устройство работает в нормальном режиме сканирования диапазона (режим свипирования) и в режиме анализа реального времени.

- **Spectrogram** – включает режим спектрограммы. См. раздел 7.1 Спектрограмма
- **Persistence** – включает режим послесвечения. См. раздел 7.2 Послесвечение
- **Intensity** – настройка интенсивности послесвечения

### **3.4.2 Панель инструментов нулевой развёртки (Zero Span Toolbar)**

Данная панель доступна, когда устройство работает в режиме нулевой развёртки.

- **Add Measurement** – добавляет новое измерение в окно просмотра
- **Auto Fit** – все отображаемые измерения масштабируются таким образом, чтобы полностью занять доступное место на интерфейсе пользователя. Отключение данной функции позволяет пользователю самостоятельно масштабировать и двигать элементы измерений.
- **Reset View** – сбрасывает отображение измерений к начальным установкам

### **3.4.3 Панель инструментов цифровой демодуляции (Digital Demodulation Toolbar)**

Данная панель доступна, когда устройство работает в режиме цифровой демодуляции. Она предоставляет следующие средства управления:

- **Add Measurement** – добавляет новое измерение в окно просмотра
- **Auto Fit** – все отображаемые измерения масштабируются таким образом, чтобы полностью занять доступное место на интерфейсе пользователя. Отключение данной функции позволяет пользователю самостоятельно масштабировать и двигать элементы измерений.
- **Reset View** – сбрасывает отображение измерений к начальным установкам

### **3.4.4 Панель инструментов отслеживания помех (Interference Hunting Toolbar)**

- **Spectrogram** – включает спектрограмму. См. раздел 7.1 Спектрограмма

## **3.5 Установки (Preferences)**

Меню установок можно найти в меню **Edit** → **Preferences**. В этом меню содержатся настройки для программного обеспечения Spike.

- **Trace Width** – толщина линии графика, отображаемого на координатной сетке
- **Graticule Width** – толщина линий координатной сетки
- **Graticule Dotted** – отображение линии координатной сетки сплошными или пунктирными линиями
- **Colors** – определяет цвета, используемые программным обеспечением
- **Export Sweep Minimums** – когда выбрана данная опция, команда Export Trace создаст CSV-файл с данными графика, включающими в себя частоту, минимальное

и максимальное значение амплитуды (без опции – только частота и максимальное значение)

- **Sweep delay** – устанавливает задержку после каждой развертки. С помощью этой установки можно снизить нагрузку на компьютер и увеличить общее время записи
- **Real Time Frame Rate** – данная установка определяет, как часто данные от анализатора спектра поступают и отображаются на экране в режиме реального времени. Большие значения увеличивают разрешающую способность, но значительно увеличивают нагрузку на ПЭВМ. Можно устанавливать значения от 4 до 30 кадров в секунду.
- **Playback Sweep Delay** – задание задержки при воспроизведении записанного с эфира файла
- **Max Save File Size** – задание максимального размера файла при записи с эфира. Запись остановится при достижении максимального размера файла. Для систем с 32-битной ОС предельным размером является 1 Гб. На 64-битной ОС предельный размер файла записи равен 128 Гб.

### **3.5.1 Выбор языка интерфейса**

Программное обеспечение Spike предоставляет выбор из нескольких языков для отображения названий опций и полей ввода. При первом запуске ПО выбор языка интерфейса производится автоматически и соответствует языку интерфейса операционной системы. ПО запоминает выбранный язык при последующих запусках.

В меню **Установок (Preferences)** пользователь может сменить язык интерфейса, выбрав его из списка и нажав кнопку **Применить (Apply)**. После применения настроек необходимо перезагрузить ПО.

### **3.6 Строка состояния (Status Bar)**

Строка состояния отображается в нижней части окна программы. При нахождении указателя мыши в пределах координатной сетки, в ней отображается значение частоты или времени по оси X и значение амплитуды или частоты по оси Y. Эти показания не следует использовать для точных измерений, но они отлично подходят для быстрой оценки.

В строке состояния также отображается информация о текущем подключенном устройстве. В ней отображается тип устройства, серийный номер, температура устройства, напряжение питания устройства и версия прошивки.

### **3.7 Список предупреждений (Annunciator List)**

В верхнем левом углу координатной сетки отображаются предупреждения. Они содержат полезную информацию и сигнализируют о неправильных режимах работы.

- **IF Overload** – предупреждение отображается в центре координатной сетки и сменяется индикатором UNCAL. Возникает, когда происходит перегрузка прибора, и сигнал ПЧ превышает максимальный уровень АЦП. Для устранения этого предупреждения необходимо увеличить опорный уровень или затухание аттенюатора или снизить коэффициент усиления

- **USB** – предупреждение отображается в случае, когда происходит потеря данных в линии USB, что приводит к невозможности отображения результатов измерений. ПО будет повторно производить попытки передачи данных до тех пор, пока результаты не будут переданы правильно. Если пользователь регулярно видит данное предупреждение, это может сигнализировать о проблемах с ПК (устаревшие драйверы, неполадки USB-интерфейса или нехватка вычислительной мощности ПК). Данный вид предупреждений появляется только при работе с устройством VB60C с версиями прошивки 7 и выше
- **Perform Cal** – предупреждение появляется, если температура устройства изменилась на 2°C с момента последней калибровки. В общем случае ПО автоматически проведёт рекалибровку. Для некоторых режимов измерений (например, записи данных в реальном времени) пользователь может самостоятельно назначить момент повторной калибровки, нажав кнопку **Recal** на панели управления
- **Low Voltage** – предупреждение о недостаточном напряжении питания на шине USB. При этом отображается текущее значение напряжения питания. Для работы устройства напряжение должно превышать +4,4 В. Также данное предупреждение может отображаться при некорректной работе прибора. Свяжитесь с компанией Signal Hound, если вы не в состоянии определить источник проблемы
- **High Temp** – предупреждение выдаётся только при работе с SM200A и появляется, когда температура ПЛИС внутри корпуса превышает 95°C. Пользователь должен предпринять действия для охлаждения устройства
- **Span Limited** – предупреждение выдаётся только при работе с SM200A и появляется, когда выбранный пользователем отображаемый диапазон больше, чем диапазон работы преселекторного фильтра (когда он включен).
- **PLT** – данное предупреждение сигнализирует о том, что при отображении измерений используется таблица потерь (path loss table)
- **CPU Resources Exceeded** – предупреждение выдаётся, когда проведение измерений невозможно либо из-за нехватки вычислительной мощности ПК, либо из-за сбоя при измерениях. Многие измерения на устройствах Signal Hound для работы в реальном времени имеют минимальные требования к ресурсам ПК пользователя. Если данное предупреждение активно, результаты измерений не являются достоверными
- **Uncal** – это предупреждение появляется вместе с другими и сигнализирует о том, что прибор в данный момент не полностью соответствует своим техническим характеристикам

## 4 РЕЖИМЫ РАБОТЫ

Программное обеспечение Spike™ предоставляет несколько режимов работы анализаторов спектра Signal Hound. Каждый режим и его параметры описаны ниже. Некоторые из описанных режимов доступны только для отдельных моделей анализаторов спектра.

### 4.1 Режим свипующего анализатора спектра (*Swept Analysis*)

В этом режиме, традиционном для анализаторов спектра, с помощью программного обеспечения пользователь может установить желаемую полосу обзора и провести в ней измерения. Если полоса обзора больше мгновенной полосы анализатора спектра,

производится несколько сканирований в полосе обзора, а затем «склейка» результатов быстрого преобразования Фурье (БПФ) для каждого из сканирований.

Обработка результатов сканирования зависит от настроек пользователя. Каждый раз после завершения сканирования анализатор ждет следующего запроса на сканирование. Анализ спектра можно проводить однократно или в непрерывном режиме, в зависимости от выбора **Single** или **Continuous** в панели управления отображением спектра.

#### 4.1.1 Панель управления измерениями (*Measurement Control*)

Данная панель управления позволяет настроить параметры измерений при анализе спектра, и доступна как в стандартном режиме работы, так и в режиме измерений реального времени.

##### 4.1.1.1 Управление спектрограммами (*Trace Controls*)

- **Trace** – выбирает активную спектрограмму. Элементы управления будут влиять только на выбранную в данный момент спектрограмму
- **Type** – определяет вид выбранной спектрограммы при различных измерениях
  - **Off** – отключает выбранную спектрограмму
  - **Clear & Write** – спектрограмма обновляется постоянно после каждой развертки
  - **Max Hold** – для каждой развертки запоминаются только максимальные значения для каждой частоты
  - **Min Hold** – для каждой развертки запоминаются только минимальные значения для каждой частоты
  - **Min/Max Hold** – для каждой развертки запоминаются и отображаются минимальные и максимальные значения для каждой частоты
  - **Average** – включает режим усреднения значений по нескольким разверткам. Число разверток задается параметром **Avg Count**
- **Avg Count** – задает число измерений в режиме усреднения
- **Color** – позволяет выбрать цвет отображаемой спектрограммы. Настройка сохраняется и спектрограмма при следующем запуске программы будет отображаться выбранным цветом
- **Update** – если данный параметр не установлен, выбранная спектрограмма отображается, но не изменяется при каждой новой развертке
- **Hidden** – скрывает текущую спектрограмму
- **Clear** – очищает текущую спектрограмму
- **Export** – сохраняет данные текущей спектрограммы в файл **.CSV**. Имя файла указывается перед сохранением. CSV-файл будет содержать данные в формате «частота, минимальная амплитуда, максимальная амплитуда». Частота указывается в МГц, амплитуда – в дБм или мВт в зависимости от того, какая шкала выбрана для отображения спектрограммы (логарифмическая или линейная)

##### 4.1.1.2 Управление маркерами (*Marker Controls*)

Программное обеспечение позволяет отображать до шести маркеров. Все маркеры могут быть настроены с помощью панели управления режимами измерений.

- **Marker** – выбирает один из шести маркеров. В дальнейшем элементы управления маркером будут влиять только на выбранный маркер
- **Type** – выбирает тип измерений маркера. Для обычных или разностных измерений необходимо выбрать тип **Normal**, для измерений фазового шума – тип **Noise**



- **Place On** – позволяет выбрать спектрограмму на которую следует поместить маркер. Если спектрограмма в данный момент неактивна – маркер будет помещен на ближайшую активную спектрограмму
- **Update** – если данный параметр установлен, значение амплитуды маркера обновляется при каждой развертке, в противном случае значение обновится при перемещении маркера
- **Active** – позволяет отключить или включить выбранный маркер
- **Pk Tracking** – когда данная опция включена, маркер будет находиться на пиковом значении сигнала при каждом свипировании частоты
- **Pk Threshold** – задание порогового значения амплитуды, превышение которого позволяет определить «пиковое значение» сигнала
- **Pk Excurs.** – задание минимальной разницы между максимальным значением амплитуды сигнала во всём диапазоне и остальными значениями для определения других пиков в спектре сигнала
- **Set Freq** – установка маркера на заданную пользователем частоту на выбранном графике. Делает маркер активным, если он отключен. Частота установки округляется до ближайшего частотного отсчёта
- **Peak Search** – размещение маркера на максимальную амплитуду выбранной спектрограммы. Если выбранная спектрограмма не активна, маркер размещается на первой по списку активной спектрограмме
- **Delta** – выбранный в текущий момент маркер становится опорным и появляется второй маркер, позволяющий проводить измерения относительно опорного маркера
- **To Center Freq** – меняет центральную частоту развертки на текущее значение частоты выбранного маркера
- **To Ref Level** – меняет опорный уровень развертки на текущее значение амплитуды выбранного маркера
- **Peak Left** – перемещает текущий маркер на максимальное значение амплитуды слева от маркера
- **Peak Right** – перемещает текущий маркер на максимальное значение амплитуды справа от маркера

При выборе пиковых значений по нажатию **Peak Left/Right** пиками считаются значения, превышающие среднюю амплитуду свипа на одну величину девиации.

#### 4.1.1.3 Управление смещением (Offsets)

- **Ref Offset** – подстраивает текущую амплитуду для компенсации влияния внешних аттенюаторов, предусилителей или пробников. Смещение задается в дБ. Данная поправка вводится непосредственно после получения данных от прибора, до обработки данных. См. раздел 5.6 Использование смещения опорного уровня (Using the Reference Level Offset)

#### 4.1.1.4 Запуск свипирования по уровню (Sweep Trigger)

- **Enabled** – включение функции запуска свипирования
- **Level** – определяет пороговый уровень по амплитуде для запуска свипирования

#### 4.1.1.5 Измерение мощности в канале (Channel Power)

- **Width** – определение частотной ширины каналов (Гц)
- **Spacing** – определение расстояния между центральными частотами каналов
- **Enabled** – включает измерения мощности в заданном и соседнем канале

Основной и соседний каналы отображаются только если ширина и расстояние между каналами лежат в пределах отображаемой развертки. См. раздел 5.5 Измерение мощности в канале (Measuring Channel Power).

#### 4.1.1.6 Параметры занятой полосы частот (Occupied Bandwidth)

- **Enabled** – разрешает отображение занятой полосы частот на экране.
- **% Power** – отображает долю мощности в данном канале от всей мощности в полосе обзора.

### 4.1.2 Настройки развертки

Панель управления режимами развертки управляет сбором данных в режиме традиционного анализатора спектра (свицирующего) и анализатора спектра реального времени.

#### 4.1.2.1 Управление частотой (Frequency Controls)

- **Span** – выбирает полосу обзора (разницу между конечной и начальной частотой спектрограммы). Полоса обзора будет автоматически уменьшена, если она выходит за границы рабочих частот прибора. Используя стрелки, можно изменять полосу обзора в последовательности 1/2/5/10
- **Center** – определяет центральную частоту полосы обзора. Если изменение центральной частоты приводит к выходу начальной или конечной частоты развертки за границы рабочих частот прибора, полоса обзора будет уменьшена. Используя стрелки, можно изменять значение центральной частоты на величину **Step**
- **Start/Stop** – позволяет изменять начальную и конечную частоты полосы обзора
- **Step** – позволяет увеличивать или уменьшать центральную частоту на заданное значение
- **Full Span** – устанавливает начальную, конечную частоты и полосу обзора в соответствии с максимальной полосой рабочих частот прибора
- **Zero Span** – переход в режим работы с нулевой полосой обзора

#### 4.1.2.2 Управление амплитудой (Amplitude Controls)

- **Ref Level** – устанавливает уровень мощности, соответствующий верхней линии координатной сетки. Выбранные единицы измерения будут в дальнейшем использоваться при всех измерениях. Когда включены автоматическое усиление и ослабление (по умолчанию), пользователь может производить измерения амплитуды вплоть до опорного уровня. Используя стрелки, можно изменять значение опорного уровня на величину **Div**
- **Div** – определяет масштаб спектрограммы по оси Y. Может принимать любое положительное значение. Выбранное значение определяет величину одного деления координатной сетки по вертикали. При линейном масштабе отображения амплитуды значение **Div** игнорируется, и значение одного деления по вертикали устанавливается равным 1/10 опорного уровня
- **Atten** – устанавливает значение ослабления встроенного аттенюатора. По умолчанию ослабление аттенюатора устанавливается автоматически. Рекомендуется оставлять автоматическое управление аттенюатором для расширения динамического диапазона и снижения компрессии
- **Gain** – устанавливает значение усиления. Большее значение увеличивает уровень сигнала. Когда усиление регулируется автоматически, выбирается наилучшее значение усиления, исходя из установленного опорного уровня и оптимизации динамического

диапазона. Выбор значения, отличного от «Auto», может вызвать деградацию сигнала, и рекомендуется только для продвинутых пользователей

- **Preamp** – данный элемент используется для управления предусилителем (для устройств со встроенным предусилителем)

См. Приложение для получения информации о пользовательской конфигурации усиления и затухания для VB60C.

#### 4.1.2.3 Управление полосой (Bandwidth Controls)

- **RBW Shape** – выбирает вид фильтра полосы анализа (RBW). См. раздел 5.8 Вид фильтра RBW (RBW Filter Shape)
- **RBW** – определяет полосу анализа. Для каждой полосы обзора (Span) можно использовать несколько полос анализа. Значение RBW влияет на размер быстрого преобразования Фурье (БПФ) и аналогично выбору полосы фильтра ПЧ на аналоговых анализаторах спектра. Отображается список с несколькими значениями для выбранной формы фильтра RBW
  - RBW изменяется по схеме 1-3-10 (например 1 кГц, 3 кГц, 10 кГц, 30 кГц, 100 кГц) с помощью стрелок курсора
- **VBW** – управляет полосой пропускания видеофильтра. После того как сигнал проходит через RBW фильтр, он превращается в отсчеты амплитуды. Эти отсчеты еще раз фильтруются видеофильтром
  - Все значения RBW могут быть установлены в качестве полосы пропускания видеофильтра, с тем лишь условием, что полоса VBW должны быть меньше или равна полосе RBW
  - В режиме реального времени полосу видеофильтра регулировать невозможно.
- **Auto RBW** – позволяет установить значение RBW автоматически, исходя из выбранной полосы обзора. Рекомендуется при частых и значительных изменениях полосы обзора вместе с установкой Auto VBW
- **Auto VBW** – автоматически устанавливает VBW, равную RBW. Применяется для удобства и повышения быстродействия

#### 4.1.2.4 Управление данными измерений (Acquisition Controls)

- **Video Units** – данные измерений могут быть представлены как напряжение или мощность в линейном или логарифмическом выражении. Для измерений среднеквадратического значения мощности необходимо выбрать линейное отображение мощности (linear power)
- **Video Detector Settings** – при обработке данных сохраняются минимальные, максимальные или средние значения измерений
- **Sweep Time** –
  - Для устройств серии SA значение данного параметра игнорируется
  - Для устройств серии VB значение данного параметра определяет примерный период времени, в течение которого анализатор спектра проводит измерения при единичном свипировании. Настоящее время свипирования может значительно отличаться от установленного в зависимости от RBW, VBW, установок развёртки и производительности оборудования
- **Spur Reject** – см. раздел 6.8 Подавление дискретных паразитных составляющих спектра (Spur Rejection)

### 4.1.3 Панель записи

Панель инструментов воспроизведения находится в меню режима свипирования (Sweep Analysis) и отвечает за запись и воспроизведение сессий измерений с заданными настройками. Измерительные сессии – это массив сохранённых сканирований при заданных параметрах измерений. См. раздел 5.2 Запись свипирования (Sweep Recording).

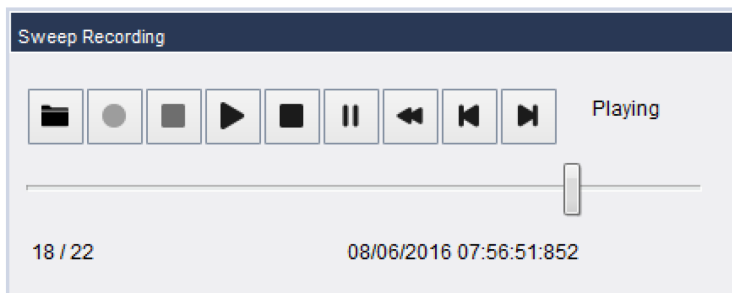


Рисунок 2. Проигрывание записанной сессии с помощью панели инструментов.

- **Folder Select** – выбор директории для сохранения результатов записи
- **Record** – начало записи измерительной сессии
- **Stop Recording** – остановка записи измерительной сессии
- **Play/Continue** – воспроизведение сохранённой измерительной сессии
- **Stop** – остановка воспроизведения сохранённой измерительной сессии
- **Pause** – установка на паузу воспроизводимой записи сессии
- **Rewind** – обратная перемотка записи, возвращение к началу файла
- **Step Back** – отображение предыдущего измерения в записанной сессии. Воспроизведение устанавливается на паузу
- **Step Forward** – отображение следующего измерения в записанной сессии. Воспроизведение устанавливается на паузу

### 4.1.4 Таблица пиковых значений (Peak Table)

Таблица пиковых значений, как и функция маркеров, позволяет пользователю измерять абсолютные и относительные значения амплитуд и частот сразу нескольких сигналов, присутствующих в исследуемой части спектра. Таблица пиковых значений доступна в режиме свипирования и в режиме реального времени. В ней отображается до 16 пиковых значений, отсортированных по частоте или амплитуде, превышающей заданное пользователем пороговое значение. Установка данного параметра аналогична таковой для маркеров (см. раздел 4.1.1.2 Управление маркерами).

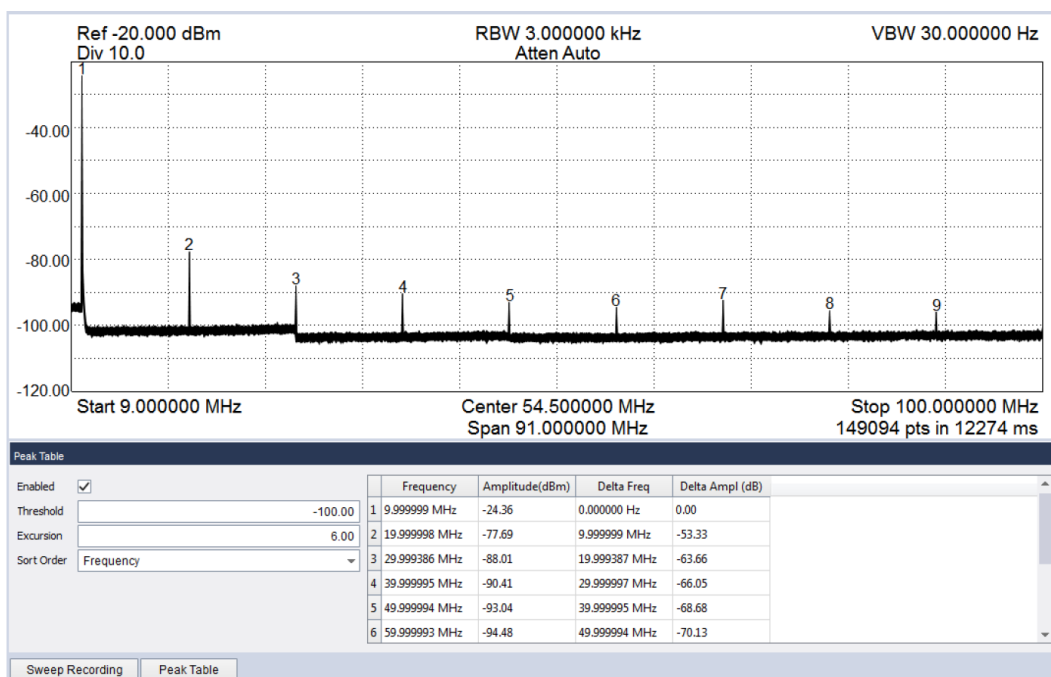


Рисунок 3. Таблица пиков, отображающая величину гармоник сигнала 10 МГц.

## 4.2 Режим реального времени (Real-Time Spectrum Analysis)

Один из основных недостатков свипирующего анализатора спектра – наличие «мертвой зоны» между развертками. Мертвой зоной называется время между двумя сканированиями спектра. В это время производится обработка и отображение данных последнего сканирования. При наблюдении кратковременных импульсных сигналов, велика вероятность пропустить искомое событие. На рисунке ниже искомое событие отображено зеленым цветом.

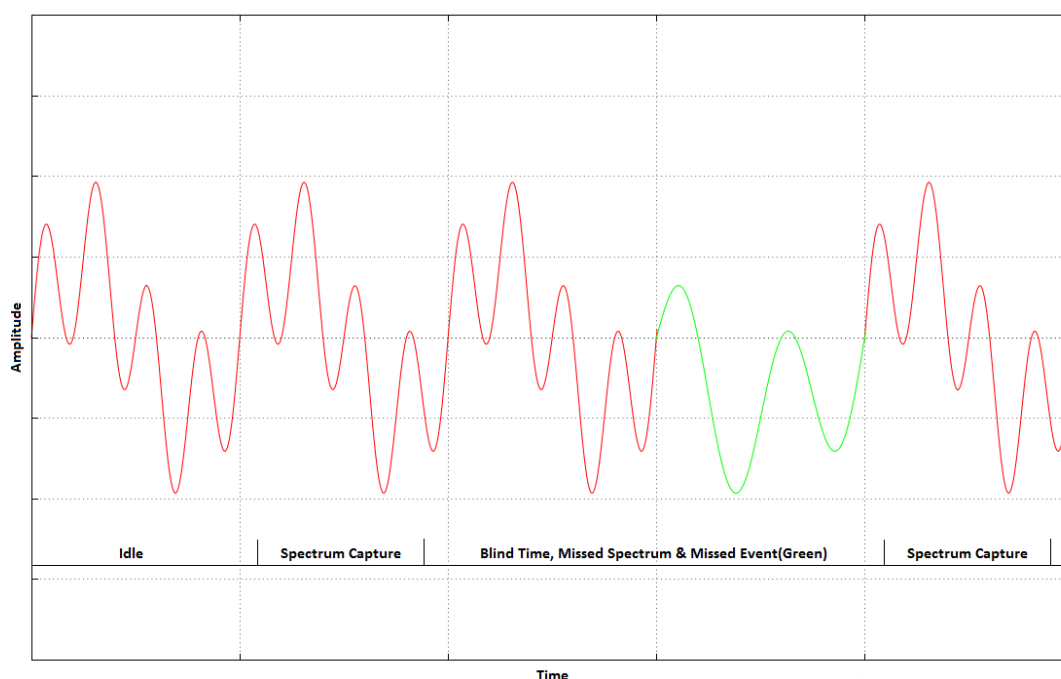


Рисунок 4. Временная диаграмма сигнала и обозначение стадий работы анализатора спектра: режим бездействия, захват спектра, «мертвая зона» и пропуск искомого события (показано зелёным цветом), повторный захват.

На рисунке представлены времена сканирования свипирующего анализатора спектра, «мертвая зона» и искомое событие, которое попало в «мертвую зону». При работе в режиме реального времени такое невозможно, т.к. анализатор производит сканирование спектра и сбор данных все время без каких-либо «мертвых зон».

Анализаторы спектра Signal Hound способны оцифровывать всю полосу ПЧ без пауз. Если полоса обзора ограничивается мгновенной полосой прибора, то оцифровка данных происходит в режиме реального времени, и каждый отсчет спектра попадет на график. Программное обеспечение использует перекрывающиеся БПФ с уровнем перекрытия 75%. Таким образом на каждую точку полученных данных приходится 4 значения БПФ. Полученные значения усредняются и выводятся на график. Число БПФ на точку данных связано со значением полосы анализа RBW. Поэтому в данном режиме произвольные значения RBW установить невозможно.

Все анализаторы спектра Signal Hound могут работать в режиме реального времени, управление данным режимом доступно в программном обеспечении Spike через «Меню анализа» – «Анализ реального времени» (Analysis Mode → Real Time). Полоса пропускания для режима реального времени зависит от прибора и приведена в таблице.

Таблица 1 – Максимальная полоса пропускания для разных устройств

Прибор	Полоса пропускания в режиме реального времени
USB-SA44B/USB-SA124B	250 кГц
BB60A	20 МГц
BB60C	27 МГц

Работа в режиме реального времени критична для поиска кратковременных сигналов побочных излучений или интерференции. Также в этом режиме удобно наблюдать сигналы с расширением спектра или скачкообразным изменением частоты. Анализ реального времени гарантирует 100% вероятность обнаружения сигналов определённой длительности. Эта длительность зависит от типа анализатора Signal Hound и полосы анализа RBW. Любой сигнал, превышающий определённое пороговое значение длительности, будет отображаться в программе Spike.

В режиме реального времени используется специальная функция послесвечения (persistence). Пример изображения приведён ниже.

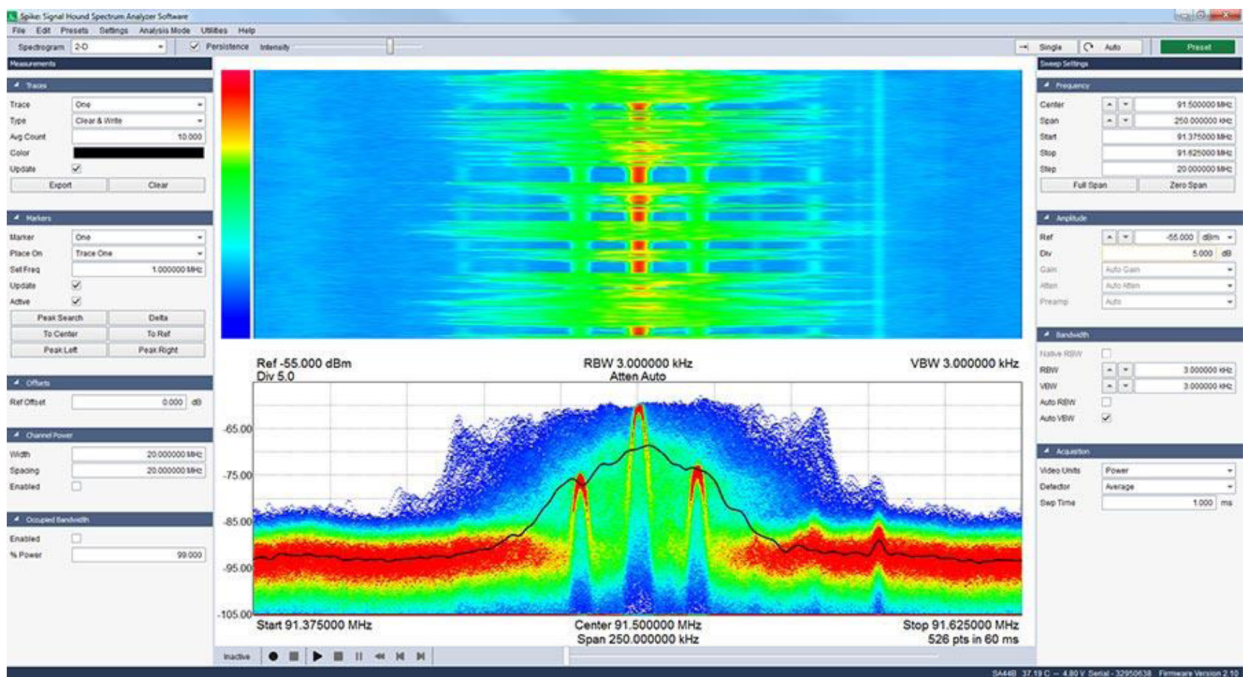


Рисунок 5. Анализатор SA44B отображает спектр FM-радиостанции в режиме реального времени. Функция послесвечения показана в нижней части интерфейса приложения.

График послесвечения показывает «трёхмерное» изображение плотности (частоты обнаружения) сигнала в заданной полосе, при этом по осям X и Y всё ещё откладывается частота и амплитуда, а цветом обозначается плотность сигнала. При увеличении плотности цвет меняется с синего до красного. Анализаторы спектра Signal Hound могут создавать графики из сотен тысяч измерений в секунду для создания комплексных картин сигналов (в зависимости от RBW). Послесвечение образуется из результатов измерений, проводимых в течение примерно 2/3 секунды.

#### 4.2.1 Панели управления

См. раздел 4.1 Режим свипирующего анализа спектра (Swept Analysis).

#### 4.3 Режим с нулевой полосой обзора (Zero-span Analysis)

В этом режиме возможно анализировать комплексные сигналы во временной области. Программное обеспечение позволяет демодулировать сигналы с амплитудной, частотной и фазовой модуляцией и отображать результат на множестве графиков. Для запуска данного режима необходимо нажать кнопку Zero-Span в панели управления частотой (Sweep Settings). После этого откроется окно, представленное на рисунке ниже.

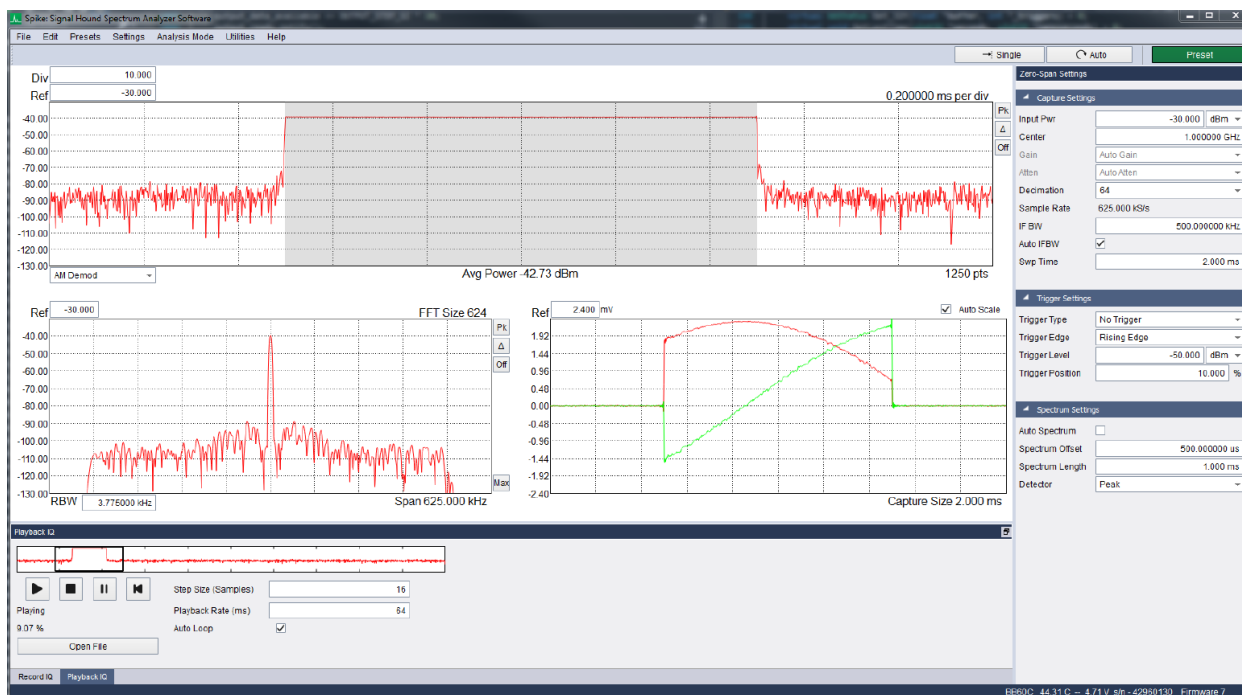


Рисунок 6. Окно анализа сигналов во временной области.

В панели настроек можно задать параметры режима работы, а также условия запуска развертки. Можно выбрать триггер по уровню, внешний запуск или непрерывный запуск. Запуск по уровню позволяет запускать развертку только в момент превышения сигналом заданного уровня. Может использоваться в случае периодической передачи.

Если у передатчика имеется выход синхронизации, можно соединить его со входом внешнего запуска анализатора спектра и выбрать внешний запуск (external trigger) для начала развертки. Запуск возможен по положительному или отрицательному фронту внешнего сигнала. Сопротивление входа внешнего запуска прибора 50 Ом, рекомендуемый уровень КМОП 3,3 В. Сигналы 5 В также являются допустимыми. В случае отличия выходного сопротивления устройства от 50 Ом, рекомендуется использовать короткий кабель с разъемом BNC. При использовании длинного кабеля возможны переотражения. Если выход синхронизации чувствителен к сопротивлению нагрузки, рекомендуется сначала установить в программе режим с нулевой полосой обзора и внешний запуск, затем соединить кабелем синхровыход передатчика и вход внешнего запуска анализатора.

Режим с нулевой полосой обзора может записывать и воспроизводить записанные потоки данных с помощью панелей управления записью и воспроизведением. Более подробно это описано в разделе 5.3 Запись данных квадратур (IQ Captures).

Окно программы разделено на несколько частей с графиками и предоставляет различные инструменты для настроек параметров измерений в режиме с нулевой полосой обзора. В текущей версии программы

#### 4.3.1 Панель управления в режиме с нулевой полосой обзора (Zero-Span Settings Control Panel)

Панель управления работает только в режиме нулевой полосы обзора (Zero-Span) и позволяет настраивать параметры прибора в этом режиме.



#### 4.3.1.1 Управление захватом (Capture settings)

- **Input Pwr** – ожидаемый уровень входного сигнала. Под ожидаемый уровень сигнала подстраиваются аттенюатор и усилитель. Рекомендуется установить параметры аттенюатора и усилителя в положение «Auto». Программа подберет их необходимые значения, исходя из значения Input Pwr
- **Center** – определяет центральную частоту захвата, т.е. частоту 0 Гц, относительно которой будут оцифровываться квадратурные составляющие сигнала
- **Gain** – определяет коэффициент усиления встроенного усилителя. Рекомендуется оставить в положении «Auto»
- **Atten** – определяет величину ослабления встроенного аттенюатора. Рекомендуется оставить в положении «Auto»
- **Decimation** – управляет прореживанием оцифрованных квадратурных данных. Например, коэффициент прореживания 2 уменьшит скорость выборки в 2 раза. Увеличение этого коэффициента ведет к увеличению записываемого временного интервала, но снижает разрешение
- **Sample Rate** – отображает текущую скорость оцифровки квадратурных данных. Значение равно скорости встроенного АЦП, деленное на коэффициент прореживания
- **IF BW** – определяет полосу пропускания полосового фильтра для квадратурных данных. Не может превышать половину частоты оцифровки
- **Auto IF BW** – если установлен, полоса фильтра ПЧ устанавливается на  $\frac{1}{2}$  полосы квадратурных данных
- **Swp Time** – управляет объемом записанных квадратурных данных. Определяется текущей скоростью оцифровки и коэффициентом прореживания. Выборка квадратурных данных не может содержать менее 20 и более 65536 отсчетов

#### 4.3.1.2 Управление триггером (Trigger settings)

- **Trigger Type** – выбор типа триггера для начала захвата данных. Когда триггер выбран – начало захвата данных синхронизируется со срабатыванием триггера
- **Trigger Edge** – настраивает триггер на срабатывание по положительному или отрицательному фронту. Работает как для внешнего запуска, так и для триггера по уровню
- **Video Trigger** – определяет амплитуду сигнала, необходимую для срабатывания триггера. Значение игнорируется, если не выбран триггер по уровню
- **Trigger Position** – когда выбран внешний запуск или триггер по уровню, можно определить глубину предзаписи до срабатывания триггера. Например, если развертка состоит из 100 точек и триггер установлен на 10%, будет отображено 10 точек до срабатывания триггера и 90 точек после срабатывания

#### 4.3.1.3 Установки отображения спектра (Spectrum settings)

- **Auto Spectrum** – когда установлен данный параметр, пользователь не может изменять установки БПФ в режиме с нулевой полосой обзора
- **Spectrum Offset** – определяет смещение по времени начала БПФ
- **Spectrum Length** – определяет ширину окна БПФ
- **Detector** – определяет тип детектора, используемого для перекрывающихся БПФ

### 4.3.2 Панель управления записи и воспроизведения квадратурных данных (Record/Playback IQ Control Panels)

См. раздел 5.3 Запись данных квадратур (IQ Captures).

### 4.3.3 Временная диаграмма AM/FM/PM (AM/FM/PM vs Time)

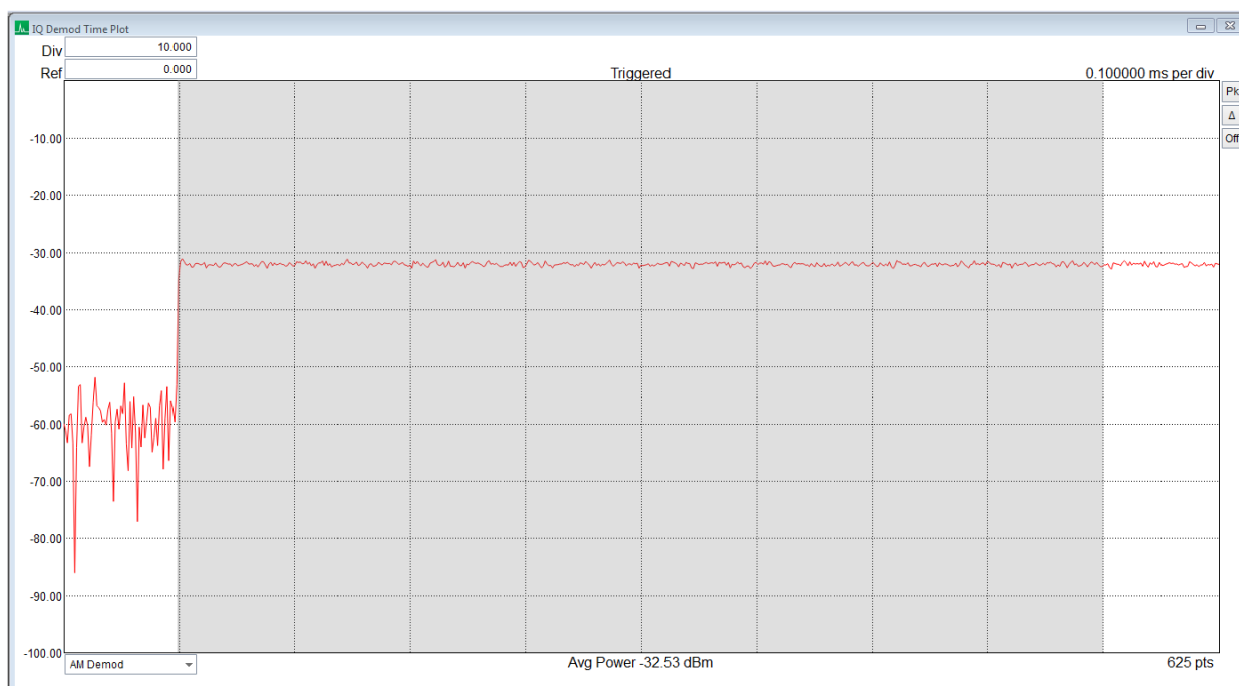


Рисунок 7. Временная диаграмма AM-сигнала с установленным триггером запуска.

Диаграмма показывает изменения AM-, ЧМ- или ФМ-сигналов во времени. Тип демодуляции можно выбрать из выпадающего списка. Опорный уровень может быть выбран для графиков AM- и ФМ-сигналов.

Доступно использование маркеров (обычных и разностных). Нажатие левой клавишей мыши (ЛКМ) внутри графика помещает маркер на диаграмму. Кнопка *Pk* помещает маркер на пиковое значение сигнала. Кнопка *Delta* включает режим разностных маркеров. Кнопка *Off* отключает маркеры на диаграмме.

Когда включено ручное управление захватом, выбранный пользователем участок диаграммы окрашивается в серый цвет.

### 4.3.4 График спектра сигнала (Spectrum Plot)

График спектра показывает частотный спектр сигнала, захватываемого в режиме с нулевой полосой обзора. Отображается зависимость амплитуды сигнала от частоты. Установки позволяют выбрать участок временной диаграммы для спектрального анализа. По умолчанию выбирается весь сигнал целиком. Отключив режим **Auto Spectrum** и выбрав часть сигнала во временной области, пользователь может видеть изменения на графике AM/ЧМ/ФМ.

Значения полосы анализа RBW могут выбираться, исходя из максимального количества точек при свипировании. Окно с плоской вершиной используется вместе с дополнением нулями для достижения нужных значений RBW. Если выбранное значение RBW не может быть достигнуто, высвечивается предупреждение с указанием размера выборки, необходимого для достижения заданной полосы RBW.

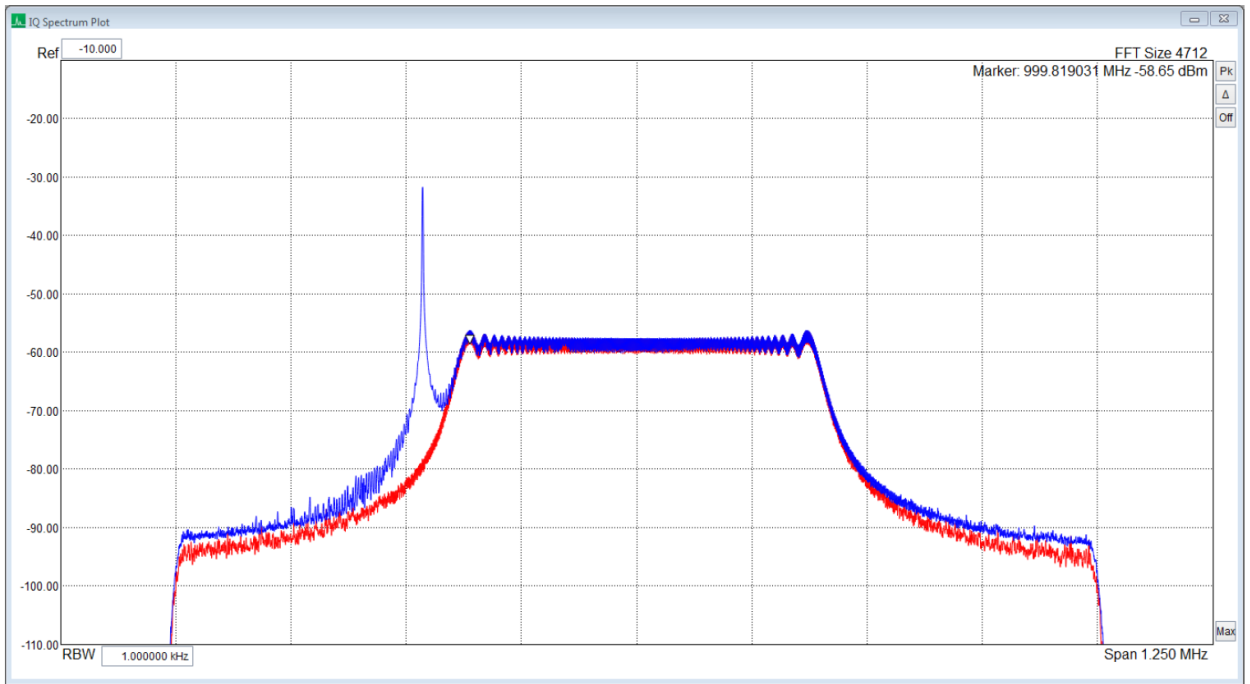


Рисунок 8. Спектрограмма сигнала с линейной частотной модуляцией.

Стандартные и разностные маркеры доступны по нажатию в любой части диаграммы или с помощью кнопок в верхней правой части над графиком.

#### 4.3.5 Временная диаграмма квадратур (IQ Waveform Plot)

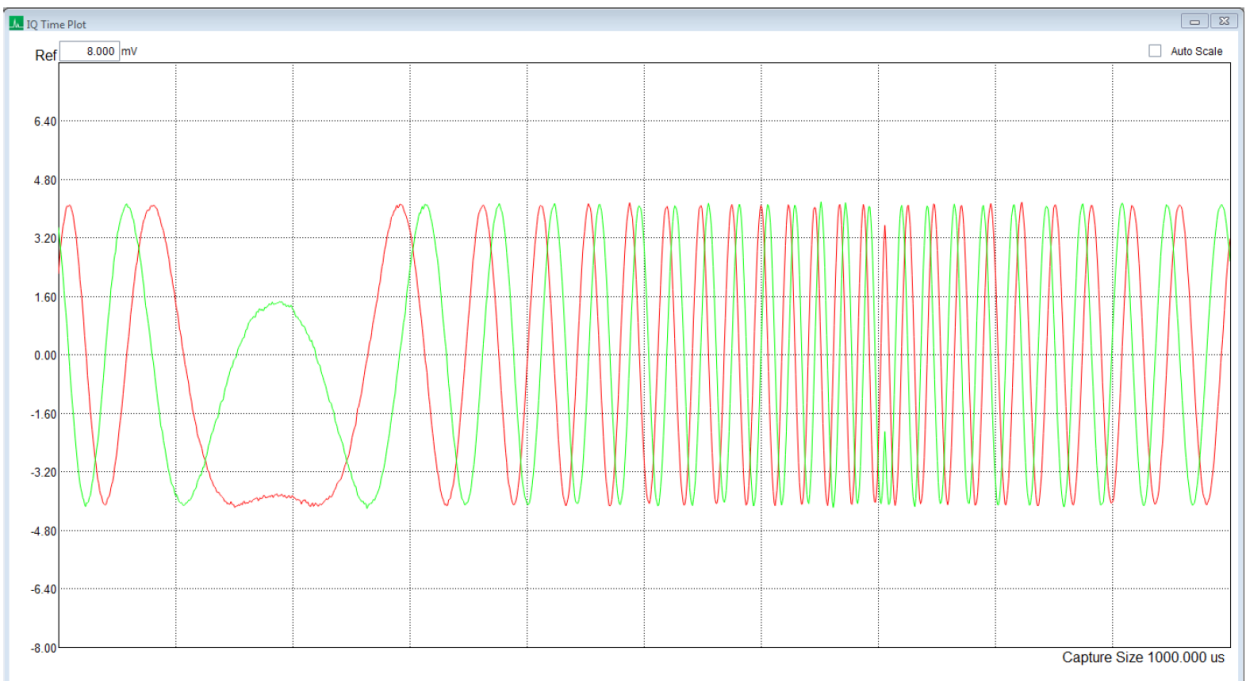


Рисунок 9. Диаграмма сигнала с линейной частотной модуляцией.

Графики отдельных квадратурных сигналов отображаются как зависимости амплитуды в мВ от времени. Масштаб подбирается автоматически или задаётся вручную. В данном виде измерений маркеры недоступны.

### 4.3.6 График функции распределения (CCDF Plot)

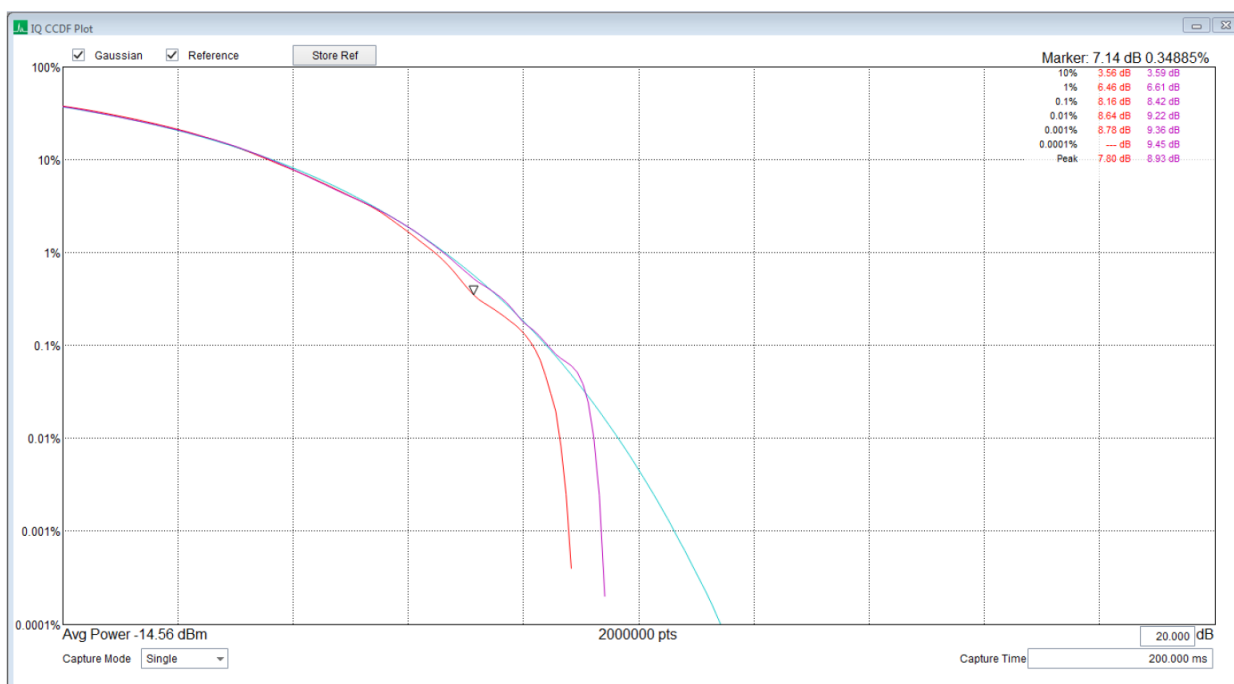


Рисунок 10. Сравнение искусственного шумового сигнала с графиком гауссианы и идеальным тестовым сигналом.

Графики функции распределения (Complementary Cumulative Distribution Function, CCDF) показывают, насколько часто сигнал превышает среднее значение своей мощности. Ось X представляет ряд значений от 0 дБ относительно средней мощности до заданного пользователем значения. На оси Y отображается доля времени в процентах, когда сигнал превышает заданное амплитудное значение.

График можно настроить для работы с единичным или с несколькими измерениями квадратуры с помощью функции *Capture Mode*. Когда режим установлен как непрерывный, управлением выбирается размер буфера захвата данных. Новые данные измерений помещаются в буфер, вытесняя наиболее старые.

Опорный график гауссианы может быть размещён для отображения идеального распределения Гаусса. Пользовательский опорный график может быть сохранён нажатием кнопки *Store Ref*. График сохраняется до тех пор, пока снова не будет нажата кнопка *Store Ref*.

Маркер может быть размещён на графике нажатием ЛКМ в любом месте диаграммы. Перемещение маркера вдоль графика осуществляется при зажатой ЛКМ. Маркер отключается нажатием правой клавишей мыши (ПКМ).

## 4.4 Скалярный анализ цепей (Scalar Network Analysis)

Если к компьютеру пользователя подключён анализатор спектра серии VB или SA, а также трекинг-генератор Signal Hound, то можно выбрать режим скалярного анализа цепей **Analysis Mode** → **Scalar Network Analysis** в меню программы. Скалярный анализ позволяет измерить АЧХ фильтров, аттенуаторов или усилителей. В случае использования внешнего направленного ответвителя можно измерять КСВ устройств.

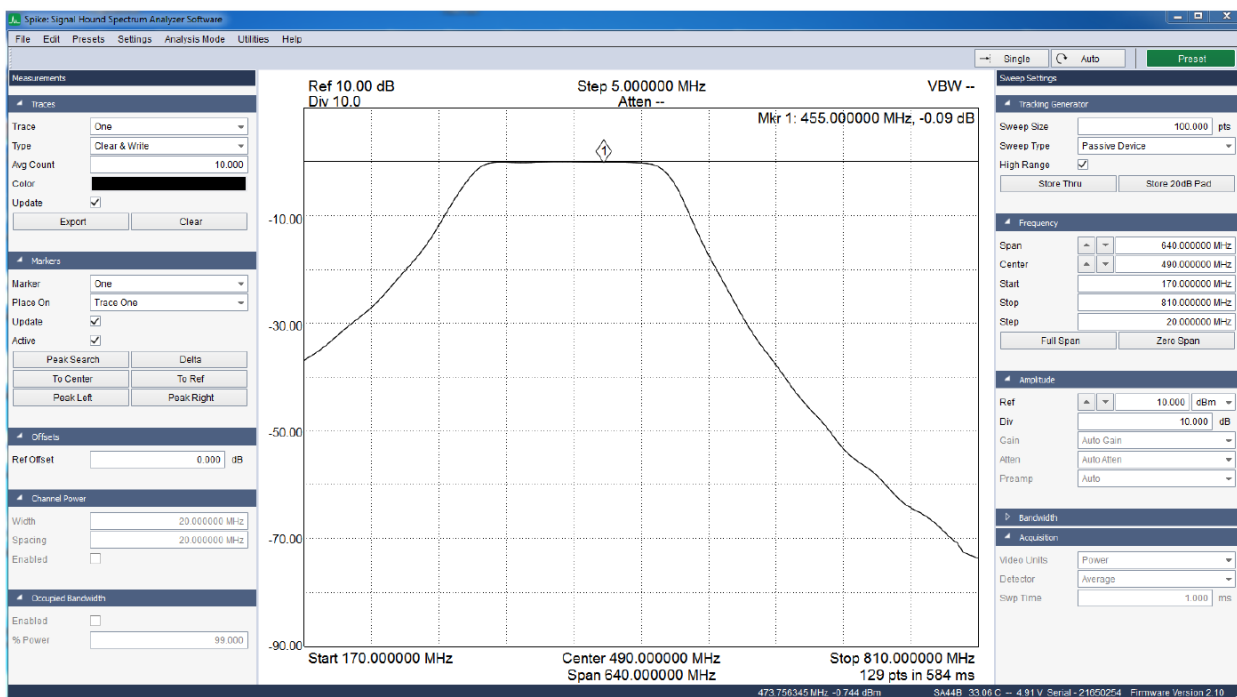


Рисунок 11. Окно программы в режиме скалярного анализа цепей.

Для изучения режима работы скалярного анализатора и описания измерений рекомендуем обратиться к инструкции по эксплуатации трекинг-генератора. Убедитесь, что вход синхронизации (**TG sync**) трекинг-генератора и выход синхронизации анализатора спектра (**Sync Out**) соединены кабелем с разъемами BNC. В режиме скалярного анализатора появляется дополнительная панель управления, которая управляет процессом измерения АЧХ.



Рисунок 12. Панель управления процессом измерения АЧХ.

#### **4.4.1 Панель управления скалярным анализом цепей (Scalar Network Analysis Control Panel)**

Данная панель управления появляется в режиме скалярного анализа цепей (Scalar Network Analysis), когда к компьютеру пользователя подключены анализатор спектра и трекинг-генератор Signal Hound. Панель управления располагается сверху от панели параметров свипирования (Sweep Settings Control Panel).

- **Sweep Size** – предполагаемый размер данных свипирования. Итоговый размер определяется данным значением и производительностью оборудования
- **Sweep Type** – указание типа исследуемого устройства (активное или пассивное). Данная установка влияет на усиление и затухание, используемые во время свипирования
- **High Range** – если выбрана данная установка, программное обеспечение оптимизирует свипирование для обеспечения более широкого динамического диапазона, когда в цепь включён аттенюатор 20 дБ. При отключении этой функции скорость свипирования возрастает, но сокращается динамический диапазон
- **Plot VSWR** – график обратных потерь отображается как KCB (VSWR)
- **VSWR Div** – числовые значения по оси Y. При отображении KCB (VSWR) по вертикальной оси откладываются значения от 1,0 до  $(1,0 + 10 \cdot \text{Div})$ .
- **Store Thru** – при нажатии данной кнопки происходит нормализация следующего измерения. Также может быть проведена повторная нормализация при неудовлетворительном результате
- **Store 20 dB Pad** – проведение нормализации измерений в случае, когда в цепь включен аттенюатор 20 дБ. Данная функция должна использоваться только после проведения нормализации с помощью кнопки Store Thru

#### **4.4.2 Панель управления измерениями (Measurements Control Panel)**

См. раздел 4.1.1 Панель управления измерениями для режима свипирующего анализа спектра.

#### **4.4.3 Настройки развертки (Sweep Settings Control Panel)**

См. раздел 4.1.2 Настройки развертки для режима свипирующего анализа спектра.

#### 4.4.4 Подготовка к измерению АЧХ

Для проведения измерений АЧХ следует настроить частоту и амплитуду анализатора спектра и трекинг-генератор. Рекомендуется следующая последовательность действий:

- На панели управления частотой анализатора спектра установите центральную частоту и полосу обзора
  - Для большинства анализаторов спектра рекомендуется устанавливать начальную частоту более 250 кГц, а полосу обзора более 100 кГц. Это позволит сократить время измерения и увеличить точность измерений и динамический диапазон
  - (Только для SA44/SA124) Для кварцевых резонаторов или других высокочастотных устройств с полосой от 50 Гц до 10 кГц используйте полосу обзора 100 кГц или меньше. При этом будет автоматически выбран более медленный узкополосный режим сканирования. Измерения в 100 точках в этом режиме занимают около 7 секунд, но график будет изменяться при каждом измерении
- На панели управления амплитудой анализатора спектра необходимо установить опорный уровень +10 дБм
- На панели управления трекинг-генератором:
  - Выбрать число точек по частоте, программа автоматически рассчитает шаг изменения частоты для трекинг-генератора. В качестве начального значения рекомендуется выбрать 100 точек
  - Если измеряется АЧХ усилителя, необходимо выбрать **Active Device**
  - Включение функции **High Range** обеспечит больший динамический диапазон при измерениях за счет увеличения времени измерений
  - Если требуются точные измерения относительного уровня менее -45 дБ, следует выбрать **Passive Device** и **High Range**

#### 4.4.5 Проведение измерений АЧХ

Для проведения точных измерений АЧХ программному обеспечению необходимо провести калибровку. При калибровке трекинг-генератор и анализатор спектра соединяются напрямую для получения частотных поправок, применяющихся при дальнейших измерениях.

1. Соедините выход трекинг-генератора со входом анализатора спектра. Это можно сделать с помощью адаптера SMA-SMA или кабеля. При измерении АЧХ усилителей можно использовать аттенюатор 20 дБ для калибровки.
2. Нажмите кнопку **Store Thru** для калибровки и подождите, пока развертка закончится. График при этом переместится на уровень 0 дБ. После этого калибровка закончена, и значения амплитуды от -45 дБ до 0 дБ откалиброваны.
3. (Опционально) Если требуются измерения уровня ниже -45 дБ, вставьте в тракт между трекинг-генератором и анализатором фиксированный аттенюатор на 20 дБ и нажмите **Store 20 dB Pad**. Точное значение аттенюатора неважно, он должен обеспечивать ослабление сигнала трекинг-генератора от 16 до 32 дБ. С помощью данной калибровки нивелируются неравномерности, и можно проводить измерения АЧХ до уровня «шумовой полки» устройства.

4. Вставьте исследуемое устройство между трекинг-генератором и анализатором спектра и проведите измерения. Все графики и маркеры работают в режиме измерения АЧХ.

Следует отметить, что изменение центральной частоты, полосы обзора или опорного уровня ведет к необходимости повторной калибровки (повторения п.п. 1-4).

#### **4.4.5.1 Улучшение точности**

Один из недостатков трекинг-генераторов Signal Hound – плохой КСВ по выходу устройства. Это может быть преодолено добавлением фиксированных SMA-аттенюаторов на 3 или 6 дБ по выходу трекинг-генератора и/или входу анализатора спектра. Хороший аттенюатор 6 дБ может улучшить КСВ на величину от 12 до 20 дБ, что позволит провести точные измерения. Эти аттенюаторы могут быть учтены при калибровке и в последующем вычтены из результатов измерений. Применение аттенюаторов незначительно снижает динамический диапазон измерений.

#### **4.4.5.2 Измерение АЧХ усилителей с большим коэффициентом усиления**

При измерении АЧХ усилителей с коэффициентом усиления от 20 до 40 дБ необходимо использовать фиксированный аттенюатор на 20 дБ. Установите аттенюатор перед калибровкой и оставьте его при измерениях. Для усилителей с выходной мощностью более +20 дБм установите аттенюатор на выход усилителя. Для усилителей с максимальной входной мощностью менее -5 дБм, установите аттенюатор на вход усилителя.

#### **4.4.6 Проведение измерений КСВ или обратных потерь**

При измерении обратных потерь потребуется использовать дополнительный направленный ответвитель. Для измерений необходимо провести следующие действия:

- Соединить трекинг-генератор с разъемом «OUT» направленного ответвителя
- Соединить анализатор спектра с разъемом «COUPLED» направленного ответвителя
- К разъему «IN» направленного ответвителя будет подключаться исследуемое устройство
- Оставить разъем «IN» неподключенным (холостой ход)
- Если измеряются параметры устройства, подключенного кабелем к разъему «IN» направленного ответвителя, подключить кабель к разъему, а исследуемое устройство отключите от кабеля
- Нажать кнопку **Store Thru**. Должна наблюдаться линия на уровне 0 дБ
- Подключить исследуемое устройство к разъему «IN» направленного ответвителя или кабеля. На экране отобразится график обратных потерь

Точность измерений возможно увеличить при использовании фиксированных SMA аттенюаторов на 3 или 6 дБ. Метод, приведенный выше, не является полноценной заменой измерений с помощью векторного анализатора, но он обеспечивает погрешность в несколько десятых дБ.



#### 4.4.6.1 Подстройка антенн

Для настройки антенны на выбранную частоту используйте подключение, описанное выше в разделе 4.4.6 Проведение измерений КСВ. Удлиняйте, укорачивайте или перемещайте элементы подстройки частоты, чтобы достигнуть желаемых обратных потерь. Имейте в виду, что во время этого процесса в эфир излучается энергия.

#### 4.4.7 Ручное управление трекинг-генератором

Для измерения параметров узкополосных устройств с полосой менее 50 Гц потребуется динамический диапазон более 90 дБ. В этом случае вместо использования режима измерения АЧХ необходимо перейти в режим свипирующего анализатора спектра. Использовать опцию **Utilities** → **Tracking Generator Controls** для установки частоты трекинг-генератора. С помощью кнопок **Peak Search** и **Delta** можно установить маркеры, затем включить исследуемое устройство между трекинг-генератором и анализатором спектра. Вручную перестраивая трекинг-генератор, можно снять АЧХ устройства. Уровень сигнала на выходе генератора в -10 дБм и полоса анализатора спектра в 10 Гц позволят получить динамический диапазон в 130 дБ. Необходимо обратить внимание на взаимное расположение устройств и соединительных кабелей для избежания наводок по эфиру.

### 4.5 Измерение фазовых шумов (Phase Noise)

Используя SA44, SA124 или SM200A, можно проводить измерения фазовых шумов с отображением односторонней спектральной плотности мощности шума в логарифмической шкале. Ниже представлен типичный пример измерений.

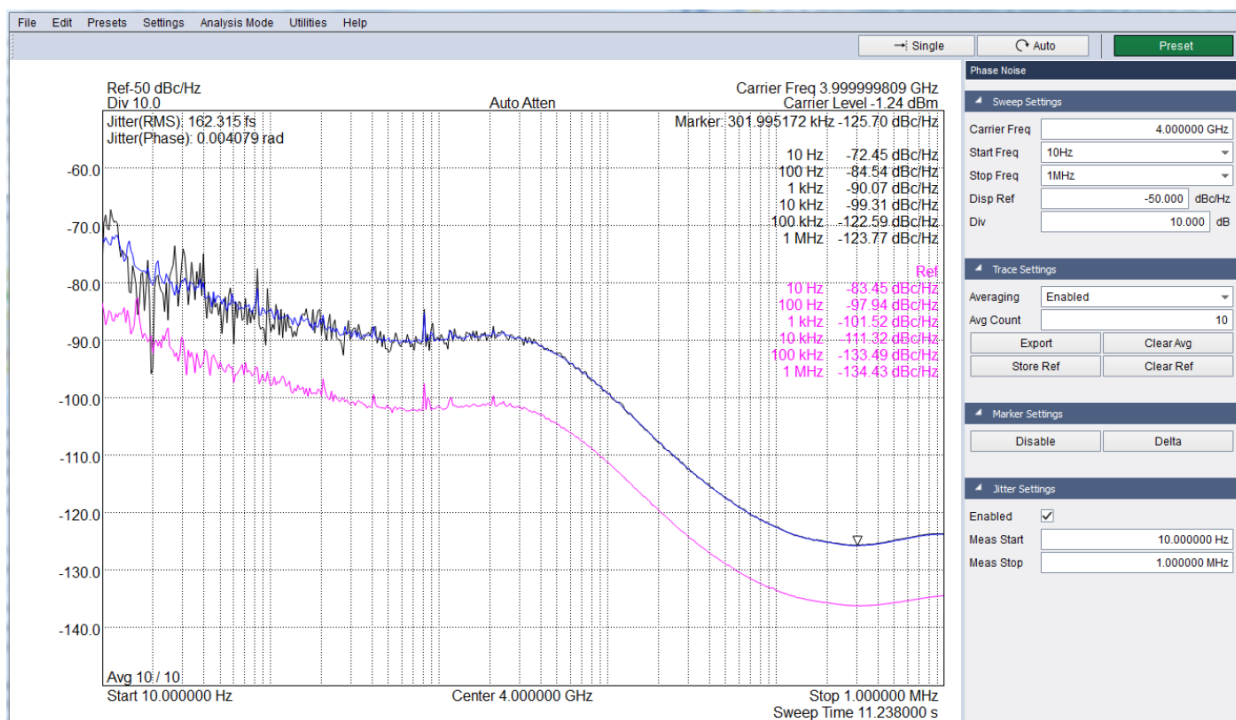


Рисунок 13. Измерение фазовых шумов с помощью анализатора спектра SM200A.

В логарифмической шкале отображается частотный график фазового шума в дБн/Гц (относительно мощности несущей частоты), где частота измеряется как отстройка от несущей. Можно выбрать отстройки в диапазоне от 10 Гц до 1 МГц.

Несущая частота и амплитуда сигнала измеряется перед началом каждого свипирования. Это позволяет программе отслеживать изменения частоты и амплитуды сигнала.

По умолчанию отображаются два графика: конфигурируемые усреднённые измерения и неконфигурируемые измерения без усреднения. Если усреднение отключено, будет отображаться только один график. При включённом усреднении отображается среднее значение  $N$  измерений, где число  $N$  задаётся пользователем в графе *Avg Count* панели управления. Текущее и заданное число измерений для вычисления среднего значения указано в нижней левой части координатной сетки. При изменении конфигурации необходимо нажать кнопку *Clear Avg* для перезапуска усреднения.

Третий – опорный – график может быть включен кнопкой *Store Ref* на панели управления. Производится копирование текущего графика и его отображение вместе с последующими измерениями. Данная функция полезна для сравнения результатов измерений при разных конфигурациях оборудования (например, сравнение двух источников сигналов или сравнение на разных частотах). Опорный график может быть удалён в любой момент нажатием кнопки *Clear Ref*.

Один маркер может быть размещён на графике нажатием ЛКМ. С помощью стрелок клавиатуры или зажав ЛКМ, можно перемещать маркер по текущему графику измерений. Маркер можно установить в режим обычных или разностных (относительных) измерений. Нажатием кнопки *Delta* на панели инструментов на месте маркера фиксируется опорный маркер, относительно которого производится отображение значений текущего маркера.

Измерение среднеквадратического значения джиттера (фазового шума) может быть включено в любой момент времени с помощью инструментов панели управления. Измерение производится путём интегрирования величины шума между двумя частотами, задаваемыми посредством панели управления. Результат измерений отображается как среднеквадратическое значение фазового шума/девиации, выраженное в секундах и радианах. Изменения в конфигурации шума немедленно отображаются на координатной сетке.

Все измерения, такие как показания маркера или интегральное среднеквадратическое значение фазового шума, вычисляются по усреднённому графику. Если усреднение отключено, программное обеспечение «усредняет» значения из выборки в 1 измерение.

Максимальная амплитуда входного сигнала должна быть не больше 10 дБм, а частота должна быть в пределах  $\pm 100$  кГц от указанного пользователем значения несущей. Также входной сигнал должен иметь величину более -50 дБм для проведения корректных измерений.

## 4.5.1 Панель настроек для измерений фазового шума (*Phase Noise Control Panel*)

Данная панель управления появляется, когда режим измерений меняется на *Phase Noise*. Она включает в себя управление свипированием, отображением графика и маркеров, а также настройки измерения среднеквадратического значения джиттера.

### 4.5.1.1 Настройки свипирования (*Sweep Settings*)

- **Carrier Freq** – несущая частота входного сигнала
- **Start Freq** – начальная частота свипирования (относительно несущей)
- **Stop Freq** – конечная частота свипирования (относительно несущей)
- **Disp Ref** – отображаемый опорный уровень в дБн/Гц
- **Div** – количество делений по оси амплитуды в дБ

### 4.5.1.2 Настройки отображения графика (*Trace Settings*)

- **Averaging** – включение/выключение усреднения. Если выключено, график усреднённых значений не отображается
- **Avg Count** – если усреднение включено, данный параметр определяет число измерений для усреднения
- **Color** – выбор цвета графика значений без усреднения
- **Avg Color** – выбор цвета графика усреднённых значений

### 4.5.1.3 Настройки маркеров (*Marker Settings*)

- **Disable** – отключение маркеров
- **Delta** – включение разностного маркера

### 4.5.1.4 Настройки измерений фазовых шумов (*Jitter Settings*)

- **Enabled** – если измерение включено, то интегрированное среднеквадратическое значение фазовых шумов отображается на координатной сетке
- **Meas Start** – начальная частота для вычисления среднеквадратического значения фазовых шумов
- **Meas Stop** – начальная частота для вычисления среднеквадратического значения фазовых шумов

## 4.5.2 Скорость измерений (*Measurement Speed*)

Скорость свипирования в значительной мере зависит от начальной и конечной частоты. Если начальными частотами являются 10 или 100 Гц, то измерения будут производиться медленно. В зависимости от частотного диапазона, время измерений меняется от 3 до 25 секунд.

Любые изменения в конфигурации не будут применяться до завершения текущих измерений. Другие действия пользователя, такие как изменение режима измерений или выход из программы, также не будут выполнены до завершения измерений.

## 4.6 Цифровая демодуляция (Digital Demodulation)

Начиная с версии 3.0.8, в программное обеспечение Spike™ введена возможность цифровой демодуляции, превращающая анализаторы спектра Signal Hound в векторные анализаторы сигналов (VSA). Эта опция позволяет демодулировать цифровые сигналы. Программное обеспечение позволяет строить множество специальных диаграмм, таких как сигнальные созвездия, графики символьных ошибок, таблицы символов.

Программное обеспечение позволяет демодулировать следующие виды цифровых сигналов: BPSK, DBPSK, QPSK, DQPSK, 8PSK, D8PSK,  $\pi/4$ DQPSK, OQPSK, и QAM16. Соответствующие этим видам сигналов таблицы символов приведены в приложении.

Для запуска цифровой демодуляции необходимо зайти в пункт меню **Analysis Mode** → **Modulation Analysis**. Работа программного обеспечения в режиме цифровой демодуляции представлена на рисунке.

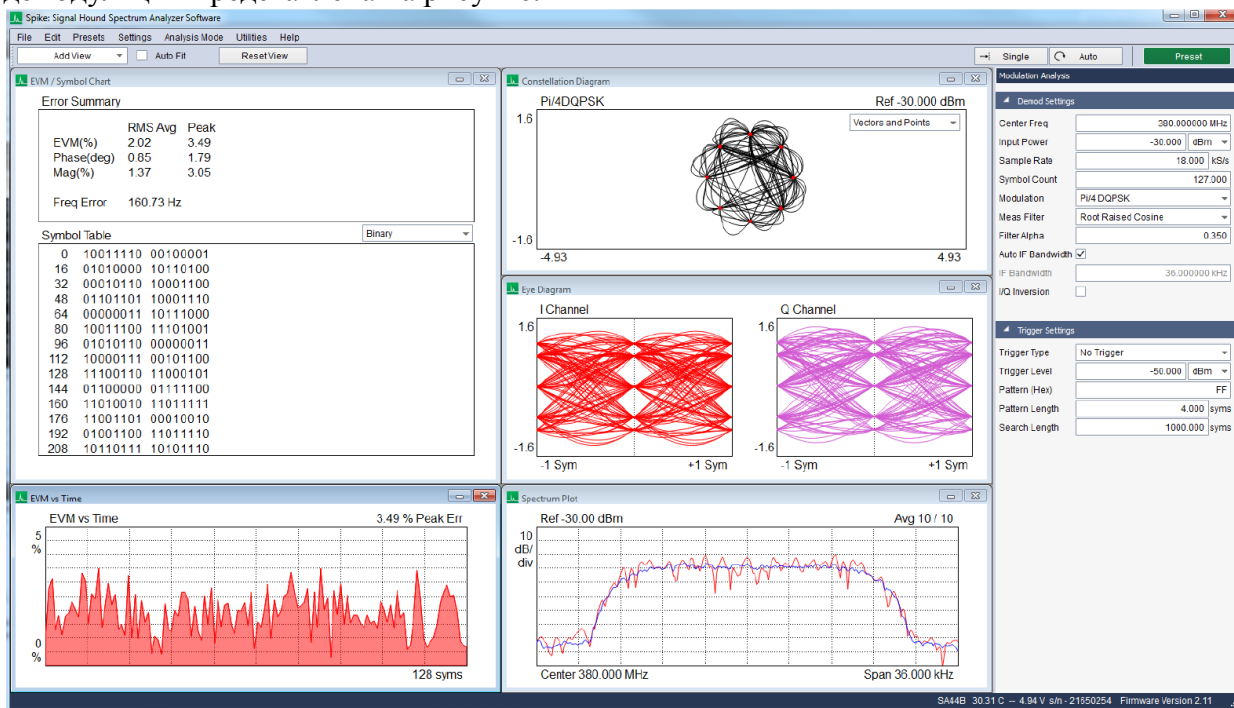


Рисунок 14. Цифровая демодуляция сигнала  $\pi/4$ DQPSK.

## 4.6.1 Панель управления демодуляцией (*Digital Demodulation Control Panel*)

### 4.6.1.1 Установки демодуляции

- **Center Freq** – несущая частота модулированного сигнала
- **Input Power** – максимальная ожидаемая мощность входного сигнала анализатора. В идеале данное значение должно устанавливаться на ~10 дБ выше реальной мощности сигнала для обеспечения нужного динамического диапазона и точности измерений
- **Sample Rate** – скорость передачи символов сигнала с цифровой модуляцией
- **Symbol Count** – число отображаемых на графике символов
- **Modulation** – вид модуляции входного сигнала
- **Meas Filter** – тип фильтра демодулятора. См. раздел 4.6.3 Выбор фильтра для демодуляции
- **Filter Alpha** – коэффициент полосы фильтра демодулятора. См. раздел 4.6.3 Выбор фильтра для демодуляции
- **Auto IF Bandwidth** – автоматический выбор полосы ПЧ. Если данная установка активна, полоса ПЧ будет равна скорости передачи символов, умноженной на два
- **IF Bandwidth** – полоса фильтра ПЧ, через который проходит сигнал до демодуляции. Данный фильтр служит для подавления влияния соседних каналов
- **I/Q Conversion** – данная установка меняет каналы I и Q местами перед демодуляцией
- **Average Count** – число измерений для усреднения при измерении параметров модуляции, отображаемых на Панели ошибок (*Error Summary Panel*)

### 4.6.1.2 Установки запуска

- **Trigger Type** – установка типа запуска
- **Trigger Level** – уровень видеозапуска (*video trigger level*). Измерения будут проведены, как только амплитуда сигнала превысит заданный уровень
- **Video Trig Delay** – число символов до начала измерений после срабатывания запуска по уровню. Значение может варьироваться от 0 до 256 символов
- **Pattern (Hex)** – указание синхропоследовательности для запуска
- **Pattern Length** – число символов в синхропоследовательности. Последовательность задаётся в поле *Pattern*. Если число символов в последовательности больше, чем указанная длина, то используются младшие биты последовательности. Если последовательность короче, чем указанное число символов, то она дополняется нулями до достижения нужной длины
- **Search Length** – размер окна для поиска синхропоследовательности. Поиск указанной последовательности будет осуществляться в пределах этого окна

## 4.6.2 Настройки интерфейса

Программное обеспечение Spike позволяет пользователю настраивать интерфейс измерений. Можно добавлять окна измерений, выбирая опцию **Add View** из выпадающего списка. Если включена опция **Auto Fit**, то окно добавляется в автоматически упорядоченный массив графиков. Если данная опция отключена, то пользователь может самостоятельно размещать окна измерений и задавать их размеры. Настройки интерфейса сохраняются при выходе из программы и восстанавливаются при запуске.

#### 4.6.2.1 Измерение ошибок

Программное обеспечение позволяет измерять данные об ошибках при передаче символов. Это суммарная ошибка (EVM), фазовая, амплитудная и частотные ошибки. Значения этих ошибок характеризуют качество сигнала. Для всех видов ошибок отображаются пиковые и среднеквадратические значения. Измерения ошибок проводятся для каждого демодулированного символа. На рисунке представлены виды ошибок, расчетные формулы приведены ниже.

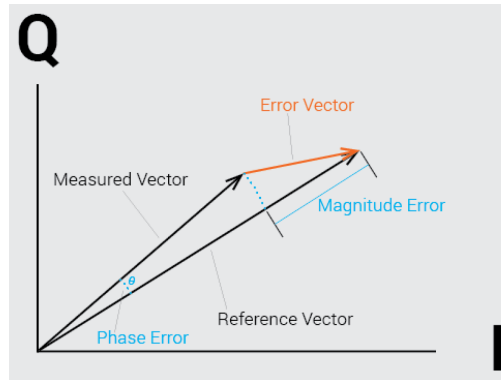


Рисунок 15. Графическое представление ошибки при передаче символа.

Вектор ошибки (**EVM**) – широко применяемый метод для сравнения качества различных систем связи. Определяется как среднеквадратическое значение векторов ошибки и в программном обеспечении рассчитывается по формуле:

$$\%EVM = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{0}^{n-1} (I_{error}^2 + Q_{error}^2)}}{Normalization\ Reference} * 100\%$$

**Амплитудная ошибка** рассчитывается по приведенной ниже формуле для каждого символа. Среднеквадратическое значение рассчитывается для всех символов в заданном окне.

$$Magnitude\ Error[n] = \frac{|Mag_{reference}[n]| - |Mag_{measured}[n]|}{Normalization\ Reference}$$

Формула для расчета **фазовой ошибки**:

$$Phase\ Error[n] = Angle_{reference}[n] - Angle_{measured}[n]$$

**Ошибка FSK** определяется следующим образом:

$$FSK\ Error = \frac{RMS(FSK\ Error\ at\ each\ symbol)}{Deviation}$$

где ошибка каждого символа определяется как

$$FSK\ Error\ at\ Symbol\ i = FSK\ Measured[i] - FSK\ Reference[i],$$

а девиация – экстремальное значение девиации частоты.

**Ошибка по частоте** рассчитывается как разность между опорной и измеренными частотами. В качестве опорной частоты выбирается заданная пользователем в программном обеспечении.

Программа Spike использует единичный опорный уровень нормализации. Он определяется как максимальное значение амплитуды созвездия. Данный уровень принимается за единицу для всех видов модуляции сигнала.

#### 4.6.2.2 Сигнальное созвездие

Сигнальное созвездие помогает визуализировать демодулированный сигнал и найти в нем нарушения, связанные с влиянием фазового шума, амплитудного дисбаланса или ошибки формирования квадратур. Сигнальное созвездие отображает на комплексной плоскости значения символов и переходы между ними. Можно выбрать отдельное отображение символов, переходов или совместное отображение.

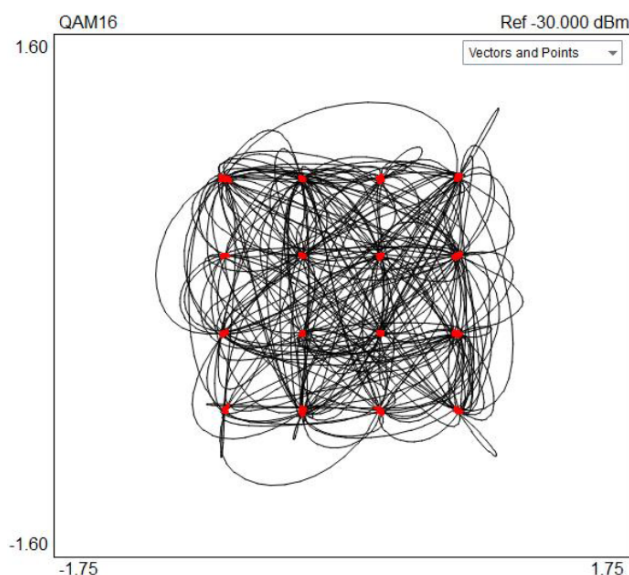


Рисунок 16. Сигнальное созвездие для сигнала QAM16.

#### 4.6.2.3 Таблица символов

В таблице отображаются демодулированные символы сигнала. Число отображаемых бит на символ зависит от выбранного типа сигнала. Возможно отображение таблицы в двоичном и шестнадцатеричном формате.

#### 4.6.2.4 Глазковая диаграмма

Программное обеспечение Spike позволяет добавить одну глазковую диаграмму в режиме анализа модуляции. Данный график позволяет визуализировать такие характеристики системы как искажение сигнала, межсимвольная интерференция, соотношение сигнал/шум и ошибки во временной области.

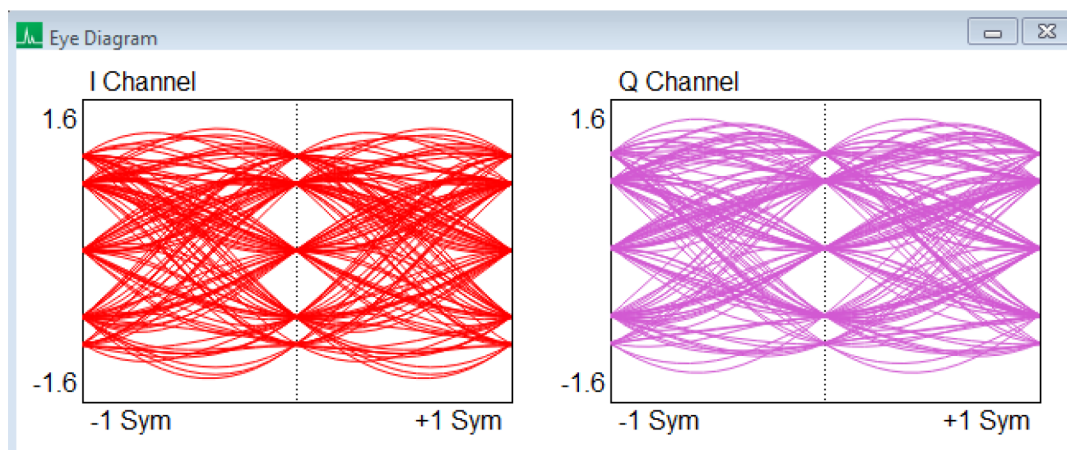


Рисунок 17. Глазковая диаграмма сигнала  $\pi/4$ DQPSK.

#### 4.6.2.5 Ошибки во временной области (Error vs Time)

Программное обеспечение Spike может отображать несколько видов временных ошибок. Они включают в себя вектор ошибки, амплитудную и фазовую ошибки. Ниже представлен график изменения вектора ошибки во временной области.

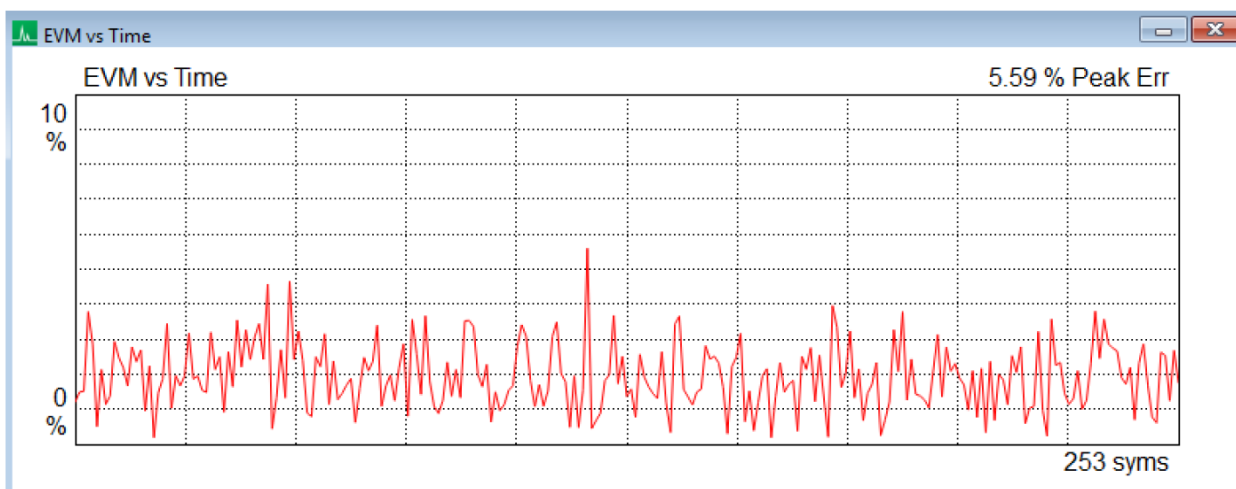


Рисунок 18. График вектора ошибки для каждого символа последовательности.

#### 4.6.3 Выбор фильтра для демодуляции

Пользователь может выбрать фильтр для демодуляции поступающих данных. Выбор правильного фильтра обязателен для корректных измерений. В таблице представлены варианты выбора фильтра.

Таблица 2 – Конфигурации фильтров

Фильтр на передающей стороне	Фильтр на приемной стороне	Выбор фильтра в устройстве BB60
Raised Cosine	Нет	Raised Cosine
Root Raised Cosine	Root Raised Cosine	Root Raised Cosine
Gaussian	Нет	Gaussian

Программное обеспечение позволяет выбрать полосу пропускания фильтра, часто обозначаемую как альфа фильтра. Если в качестве измерительного фильтра используется Root Raised Cosine, фильтр в передатчике должен обеспечивать необходимую полосу для правильной демодуляции.



## 4.7 Измерения ЭМС (EMC Precompliance)

Измерения электромагнитной совместимости доступны для анализаторов VB60A и VB60C. Запуск данного режима осуществляется через меню **Analysis Mode** → **EMC Precompliance**. Таким образом пользователю предоставляется набор инструментов для проведения испытаний на соответствие требованиям ЭМС, включающий в себя:

- Установку до 10 полос свипирования с индивидуальными параметрами
- Таблицы потерь в линии и коэффициента передачи антенны (antenna factor table) для калибровки заданной конфигурации оборудования. См. раздел 6.3 Потери в тракте, граничные линии и коэффициент передачи антенны

Все таблицы поправочных коэффициентов загружаются в программу в виде файлов CSV. В файле каждое значение разделено запятой, а каждая точка измерений – символом новой строки. Данные типы файлов могут редактироваться в любом редакторе таблиц или даже в простом текстовом редакторе.

После загрузки в программу табличные значения линейно интерполируются.

**Таблица потерь в линии** представляет собой пары значений [Частота (МГц), Усиление (дБ)], которые описывают частотный отклик системы. Таблица потерь может выглядеть следующим образом:

20.0, 0.1
200.0, 0.4
2000.0, 1.7
...

Таблицы используются в программе и применяются к измеренным данным перед их отображением на экране. Первое и последнее значение в таблице экстраполируются до начального и конечного значения частоты свипирования. Если пользователь не желает применять коррекцию с использованием экстраполяции на крайние значения, необходимо дополнить таблицу нулевыми значениями в соответствии с отображаемым диапазоном свипирования.

**Таблица поправочных коэффициентов антенны** (Antenna factor table) представляет собой пары значений [Частота (МГц), коэффициент передачи (дБ/м)], которые описывают частотный отклик антенны. Эти таблицы имеют ту же самую структуру и применение, что и таблицы потерь в линии, но вместо усиления приводится напряженность электрического поля, используемая при измерениях ЭМС.

**Таблицы граничных линий** могут быть представлены в двух видах: [Частота (МГц), Минимум (дБм), Максимум (дБм)] или [Частота (МГц), Максимум (дБм)]. Во втором случае минимальное значение будет соответствовать минимальному значению измерений.

Как и с таблицей потерь, первое и последнее значения будут экстраполированы на края частотного диапазона измерений.

Граничные линии отображаются на координатной сетке, и каждое измерение сравнивается с ними. Текстовое сообщение, появляющееся в центре экрана, указывает, укладываются ли данные измерений в указанные граничные пределы.

Ниже приведён пример таблицы потерь, созданный в программе редактирования таблиц.

732	0
738	2

И результирующая корректировка измерений, применяемая к входному сигналу в диапазоне шириной 10 МГц с центральной частотой 735 МГц:

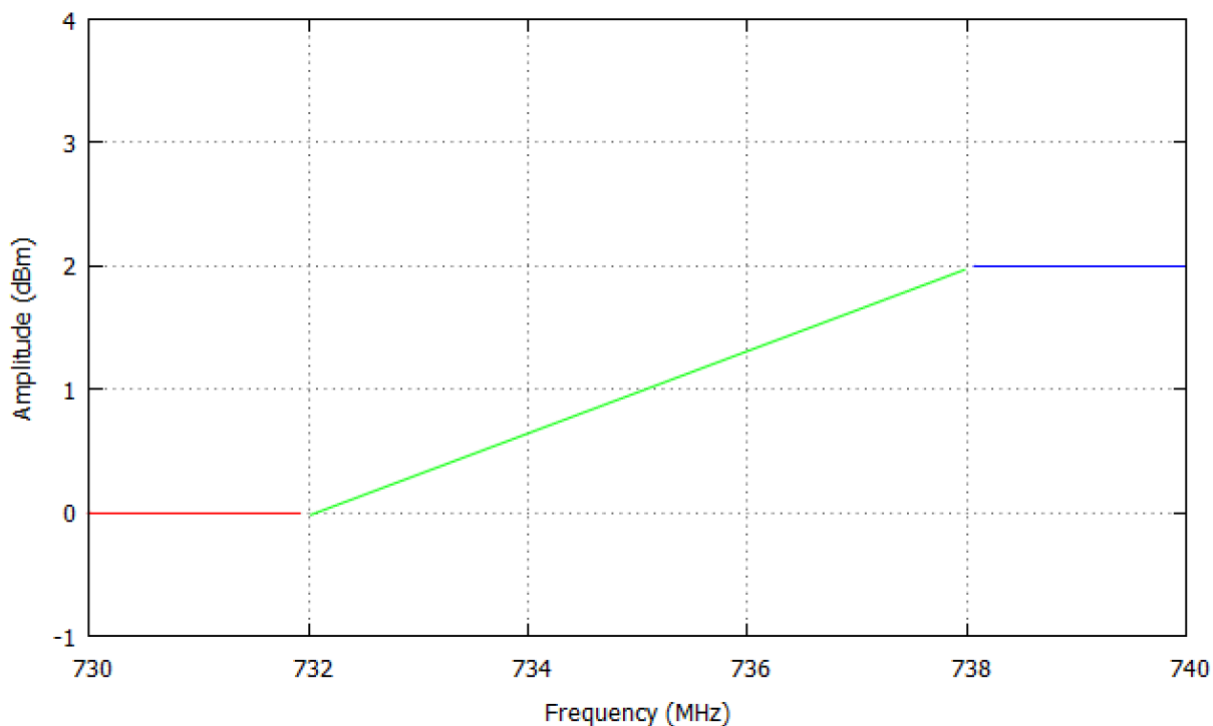


Рисунок 19. Коррекция измерений с использованием таблицы потерь.

Можно увидеть, что значения таблицы линейно интерполируются, а крайние точки экстраполируются до границ диапазона свипирования.

Нижеприведённые инструменты позволят улучшить процесс измерений при исследовании ЭМС аппаратуры:

- Работа с таблицами потерь для более точного описания характеристик системы
- Таблицы паразитных составляющих спектра, превышающих заданный уровень
- Квази-пиковый и пиковый детекторы, а также детектор средних значений, отображаемые в виде гистограммы
- Таблицы измерений, в которых сохраняются результаты измерений детектора

Каждая функция детально описана ниже.

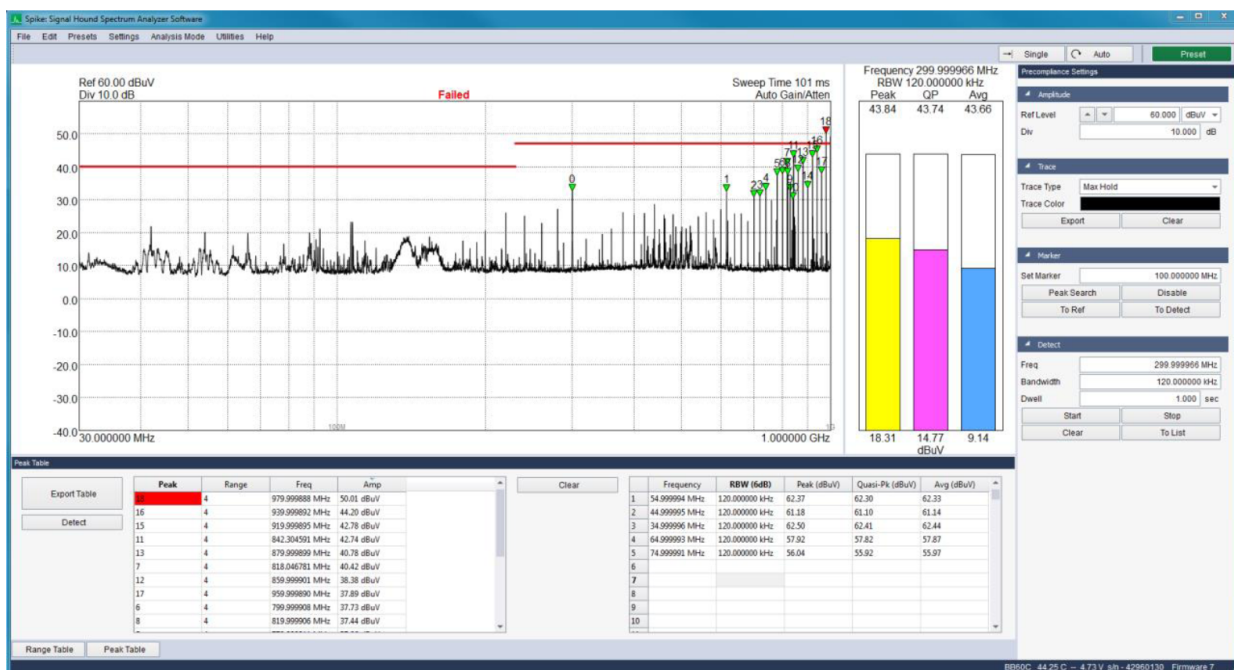


Рисунок 20. Тестирование VSG25A на ЭМС по эфирному излучению

#### 4.7.1 Панель управления измерениями ЭМС

- **Disp Start** – начальная частота при пользовательских установках диапазона
- **Disp Stop** – конечная частота при пользовательских установках диапазона
- **Auto Freq** – автоматическое задание частотного диапазона. Если данная функция включена, на графике отобразится полный диапазон. В противном случае он будет определяться пользовательскими установками
- **Disp Ref** – опорный уровень для отображения амплитуды сигналов
- **Max Input** – максимальное значение входного сигнала. Данный параметр определяет чувствительность устройства и используется для всех текущих измерений во всех диапазонах. Рекомендуется выбирать значение на 5 дБ выше ожидаемого
- **Ref Offset** – смещение результатов измерений на фиксированную величину для учёта внешнего аттенюатора или усилителя. Данный параметр вносит поправку на заданное число дБ к отображаемым графикам. Также он влияет на чувствительность измерений. Таким образом, если указано значение *Ref Offset*, его не нужно учитывать при установке параметра *Max Input*
- **Div** – настройка оси Y
- **Trace Type** – выбор между отображением максимальных (Max Hold) или текущих (Clear Write) значений за все периоды измерений
- **Trace Color** – цвет графика измерений
- **Export** – экспортирование текущего измерения в файл CSV
- **Clear** – очистка текущего графика измерения
- **Set Marker** – ручная установка маркера на график измерений
- **Peak Search** – установка маркера на пиковое значение амплитуды сигнала
- **Disable** – отключение отображаемого маркера
- **To Ref** – установка опорного значения на уровень маркера
- **To Meters** – установка частоты детектора на текущую частоту маркера
- **Freq** – центральная частота измерений детектора
- **Bandwidth** – полоса измерений детектора
- **Meas Time** – время, в течение которого детектором производятся измерения

- **Start** – запуск измерений детектора. Приостанавливает свипирование
- **Stop** – остановка измерений детектора. Продолжение свипирования
- **Clear** – очистка текущих и пиковых измерений детектора
- **To List** – сохранение измерений детектора в таблицу измерений

#### 4.7.2 Таблица диапазонов (Range Table)

Таблица диапазонов позволяет настраивать до 10 диапазонов свипирования. Каждый диапазон обладает своими значениями ширины, RBW, VBW и граничными значениями. Изменения в таблице диапазонов немедленно отображаются в программе. Таблица может быть сохранена в файл для последующего импортирования.

	Enabled	Start Freq	Stop Freq	RBW Shape	RBW	VBW	Auto VBW	Video Units	Detector	Threshold (dBuV)	Limit (dBuV)	Selectivity (dB)
1	Disabled	9.000000 kHz	150.000000 MHz	CISPR	200.000000 Hz	200.000000 Hz	Auto	Power	Peak	40.000	60.000	6.000
2	Disabled	150.000000 kHz	30.000000 MHz	CISPR	9.000000 kHz	9.000000 kHz	Auto	Power	Peak	40.000	50.000	6.000
3	Enabled	30.000000 MHz	230.000000 MHz	CISPR	120.000000 kHz	120.000000 kHz	Auto	Power	Peak	30.000	40.000	6.000
4	Enabled	230.000000 MHz	1.000000 GHz	CISPR	120.000000 kHz	120.000000 kHz	Auto	Power	Peak	30.000	47.000	6.000
5	Disabled	150.000000 kHz	30.000000 MHz	CISPR	9.000000 kHz	9.000000 kHz	Auto	Power	Peak	40.000	60.000	6.000
6	Disabled	150.000000 kHz	30.000000 MHz	CISPR	9.000000 kHz	9.000000 kHz	Auto	Power	Peak	40.000	60.000	6.000
7	Disabled	150.000000 kHz	30.000000 MHz	CISPR	9.000000 kHz	9.000000 kHz	Auto	Power	Peak	40.000	60.000	6.000
8	Disabled	150.000000 kHz	30.000000 MHz	CISPR	9.000000 kHz	9.000000 kHz	Auto	Power	Peak	40.000	60.000	6.000
9	Disabled	150.000000 kHz	30.000000 MHz	CISPR	9.000000 kHz	9.000000 kHz	Auto	Power	Peak	40.000	60.000	6.000
10	Disabled	150.000000 kHz	30.000000 MHz	CISPR	9.000000 kHz	9.000000 kHz	Auto	Power	Peak	40.000	60.000	6.000

Рисунок 21. Таблица диапазонов.

На панели рядом с таблицей находятся следующие элементы управления:

- **Load Default** – загрузка значений по умолчанию
- **Save Table** – сохранение текущей таблицы в CSV-файл
- **Load Table** – загрузка таблицы из CSV-файла
- **Enabled** – включение/выключение выбранного диапазона. Включенные диапазоны показываются на графике и свипируются
- **Start Freq** – начальная частота выбранного диапазона
- **Stop Freq** – конечная частота выбранного диапазона
- **RBW Shape** – вид фильтра RBW: 6 дБ CISPR или 3дБ с плоской вершиной
- **RBW** – полоса анализа
- **VBW** – видеополоса
- **Auto VBW** – автоматическая подстройка видеополосы в зависимости от RBW. При отключении автоматической подстройки параметр VBW должен быть меньше либо равен RBW
- **Video Units** – единицы измерения
- **Detector** – выбор типа детектора: средние или пиковые значения
- **Dwell Time** – количество времени, которое детектор работает на определённой частоте. Увеличение
- **Threshold** – минимальное значение уровня сигнала для того, чтобы программа обозначала его как паразитную составляющую спектра (ПСС, spur)
- **Limit Start** – уровень сигнала на начальной частоте диапазона, при превышении которого тест на ЭМС считается невыполненным
- **Limit Stop** – уровень сигнала на конечной частоте диапазона, при превышении которого тест на ЭМС считается невыполненным
  - Граничная линия проводится между начальным и конечным значениями (Limit Start и Limit Stop). Если требуется постоянный уровень, то оба значения задаются одинаковыми
- **Selectivity** – чувствительность детектора ПСС. Большие значения увеличивают требование к отстройке от соседних сигналов, чтобы сигнал считался ПСС. При низкой селективности количество детектируемых ПСС может резко увеличиться

### 4.7.3 Окно сканирования диапазона (Frequency Scan Display)

Для измерений ЭМС окно сканирования частотного диапазона является основным инструментом. График показывает все установленные диапазоны измерений на логарифмической шкале частот.

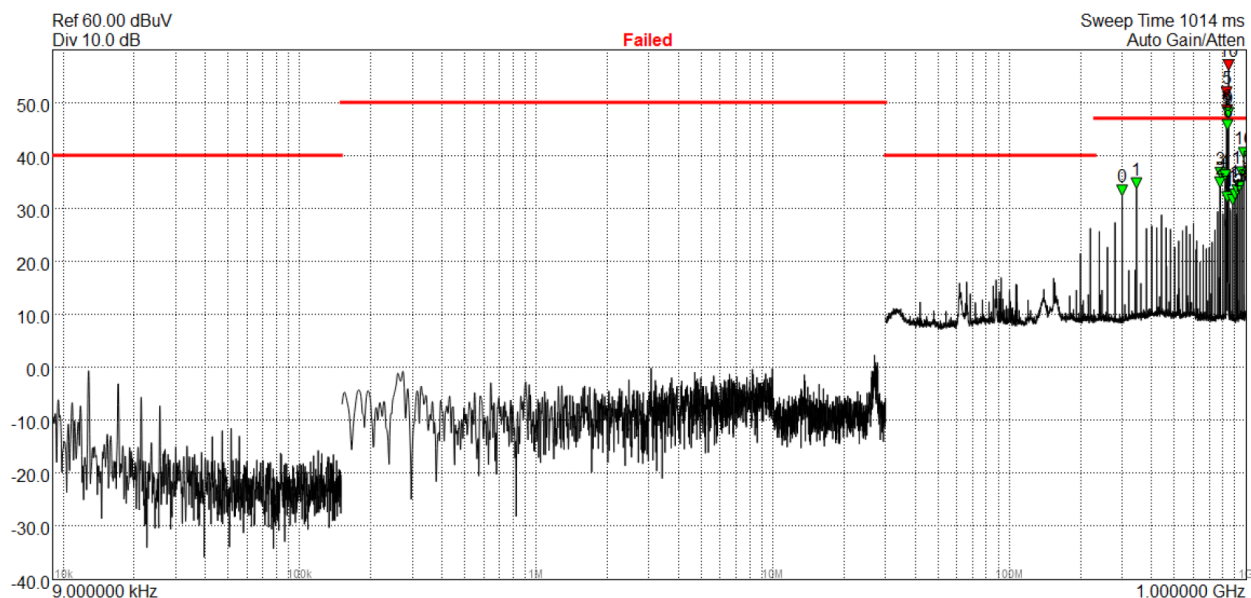


Рисунок 22. Окно сканирования частот с четырьмя диапазонами измерений.

График охватывает все установленные частоты измерений от минимальной до максимальной. Вместе с результатами свипирования отображаются установленные граничные линии и маркеры детектированных ПСС. Пользователю доступен один маркер для размещения на графике.

Результат свипирования может отображаться как текущий (normal) или максимальный (max hold) уровень сигнала. Вторая опция полезна для обнаружения прерывистых сигналов небольшой длительности.

### 4.7.4 Таблица паразитных составляющих спектра (Spur Table)

В таблице ПСС указаны все составляющие спектра, превышающие минимальный пороговый уровень, установленный пользователем для каждого диапазона измерений. Колонка **Spur** отображает номера ПСС, отмеченные на спектрограмме. В ней отображаются первые 100 составляющих спектра. Номера ПСС, которые выходят за пределы граничной линии, показываются красным цветом.

Как только пользователь определил ПСС для изучения, с помощью функции *Single* можно приостановить обновление значений в таблице ПСС, отсортировать измерения по частоте или амплитуде, и измерить любой из сигналов с помощью кнопки *Selected Spur to Meter*.

Таблица ПСС имеет следующие функции:

- **Export Table** – экспортирование таблицы ПСС и таблицы измерений детектора в файл формата CSV
- **Selected Spur to Meter** – установить частоту работы детектора на частоту указанной ПСС
- **Peak** – поиск максимума
- **Range** – номер диапазона измерений, которому принадлежит детектированная составляющая спектра
- **Freq** – частоты, на которых детектированы ПСС
- **Amp** – амплитуда ПСС

Spur	Range	Freq	Amp (dBuV)	Limit (dBuV)
2	1	12.855528 kHz	13.29	10.00
3	1	17.127989 kHz	10.92	10.00
0	1	9.841918 kHz	8.51	10.00
4	1	21.400449 kHz	7.64	10.00
5	1	25.672910 kHz	6.46	10.00
1	1	11.253356 kHz	2.89	10.00
8	1	47.092432 kHz	1.35	10.00
7	1	42.800898 kHz	0.55	10.00
6	1	29.983517 kHz	0.30	10.00

Рисунок 22. Таблица ПСС, отсортированная по амплитуде.

#### 4.7.5 Гистограмма детектора (Bar Meters)

Вторым инструментом для измерений ЭМС является гистограмма детектора. Она отображает три параметра на одной выбранной частоте.

Измерения детектора управляются нажатием кнопок *Start* или *Stop* на панели управления. На время работы детектора свипирование диапазона измерений прекращается.

Частота и полоса детектора могут быть заданы с помощью панели управления, и есть несколько способов быстрого задания параметров, такие как кнопка *Marker to Meter*, которая устанавливает частоту детектора на частоту пользовательского маркера на спектрограмме, или кнопка *Selected Spur to Meter*, которая устанавливает детектор на частоту выбранной ПСС.

Гистограмма отображает показания до 4 детекторов. Показания пикового и квази-пикового детектора отображаются всегда, а детектор средних значений может быть установлен на среднеквадратическое или среднеарифметическое значение.

Значения детекторов обновляются со скоростью, задаваемой параметром *Meas Time* на панели управления.

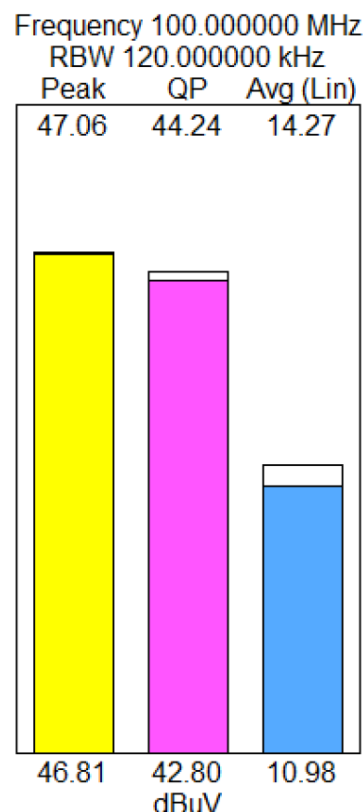


Рисунок 23. Гистограмма импульсного сигнала.

Детектор отображает максимальные измеренные значения с момента последнего нажатия кнопки *Clear*. Нажатием кнопки *To List* можно перенести измеренные значения в таблицу измерений .

#### 4.7.6 Таблица измерений детектора (*Meter List*)

Таблица измерений составляется из измерений детектора на разных частотах по нажатию кнопки *To List*. Данная таблица может быть сохранена в виде файла CSV.

Таблица включает в себя следующие элементы:

- **Clear Meter List** – очистка таблицы измерений
- **Frequency** – рабочая частота детектора
- **RBW** – полоса анализа детектора
- **Peak/Quasi Pk/Avg** – вид измерений детектора

#### 4.7.7 Квазипиковые измерения (*Quazi-Peak Measurements*)

Квазипиковые (КП, QP) измерения отображаются на гистограмме детектора и запускаются по нажатию кнопки *Start* на панели управления. Квазипиковый детектор программы *Spike* соответствует стандартам CISPR 16.1 и ANSI C63.2. Характеристики приведены в таблице ниже.

Таблица 3 – Характеристики квазипикового детектора

Частотный диапазон	Время заряда	Время разряда
9 – 150 кГц	45 мс	500 мс
150 кГц – 30 МГц	1 мс	160 мс
30 МГц – 1 ГГц	1 мс	550 мс

Время заряда определяется как время после приложения непрерывного синусоидального RF-сигнала на измерительный вход, за которое выходное напряжение достигнет 63% от своего конечного значения.

Время разряда определяется как время после снятия непрерывного синусоидального RF-сигнала с измерительного входа, за которое выходное напряжение упадёт до 37% от своего начального значения.

Квазипиковый детектор реализован в программе *Spike* в виде цифровых фильтров.

## 4.8 Анализ аналоговой модуляции

ПО Spike™ позволяет проводить анализ высокочастотных сигналов с амплитудной или частотной модуляцией аудиосигналом. Для запуска этого режима необходимо выбрать **Analog Demod** в меню **Analysis Mode**. Работа ПО в данном режиме представлена на рисунке ниже.

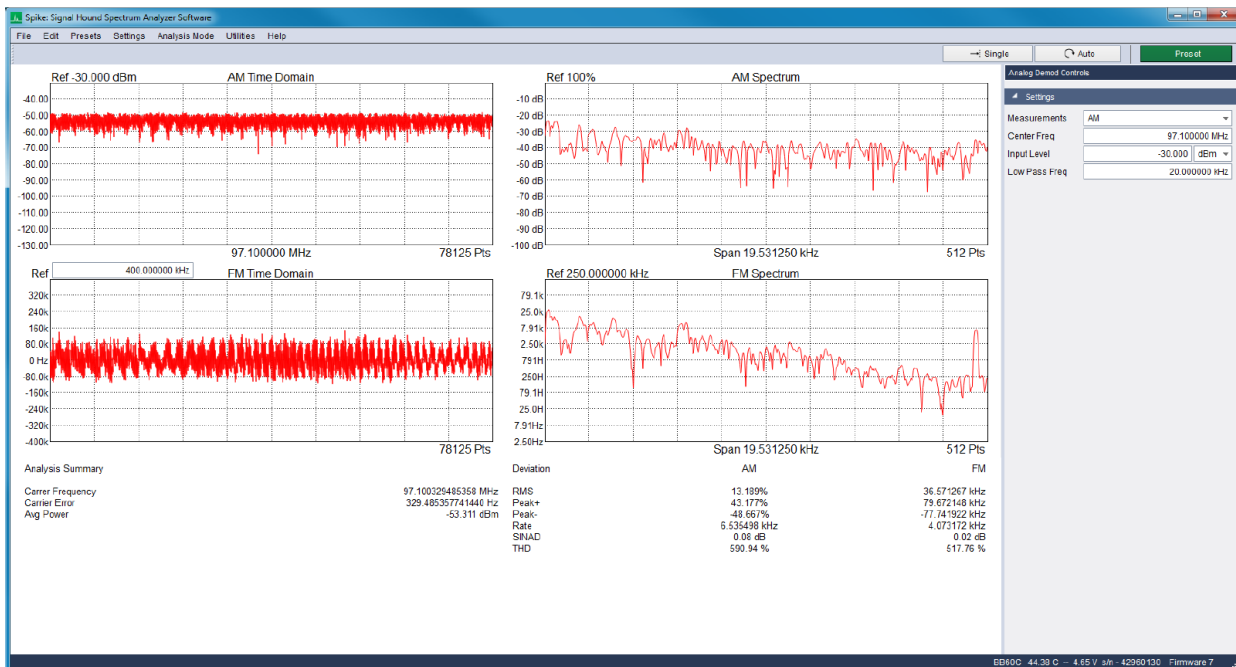


Рисунок 24. Окно программного обеспечения в режиме анализа модуляции.

Режим аналоговой демодуляции представлен 5 видами во временной и частотной плоскостях.

В окне измерений отображаются следующие параметры:

- **AM Time Domain** – отображение АМ-модуляции во времени. Единицы измерения задаются установкой *Input Level*
- **AM Spectrum** – отображение частотного спектра АМ-сигнала. Ось Y показывает глубину модуляции в процентах на логарифмической шкале с опорным уровнем 100%
- **FM Time Domain** – отображение демодулированного ФМ-сигнала на временной плоскости с установкой опорного значения частоты
- **FM Spectrum** – отображение частотного спектра ФМ-сигнала. Ось Y – девиация частоты в Гц с опорным уровнем, равным ширине полосы устройства
- **Analysis Summary** – отображение результатов измерений АМ- и ФМ-сигналов

Доступные пользователю установки измерений на панели управления включают в себя выбор мощности входного сигнала, несущую частоту и частоту среза ФНЧ. Демодулированный сигнал проходит через ФНЧ перед проведением измерений. Изменение настроек немедленно отображается на графиках.



В режиме анализа аналоговой модуляции доступны следующие измерения параметров аудиосигналов

- **Carrier Frequency** – несущая частота сигнала
- **Carrier Error** – разница между измеренной частотой несущей и заданной в программе
- **Avg Power** – средняя мощность сигнала в дБм
- **Peak (+/-)** – максимальное значение девиации частоты при ЧМ модуляции или максимальную глубину модуляции в процентах для АМ
- **RMS** – среднеквадратичное значение частоты для ЧМ модуляции или глубины модуляции в процентах для АМ модуляции
- **Modulation Rate** – частота модулирующего сигнала
- **SINAD** (Signal-to-Noise And Distortion Ratio) – качество сигнала, которое рассчитывается по формуле:

$$SINAD = \frac{P_{signal} + P_{noise} + P_{distortion}}{P_{noise} + P_{distortion}}$$

- **THD** (Total Harmonic Distortion) – показывает наличие гармонических искажений в аудиосигнале и рассчитывается по формуле:

$$THD = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_9^2}}{V_1}$$

или, другими словами, показывает отношение среднеквадратических мощностей первых четырех гармоник и основного сигнала.

Оба типа измерений SINAD и THD производятся для АМ или ЧМ модуляции, в зависимости от того, что выбрано в режиме с нулевой полосой обзора.

## 4.9 Обнаружение помех (Interference Hunting)

Помехи являются критически важным параметром при передаче сигналов. Из-за помех повышается вероятность пропуска сигнала, ошибок при передаче данных и снижения скорости передачи. При наличии помех поднимается уровень шума на входе приёмника. При этом сигнал помехи может не попадать в канал, но может находиться в полосе приёмника. Режим обнаружения помех предоставляет пользователю инструменты для нахождения и исследования данного вида сигналов.

Сигналы могут быть детектированы путём указания порогового значения амплитуды, выше которого сигнал обозначается как «подозрительный». В любой момент, когда сторонний сигнал превышает заданный уровень, программное обеспечение срабатывает и анализирует этот сигнал, сохраняя частоту, полосу, пиковое значение или мощность в канале, пороговое значение, превышение над порогом (в дБ), время появления и длительность сигнала.

События затем отображаются в форме списка на экране, который обновляется после каждого свипирования диапазона, и они могут быть сохранены в CSV-файл. Это позволяет автоматизировать процесс в течение долгого времени, что особенно полезно в случае кратковременных помех. Программное обеспечение может собирать данные целыми днями, записывая их для последующего анализа.

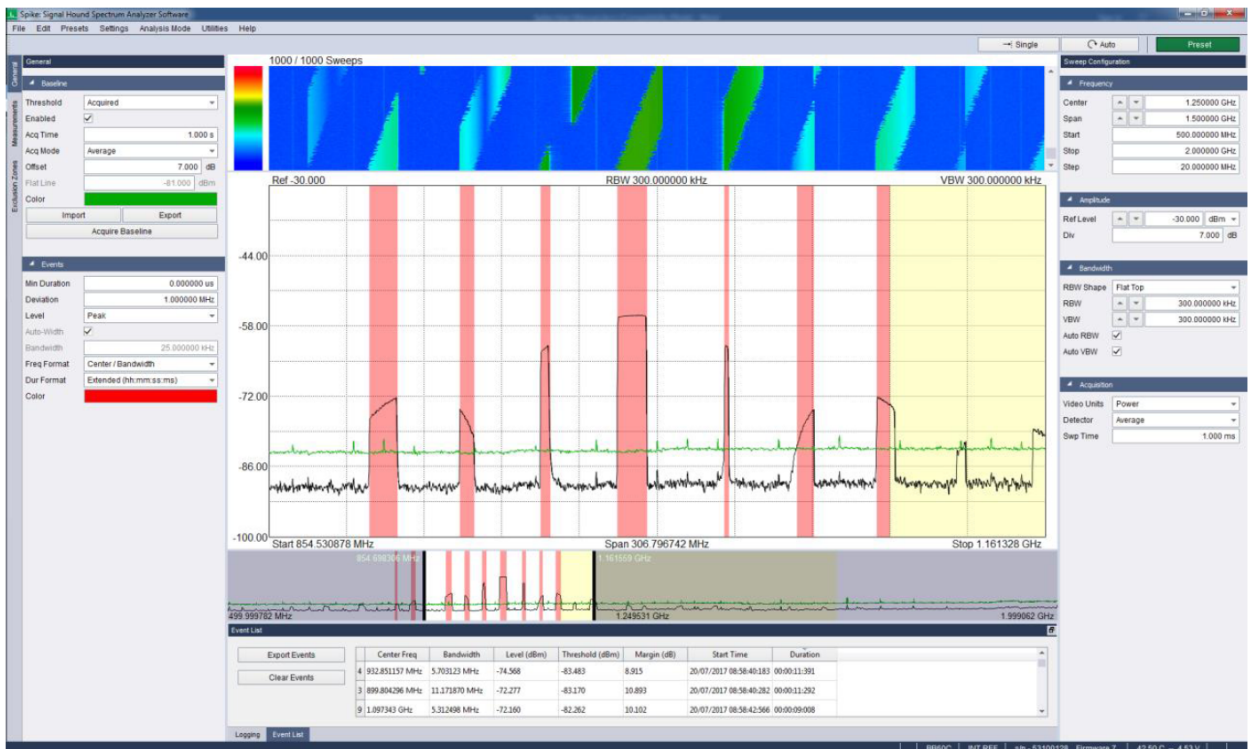


Рисунок 25. Работа анализатора в режиме поиска помех. Выделенная жёлтым область исключена из анализа

#### 4.9.1 Установка порогового уровня (Setting Baseline)

Пороговый уровень может быть задан либо в виде плоской линии с единым уровнем амплитуды, либо может быть получен из результатов нескольких свипирований. Во втором случае порог может представлять собой, например, максимальный уровень шумовой полки.



Рисунок 26. Плоский (а) и измеренный (б) виды пороговых линий.

Уровень плоской линии может быть быстро задан введением одного значения порога. В случае измеренного значения проводятся измерения с параметрами, включающими в себя временной интервал измерений и режим фиксации значений – минимальных (min hold), максимальных (max hold) или средних (average). После захвата уровня к нему может быть применена величина смещения в дБ, чтобы переместить линию на желаемый уровень по амплитудной оси. Измеренные пороговые уровни могут быть сохранены в файлах CSV.

##### 4.9.1.1 Формат данных порогового уровня (Baseline File Format)

Пороговый уровень может быть сохранён в файле формата CSV, и состоит из заголовка и перечня пар [частота (Гц), амплитуда (дБм)]. Значение частоты каждой точки вычисляется, исходя из значений *startFreq* и *binSize*, которые указываются в заголовке; первая точка будет соответствовать *startFreq*, а значения частот последующих точек будут

увеличены на значение *binSize* относительно предыдущих. Частоты из списка не используются при импортировании файла в программу и приводятся только для справки.

Таблица 4 – Вид таблицы уровней

BASELINE, Version 1
startFreq, 2.00E+09
binSize, 100.0E+06
RBW, 30.0E+03
VBW, 30.0E+03
refLevel, -20.00
div, 10.00
timestamp, 1.50714E+12
offset, 5.00
frequency(Hz), amplitude(dBm)
2.00E+09, -50.00
2.10E+09, -51.00
2.20E+09, -48.00
2.30E+09, -39.00
...

Значения *RBW*, *VBW*, *refLevel* и *div* отображают установки свипирования на момент измерений. Как и значение времени измерения, они игнорируются при импорте файла. Параметр *offset* определяет смещение порогового уровня в дБ относительно табличных значений.

Пользователь также может создавать файлы по указанному шаблону в любом редакторе таблиц, и затем загружать их в программу.

#### 4.9.2 Определение событий (Defining Events)

При единичном свипировании «событие» определяется как часть сигнала, превышающая по амплитуде установленное пороговое значение. Но так как событие может быть растянуто по времени и зафиксировано при нескольких свипированиях, возникает проблема классификации: считать ли отдельным событием зафиксированное при единичном свипировании превышение уровня или частью протяжённого события, и считать ли это событием вообще.

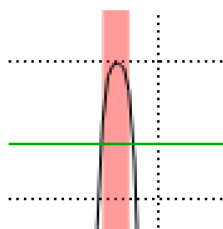


Рисунок 27. Зафиксированное событие при единичном свипировании.

Два параметра позволяют точным образом задать определение события: девиация частоты и минимальная длительность. Девиация определяет максимальные рамки, в которых может меняться частота потенциального события на протяжении нескольких свипирований, а минимальная длительность – минимальное время детектирования сигнала, после которого он определяется как событие.

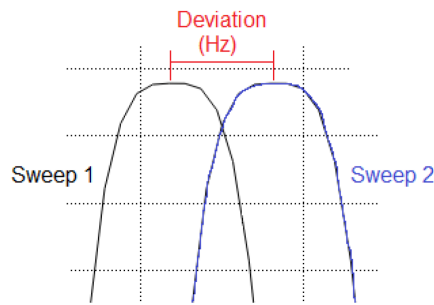


Рисунок 28. Девиация частоты потенциального события между двумя свипированиями.

Чтобы успешно детектировать короткие или изменяющиеся по частоте сигналы, необходимо установить минимальную длительность равной нулю, а параметр девиации – увеличить. Если необходимо игнорировать такие сигналы, то минимальная длительность должна быть увеличена, а девиация сигнала – уменьшена.

### 4.9.3 Увеличение изображения (Regional Zoom)

В режиме обнаружения помех доступна функция увеличения частей графика, что позволяет более детально изучить отдельные части спектра без изменения ширины развёртки (Span).

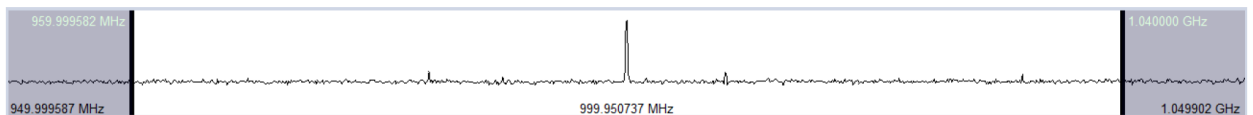


Рисунок 29. Управление увеличением части спектра.

Инструмент управления увеличением расположен внизу от основного окна спектрограммы и выглядит как горизонтальная полоса. Она используется для того, чтобы выделить часть спектра, которая отображается на экране. Перемещая верхнюю и нижнюю границы (вертикальные линии), пользователь увеличивает часть изображения, не окрашенную серым цветом. Полный диапазон свипирования с текущим значением параметра Span, а также граничные линии, всегда отображается под изображением спектра сигнала.

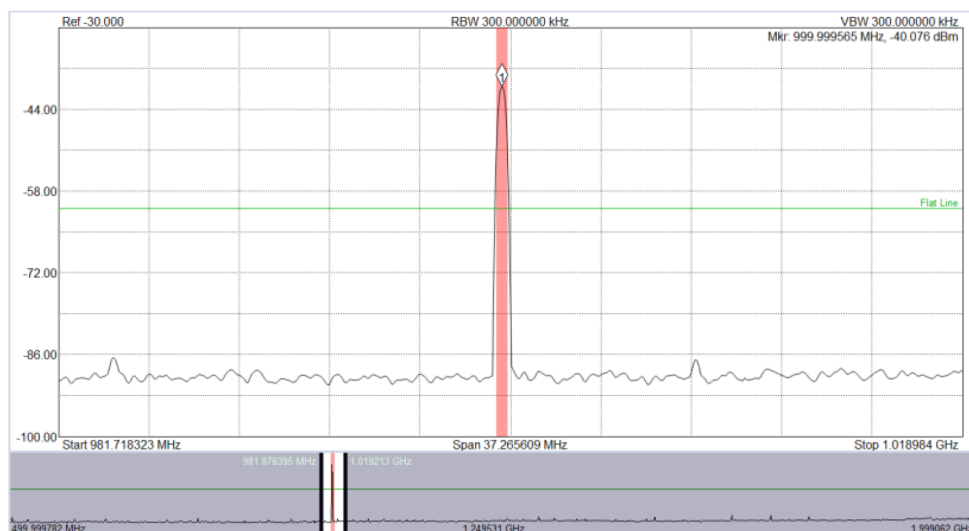


Рисунок 30. Увеличение части спектрограммы для изучения зафиксированного события.

#### 4.9.4 Исключение диапазонов (Exclusion Zones)

На спектрограмме можно указать диапазоны частот, в которых не будет происходить детектирование событий. Таким образом пользователь может уменьшить риск ложных срабатываний. Исключённый диапазон частот задаётся начальной и конечной частотами.

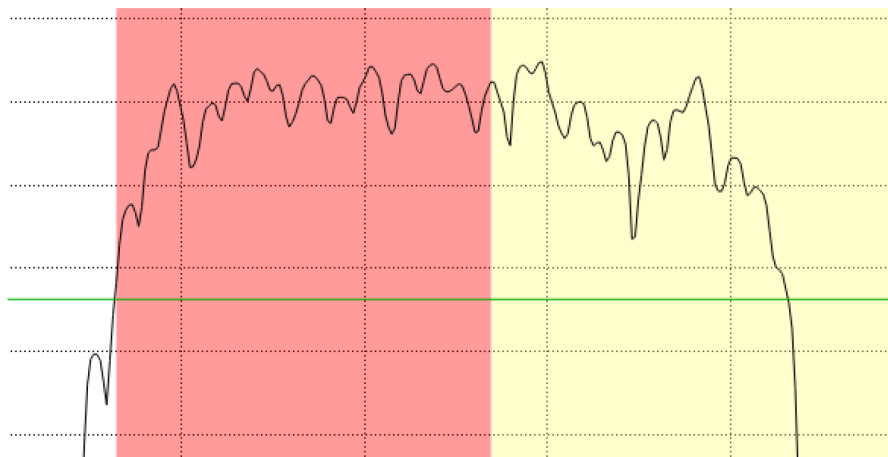


Рисунок 31. Спектрограмма сигнала, превышающего пороговое значение и частично заходящего в исключённый диапазон (показан жёлтым цветом). Красным цветом показано детектированное событие.

#### 4.9.5 Спектрограмма (Spectrogram)

«Трёхмерная» спектрограмма, или «диаграмма-водопад», является полезным инструментом в режиме поиска помех, и может быть выведена на экран сверху от основного графика спектра. Более подробно данный вид графиков описан в разделе 7.1 Спектрограмма (Spectrogram).

#### 4.9.6 Настройки развертки

См. раздел 4.1.2 Настройки развертки для режима свипирования.

#### 4.9.7 Основная панель управления

Основная панель управления содержит базовые элементы управления для режима поиска помех. Она разделена на две части: *Граничные линии* и *События*, которые являются двумя основными особенностями данного режима работы.

##### 4.9.7.1 Граничные линии (Baseline)

Граничные линии определяют пороговые значения уровня сигнала на каждой частоте, при превышении которых фиксируется событие. Пороговая линия может быть плоской с фиксированным уровнем для всех частот указанного диапазона или измеренной по сигналу за несколько свипирований.

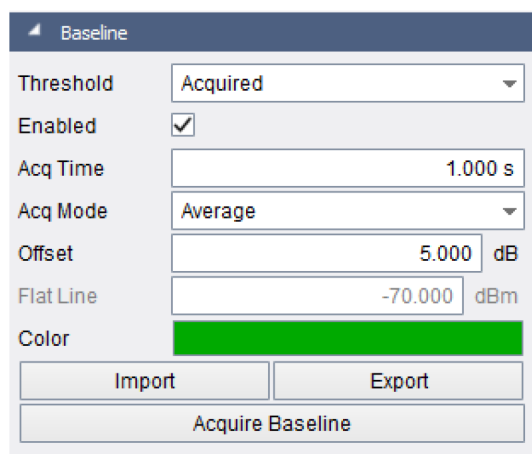


Рисунок 32. Элементы управления пороговыми линиями на основной панели управления.

- **Threshold** – определяет тип пороговой линии: плоский или измеренный
- **Enabled** – включение/выключение пороговых линий на графике для детектирования событий
- **Acq Time** – время измерений для определения пороговой линии
- **Acq Mode** – тип обработки измерений для определения пороговой линии
- **Offset** – величина, на которую смещается измеренная пороговая линия по оси амплитуды
- **Flat Line** – уровень, по которому определяется плоская пороговая линия
- **Color** – цвет пороговых линий на всех графиках
- **Import** – загрузка сохранённого CSV-файла для определения пороговой линии
- **Export** – сохранение CSV-файла текущей пороговой линии
- **Acquire Baseline** – запуск измерений с заданными параметрами для получения пороговой линии

#### 4.9.7.2 События (Events)

События определяются по превышению входным сигналом порогового уровня в определённом диапазоне частот. Оно определяется частотой, полосой, пиковым значением мощности или мощностью в канале, пороговым значением, значением превышения порога (в дБ), временем начала и длительностью сигнала.

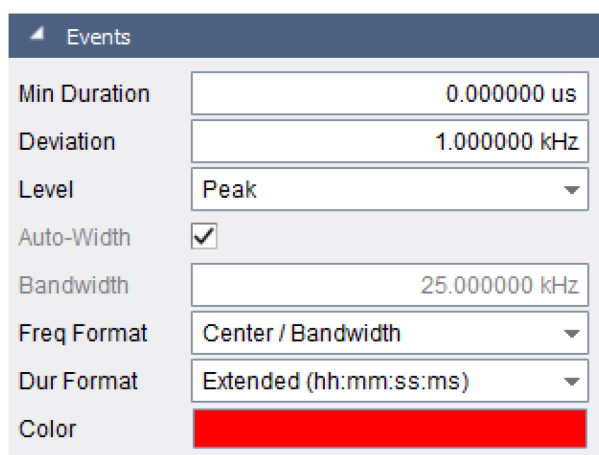


Рисунок 33. Элементы управления событиями на основной панели управления.

Описание параметров событий приведено ниже.

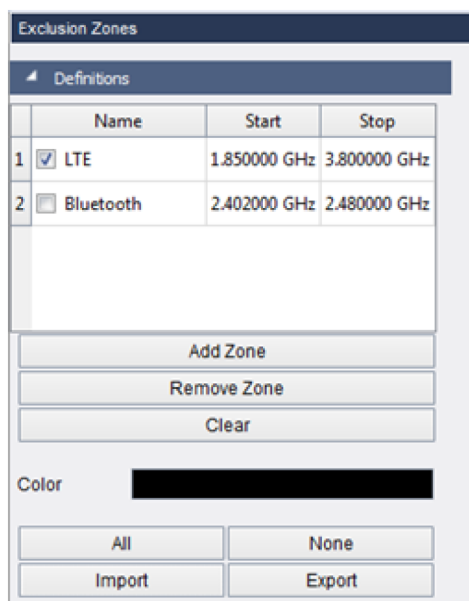
- **Min Duration** – минимальное количество времени, в течение которого сигнал должен превышать пороговое значение для детектирования события
- **Deviation** – допустимая девиация частоты сигнала события
- **Level** – режим детектирования мощности сигнала:
  - **Peak** – пиковое значение амплитуды сигнала
  - **Channel Power** – мощность в канале вблизи несущей частоты события
- **Auto-Width** – при включении в режиме измерений мощности в канале автоматически выбирает ширину канала
- **Bandwidth** – если режим Auto-Width отключен, пользователь может задавать ширину канала в этом поле для измерения мощности
- **Freq Format** – формат записи и отображения частоты в таблице событий
  - **Center/Bandwidth** – указание центральной частоты и полосы сигнала события
  - **Start/Stop** – указание начальной и конечной частоты сигнала события
- **Dur Format** – формат отображения длительности событий
  - **Basic (s)** – время в секундах
  - **Extended (hh:mm:ss:ms)** – время в расширенном формате
- **Color** – цвет выделения событий на графиках

#### 4.9.8 Панель управления измерениями

См. раздел 4.1.1 Панель управления измерениями для режима свипирования

#### 4.9.9 Панель управления диапазонами (Exclusion Zones Control Panel)

Исключенный диапазон – часть спектра, где события не будут детектироваться. Данный диапазон определяется начальной и конечной частотами и полезен для исключения известных сигналов из перечня событий.



- **Add Zone** – добавляет новый диапазон исключения в список
- **Remove Zone** – убирает диапазон из списка
- **Clear** – очищает список, убирая все диапазоны
- **All** – включает все диапазоны в списке
- **None** – выключает все диапазоны
- **Color** – цвет активных диапазонов на графике
- **Import** – импортирование сохранённого списка диапазонов из файла
- **Export** – экспортирование текущего списка диапазонов в файл

Рисунок 34. Панель управления диапазонами

#### 4.9.10 Панель управления журналом событий

События могут фиксироваться в режиме реального времени и заноситься в журнал событий, который представляет собой файл формата CSV. Запись в журнал может идти в течение продолжительного времени и не требует контроля со стороны пользователя. Запись может быть остановлена пользователем, по истечении установленного периода времени или же по достижении заданного количества событий.

Logging					
Save Directory	Select	Capture Size	1.000 s	Time Elapsed:	0
	C:/Users/Roger/Documents/SignalHound	Unlimited Events	<input checked="" type="checkbox"/>	Events Captured:	0
File Prefix	IHLOG	Max Events	1000	File Size:	0
	Start	Max File Size (GB)	1.000	Disk Free:	145.9233 GB

Рисунок 35. Панель управления журналом событий.

Управление журналом включает в себя следующие функции:

- **Save Directory** – директория для сохранения файлов CSV журналов событий
- **File Prefix** – префикс имени файла при сохранении
- **Capture Size** – продолжительность ведения записи событий в журнал
- **Unlimited Events** – установка данной опции отключает верхний предел количества событий для записи в журнал
- **Max Events** – максимальное число событий для записи в журнал в течение одного сеанса
- **Max File Size** – максимальный размер файла CSV журнала событий

#### 4.9.11 Таблица событий (Event List)

События заносятся в таблицу, которая обновляется после каждого свипирования диапазона. Таблица событий может быть отсортирована по любому из параметров и экспортирована в CSV-файл. Если таблица очищается пользователем, то все последующие события считаются новыми, и таймер событий начинается с нулевой отметки.

Event List							
Export Events	Center Freq	Bandwidth	Level (dBm)	Threshold (dBm)	Margin (dB)	Start Time	Duration
Clear Events	3	999.999565 MHz	624.999728 kHz	-40.137	-81.000	40.863	20/07/2017 08:15:24:794 00:01:05:440
	2	120.039010 MHz	78.124966 kHz	-80.345	-81.000	0.655	20/07/2017 08:15:55:115 00:00:35:119
	4	2.999999 GHz	468.749796 kHz	-60.766	-81.000	20.234	20/07/2017 08:15:56:445 00:00:33:789

Рисунок 36. Таблица событий.

Пользователю также доступны следующие функции:

- **Export Events** – сохранение текущей таблицы событий в CSV-файл
- **Clear Events** – очистка таблицы событий



## 5 ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

В этом разделе описаны процедуры проведения измерений, анализа и записи сигналов с использованием функций программного обеспечения Spike™.

### 5.1 Измерение частоты и уровня

#### 5.1.1 Использование маркеров

В программном обеспечении есть несколько инструментов для определения частоты и амплитуды исследуемого сигнала. Самый простой способ измерений – использование маркеров. Всего доступно 6 различных маркеров.

Для того чтобы поместить маркер на спектрограмму, нажмите левую кнопку мыши внутри координатной сетки или нажмите кнопку **Peak Search** для установки маркера на сигнал с максимальной амплитудой. После размещения маркера в правом верхнем углу координатной сетки будет отображаться частота и амплитуда выбранного маркера. Точность отображения частоты зависит от установленных полос обзора и анализа. При узких полосах обзора и анализа точность отображения частоты будет выше. Точность отображения амплитуды не зависит от выбранного масштаба по вертикали, т.к. полученные от прибора квадратурные отсчеты имеют более высокое разрешение, чем отображается на спектрограмме. Маркер можно переместить в любое время нажатием левой кнопкой мыши на спектрограмме или кнопками курсора «влево» или «вправо», при этом маркер перемещается на один отсчет по частоте вниз или вверх.

#### 5.1.2 Использование разностных маркеров

Для измерения разности или изменения сигнала по частоте или амплитуде можно использовать разностные маркеры. Для этого необходимо вначале создать опорный маркер, затем нажать кнопку **Delta** на панели управления маркерами. После этого можно поместить разностный маркер на любом участке спектрограммы, и в правом верхнем углу координатной сетки будет отображаться разница по частоте и амплитуде между опорным и разностными маркерами.

#### 5.1.3 Измерение сигналов с малой амплитудой

Есть несколько способов измерения сигналов с малой амплитудой. Установите опорный уровень на значение -50 дБм или меньше. После этого прибор автоматически выберет настройки, обеспечивающие максимальную чувствительность. Использование внешнего источника опорной частоты и узких полос обзора (менее 1 кГц) также позволит улучшить точность измерений. Возможно применить усреднение для более стабильных показаний уровня сигнала.

## 5.2 Запись рабочей сессии

Панель проигрывателя позволяет записать в файл или воспроизвести рабочую сессию из файла, размер которого определяется значением **Preferences** → **Max Save File Size**. Длительность файла по времени будет зависеть от средней скорости развертки и параметров графика. Имя файла будет включать дату и время начала записи. Такой способ присвоения имен файлам позволяет избежать перезаписи нужных файлов. Запись сессии начинается сразу после нажатия кнопки «Запись» в панели проигрывателя. Все файлы сохраняются в папке «Мои документы» с расширением «.bbr».

При воспроизведении записанной сессии сохраняется вся функциональность программного обеспечения. Можно размещать маркеры, активировать отображение минимального, максимального или среднего уровня, отображать послесвечение или спектрограмму. Также можно прерывать проигрывание записанной сессии, переходить вперед или назад в пределах записи, используя бегунок или кнопки панели проигрывателя.



Совет:

Название сессии также записывается и отображается при воспроизведении. Для удобства в названии можно указать параметры измерений.

## 5.3 Запись квадратурных данных

**ВНИМАНИЕ!** Запись квадратурных данных может занять значительное место на жёстком диске, поэтому не рекомендуется использовать для записи системный диск C. Также рекомендуется соблюдать ряд правил, указанных в разделе **5.3.4 Рекомендации**.

В режиме работы с нулевой полосой обзора можно записывать квадратурные данные небольшой длительности. Данные записываются в двоичном формате или в текстовый файл с расширением .csv. Эти файлы можно использовать в сторонних программах, таких как Labview, Matlab, Excel.

Запись квадратур в режиме нулевой развертки осуществляется с помощью панели проигрывателя, расположенной под графиком спектра. Можно задать имя файла, выбрать папку для сохранения, задать длительность и тип записи.

Имя файла с квадратурными данными будет состоять из даты и времени начала записи. Это нужно для исключения возможности перезаписи файлов. Для каждой записи сохраняется два файла: XML-файл, в котором содержатся установки анализатора спектра, и CSV или двоичный файл с квадратурными данными. В случае сохранения двоичного файла, данные записываются в 32-битном формате, в CSV записываются текстовые значения квадратурных данных. Двоичные файлы имеют меньший размер, однако текстовые файлы более удобны для последующей обработки.

Запись квадратурных данных начинается по нажатию кнопки «Запись» на панели управления проигрывателем. Если установлен какой-либо триггер, запись начнется после его срабатывания.

Длина записываемого файла от 1 миллисекунды до 1 секунды. В случае текстового файла и больших полос анализа процедура записи файла на диск может занять несколько минут.

### 5.3.1 Запись

Запись квадратурных данных осуществляется с панели управления **Record IQ** в режиме с нулевой полосой. Данная панель управления позволяет настраивать параметры записи, перечисленные ниже:

- **Save Directory** – директория для сохранения файлов записи
- **File Prefix** – префикс имени файла при сохранении
- **Pre-trigger** – если включено срабатывание по запуску, данный параметр определяет количество выборок, идущих перед запуском, которые будут сохранены в файл. Они не учитываются при подсчёте размера файла
- **Capture Size** – минимальная продолжительность записи в один файл
- **Max Number of Files** – количество сигналов для записи

Обработка данных начинается по нажатию кнопки *Start* на панели управления **Record IQ**. Если тип события запуска установлен на *No Trigger*, то запись начинается немедленно. Если установлен либо *External Trigger*, либо *Video Trigger*, то запись начинается после события запуска. Если установлено условие запуска, и число файлов больше 1, то для начала записи в каждый файл необходимо, чтобы происходило событие запуска.

Графики в программе Spike не обновляются в режиме записи квадратурных данных, но на экран выводится статистика записи в файл.

### 5.3.2 Воспроизведение

Файл, записанный с помощью панели управления **Record IQ**, может быть воспроизведён посредством панели управления **Playback IQ**. Для воспроизведения необходимо загрузить файл по нажатию кнопки *Open File* и выбрать нужный файл XML. Воспроизведение должно начаться немедленно.

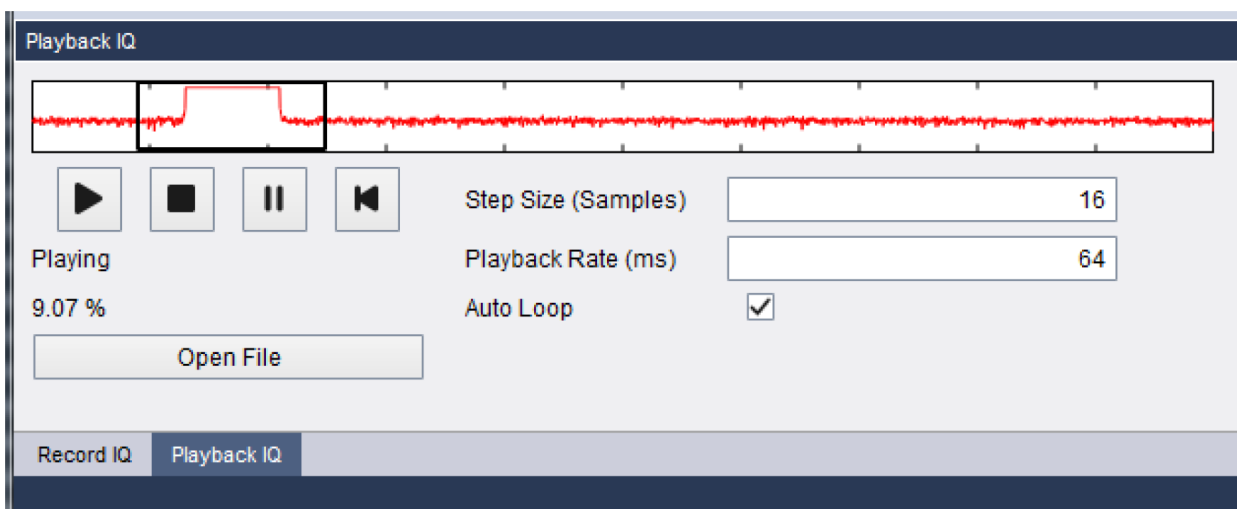


Рисунок 37. Интерфейс панели **Playback IQ** при воспроизведении файла.

Несколько инструментов существуют для проведения измерений при воспроизведении записи квадратурных данных:

- **IQ Scroll Bar** – предпросмотр всего записанного диапазона с возможностью быстрого выбора нужного региона для отображения

- **Step Size (Samples)** – количество выборок, на которое сдвигается воспроизводимый график при каждом шаге. Данный элемент управления доступен, если не выбрано срабатывание по запуску
- **Playback Rate (ms)** – скорость, с которой программа Spike обновляет график при загрузке данных из файла записи
- **Auto** – отключение данной опции позволяет просматривать записанный график в ручном режиме
- **Video Trigger** – если данная опция включена, программное обеспечение ищет в записанном файле условие запуска перед обновлением данных на графике. Если условие запуска не найдено, воспроизведение остановится в конце файла.

### 5.3.2.1 Использование панели управления воспроизведением для анализа записи

Чтобы начать воспроизведение, необходимо нажать кнопку *Open File* и выбрать нужный XML-файл.

Если программа Spike может открыть файл, то на панели управления **Playback IQ** появится диаграмма предпросмотра графика, под которой будет выведено сообщение *Playing* (воспроизведение).

Для просмотра в обычном режиме необходимо убедиться, что установлен режим *Auto* и отсутствует условие запуска (*No Trigger*). Окно отображения на панели предпросмотра должно передвигаться вправо вместе с обновлением графика на основном экране.

В любой момент пользователь может нажать кнопку *Single* на панели инструментов, чтобы остановить воспроизведение и управлять процессом покадрово в ручном режиме. Также можно перемещать окно на диаграмме предпросмотра для вывода на экран интересующего участка графика. При этом воспроизведение будет приостановлено до нажатия кнопки *Play*.

Для запуска по уровню необходимо убедиться, что параметры запуска установлены правильно, затем нажать кнопку *Single* и *Play*. Нажатие кнопки *Single* переместит просмотр на следующее событие запуска. Если событие запуска не найдено, окно обзора графика перемещается в конец файла.

В любом режиме просмотра на панели инструментов воспроизведения должно отображаться сообщение *Playing*. Если данное сообщение выводится, но данные графика не обновляются, необходимо убедиться, что не установлен режим *Single*.

При работе с большим файлом данных в режиме с запуском (*video trigger*) может возникнуть пауза при воспроизведении, когда программа находится в поиске следующей точки срабатывания условия запуска. Используя окно предпросмотра для перемещения в нужную область графика или работая с меньшими по объёму файлами можно сократить время поиска.

### 5.3.3 Формат файла квадратурных данных (IQ File Format)

Для каждой записи сохраняется два файла: XML-файл, в котором содержатся установки анализатора спектра, и CSV или двоичный файл с квадратурными данными. Файл XML содержит параметры захвата и обработки данных для восстановления спектра сигнала при воспроизведении. Список параметров приведён ниже:

- **DeviceType** – используемая модель анализатора спектра
- **SerialNumber** – серийный номер используемого устройства
- **DataType** – значение должно быть «Complex Short» для обозначения двоичного формата файла квадратурных данных
- **ReferenceLevel** – опорный уровень (дБм), установленный в программе Spike
- **SampleRate** – скорость выборки (Гц) квадратурных данных
- **Decimation** – значение (степень числа 2), определяющее прореживание полной выборки квадратурных данных (40 MS/сек для VB60C и 486111kS/сек для SA44/SA124)
- **IFBandwidth** – частота среза квадратурного полосового фильтра
- **ScaleFactor** – степень масштабирования для перевода амплитуды в мВт
- **IQFileName** – полный путь к двоичному файлу квадратурных данных. Если пользователь перемещает файл данных, он должен обновить это поле, иначе программа Spike не сможет воспроизвести файл
- **EpochNanos** – количество наносекунд, прошедших с 1 января 1970 года. Чаще всего обозначается как «отметка времени Unix». Определяет момент времени захвата первой выборки в файле
- **SampleCount** – число квадратурных пар в бинарном файле данных
- **PreviewTrace** – значения, используемые для создания картины предпросмотра. Значения выбираются как максимальные (max hold) из полной выборки

Бинарный файл содержит 16-битное значение *SampleCount* числа квадратурных данных. Данные отсортированы слева направо от младшего байта к старшему:

$I_1, Q_1, I_2, Q_2, \dots, I_n, Q_n$

Значения хранятся в полном диапазоне от -32 768 до +32 767, отображая значения с плавающей точкой от -1,0 до +1,0. Чтобы восстановить исходные значения, необходимо провести следующие операции:

- 1) Считать из бинарного файла 16-битные комплексные значения со знаком
- 2) Конвертировать полную шкалу целочисленных квадратурных значений в шкалу от -1,0 до +1,0
- 3) Умножить каждое значение квадратур на обратное от значения масштаба (*ScaleFactor*) в файле XML
- 4) Выборка квадратур таким образом будет приведена к мВт, где  $I^2 + Q^2 = \text{мВт}$

### 5.3.4 Рекомендации

При записи квадратурных данных необходимо соблюдать некоторые предосторожности для обеспечения целостности и отсутствия ошибок записи. Ниже приведён перечень рекомендаций для работы в этом режиме в программе Spike:

1) Сохранять файлы записи квадратурных данных следует на диске, который не является системным (не на диске C). В случае, когда место на системном диске заполнено, могут возникать ошибки в работе операционной системы (ОС). Для стабильной работы ОС Windows необходимо, чтобы в любой момент времени на системном диске было свободно 15-20% дискового пространства.

2) С помощью простой формулы можно рассчитать ожидаемый размер файла записи квадратурных данных:

$$\text{Размер файла (байт)} = \text{SampleRate (S/сек)} \cdot \text{Время записи (сек)} \cdot 4$$

Например, пятисекундная запись с помощью анализатора VB60C с полной выборкой займёт  $40 \text{ MS/сек} \cdot 5 \text{ сек} \cdot 4 = 800 \text{ МБайт}$

3) Необходимо убедиться, что скорость записи жёсткого диска превышает скорость захвата данных приёмника. Для многих скоростей выборки анализатора VB60C стандартной скорости записи жёсткого диска будет недостаточно для записи продолжительных потоков данных. Это приведёт к появлению пропусков, что повлияет на качество измерений. Оценка необходимой скорости записи проводится по следующей формуле:

$$\text{Скорость записи (байт/сек)} = \text{Скорость выборки} \cdot 4$$

Скорость записи жёсткого диска должна в значительной мере превышать полученное значение. Для самых высоких скоростей выборки VB60C необходимы твердотельные жёсткие диски в конфигурации RAID.

4) Для максимизации контроля за записью данных рекомендуется присутствие оператора измерительного оборудования. В случае, когда захват будет происходить по событию запуска, целесообразно проверить данный режим на известных тестовых сигналах, прежде чем запускать долговременный процесс записи данных.

## 5.4 Захват сигналов

Данные графика спектра могут быть сохранены в CSV-файл для дальнейшей обработки. Для этого следует воспользоваться кнопкой **Trace Export** на панели управления. Отображаемый график будет экспортирован в файл для дальнейшей обработки или построения графиков.

Иногда достаточно сложно сразу захватить необходимый сигнал, особенно если он кратковременный или непериодический. Для решения этой проблемы можно воспользоваться записью и воспроизведением сессии. Записав нужный кратковременный сигнал в файл, затем можно воспроизвести его, остановить запись в интересующем месте и произвести экспорт спектрограммы в файл.

Другой способ для наблюдения кратковременных сигналов – захват минимальных и максимальных значений (**Min Hold**, **Max Hold**). В этих режимах запоминаются минимальные и максимальные значения сигналов за некоторое время. Экстремумы отображаются на отдельном графике спектра.

## 5.5 Измерение мощности в канале

С помощью панели управления мощно запустить утилиту измерения мощности в канале. Для запуска утилиты необходимо задать полосу частот, мощность в которой требуется измерить. Также следует определить расстояние между соседними каналами. Как правило (но не всегда) между каналами существует защитный интервал частот, мощность в котором не измеряется.

На рисунке ниже представлен результат работы утилиты для канала с шириной 180 кГц и расстоянием между каналами 200 кГц. В центральном канале отображается сигнал радиостанции с частотой 101,1 МГц. Мощность в каждом канале суммируется, и результат отображается вверху экрана.

Также отображается мощность в соседних каналах и разность между мощностями в основном и соседних каналах. Из иллюстрации видно, что часть мощности основного канала «проникает» в соседние.

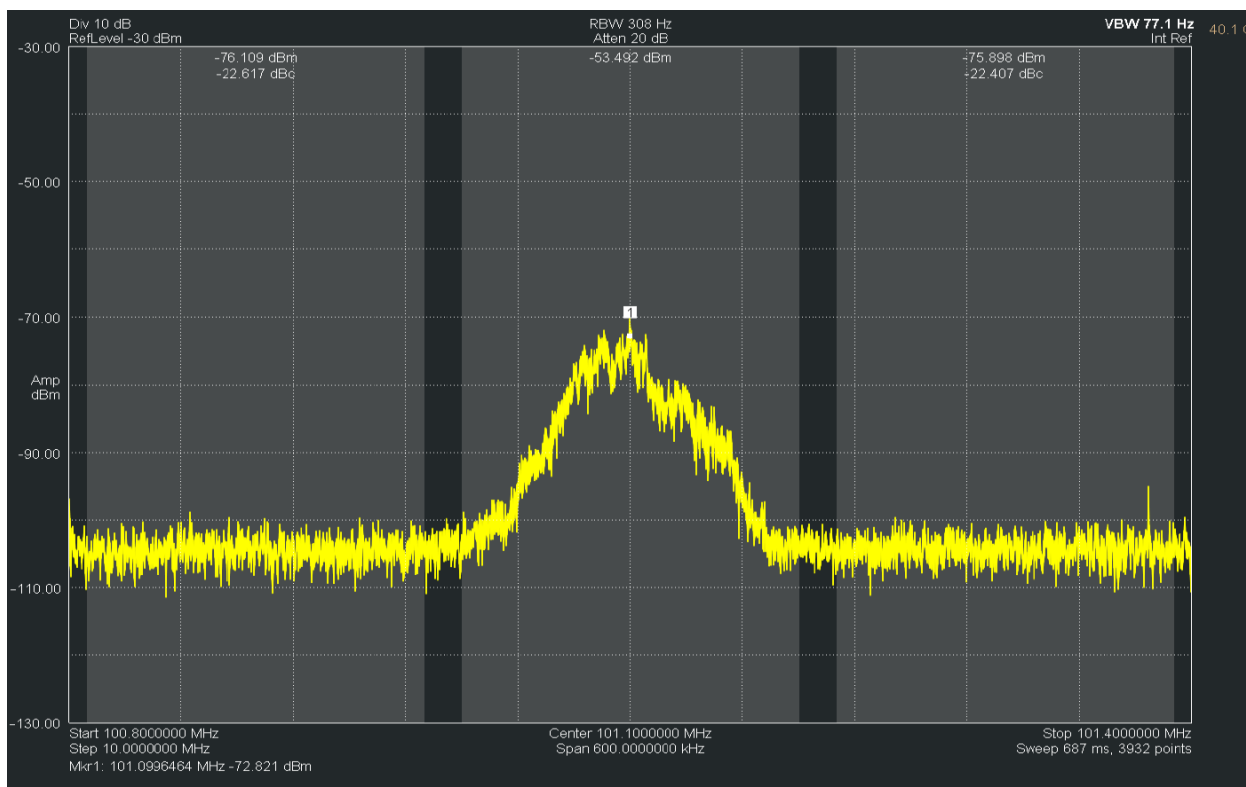


Рисунок 38. Окно утилиты измерения мощности в канале.

Для обеспечения более точных измерений рекомендуется установить следующие значения детектора: **Average, Power**, и выключить подавление паразитных составляющих **Spur reject = OFF**. Также рекомендуется использовать оконную функцию Наталла для более точного измерения мощности. Программное обеспечение автоматически установит большинство нужных параметров.

## 5.6 Использование смещения опорного уровня

При измерениях сигнала, амплитуда которого была изменена аттенюатором или усилителем, удобно воспользоваться функцией смещения уровня на нужную величину в программе Spike.

Для правильного отображения сигнала сначала необходимо выставить значение смещения, а затем установить опорный уровень на нужное значение. Например, при измерениях сигнала мощностью 30 дБм, который был подавлен аттенюатором на 40 дБ, сначала устанавливается смещение 40 дБ, а затем указывается опорный уровень 30 дБм.

## 5.7 Маркеры шума

Измерения шумов проводятся с помощью маркеров шума в программе Spike. Чтобы включить данный тип измерений, в режиме свипирования или в режиме с нулевой полосой необходимо установить тип маркера **Noise** и разместить его на графике. Для наиболее точных измерений устанавливается усреднение по уровню (average video) и выбирается отображение величины сигнала в единицах мощности.

Измерения шумов приводятся к полосе 1 Гц и учитывают погрешность измерений из-за усреднения. Формула, используемая для расчёта плотности мощности шума приведена ниже:

$$P_{dBm/Hz} = 10 * \log_{10} \sum_{f1}^{f2} \left( \frac{P_{mW}}{Span_{HS} * NBW} \right) + C_{dB}$$

где NBW равно ширине оконной функции фильтра RBW. f1 и f2 – частоты, отстоящие на половину деления влево и вправо от частоты маркера. C – константа, равная 0,0 в случае, когда выбраны единицы мощности, C = 2,51 в случае, когда используется логарифмическая шкала мощности и C = 1,05 в случае, когда значения выражены в вольтах.

## 5.8 Тип фильтра RBW

Выбор типа фильтра RBW влияет на то, как анализатор спектра достигает нужной полосы анализа. Разные типы фильтров имеют разные оконные функции, определяющие ширину полосы. Не все типы доступны для выбора в различных моделях анализаторов или в различных режимах работы. Далее приводится краткое описание типов фильтров:

- **с плоской вершиной (Flat Top)** – в случае использования данного типа фильтра для достижения указанной полосы RBW применяется оконная функция с плоской вершиной и переменной полосой, определяемой по уровню 3 дБ. Данный тип фильтра рекомендован для наиболее точных измерений, так как обладает минимальными потерями на преобразовании
- **Натталла (Nuttall)** – для данного типа фильтра используется оконная функция Натталла с фиксированной полосой, определяемой по уровню 3 дБ, и функции БПФ (их число равно степеням числа 2) с дополнением нулями для обеспечения дискретных значений RBW. Окна Натталла обеспечивают наибольшую скорость свипирования с наименьшим количеством точек для достижения нужной полосы анализа RBW. При этом потери на преобразовании достаточно велики и составляют около 0,8 дБ
- **CISPR** – при выборе данного типа фильтра анализатор использует окно Гаусса с полосой по уровню 6 дБ и дополнением нулями для достижения нужной полосы анализа (RBW). Данный тип фильтра обычно используется для измерений ЭМС



## 5.9 Использование утилиты измерительного приемника

В ПО Spike™ встроен измерительный приемник для измерений с отслеживанием перестройки несущей. Эти измерения используются для проверки аттенуаторов, генераторов или других устройств.

Такие измерения позволяют более точно измерять уровень сигнала и значение частоты, чем при стандартном анализе спектра. Также этот режим позволяет измерять низкие значения уровня сигнала.

Утилита запускается после выбора пункта меню **Utility** → **Measuring Utility**. После запуска утилиты отображается окно, показанное ниже:

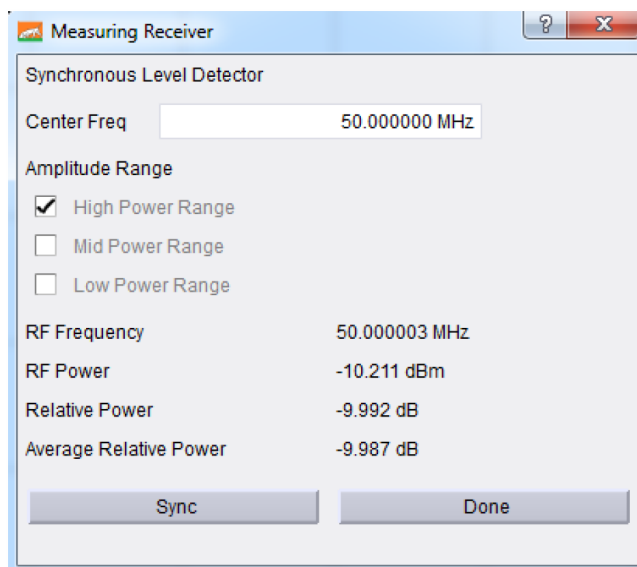


Рисунок 39. Интерфейс утилиты измерительного приемника.

### 5.9.1 Последовательность действий при измерениях

В этом разделе описан алгоритм работы с измерительным приемником.

1. Подключите прибор к ПЭВМ и запустите программное обеспечение Spike™. Выберите **Measuring Receiver** из меню **Utilities**.
2. После запуска утилиты происходит калибровка устройства, которая занимает около 3 секунд. После завершения калибровки подключите исследуемое устройство к входу анализатора спектра.
3. Подготовьте исследуемое устройство, установив на нем максимальную выходную мощность и требуемую частоту. Убедитесь, что на выходе исследуемого устройства немодулированный сигнал.
4. В программном обеспечении установите центральную частоту и нажмите кнопку **Sync** для перестройки анализатора спектра. Обратите внимание, что для корректной работы утилиты необходимо, чтобы введенная частота не сильно отличалась от частоты, которую формирует исследуемое устройство. После этого шага проверьте корректность показаний частоты и мощности измерительного приемника. Относительная мощность (**Relative Power**) должна иметь значение, близкое к нулю. Далее можно изменять мощность и проводить измерения. Следующие шаги нужно повторить для каждого значения мощности.
5. Уменьшите уровень выходного сигнала исследуемого устройства на величину не более 10 дБ.

6. Запишите показания измеренной мощности.
7. Если программное обеспечение предлагает произвести повторную калибровку, проведите её. Калибровка занимает около 3 секунд и необходима для обеспечения точности измерений.
8. Вернитесь к шагу 5.

В любое время можно прервать тест, настроить прибор на другую центральную частоту или нажать кнопку **Sync** и повторить измерения, начиная с шага 3.

Будьте внимательны, если возникнет предупреждение о перегрузке ПЧ. Это значит, что выходная мощность исследуемого устройства велика для выбранного диапазона мощностей. Чтобы избежать этого предупреждения, можно уменьшить мощность исследуемого устройства и нажать кнопку **Sync**, что приведет к переходу анализатора спектра в режим работы с максимальной входной мощностью.

При уменьшении мощности исследуемого устройства может появиться сообщение о переходе в другой диапазон мощностей. Диапазоны мощностей ограничены, и данное сообщение возникает при переходе границы между соседними диапазонами. Чтобы избежать этого сообщения можно постепенно увеличивать мощность исследуемого устройства до перехода в другой диапазон.

## **5.10 Несколько советов для повышения качества измерений**

В анализаторы спектра Signal Hound встроены регулируемые предусилитель и аттенуатор. Их настройки в общем случае устанавливаются программным обеспечением автоматически. Несмотря на то, что программное обеспечение предоставляет возможность ручной установки усиления и ослабления пользователю, почти для всех случаев измерений рекомендуется устанавливать автоматическую регулировку. При ручной установке возможно такое сочетание параметров, в результате которого точка компрессии окажется ниже опорного уровня, что приведет к появлению в спектре паразитных составляющих и увеличению уровня шума.

В некоторых случаях пользователю необходимо увеличить ослабление аттенуатора на 5 или 10 дБ для увеличения линейности. Это может быть важно для снижения уровня интермодуляционных искажений. В этом случае рекомендуется не изменять настройки аттенуатора, а изменить опорный уровень.

Для повышения чувствительности и снижения шумовой полки устанавливайте опорный уровень чуть больше, чем максимальный уровень сигнала. Для улучшения линейности и снижения интермодуляционных искажений устанавливайте опорный уровень на 10...20 дБ выше уровня сигнала.

Для узкополосных и немодулированных сигналов шумовая полка снижается примерно на 3 дБ при каждом уменьшении полосы анализа (**RBW**) на один шаг. Рекомендуется использовать узкие полосы анализа для измерения немодулированных сигналов низкого уровня.

Для повышения чувствительности рекомендуется устанавливать опорный уровень на значение -50 дБ или меньше. При этом величина ослабления аттенуатора автоматически устанавливается на минимум, а усиление предусилителя на максимум.

Когда выбирается детектор среднего (**average**) значения, это эквивалентно установке минимальной полосы видеофильтра (**VBW**). Такая установка обеспечивает минимальный уровень шумовой полки, но при этом усредняются и импульсные сигналы. Для измерения импульсных или прерывистых сигналов рекомендуется устанавливать детектор в режим **MAX** или **MIN/MAX** с автоматическим выбором полосы видеофильтра.

Для измерения средней мощности детектор следует установить в режим «**Average**» и «**Power**». В случае модулированного сигнала убедитесь, что полоса анализа (**RBW**) больше частоты модуляции. Также возможно разместить модулированный сигнал в центре экрана и воспользоваться утилитой измерения мощности в канале.

## 6 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

В ПО Spike™ встроено множество полезных утилит. Их описание приводится ниже.

### 6.1 Печать

С помощью пункта меню **File** → **Print** можно распечатать данные, отображенные на спектрограмме. Печать должна производиться тогда, когда спектрограмма не обновляется. Используйте предпросмотр печати, чтобы убедиться в том, что будут распечатаны необходимые данные. Также рекомендуется перед печатью установить специальную цветовую схему для принтера, используя пункт меню **View** → **Colors**.

### 6.2 Сохранение изображений

Используя пункт меню **File** → **Save to Image**, можно сохранить спектрограмму в графический файл с расширением PNG, JPG или BMP. В файл будет сохранен текущий вид спектрограммы, поэтому перед сохранением максимизируйте размер окна и минимизируйте элементы управления, чтобы получить рисунок спектра в максимальном разрешении. Изображение будет содержать выбранную цветовую схему.

### 6.3 Потери в тракте, граничные линии и коэффициент передачи антенны

Используя пункт меню **File** → **Import**, можно импортировать таблицы коррекции (path loss) и линий минимумов/максимумов (limit line) из простых файлов .csv. CSV – формат таблицы, в котором значения разделены запятыми (Comma Separated Value). Типичный вид содержания такого файла приведён ниже:

```
23.56, 32  
123.45, 512  
...
```

В каждой строке содержится два или более значений, разделённых запятой, и «символ переноса» в конце строки. Данные файлы могут быть созданы с помощью простого текстового редактора или программ работы с таблицами типа Microsoft Excel.

Для таблиц коррекции используются файлы CSV с двумя значениями в каждой строке. Первое число – значение частоты в мегагерцах, второе – величина коррекции в децибелах. Значения частоты должны быть указаны по возрастанию. На основе указанных корректирующих значений в программе проводится линейная интерполяция. Первое и последнее корректирующие значения определяют постоянную величину коррекции в частотных диапазонах ниже и выше указанного в таблице. Пример построения таблицы коррекции и результирующий график приведены ниже:

732	0
738	2

Исходя из этих значений, график коррекции, применяемый к входным сигналам в диапазоне 10 МГц с центральной частотой 735 МГц, будет иметь такой вид:

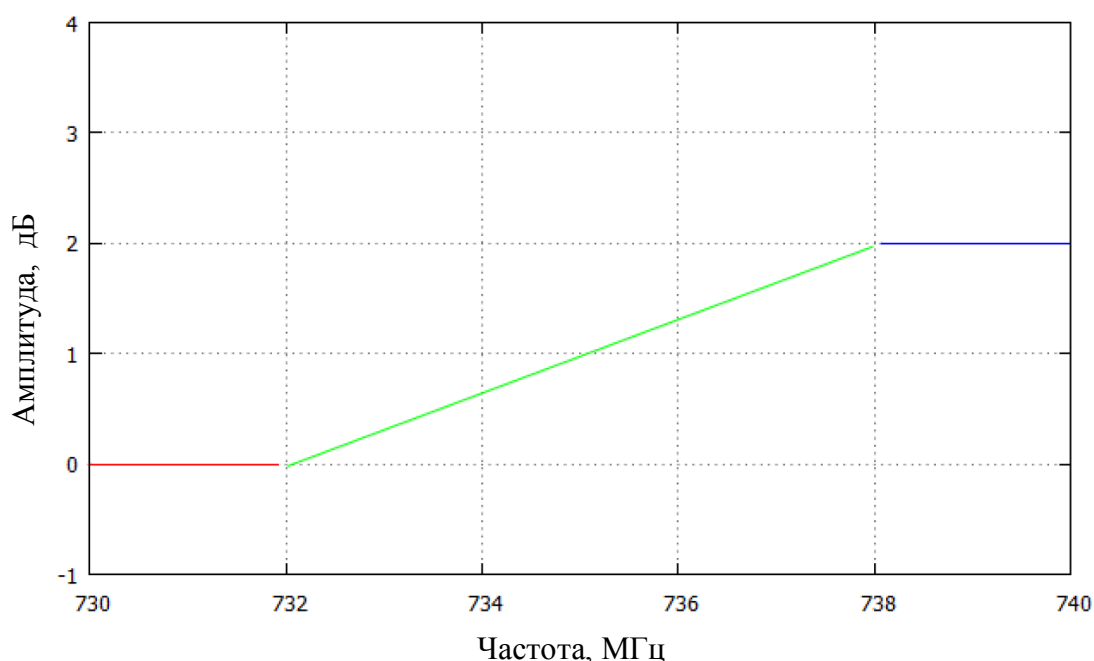


Рисунок 40. График коррекции измерений.

Видно, что на участке между двумя указанными точками корректирующие значения получаются с помощью линейной интерполяции.

Формат таблицы для линий минимумов/максимумов имеет тот же вид. Каждая строка содержит два или три значения. Если необходимо указать только значение линии максимума, в строке будет два значения. Если же указывается значение обоих линий, то три. Первое значение – частота в мегагерцах, второе значение (опционально) – минимальная амплитуда, выраженная в дБм и третье – максимальная амплитуда в дБм.

Ограничительные линии рисуются на спектрограмме, и каждый сигнал сравнивается с заданными значениями. На экран выводится сообщение, характеризующее отображаемый в данный момент сигнал по критерию прохождения в рамках указанных минимумов и максимумов.

## 6.4 Управление таблицами коррекции

Элементы управления таблицами потерь позволяют настраивать до 7 таблиц потерь в тракте (loss table) и одну таблицу коэффициентов антенны (antenna factor table). Таблица потерь в линии представляет собой пары значений [Частота (МГц), Усиление (дБ)], которые описывают частотный отклик системы. Обычно они используются для учёта кабелей, усилителей или аттенуаторов в цепи. Таблица поправочных коэффициентов антенны (Antenna factor table) представляет собой пары значений [Частота (МГц), коэффициент передачи (дБ/м)], которые описывают частотный отклик антенны. Только одна таблица антенны может быть загружена в программу.

См. раздел 6.3 Потери в тракте, граничные линии и коэффициент передачи антенны.

Таблицы загружаются или убираются через меню программы. Имена файлов таблиц сохраняются в предустановках и автоматически загружаются при запуске программы. Если изменилось имя файла или его местоположение с момента последнего сохранения, он убирается из предустановок.

### 6.4.1 Применение таблиц коррекции

Таблицы потерь в тракте и таблицы антенн могут применяться двумя путями:

- 1) **Полный** – таблицы коррекции применяются к каждой точке в измерениях
- 2) **Единичный** – коррекция применяется к единственной частоте диапазона.

Обычно корректируются параметры центральной частоты измерений. Это эквивалентно смещению всех измерений на фиксированное значение в дБ.

Каждый режим измерений в Spike применяет корректирующие таблицы по одному из указанных выше путей. В таблице 5 перечислены виды измерений и способ применения таблиц коррекции в каждом из них.

Таблица 5 – Виды измерений и применение таблиц коррекции

Режим измерений	Применение таблиц коррекции
Сви́пирование	Полное
Анализ реального времени	Единичное
Анализ с нулевой полосой	Единичное
Анализ гармоник	Полное
Скалярный анализ цепей	Полное
Измерения фазового шума	Нет
Анализ модуляции	Единичное
Измерения ЭМС	Сви́пирование: Полное, Детектор: Единичное
Аналоговая демодуляция	Единичное
Поиск помех	Полное
Измерительный приёмник	Нет

## 6.5 Аудиопроигрыватель

В меню **Utilities** → **Audio Player** находится подпрограмма проигрывания радиовещательного сигнала. При использовании данной функции появится диалоговое окно, приведенное на рисунке ниже:

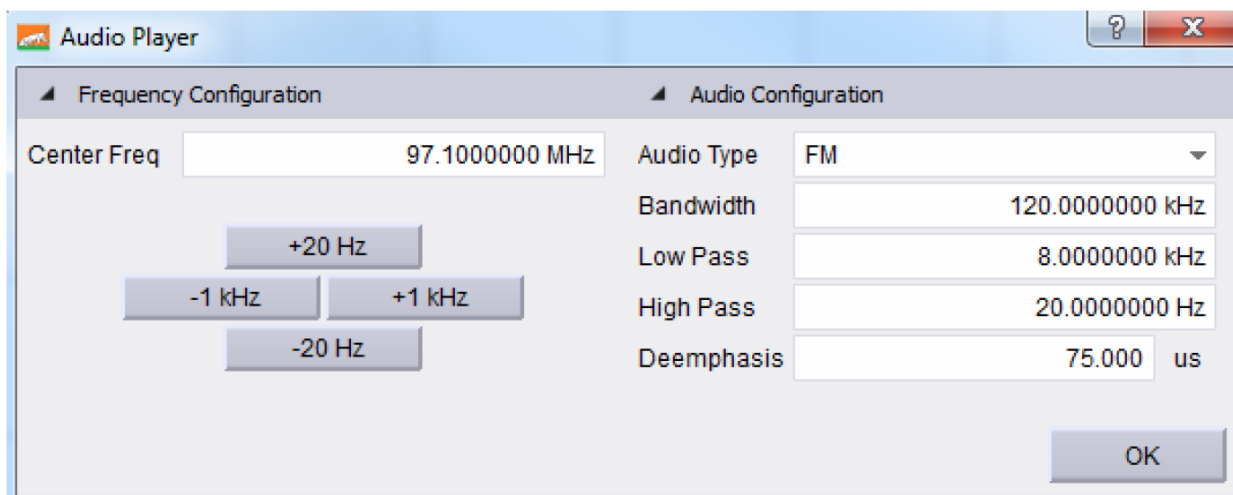


Рисунок 41. Окно утилиты аудиопроигрывателя.

Изменение центральной частоты можно производить с помощью клавиш-стрелок на клавиатуре, нажатием кнопок точной подстройки в программе или же с помощью ручного ввода частоты в соответствующем поле. Начальная частота при запуске данной подпрограммы является центральной частотой спектрограммы, отображённой на экране перед тем, как пользователь выбрал из меню функцию **Audio Player**. Пользователь также может менять полосу частот, параметры демодуляции, а также параметры фильтров нижних и верхних частот аудиосигнала.

Все параметры установок аудиосигнала, за исключением центральной частоты, сохраняются.



Совет:

Возможно использовать режим поиска сигнала (**sweep mode**) для нахождения сигнала радиопередачи, а затем запустить проигрыватель, чтобы начать прослушивание на данной частоте.

## 6.6 Разностный измеритель частот

Программа Spike предоставляет утилиту измерения разности частот для двух постоянных сигналов. Разностная частота отображается в виде числа и графика с центром 0 Гц и выбираемым масштабом  $\times 10^6$ ,  $10^7$ ,  $10^8$ ,  $10^9$ ,  $10^{10}$  и  $10^{11}$ . Разностный измеритель работает со всеми частотами в диапазоне измерений анализатора спектра. Данная функция помогает провести измерение характеристик и подстройку пользовательского генератора.

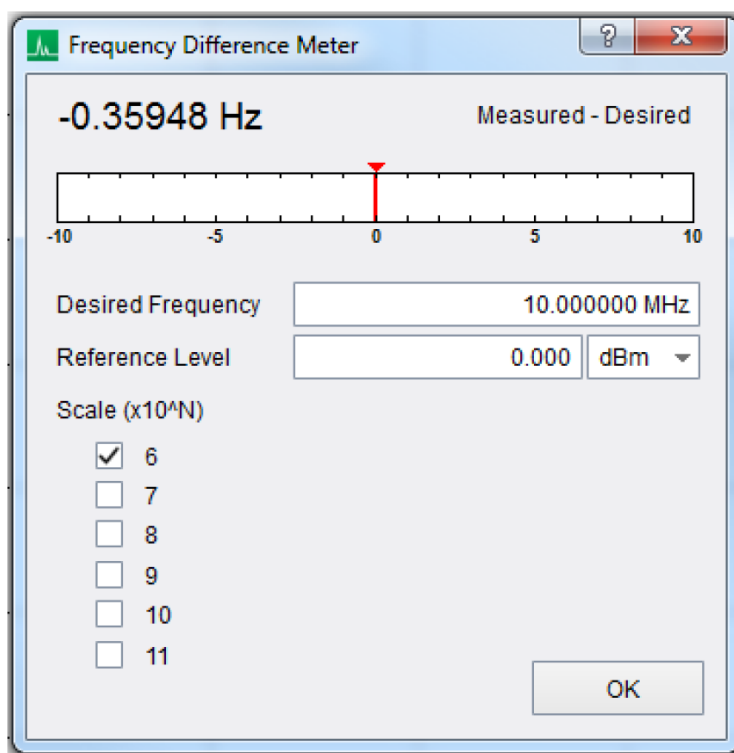


Рисунок 42. Утилита разностного измерителя частоты.

Для использования утилиты необходимо подключить внешний источник опорного сигнала ко входу BNC анализатора спектра и включить режим с внешней опорой в программе. Если внешний источник не подключен, в качестве сигнала будет использован внутренний опорный генератор. Исследуемый генератор подключается на вход RF анализатора спектра. В поле ввода утилиты указывается ожидаемая частота, а опорный уровень устанавливается примерно на 5 дБ выше уровня входного сигнала. При этом отображается разностная частота (измеренная минус ожидаемая). При подстройке исследуемого генератора можно менять масштаб отображения частоты для более удобного наблюдения. При увеличении масштаба увеличивается время измерения разностной частоты, достигая нескольких секунд.

## 6.7 Подстройка опорной частоты

Подстройка опорной частоты с помощью специальной утилиты позволяет настраивать внутренний опорный генератор анализатора спектра. Утилита доступна через меню **Utilities** → **Timebase Adjustment**.

Утилита позволяет подстраивать внутренний опорный генератор под высокоточный внешний генератор постоянного синусоидального сигнала, подключаемый через входной разъем RF анализатора. Информация о необходимой подстройке сохраняется в программе Spike и привязывается к серийному номеру устройства. При подключении другого устройства подстройка производится не будет.

Если пользователь захочет восстановить заводские настройки анализатора, достаточно просто нажать на кнопку **Restore Defaults**. Для восстановления настроек не нужно подключать внешний генератор.

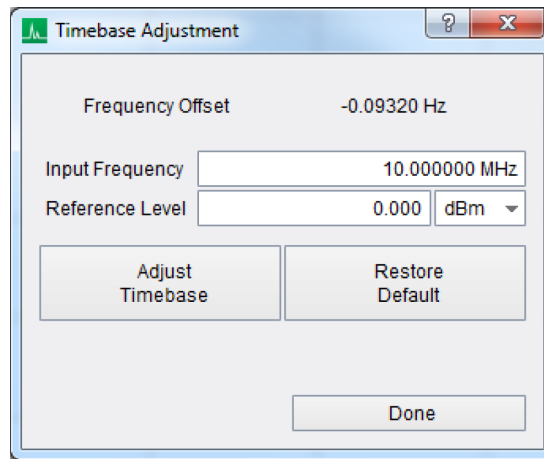


Рисунок 42. Утилита подстройки опорной частоты.

Процесс настройки опорной частоты состоит из следующих действий:

- Подсоединение высокоточного генератора ко входу RF анализатора спектра
- Отсоединение любых кабелей, подключенных к опорному порту BNC
- Установка уровня опорного сигнала (reference level) на 5 дБ выше уровня сигнала генератора
- Установка входной частоты (input frequency) на частоту сигнала генератора
- Разностная частота (frequency offset) должна быть стабильной и находиться в разумных пределах до подстройки частоты
- Нажатием кнопки **Adjust Timebase** производится подстройка частоты внутреннего опорного генератора анализатора спектра
- После подстройки значение **Frequency Offset** отображает новое разностное значение

## 6.8 Подавление паразитных составляющих спектра

Если при измерениях включена опция подавления ПСС, то дополнительная обработка принятого сигнала позволяет убрать из спектра продукты смещения частот. Данная опция примерно в два раза увеличивает время свипирования и хорошо подходит для изучения постоянных сигналов. При исследовании импульсных или модулированных сигналов включать подавление ПСС не следует. Также данная опция недоступна в режиме измерений реального времени.

## 6.9 Синхронизация с GPS

Данный раздел относится только к анализатору спектра SM200A.

SM200A может использовать внутреннюю систему GPS для синхронизации собственной тактовой частоты. Это позволяет проводить более точные и стабильные измерения, а также выставлять более точные отметки времени при работе с API. Синхронизация по GPS включена по умолчанию, и пользователю необходимо только подсоединить антенну, чтобы запустить процесс.

В программе Spike при работе с SM200A появляется дополнительное информационное поле, показывающее состояние GPS.



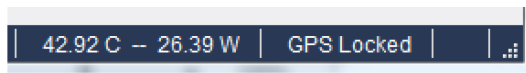


Рисунок 43. Статус системы GPS анализатора спектра.

Три возможных статуса GPS:

- **GPS Unlocked** – обозначает либо неподключённую антенну, либо отсутствие захвата сигнала GPS. После подключения антенны захват занимает несколько минут. Если в течение длительного времени не происходит захвата, необходимо поменять позицию антенны
- **GPS Locked** – сигнал GPS захвачен, но внутренний генератор ещё не синхронизирован с ним. Захват частоты должен сохраняться в течение нескольких минут, чтобы произошла синхронизация
- **GPS Disciplined** – анализатор SM200A синхронизирован с GPS. Если антенна остаётся подключена, устройство будет продолжать синхронизацию.

Как только синхронизация произошла, программа записывает последнее корректировочное значение по времени, которое будет использовано при следующих запусках программы в отсутствие сигнала GPS. Значение сохраняется в файле с названием вида sm#####gps.bin по адресу C:\ProgramData\SignalHound\cal\_files. Данная папка является скрытой (можно открыть в настройках директорий Windows). Файл синхронизации не влияет на работу программы, поэтому может быть удалён при желании.

Ниже приведена диаграмма состояния устройства SM200A, описывающая принцип его взаимодействия с системой GPS. При производстве устанавливается заводское корректировочное значение (holdover value), сохраняющееся до первой синхронизации с GPS. При любой новой синхронизации значение будет перезаписываться.

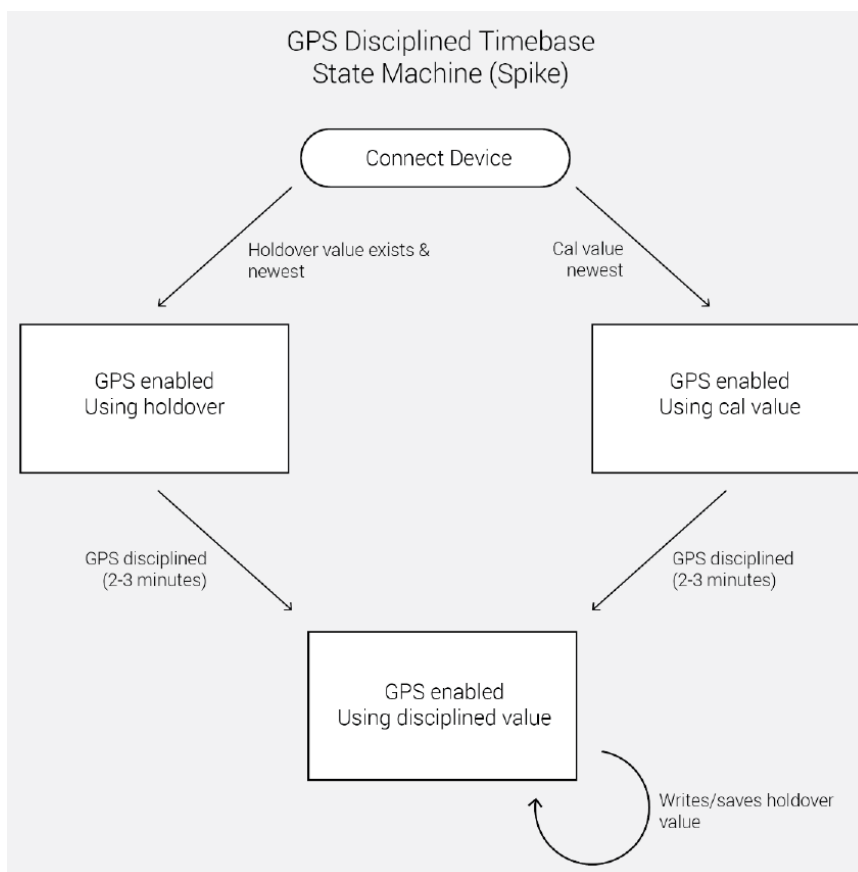


Рисунок 44. Принцип синхронизации с системой GPS.

## 7 РЕЖИМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ СИГНАЛА

ПО Spike™ позволяет представить спектр сигнала множеством способов. Каждый тип отображения может быть полезен для различных целей. Ниже приведено описание некоторых из них.

### 7.1 Спектрограмма

Программа Spike имеет режим представления сигнала в виде «трёхмерной» спектрограммы, или «диаграммы-водопада», которая отображает результаты сразу нескольких свипирований по времени. Спектрограмма доступна в режиме обычного свипирования, анализа в реальном времени и в режиме поиска помех.

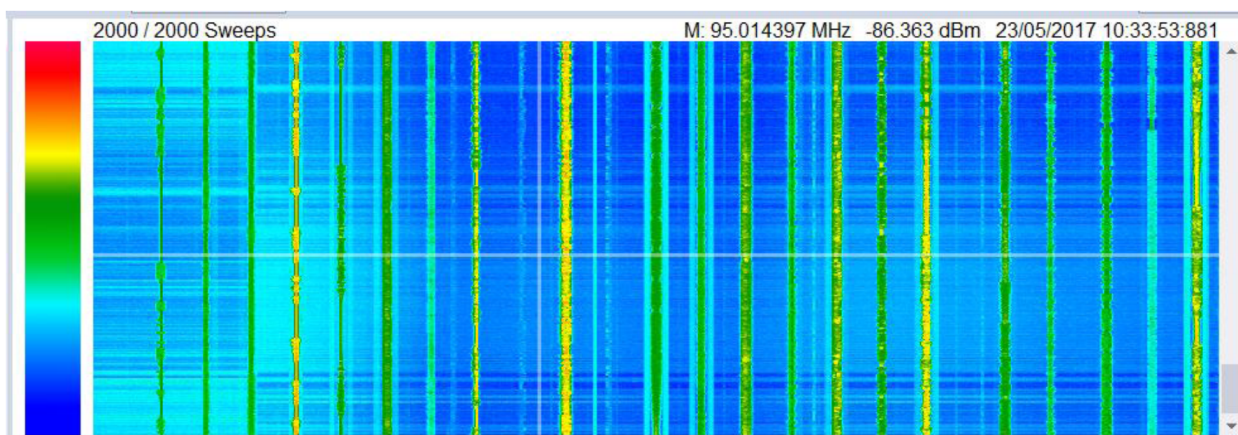


Рисунок 45. «Трёхмерная» спектрограмма сигнала.

Спектрограмма сохраняет заданное количество свипирований на экране с прокруткой. Каждая горизонтальная линия обозначает одно свипирование диапазона. По оси X откладывается частота, а по Y – время. Амплитуда сигналов отображается цветовой гаммой.

Спектрограмма включается кнопкой на панели инструментов. Окно для отображения может быть растянуто в вертикальной плоскости с помощью мыши.

Нажатие ЛКМ на спектрограмме располагает маркер на выбранном свипировании, отображая частоту, амплитуду и время в верхнем правом углу спектрограммы. Маркер может быть отключен через контекстное меню, вызываемое нажатием ПКМ.

Контекстное меню предоставляет пользователю следующие функции:

- **Sweep Depth** – количество свипирований в спектрограмме. По достижении этого значения самые поздние результаты свипирований будут замещаться новыми. Каждая горизонтальная линия обозначает одно свипирование. Текущее и максимальное значения свипирований отображаются в левом верхнем углу спектрограммы
- **Time Density** – минимальное количество времени, отображаемое одним свипированием. Если время свипирования меньше данного значения, то проводится несколько измерений, складывающихся в итоговую линию на спектрограмме
- **Mouse Wheel Scroll Pixels** – скорость прокрутки спектрограммы с помощью колёсика мыши

- **Auto Scrolling** – данная опция задаёт поведение спектрограммы. Если она отключена, спектрограмма не прокручивается вперёд при добавлении новой линии измерений. Когда будет достигнуто предельное значение количества измерений, спектрограмма будет прокручиваться вперёд вне зависимости от данной установки
- **Marker Active** – включает или выключает маркер на спектрограмме

## 7.2 Послесвечение

Отображение послесвечения позволяет оценить изменения с течением времени. Данный вид представления спектра использует несколько сканирований для создания графика изменения спектра сигнала. Если сигнал в данном диапазоне возникает редко, он отображается синим цветом. При более частом детектировании сигнала цвет меняется на желтый и красный.

Послесвечение может быть представлено в двух видах: стандартном и в реальном времени. Для стандартного вида послесвечение формируется на основе последних сканирований диапазона, как показано на рисунке ниже:

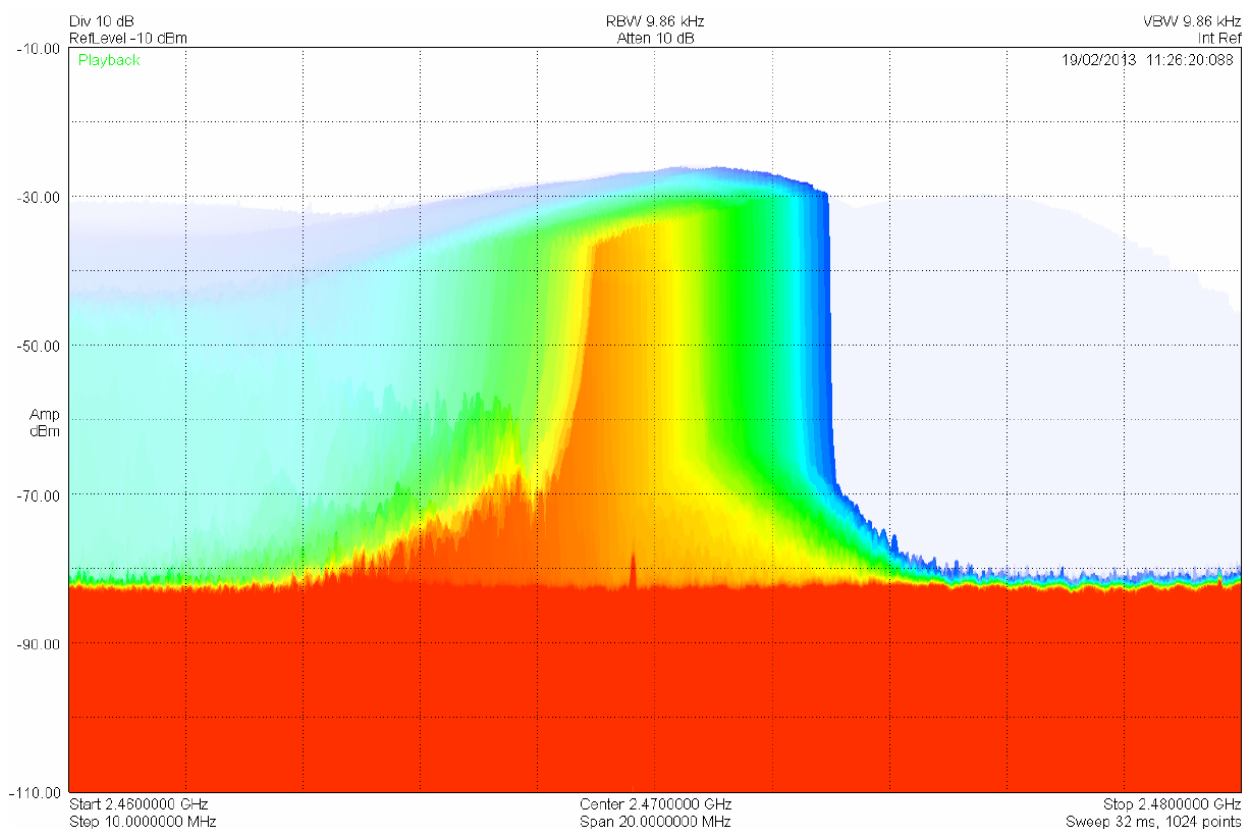


Рисунок 46. Спектрограмма сигнала с эффектом послесвечения.

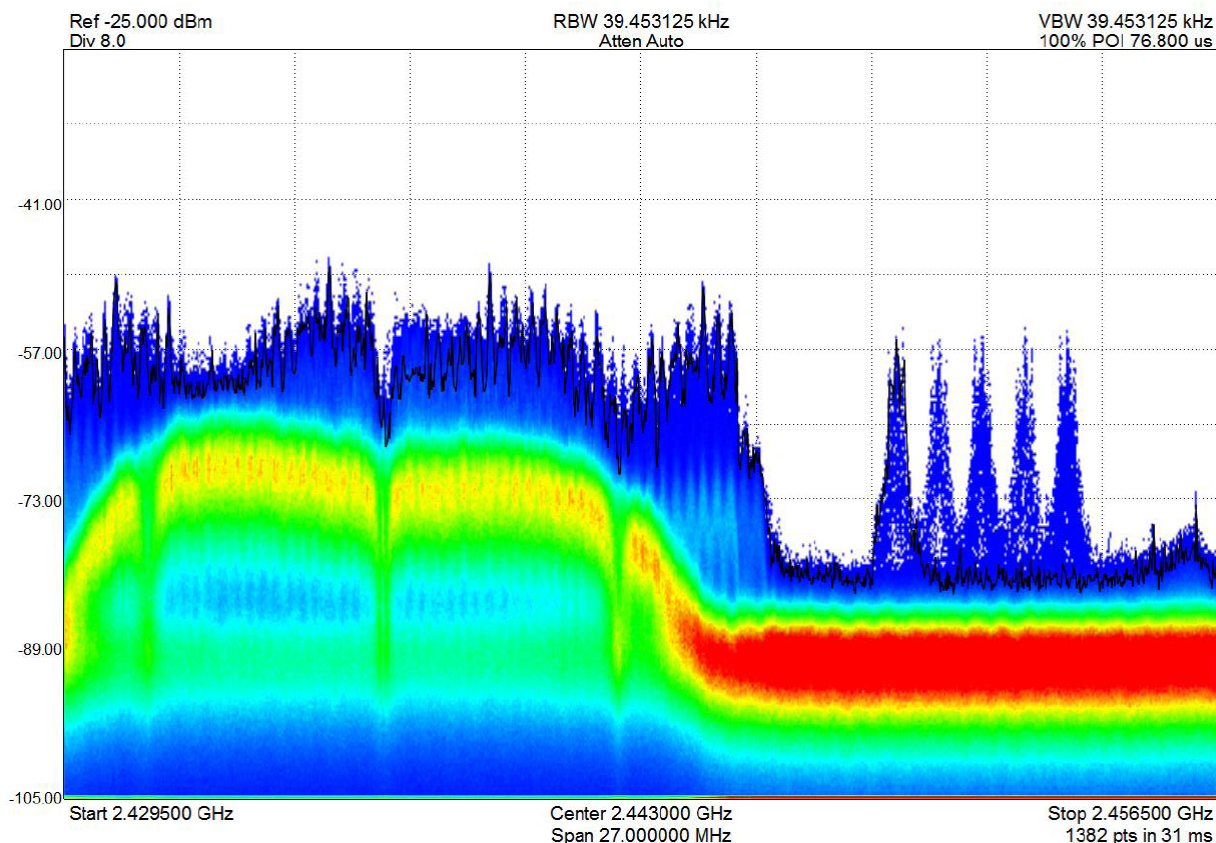


Рисунок 47. Спектрограмма сигнала с эффектом послесвечения в режиме реального времени.

В режиме реального времени послесвечением отображается изменение спектра за 2/3 секунды сбора спектральной информации. Каждое обновление спектрограммы является суммированием 1 600 – 400 000 БПФ.

## 8 УСТРАНЕНИЕ НЕПОЛАДОК

Если вы столкнулись с неполадками при использовании устройства Signal Hound, воспользуйтесь данным руководством перед обращением в службу поддержки.

В данном разделе содержатся инструкции по устранению основных типов неисправностей, а также советы по работе с конкретными моделями устройств.

### 8.1 Невозможно найти или открыть устройство

Убедитесь, что устройство подключено, и горит зелёный индикатор. При отсутствии свечения индикатора попробуйте отключить и включить заново. Если свечение появилось, попробуйте открыть устройство снова через меню **File** программы Spike™.

### **8.1.1 Индикатор светится зеленым, но подключиться нельзя**

Старые модели ВВ60А после перезагрузки ПК или выхода из «спящего» режима требуют переподключения. Отключите устройство и подключите снова. Если после этого устройство не заработало, то возможно, что драйвера не были успешно установлены. Обратитесь к разделу 2.3 Установка драйвера прибора.

Если это первое подключение устройства к компьютеру, то устройству может потребоваться некоторое время на поиск и установку драйверов. Обычно при установке драйвера в компьютере выводится соответствующее сообщение. Подождите окончания процедуры установки. Убедиться в том, что драйверы устройства установлены, можно с помощью Менеджера устройств, где отображается подключенное к компьютеру оборудование.

### **8.1.2 Устройство подключено, но индикатор не горит**

При данной неисправности рекомендуется выполнить следующие действия:

- Переподключить устройство.
- Проверьте режим работы компьютера. Ноутбук или настольный компьютер может работать в режиме энергосбережения. Для работы анализатора Signal Hound необходимо через «Панель управления» операционной системы и опцию «Электропитание» перевести его в режим «Высокой производительности».
- Если после этих действий устройство всё ещё работает некорректно, поставьте последнюю версию драйвера USB-порта. В зависимости от операционной системы, драйвер может быть обновлён либо через стандартную функцию обновления (Windows 8), либо через поиск и установку нужного драйвера в зависимости от чипсета (Windows 7). Версия чипсета определяется через «Панель управления» → «Менеджер устройств» → «Системные устройства» (например, Chipset Intel 7 Series/C216), после чего нужные драйвера загружаются с сайта фирмы Intel.

## **8.2 ПО Spike выводит сообщение «Устройство не найдено» (ВВ60С)**

Необходимо проверить следующее:

1 Светодиод устройства светится зелёным.

1.1 Драйверы правильно установлены (для этого необходимо зайти в «Диспетчер устройств», раскрыть список «Контроллеры USB» и найти там устройство Signal Hound ВВ60С, если он подключен)

2 Если светодиод не светится зелёным, то может быть необходимо обновить драйверы USB3.0 на компьютере пользователя. Следующие шаги показывают, как это сделать.

2.1 Если на компьютере пользователя установлена ОС Windows 8 или 10, необходимо обновить систему посредством утилиты Windows Update. Также можно

скачать драйверы с сайта производителя системы пользователя. Не рекомендуется скачивать файлы из непроверенных источников.

2.2 Если на компьютере установлена ОС Windows 7, пользователь может скачать нужные драйверы в зависимости от модели процессора. Если в ПК пользователя установлен процессор i-серии фирмы Intel, то ниже можно найти ссылки для скачивания в зависимости от конкретной модели.

2.2.1 Если модель процессора 3xxx, то необходимые драйверы можно скачать по следующему адресу: <https://downloadcenter.intel.com/download/21129/USB-3-0-Driver-Intel-USB-3-0-eXtensible-Host-Controller-Driver-for-Intel-7-Series-C216-Chipset-Family>

2.2.2 Если модель процессора 4xxx или выше, то необходимые драйверы можно скачать по следующему адресу: <https://downloadcenter.intel.com/download/22824/USB-3-0-Driver-Intel-USB-3-0-eXtensible-Host-Controller-Driver-for-Intel-8-9-100-Series-and-C220-C610-Chipset-Family>

3 Необходимо отсоединить устройство от ПК перед установкой драйверов. После установки компьютер должен быть перезагружен.

4 Если после проведения этих операций возникают неполадки, обратитесь в сервисную службу Signal Hound.

### **8.3 ПО Spike выводит сообщение «Устройство не найдено» (SA44/SA124)**

Необходимо проверить следующее:

- 1 Кабель USB подключен, и светодиод устройства светится зелёным.
- 2 Установлены последние версии драйверов USB. Их можно скачать в соответствующем разделе на сайте:  
<https://signalhound.com/support/product-downloads/sa44b-sa124b-downloads/>
- 3 Драйверы правильно установлены (для этого необходимо зайти в «Диспетчер устройств», раскрыть список «Контроллеры USB» и найти там устройство «Serial Converter A/B», если анализатор подключен; также в свойствах данного устройства должна быть отключена опция «Load VCP»).
- 4 Питание подаётся на устройство правильным образом. В некоторых ноутбуках и ПК по умолчанию устанавливается режим энергосбережения. В настройках электропитания необходимо выставить режим высокой производительности.
- 5 Возможно, необходимо отключить антивирусное ПО. Некоторые виды антивирусов активно блокируют запускаемые программы, в том числе Spike.

## **8.4 Устройство отключается во время работы**

Многие причины могут вызвать отказ устройства во время работы. Некоторые из них связаны с работой USB или компьютера в целом. Для устранения данной неисправности рекомендуется выполнить следующие действия:

- Отключить антивирусное ПО. В некотором количестве случаев антивирусные программы препятствуют работе анализаторов Signal Hound. После завершения работы со Spike™ не забудьте снова включить антивирусное ПО.
- Проверить режим работы компьютера. Ноутбук или настольный компьютер может работать в режиме энергосбережения. Для работы анализатора Signal Hound необходимо через «Панель управления» операционной системы и опцию «Электропитание» перевести его в режим «Высокой производительности».
- Обновить драйверы USB.

## **8.5 Устройство неисправно**

В случае, когда устройство спонтанно прекращает работу или возникает неполадка, ПО Spike™ может выдать сообщение о том, что устройство неисправно. В этом случае рекомендуется отсоединить, а затем снова подсоединить устройство, или перезагрузить компьютер. Если неисправность будет отображаться и далее, необходимо обратиться в службу поддержки.

## **8.6 Устройство выводит сообщение «IF Overload» при запуске программы**

Некоторые устройства Signal Hound могут выводить сообщение о перегрузке ПЧ «IF Overload» после запуска программы или подключения устройства в ПО через меню **File**. Данное состояние считается нормальным при инициализации устройства для измерений и в нормальных условиях должно длиться не более секунды.

## **8.7 Установки электропитания**

Настройку электропитания рекомендуется проводить при отключённом от компьютера приборе Signal Hound.

В некоторых ноутбуках и ПК по умолчанию устанавливается режим энергосбережения. Анализаторы спектра Signal Hound – устройства, требующие значительных ресурсов компьютера и увеличивающие стабильность и качество своей работы в случае, когда в настройках электропитания ПК выставлен режим высокой производительности.

Чтобы изменить настройки электропитания ПК, необходимо через «Панель управления» операционной системы и опцию «Электропитание» перевести его в режим «Высокой производительности». Также см. раздел **8.8 Установки электропитания в ОС Windows 10**.

## 8.8 Установки электропитания в ОС Windows 10

При некоторых неисправностях требуется изменить настройки электропитания ПК. На современных ПК с ОС Windows 10 данные установки скрыты и требуют дополнительных действий для изменения.

В «Установках электропитания» (Power Management) настройки энергопотребления находятся в разделе «Дополнительные установки» (Advanced Settings). Следует изменить энергопотребление на «Высокую производительность». Также нужно отключить опцию «Выборочное отключение» (Selective Suspend) в меню установок USB (USB Settings) в дополнительных настройках электропитания (Advanced Power Options). В зависимости от того, как пользователь зашёл в меню электропитания, не всегда обязательно открывать «Дополнительные установки» – иногда достаточно раскрыть опции питания и выбрать «Высокую производительность».

## 8.9 Код ошибки 48: ПО для данного устройства заблокировано

*Только для анализатора спектра ВВ60С и Windows 10*

Подключенное устройство может не обнаруживаться программой Spike, а информация драйвера выдаёт сообщение «Код ошибки 48: ПО для данного устройства заблокировано, так как возможны ошибки совместимости с ОС Windows. Свяжитесь с поставщиком оборудования для обновления драйверов».

В таком случае возможно, что драйверы устройства не были правильно установлены при инсталляции Spike. Переустановка драйверов вручную является эффективным решением данной проблемы. Для этого необходимо удалить установленные драйверы. При подключённом устройстве ВВ60С через «Диспетчер устройств» в разделе «Устройства USB» необходимо найти ВВ60С. По нажатию ПКМ выбрать «Удалить драйвер». Если в процессе предлагается выбрать опции, связанные с полным удалением драйверов устройства, нужно их выбрать. После удаления драйверов может понадобиться перезагрузить компьютер.

После удаления драйверов необходимо отсоединить ВВ60С и переустановить драйверы вручную. Для этого в папке, куда устанавливалось ПО Spike (например, C:\Program Files\Signal Hound\Spike), требуется найти директорию **Drivers**. В ней выбрать папку, соответствующую разрядности операционной системы пользователя: для 64-битных систем выбрать папку **x64**, для 32-битных – **x86**. Нажать ПКМ на файл **cyusb3.inf** и выбрать опцию «Установить». Если инсталляция прошла успешно, далее подсоединяется устройство ВВ60С и запускается программа Spike.



## **8.10 Устройство не работает в виртуальной машине на Windows (только BB60C)**

Устройства Signal Hound не предназначены для работы на виртуальных машинах, но некоторые пользователи сообщали об успешной работе после некоторых дополнительных действий.

Основными проблемами в данном случае является спонтанное отключение устройства при работе в программе Spike и невозможность распознавания устройства. В обоих случаях неполадки связаны с конфигурацией USB.

Пользователи сообщали об успешной работе в последних версиях программ для запуска виртуальных машин как в ОС Windows, так и на компьютерах Apple. Компьютер должен поддерживать работу с USB 3.0 и процессор четвёртого поколения Intel i5/i7.

Необходимо удостовериться, что в настройках виртуальной машины включено использование порта USB 3.0 SuperSpeed. Во многих случаях данная опция отключена по умолчанию.

Инсталлятор Spike может некорректно установить драйверы устройства BB60C, поэтому может потребоваться ручная переустановка драйверов, описанная в разделе **2.3 Установка драйверов**.

Для виртуальной машины с ОС Windows 7 может потребоваться обновление драйверов USB 3.0, описанная в разделе **8.2 ПО Spike выводит сообщение «Устройство не найдено»**.

## **9 КАЛИБРОВКА И НАСТРОЙКА**

По вопросам настройки и калибровки устройства, а также необходимого обслуживания, свяжитесь с представителями Signal Hound.

## 10 ГАРАНТИЯ

© 2013-2017 Signal Hound. Все права защищены.

Копирование, изменение устройства или перевод документации на устройство запрещено без письменного разрешения производителя.

Информация, содержащаяся в данном документе, может изменяться без предварительного уведомления.

Signal Hound не будет нести ответственность за ошибки в данном документе или за случайные или непрямые повреждения, к которым может привести использование прибора покупателем.

Дополнительные условия гарантийного обслуживания указаны в лицензионном соглашении для конечного пользователя.

### ***10.1 Сведения о сторонних продуктах***

**Windows®** и **Excel®** являются зарегистрированными продуктами корпорации **Microsoft** в России и других странах.

**Intel®** и **Core™** являются зарегистрированными продуктами корпорации **Intel** в России и других странах.

**Labview®** является зарегистрированным продуктом корпорации **National Instruments** в России и других странах.

**Matlab®** является зарегистрированным продуктом **The MathWorks, Inc.** в России и других странах.

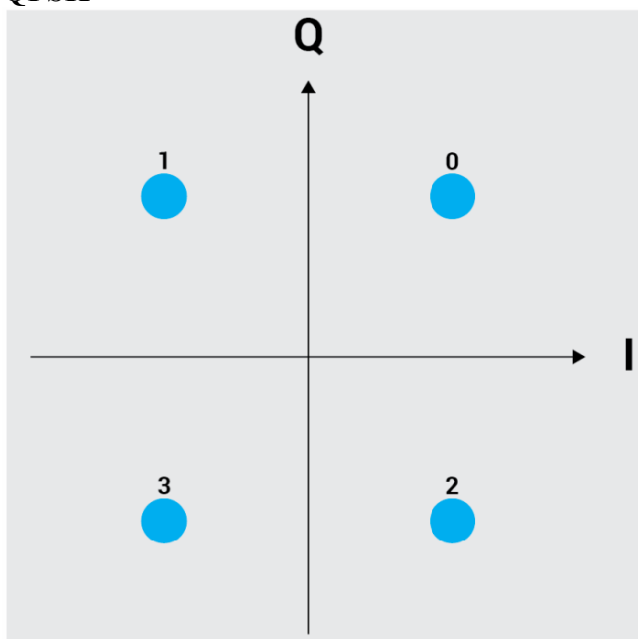
# 11 ПРИЛОЖЕНИЕ

## 11.1 Карта сигнальных созвездий

### BPSK

Данные	Изменение фазы
0	0
1	$\pi$

### QPSK



### DQPSK

Данные	Изменение фазы
0	0
1	$+\pi/2$
2	$-\pi/2$
3	$\pi$

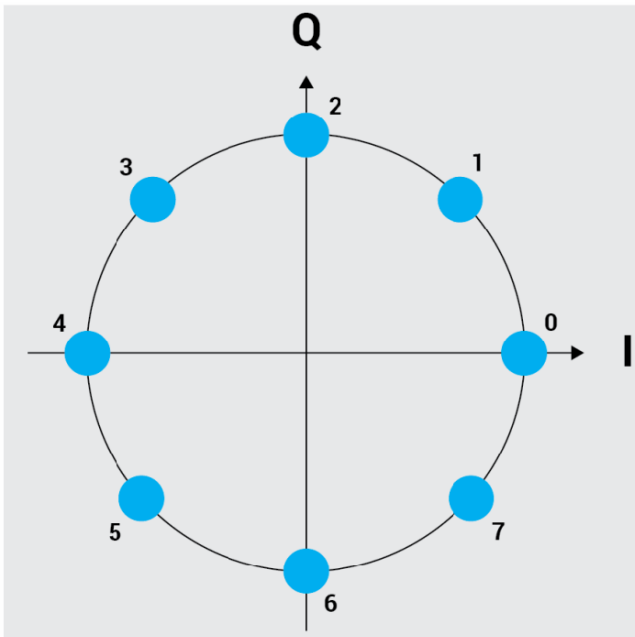
### $\pi/4$ DQPSK

Данные	Изменение фазы
0	$+\pi/4$
1	$+3\pi/4$
2	$-\pi/2$
3	$-3\pi/4$

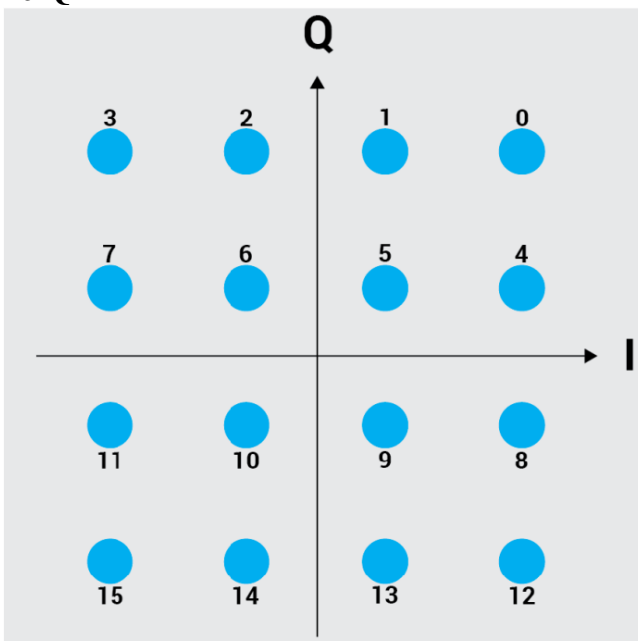
### D8PSK

Данные	Изменение фазы
0	0
1	$+\pi/4$
2	$+3\pi/4$
3	$+\pi/2$
4	$-\pi/4$
5	$-\pi/2$
6	$-\pi$
7	$-3\pi/4$

### 8-PSK



### 16-QAM



## 64-QAM

64-бит QAM определяется аналогично 16-бит. Номера символов увеличиваются справа налево сверху вниз, начиная с нулевого в верхнем правом углу диаграммы созвездия и заканчивая 63 символом в левом нижнем углу.

## OQPSK

Смещённый QPSK аналогичен обычному QPSK, смещённому на 1/2 символа.

## 2FSK

Данные	Смещение частоты (нормализованное)
0	-1
1	1

## 4FSK

Данные	Смещение частоты (нормализованное)
0	1
1	-1/3
2	1
3	1/3

## 11.2 Пользовательские установки усиления/затухания (VB60C)

Автоустановки данных параметров должны быть отключены для возможности ручной настройки. Параметры предусилителя не влияют на измерения VB60C

Установки усилителя:

- **Gain 0** – Предусилитель выключен, дополнительное подавление сигнала 5 дБ
- **Gain 1** – Предусилитель выключен, дополнительного подавления нет
- **Gain 2** – Предусилитель включен, дополнительное подавление сигнала 5 дБ
- **Gain 3** – Предусилитель включен, дополнительного подавления нет

Установки аттенюатора:

- Затухание 0 – 20 дБ (плюс установки усилителя)
- Затухание 30 дБ (установки усилителя не влияют на итоговое значение)

## 12 ССЫЛКИ

1. ANSI C63.2 “American National Standard for Electromagnetic Noise and Field Strength Instrumentation, 10Hz to 40 GHz – Specifications”, American National Standards Institute, January 1996.