

# Анализаторы спектра и сигналов

MWA-80

MWA-200

MWA-400






Утвержденный тип средств измерений

Руководство  
по эксплуатации

В данном документе описываются методы работы с анализаторами спектра и сигналов **MWA-80**, **MWA-200**, **MWA-400** и следующими опциями к ним:

MWA-80	MWA-80 Анализатор спектра и сигналов с диапазоном рабочих частот 8 кГц – 8 ГГц
MWA-200	MWA-200 Анализатор спектра и сигналов с диапазоном рабочих частот 8 кГц – 20 ГГц
MWA-400	MWA-400 Анализатор спектра и сигналов с диапазоном рабочих частот 8 кГц – 40 ГГц
MWA-OCXO	Термостатированный опорный генератор (OCXO)
MWA-RB	Рубидиевый опорный генератор
MWA-RB-ENH	Улучшенный рубидиевый опорный генератор
MWA-LPN	Уменьшенный фазовый шум и искажения
MWA-ULPN	Низкий фазовый шум и искажения
MWA-2CH	2-й синхронный ВЧ-канал с диапазоном рабочих частот 0 Гц – 1,5 ГГц
MWA-DDR	DDR-память 4 Гбайт (1 млрд. отсчетов)
MWA-PC	Встроенный компьютер с сенсорными дисплеями
MWA-100G	Интерфейс ввода-вывода 100 Гб/с Ethernet (QSFP28)
MWA-RT	Анализ спектра в реальном времени с полосой до 800 МГц
MWA-VSA	Векторный анализ сигналов
MWA-UVSA	Векторный анализ сигналов со всеми априорно неизвестными параметрами
MWA-PN	Измерение фазовых шумов
MWA-EMI	Набор ЭМИ фильтров
MWRec	Программное обеспечение MWRec для записи и отображения временных выборок (Windows, Linux)
MWA-RC	Удаленное управление по Ethernet
MWA-MD	Измерительные демодуляторы АМ/ЧМ/ФМ
MWA-NF	Измерение коэффициента шума
MWA-AMFM	Демодуляторы АМ, ЧМ
MWA-AMFM2	Демодуляторы АМ, ЧМ (включая широкополосные, радиовещательные, стерео), встроенная акустическая система для прибора с опцией MWA-PC
MWA-AMFM3	Демодуляторы АМ, ЧМ (включая широкополосные, радиовещательные, стерео), встроенная акустическая система и выход LineOut для прибора с опцией MWA-PC
MWA-UPR	Доступ пользователя к программированию ПЛИС

**Условные обозначения:**

	Обратить особое внимание
	Предупреждение
	Дополнительные сведения

# Содержание

<b>1. Сведения по обеспечению безопасности.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Правила электробезопасности .....</b>	<b>7</b>
<b>3. Правила при эксплуатации.....</b>	<b>8</b>
<b>4. Правила при транспортировке.....</b>	<b>9</b>
<b>5. Знакомство с прибором.....</b>	<b>10</b>
<b>6. Предостережения.....</b>	<b>11</b>
<b>7. Описание передней и задней панели.....</b>	<b>12</b>
7.1 Передняя панель	12
7.2 Задняя панель	13
<b>8. Подготовка прибора к работе .....</b>	<b>14</b>
8.1 Подключение	14
8.2 Включение/выключение прибора	14
8.3 Готовность к работе	14
<b>9. Особенности управления .....</b>	<b>15</b>
9.1 Работа с внешним графическим интерфейсом (опция MWA-RC)	15
9.1.1 Управление при помощи ПО графического интерфейса	15
9.1.2 Управление при помощи утилиты удаленного управления	16
<b>10. Графический интерфейс.....</b>	<b>17</b>
10.1 Элементы управления пользовательского меню	17
<b>11. Служебные функции .....</b>	<b>18</b>
11.1 Выбор опорного генератора	18
11.1.1 Синхронизация от внешнего опорного источника	18
11.1.2 Синхронизация внешнего устройства	20
11.1.3 Каскадное соединение устройств для синхронизации от внешнего источника	20
11.2 Внешний триггер	20
11.3 Выбор языка графического интерфейса	21
11.4 Сервисная информация	22
11.5 Управление окном	23
11.6 Настройки сетевого подключения	24
11.7 Настройки яркости элементов графического интерфейса	25
11.8 Сохранение настроек	26
11.9 Вызов настроек	26
11.10 Калибровка АЦП	27
<b>12. Основные функции.....</b>	<b>28</b>
12.1 Выбор режима	28
12.1.1 Анализ спектра в реальном времени (опция MWA-RT)	28
12.1.2 Анализ спектра	29
12.1.3 Векторный анализ сигналов (опция MWA-VSA)	30
12.1.4 Режим отображения	33

12.1.5	Режим запуска	34
12.1.6	Анализ фазовых шумов (опция MWA-PN)	35
12.1.7	Демодуляторы (измерительные – опция MWA-MD, аудио – опции MWA-AMFM)	39
12.1.8	Измерение коэффициента шума (опция MWA-NF)	48
12.2	Настройки частоты	58
12.2.1	Центральная частота	59
12.2.2	Полоса обзора	59
12.2.3	Начальная и конечная частота	60
12.2.4	Изменение шага центральной частоты	61
12.3	Настройки амплитуды	62
12.3.1	Опорный уровень	62
12.3.2	Отображаемый диапазон	63
12.3.3	Установка ослабления аттенюатора	64
12.3.4	Автоматическая установка ослабления аттенюатора	64
12.3.5	Выбор детектора	64
12.3.6	Единицы измерения	66
12.3.7	Предусилитель	67
12.4	Настройка полос пропускания	68
12.4.1	Автоматическая настройка разрешения по спектру	69
12.4.2	Настройка разрешения по спектру вручную	69
12.4.3	Полоса тракта ПЧ	70
12.4.4	ЭМИ фильтры (опция MWA-EMI)	70
12.4.5	Фильтры преселектора	71
12.4.6	Окно БПФ	71
12.4.7	Боковые полосы	72
12.5	Управление графиками	73
12.5.1	График	74
12.5.2	Глубина водопада	74
12.5.3	Дополнительные графики	75
12.5.4	Сохранение графиков в виде данных	75
12.5.5	Сохранение графиков в виде изображения	76
12.5.6	Запись панорам	76
12.6	Маркеры	77
12.6.1	Управление маркерами	78
12.7	Измерения	80
12.7.1	Гармонические искажения	80
12.7.2	Соответствие спектральной маске	81
12.7.3	Измерение мощности в канале	84
12.7.4	Функции маркерных измерений	85
12.7.4.1	Измерение интермодуляционных искажений 3-го порядка (TOI)	85
12.8	IQ анализатор	87
<b>13.</b>	<b>Поверка прибора.....</b>	<b>88</b>
<b>14.</b>	<b>Гарантийные обязательства и ремонт.....</b>	<b>88</b>

## 1. Сведения по обеспечению безопасности

Обязательно изучите и соблюдайте следующие инструкции по обеспечению безопасности

### Знаки безопасности, используемые при маркировке изделий

Символ	Значение	Символ	Значение
	Предупреждение, опасное место общего характера Следуйте документации на изделие		ВКЛ./ВЫКЛ. напряжения питания
	Внимание, тяжелый предмет		Индикация дежурного режима
	Опасно! Высокое напряжение		Постоянный ток (DC)
	Осторожно! Горячая поверхность		Переменный ток (AC)
	Контакт защитного провода		Постоянный/ переменный ток (DC/AC)
	Заземление		Устройство, защищенное двойным/влагозащитным изоляционным покрытием
	Соединение с корпусом (массой)		Маркировка ЕС для батарей и аккумуляторов Дополнительную информацию см. в разделе "Правила при утилизации / защита окружающей среды", пункт 1.
	Внимание! Устройства, чувствительные к электростатическим воздействиям		Маркировка ЕС для отдельного сбора электрических и электронных устройств Дополнительную информацию см. в разделе "Правила при утилизации / защита окружающей среды", пункт 2.

Изучение и соблюдение инструкций по обеспечению безопасности позволит избежать разного рода травм и поломок оборудования, а также возникновения потенциально опасных ситуаций. Поэтому перед началом работы с оборудованием тщательно прочитайте и следуйте приведенным ниже инструкциям по безопасности.

## Условия работы и рабочие положения изделия

Изделие может использоваться только в установленных изготовителем положениях и условиях эксплуатации, без создания препятствий для его вентиляции. Несоблюдение требований изготовителя к эксплуатации может привести к поражению электрическим током, пожару и/или серьезному ранению или смерти персонала. При проведении любых работ должны соблюдаться действующие правила техники безопасности и меры предотвращения несчастных случаев.

1. Рабочее положение: только ножками корпуса вниз.
2. Не устанавливайте изделие на малопригодные для этого поверхности, транспортные средства, шкафы. При размещении на столе используйте только специализированные столы, специфицированные для размещения оборудования весом до 40 кг. Всегда следуйте инструкциям производителя по установке и монтажу при размещении и закреплении оборудования на других предметах и поверхностях (например, в стойках). Установка изделия, которая не выполняется согласно документации, может привести к травмам или смерти.
3. Не размещайте изделие на тепловыделяющих предметах (радиаторах или нагревателях). Температура окружающей среды не должна превышать максимальной температуры, указанной в документации на изделие. Перегрев изделия может привести к поражению электрическим током, пожару и/или к серьезным травмам или смерти.

## 2. Правила электробезопасности

**Несоблюдение всех либо отдельных правил электробезопасности может привести к поражению электрическим током, пожару и/или к серьезным травмам или смерти.**

Перед подключением изделия к сети питания следует убедиться, что номинальное напряжение, указанное на изделии, совпадает с напряжением сети питания. Прибор запрещается подключать к сети, если ее напряжение не соответствует 220В 50Гц переменного тока. Подключение к сети с несоответствующим напряжением может привести к выгоранию предохранителя, выходу прибора из строя, поражению электрическим током, пожару и/или к серьезным травмам или смерти.

1. Не разрешается намеренно отсоединять провод защитного заземления в питающем кабеле или в самом изделии, поскольку это приводит к возникновению угрозы поражения электрическим током. Все используемые удлинители, разветвители и т. п. должны регулярно проходить проверку на соответствие стандартам безопасности.
2. Никогда не используйте изделие с поврежденным шнуром питания. На регулярной основе проводите осмотр шнура питания на соответствие его эксплуатационным требованиям. Принимая соответствующие меры безопасности и тщательно прокладывая кабель, можно исключить возможность повреждения кабеля и получения травм персоналом (например, при спотыкании о кабель или при получении удара электрическим током).
3. Оборудование можно запитывать только от сети питания, поддерживающей защиту предохранителем и максимальный ток не менее 10 А.
4. Не вставляйте вилку питания в грязные и запыленные розетки. Вставляйте вилку плотно и на всю глубину розетки. В противном случае может возникнуть пробой, который приведет к загоранию и/или получению травм.

5. Не перегружайте розетки, удлинительные шнуры и перемычки, в противном случае возможны возгорания и поражения электрическим током.
6. Никогда не снимайте крышку или часть корпуса в процессе работы. Открытые цепи и контакты могут привести к возгоранию, поражению электрическим током или выходу изделия из строя.
7. Перед выполнением любых других соединений прибор должен быть в первую очередь подсоединен к сети питания с заземлением. Установка и подключение устройства должны выполняться только квалифицированным электриком. Перед соединением прибора с другими устройствами следует проверить сопротивление заземления между корпусом прибора и подключаемого устройства, оно не должно превышать 4 Ом.
8. Обеспечьте надежную защиту от перенапряжения, чтобы никакой скачок напряжения (например, вызванный разрядом молнии) не достигал изделия. Иначе обслуживающий персонал может быть поражен электрическим током.
9. Не вставляйте никакие предметы в вентиляционные отверстия в корпусе и в другие, не предназначенные для этого, отверстия. Это может привести к короткому замыканию цепей внутри изделия и/или к поражению электрическим током, пожару или травмам.
10. Изделие не защищено от попадания внутрь воды. Не допускайте попадания жидкости на корпус или внутрь него. Если не принять соответствующие меры, то возникает риск поражения электрическим током и повреждения изделия, что, в свою очередь, может привести к травмированию персонала.
11. Никогда не эксплуатируйте изделие в условиях образования конденсата снаружи или внутри изделия, а также в благоприятных для этого условиях, например, если изделие было внесено с холода в теплое помещение. Проникновение в изделие воды увеличивает риск поражения электрическим током.
12. Перед очисткой изделие следует полностью отсоединить от сети питания переменного тока. Для очистки используйте мягкую, безворсовую ткань.

### 3. Правила при эксплуатации

1. Убедитесь, что люди, работающие с оборудованием, физически, психологически и эмоционально готовы к такой работе, иначе возникает риск получения травмы и повреждения оборудования. Ответственность за подбор подходящего персонала лежит на работодателе.
2. Перед перемещением или транспортировкой изделия, прочитайте и соблюдайте инструкции раздела «Правила при транспортировке».
3. Следует учитывать, что в случае возгорания изделия возможно выделение токсичных веществ (газов, жидкостей, и т. д.), которые могут оказаться опасными для здоровья. В таких случаях необходимо предпринять соответствующие меры защиты, например, надеть защитные маски и одежду.
4. Прибор может содержать лазерные компоненты (QSFP модуль, опция **MWA-100G**). Лазеры могут нанести биологический ущерб из-за особенностей своего излучения и чрезвычайной концентрации электромагнитной мощности. Не допускается направлять лазерное излучение в глаза. Нарушение этой инструкции может привести к перманентной потере зрения.

## 4. Правила при транспортировке

Изделие обладает очень большой массой (до 31 кг). Поэтому при обращении с ним необходимо соблюдать осторожность. В некоторых случаях могут понадобиться соответствующие подъемно-транспортные средства (например, автопогрузчик) для предотвращения травм спины или других физических повреждений.

Ручки на изделии предназначены исключительно для переноски его персоналом. Недопустимо использовать ручки для крепления изделия или как средство для транспортировки его краном, вилчатым подъемником, тележкой и т. п. Пользователь обязан надежно закреплять изделие на средствах транспортировки. Соблюдение инструкции изготовителя подъемных или транспортных средств. Несоблюдение инструкции может привести к травме или повреждению изделия.

## 5. Знакомство с прибором

Анализаторы спектра и сигналов **MWA** разработаны, чтобы обеспечить максимальное удобство при использовании. Высокие характеристики прибора и интуитивно понятный графический интерфейс позволяют осуществлять даже сложные типы измерений легко и быстро.

### Ключевые особенности

- Диапазон частот от 8 кГц до 40 ГГц
- Чувствительность минус 162 дБм/Гц тип. в диапазоне частот 10 МГц – 5 ГГц, встроенный предусилитель
- Анализ спектра в реальном времени в полосе до 800 МГц
- Относительная нестабильность частоты с рубидиевым опорным генератором  $\pm 5 \cdot 10^{-10}$  в год
- Спектральное разрешение (RBW) от 0.1 Гц
- Полоса записи/демодуляции до 800 МГц
- Опция второго синхронного канала от 0 Гц до 1.5 ГГц
- Встроенная память выборок объемом 1 млрд. отсчетов
- Передача I/Q-выборок через Ethernet со скоростью 100 Гбит/с
- Векторный анализ сигналов
- Анализ фазовых шумов
- Измерение коэффициента шума
- Анализ сигналов со всеми априорно неизвестными параметрами
- Доступ пользователя к программированию ПЛИС

## 6. Предостережения

### Чувствительность входов и выходов к электростатическому напряжению

Анализаторы спектра и сигналов MWA имеют встроенную защиту, однако являются чувствительными к электростатическому напряжению.



**Устойчивость прибора к электростатическому напряжению соответствует классу 1A (модель тела человека). Статическое напряжение более 500 В на любом входе или выходе прибора может привести к выходу изделия из строя.**

### Предельные допустимые уровни напряжения и мощности на разъемах

Предельные допустимые уровни напряжения и мощности на входных разъемах прибора приведены в Табл. 1.



**Превышение уровней напряжения и мощности на разъемах относительно указанных в Табл. 1 может привести к выходу прибора из строя.**

Таблица 1. Предельные допустимые уровни напряжения и мощности на разъемах

Разъем	Назначение	Предельные допустимые уровни
RF IN 1, RF IN 2	входы радиочастотного сигнала	-20 В .. +20 В постоянного тока +20 дБм ( $\pm 3.1$ В) переменного тока
REF IN	вход сигнала опорной частоты	+14 дБм ( $\pm 1.6$ В)
EXT TRIG	вход внешнего триггера	-0.5 В .. +6 В

**Примечание:** значения, приведенные в Табл. 1, являются предельно допустимыми. Не рекомендуется продолжительная работа при данных предельных значениях. Это может уменьшить срок службы прибора.

## 7. Описание передней и задней панели

### 7.1 Передняя панель

Внешний вид передней панели прибора изображен на Рис. 1. На передней панели располагается сенсорный дисплей прибора (при наличии опции **MWA-PC**). В этом случае передняя панель выполняется из ударопрочного стекла. При отсутствии опции **MWA-PC**, передняя панель прибора выполняется из нержавеющей стали. Также на передней панели размещен ВЧ вход, боковая сенсорная клавиатура, колесо прокрутки и другие элементы, указанные на рис. 1.

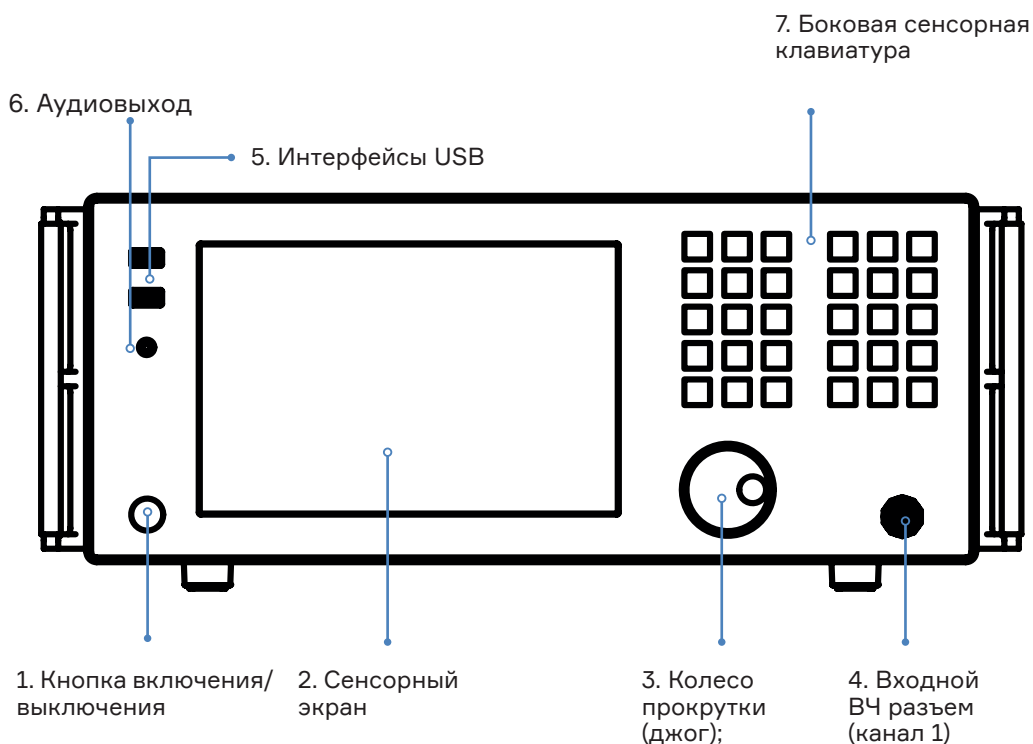
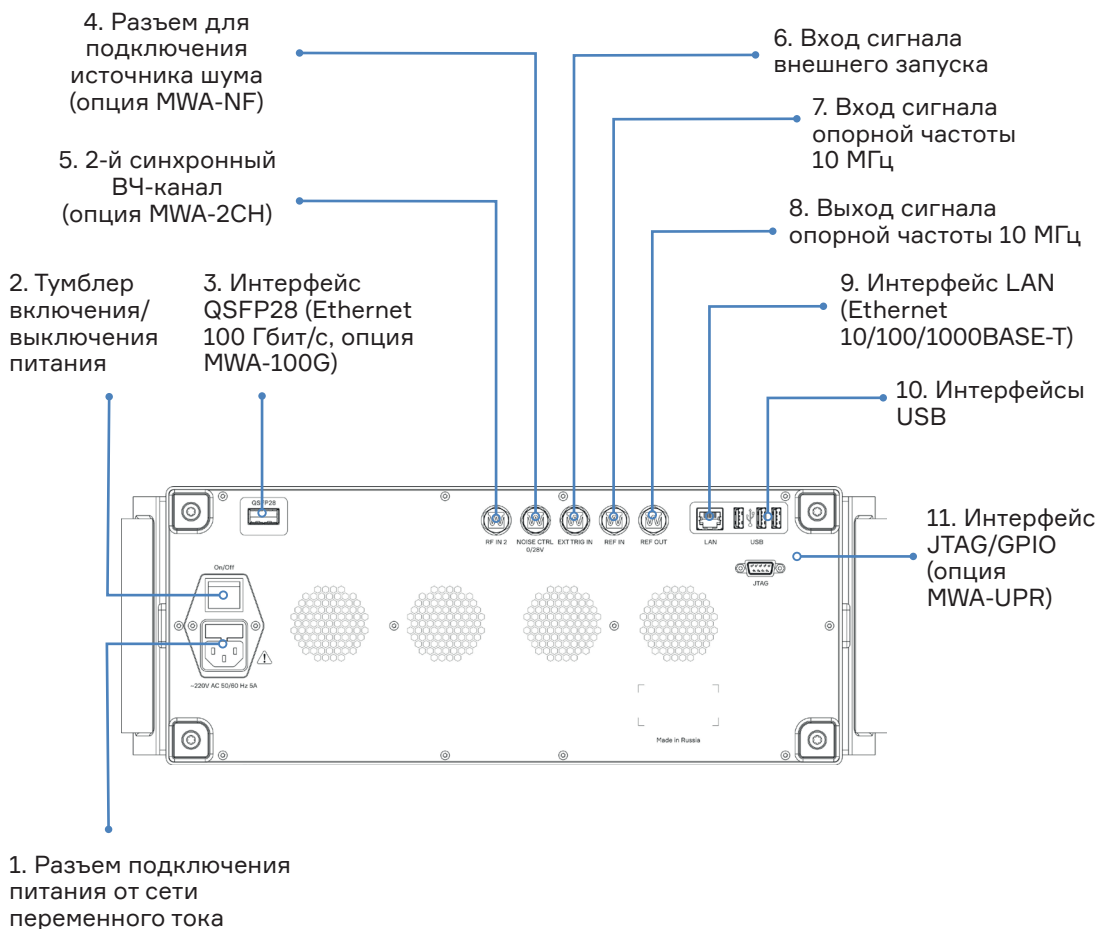


Рис. 1. Внешний вид передней панели MWA с сенсорным дисплеем (опция MWA-PC)

## 7.2 Задняя панель

Внешний вид задней панели анализатора изображен на Рис. 2. На задней панели расположены разъемы питания, входа/выхода опорной частоты, внешней синхронизации, опционального второго ВЧ канала, интерфейсы LAN и USB и другие элементы, указанные на Рис. 2.



**Рис. 2. Внешний вид задней панели и расположение разъемов**

## 8. Подготовка прибора к работе

### 8.1 Подключение

Установите тумблер питания на задней панели прибора в положение «Выключено».

Подключите кабель питания 220 В с заземляющим контактом к разъему питания на задней панели прибора. Кабель должен быть рассчитан на ток не менее 10 А.

Подключите кабель питания к электросети. Подключение следует проводить только к сетям электропитания с заземлением. Сеть электропитания должна обеспечивать нагрузку по мощности не менее, чем максимальная потребляемая мощность прибора (500 Вт).

### 8.2 Включение/выключение прибора

- переведите тумблер питания на задней панели в положение «Включено», при этом кнопка включения/выключения прибора на передней панели засветится красным, затем зеленым;
- для включения прибора нажмите на кнопку включения/выключения прибора на передней панели и удерживайте ее в нажатом положении (начнет мигать) до тех пор, пока мигающий зеленый переключится в мигающий синий, отпустите кнопку, начнется загрузка прибора;
- для выключения прибора нажмите на кнопку включения/выключения прибора на передней панели и удерживайте ее в нажатом положении до тех пор, пока мигающий синий цвет кнопки сменится на мигающий зеленый, отпустите кнопку, начнется выключение прибора;
- при отсутствии эксплуатации прибора в течение длительного периода времени рекомендуется перевести выключатель питания на задней панели в положение «Выключено».

### 8.3 Готовность к работе

При наличии встроенного компьютера с дисплеем (опция **MWA-PC**) прибор готов к работе сразу после загрузки графического интерфейса пользователя.

При отсутствии встроенного компьютера с дисплеем (опция **MWA-PC**) прибор готов к работе сразу после загрузки платы цифровой обработки сигналов (ЦОС) и управления (как только прибор позволяет открыть сетевое подключение, около 1 мин).

Для достижения заявленных метрологических и технических характеристик требуется хранение прибора в течение не менее 3 часов при комнатной температуре с последующим прогревом в течение не менее 30 минут.

## 9. Особенности управления

В тексте и иллюстрациях настоящего руководства показано управление анализатором на примере графического интерфейса пользователя прибора со встроенным компьютером и дисплеем (опция **MWA-PC**). Управление приборами без данной опции осуществляется при помощи графического интерфейса дистанционного управления, запускаемого на внешнем компьютере, и имеющего такой же внешний вид, как и интерфейс на встроенном компьютере.

Приборы со встроенным компьютером и дисплеем (опция **MWA-PC**) оснащаются боковой сенсорной клавиатурой (далее – боковая клавиатура), функции которой дублируются с функционалом основного сенсорного экрана.

Так как пользовательский интерфейс доступен в русскоязычном и англоязычном вариантах, наименования органов управления продублированы в тексте данного руководства. Скриншоты в данном руководстве приведены для русскоязычного варианта пользовательского меню.

Прибор со встроенным компьютером может работать на операционных системах Windows, Linux или Astra Linux в зависимости от выбора пользователя, сделанного при заказе прибора.

### 9.1 Работа с внешним графическим интерфейсом (опция **MWA-RC**)

Удаленное управление прибором с внешнего ПК (необходима опция **MWA-RC**) может осуществляться двумя способами:

- при помощи ПО графического интерфейса
- при помощи утилиты удаленного управления

#### 9.1.1 Управление при помощи ПО графического интерфейса

Для управления прибором при помощи ПО графического интерфейса следует скопировать папку **MWA\_GUI** с флеш-накопителя, входящего в комплект поставки прибора, на внешний ПК.

Подключить внешний ПК к прибору по интерфейсу LAN (Ethernet 10/100/1000BASE-T) через разъем RJ45, находящийся на задней панели прибора, кабелем категории не ниже 5е.

На внешнем ПК установить сетевые настройки, совместимые с установленными на приборе (по умолчанию при поставке IP-адрес прибора 192.168.7.10, на внешнем ПК можно установить, например, IP-адрес 192.168.7.1, маску подсети 255.255.255.0, другие настройки можно не заполнять).

Изменение сетевых настроек прибора описано в разделе 11.6.

Затем следует запустить программу **MWA\_GUI**, находящуюся в скопированной папке.

Если IP-адрес и/или порт прибора были изменены с момента покупки, то в разделе «Настройки» -> «Сеть» (Settings-> «Network») в программе **MWA\_GUI** на внешнем ПК следует указать текущий IP-адрес и порт прибора в разделе «Плата ЦОС»/«**DSP Board**» (по умолчанию IP-адрес платы ЦОС 192.168.7.10, порт 10100).



При данном способе управления следует обратить внимание, что папка **MWA\_GUI** содержит некоторые калибровочные данные конкретного прибора. Поэтому следует использовать только программу, прилагаемую на флеш-накопителе к прибору. Не следует использовать данную программу для управления другими приборами, в противном случае возможно несоблюдение метрологических характеристик и искажения спектра. Если прибор отправлялся на завод-изготовитель для ремонта/калибровки, с ним поставляется новый флеш-накопитель с обновленной папкой **MWA\_GUI**, в этом случае следует использовать обновленную папку.

### 9.1.2 Управление при помощи утилиты удаленного управления

Данный вариант управления доступен только при наличии опции **MWA-PC**.

Подключить внешний ПК к прибору по интерфейсу LAN (Ethernet 10/100/1000BASE-T) через разъем RJ45, находящийся на задней панели прибора, кабелем категории не ниже 5е.

На внешнем ПК установить сетевые настройки, совместимые с установленными на приборе (по умолчанию при поставке прибор имеет 7 подсеть, на внешнем ПК можно установить, например, IP-адрес 192.168.7.1, маску подсети 255.255.255.0, другие настройки можно не заполнять).

Изменение сетевых настроек прибора описано в разделе 11.6.

На внешний ПК установить бесплатное ПО TightVNC, которое можно скачать по следующей ссылке:

<https://www.tightvnc.com/download.php>

Запустить **VNC Viewer** на внешнем ПК (на приборе VNC Server всегда запущен)

В диалоговом окне **VNC Viewer** указать IP-адрес прибора (см. разд. 11.6) и подтвердить, после успешного соединения будет доступен графический интерфейс управления прибором.

Сетевые настройки будут сохранены в диалоговом окне и при следующем запуске соединение потребует только подтверждение соединения.

## 10. Графический интерфейс

### 10.1 Элементы управления пользовательского меню

Для управления прибором и проведения измерений используется графический интерфейс пользователя (Рис. 3). Прибор имеет сенсорный дисплей с поддержкой мультитач-нажатий и боковую клавиатуру.

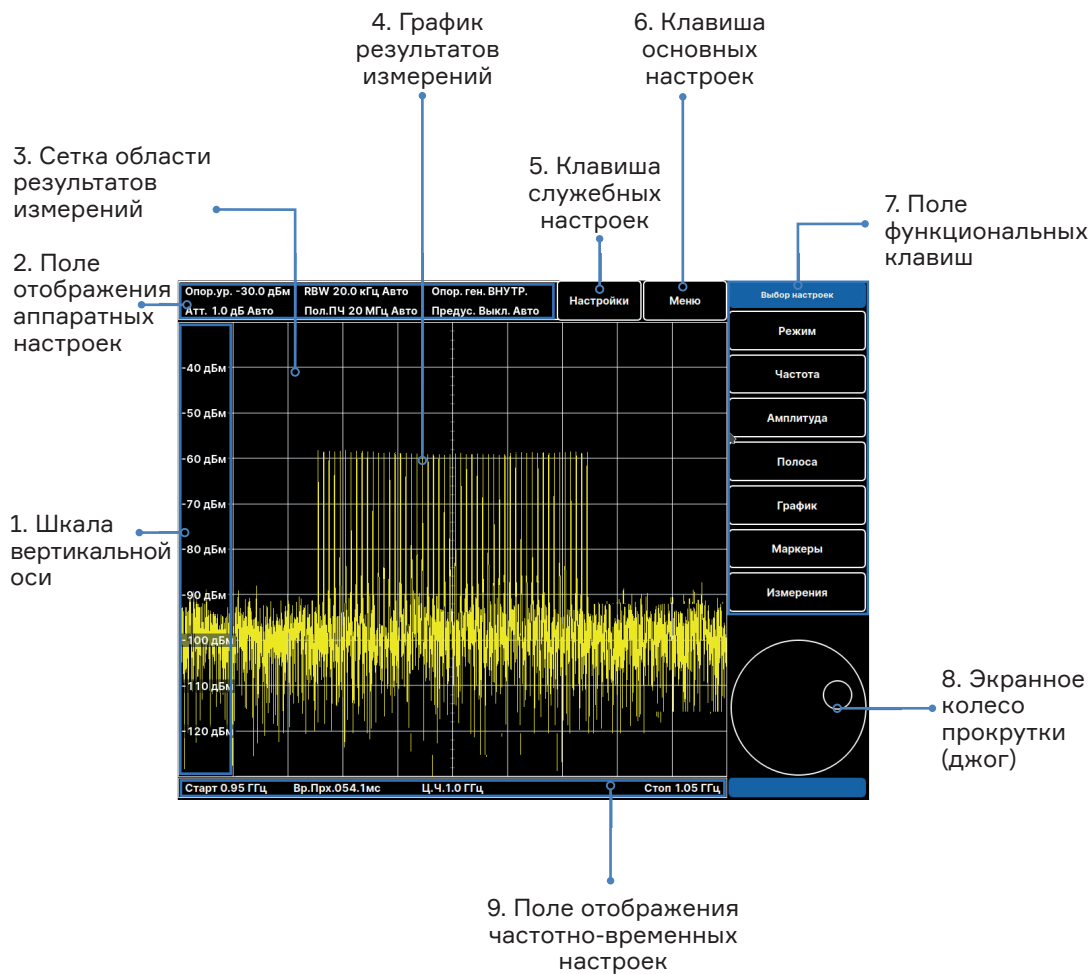


Рис. 3. Графический интерфейс пользователя анализатора спектра



Большинство функций прибора могут вызываться с боковой клавиатуры прибора (наиболее быстрый способ для часто вызываемых функций), через основной сенсорный дисплей, а также изменяться посредством аппаратного или экранного джоста. Для изменения величины посредством джоста следует вначале выбрать изменяемую величину с помощью боковой клавиатуры или основного сенсорного дисплея.

## 11. Служебные функции

Служебные функции управления вызываются из главного меню нажатием экранной клавиши **Настройки / Settings** в верхней части сенсорного экрана (Рис. 4) или сенсорной клавиши **Настр / Setup** на боковой клавиатуре. В данном разделе меню доступны 10 подразделов на 2 страницах, переход между страницами осуществляется нажатием экранных клавиш **Ещё / More** и **Назад / Back** (Рис. 4).

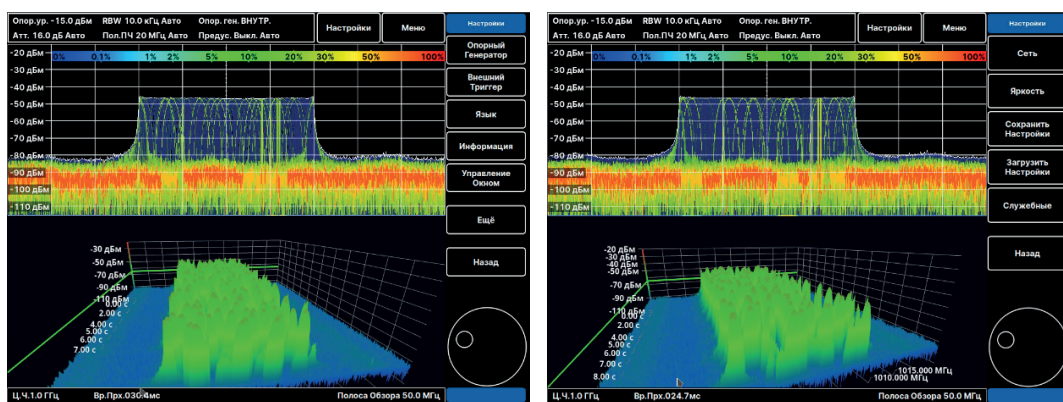


Рис. 4 Страницы служебное меню графического интерфейса

### 11.1 Выбор опорного генератора

По умолчанию прибор синхронизируется от собственного встроенного опорного генератора (источника). Наряду с этим есть возможность использования внешнего источника с частотой 10 МГц в качестве опорного, а также синхронизация другого устройства от внутреннего или внешнего опорного источника прибора.

#### 11.1.1 Синхронизация от внешнего опорного источника

На Рис.5 приведена блок-схема подключения внешнего опорного источника частотой 10 МГц для синхронизации прибора.

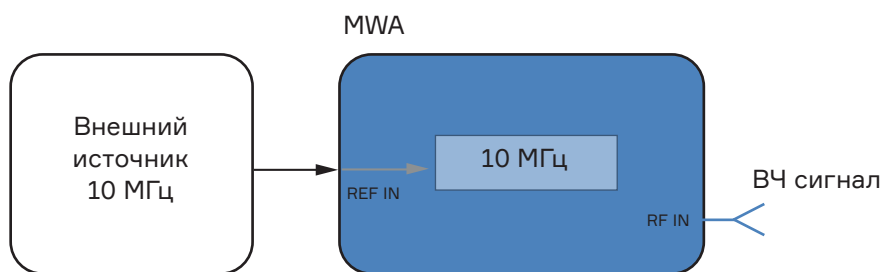


Рис.5. Работа от внешнего опорного источника

### Настройка:

- нажмите экранную клавишу **Настройки / Settings** (Рис.5);
- нажмите экранную клавишу **Опорный генератор / Reference Oscillator**, либо клавишу **Опора / Ref osc** на боковой клавиатуре;
- нажмите экранную клавишу **Внешний / External** (Рис.6);
- нажмите экранную клавишу **Назад / Back** для выхода из данного раздела меню.

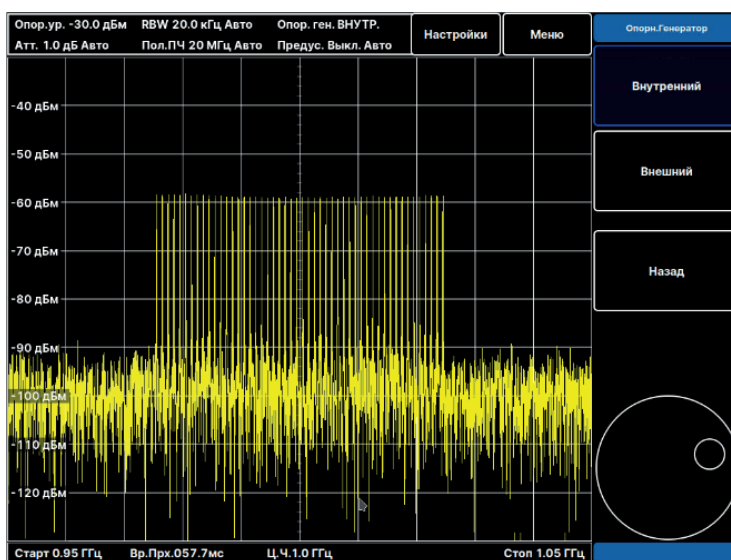


Рис. 6. Выбор опорного источника



Текущее состояние настройки источника синхронизации индицируется в поле отображения аппаратных настроек (Рис.3, поз. 2) напротив надписи **Опор.ген. / Reference Oscillator**: «ВНУТР./INT» или «ВНЕС./EXT».



После нажатия клавиши **Сброс / Preset**, а также перезагрузки прибора, синхронизация прибора осуществляется от внутреннего опорного источника независимо от того, какая настройка была активирована до этого.

### 11.1.2 Синхронизация внешнего устройства

Сигнал встроенного опорного источника прибора частотой 10 МГц можно использовать для синхронизации внешнего устройства (Рис.7). Сигнал опорного источника на выходе соединителя REF OUT (Рис.2 задняя панель, поз.8) активен всегда при включенном приборе.

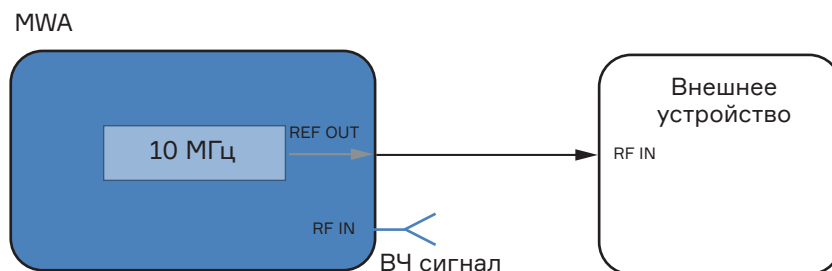


Рис.7. Синхронизация внешнего устройства

### 11.1.3 Каскадное соединение устройств для синхронизации от внешнего источника

Сигналом внешнего опорного источника частотой 10 МГц можно синхронизировать одновременно прибор и внешнее устройство, для этого необходимо подключить устройства каскадно согласно блок-схеме (Рис. 8), задействовать соединители REF IN (Рис.2 задняя панель, поз.7) и REF OUT (Рис.2, поз.8) одновременно.

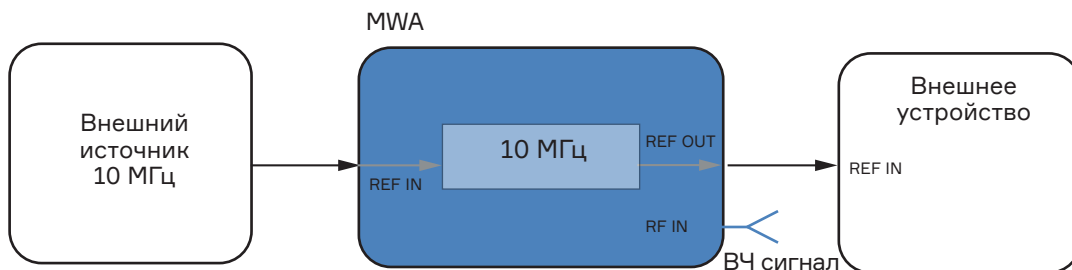


Рис.8. Каскадное соединение устройств для синхронизации

## 11.2 Внешний триггер

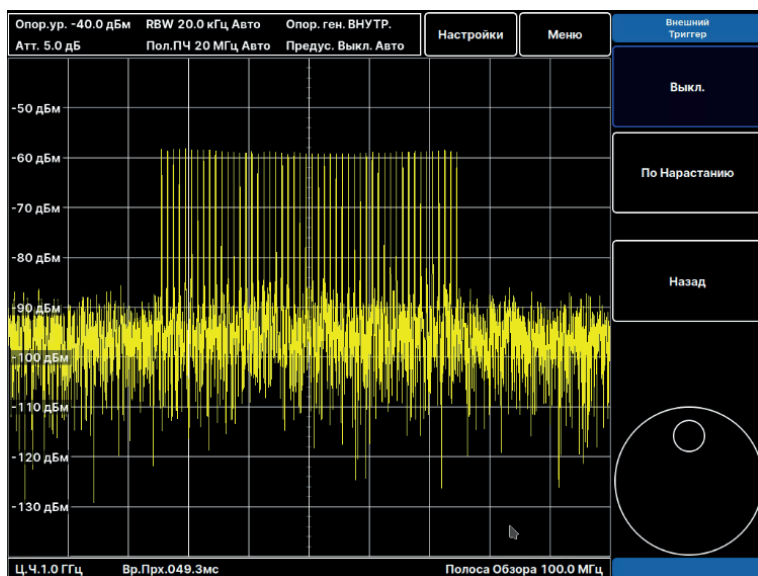
По умолчанию прибор осуществляет сбор информации в моменты времени, определяемые внутренними настройками. При необходимости запускать сбор информации при помощи сигнала внешнего триггера, можно воспользоваться разделом «внешний триггер» служебного меню, подключив сигнал запуска от внешнего устройства коаксиальным кабелем ко входу EXT TRIG IN на задней панели прибора (Рис. 2, поз. 6). При этом сбор информации будет запускаться по нарастающему фронту сигнала триггера. Сигнал должен иметь уровень логического “0” от 0 до 0.8 В и уровень логической “1” от 3 до 6 В.



**Максимальная допустимая амплитуда сигнала на разъеме EXT TRIG IN составляет +6 В.**

Для переключения на внешний триггер необходимо:

- подать сигнал запуска от внешнего устройства на вход EXT TRIG IN;
- нажать на экранную клавишу **Внешний триггер / External Trigger** в служебном меню;
- нажать на экранную клавишу **По нарастанию / Rising Edge** (Рис. 9);
- для выхода из раздела нажать **Назад / Back**.



**Рис. 9. Переключение на сигнал внешнего запуска**

### 11.3 Выбор языка графического интерфейса

Доступны 2 языка пользовательского меню: русский и английский.

Настройка:

- нажать экранную клавишу **Язык / Language** в служебном меню;
- выбрать язык при помощи соответствующей клавиши **Русский** или **Английский / English** (Рис. 10);
- для выхода из раздела нажать **Назад/Back**.

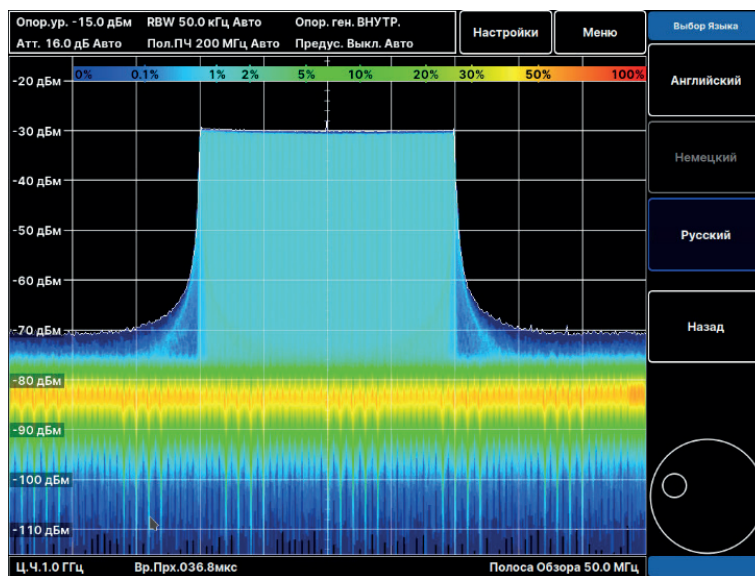


Рис. 10. Выбор языка


## 11.4 Сервисная информация

В данном разделе меню представлена служебная информация о приборе, список установленных опций и статус аппаратных модулей прибора.



**Данный подраздел доступен только при выключенном режиме анализа спектра реального времени.**

### Просмотр:

- нажмите экранную клавишу **Настройки / Settings** в главном меню (Рис. 10) либо «настр»/«setup» на боковой клавиатуре;
- нажмите экранную клавишу **Информация / Info**;
- следующая информация представлена на трех вкладках в появившемся окне (Рис. 11), выберите необходимую вкладку:
  - вкладка **Общее / Common**: количество циклов включений прибора, наработка в часах, модель, версии прошивки, версия ПО, серийный номер, список установленных модулей и опций;
  - вкладка **Статус / Status**: статус исправности аппаратных модулей, температура ПЛИС, наличие галочек означает штатную работу модулей, при отсутствии галочки в каком-либо поле необходимо обратиться в службу поддержки изготовителя;
  - вкладка **Лог / Log**: журнал событий (логи);
- для закрытия окна нажмите  в правом верхнем углу окна.



Пиктограмма в виде замка рядом с **X** в правом верхнем углу окна зарезервирована для будущих применений.

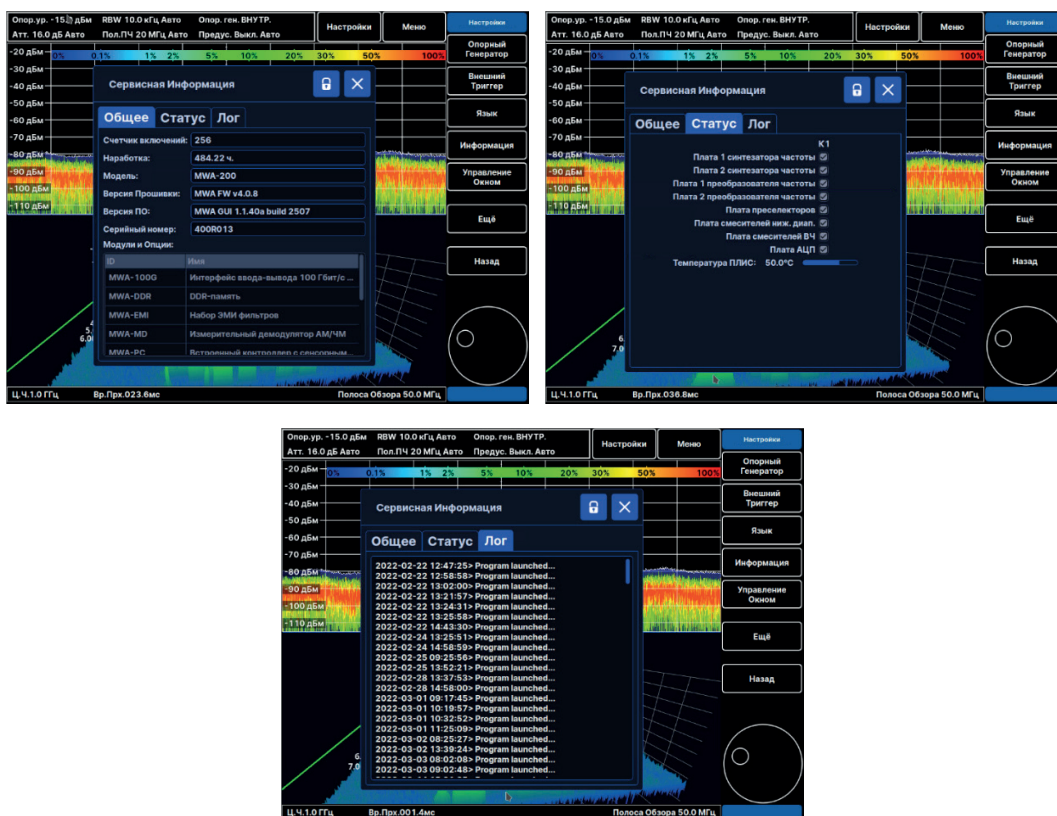


Рис. 11. Меню сервисной информации

## 11.5 Управление окном

Данный раздел меню позволяет управлять окном графического интерфейса.

Для управления:

- нажмите экранную клавишу **Настройки / Settings** в главном меню (Рис. 11) либо «настр»/«setup» на боковой клавиатуре;
- нажмите экранную клавишу **Управление окном / Window Controls**, появятся 3 элемента управления окном в верхнем левом углу (Рис. 12):
  - «X» – закрытие окна приложения;
  - «□» – переключение между оконным и полноэкранным режимом;
  - «▼» – сворачивание окна интерфейса;
- после закрытия или сворачивания окна пользователю доступен ПК с установленной операционной системой с возможностью подключения USB флеш-накопителей, клавиатуры и мыши, для повторного запуска измерительного приложения после закрытия необходимо нажать на ярлык **MWA\_GUI** на рабочем столе.

- для выключения элементов управления окном – снова нажать **Управление окном / Window Controls**.

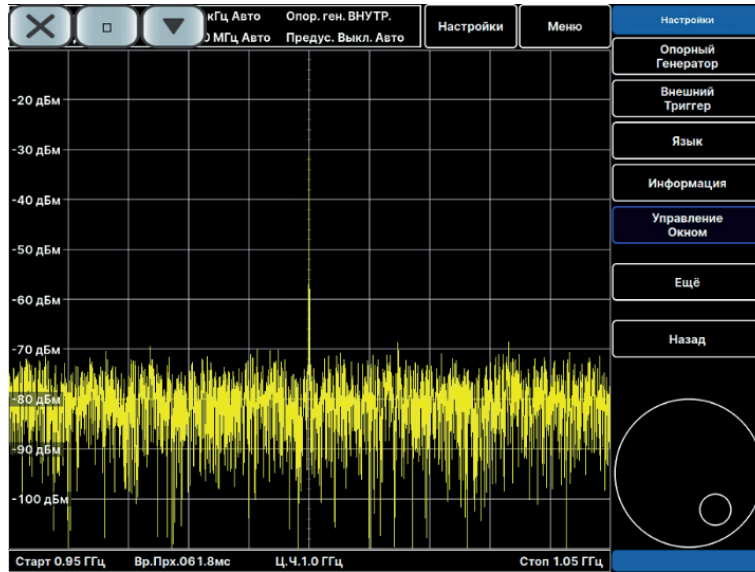


Рис. 12. Элементы управления окном

### 11.6 Настройки сетевого подключения

Данный раздел меню предназначен для настройки Ethernet подключения. Необходимо предварительно подключить Ethernet кабель к соответствующему разъему на задней панели прибора (Рис. 2, поз.9).

#### Настройка:

- нажать **Сеть / Network** в служебном меню;
- в появившемся окне (Рис. 13) можно:
  - 1) если окно открыто на самом приборе **MWA**: а) просмотреть сетевые настройки прибора для удаленного управления при помощи команд SCPI, посредством графического интерфейса пользователя, запущенного на внешнем ПК, посредством VNC-клиента, запущенного на внешнем ПК; б) сменить сетевые настройки прибора при помощи появившейся экранной клавиатуры;
  - 2) если окно открыто в графическом интерфейсе пользователя, запущенном на внешнем ПК, ввести сетевые настройки для удаленного подключения к прибору **MWA**;
- для подтверждения настроек нажмите **ОК**, для отмены – **Отмена / Cancel**.



Для удаленного управления прибором при помощи команд SCPI, а также при подключении с помощью VNC-клиента необходимо использовать IP-адрес экрана (встроенного ПК). Для подключения к прибору при помощи графического интерфейса, установленного на удаленном ПК, необходимо использовать IP-адрес платы ЦОС. IP-адрес экрана и IP-адрес

Платы ЦОС устройства должны находиться в одной подсети. Более подробная информация, касающаяся удаленного управления, представлена в руководстве по удаленному управлению.

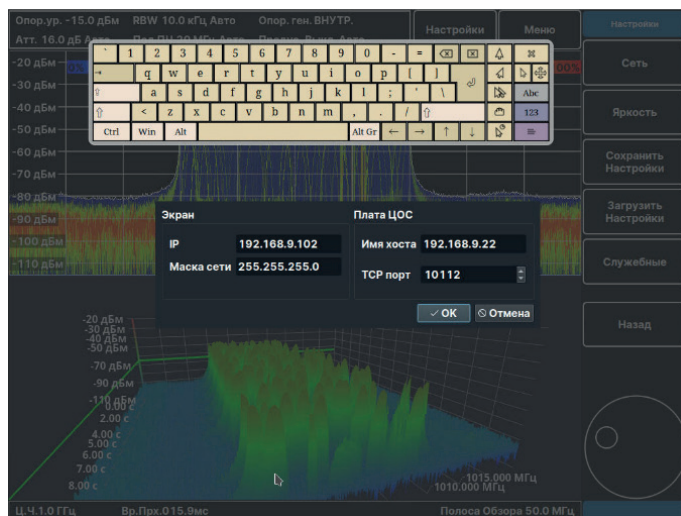


Рис. 13. Страница сетевых настроек

## 11.7 Настройки яркости элементов графического интерфейса

Для настройки яркости сетки области результатов измерений (Рис.3, поз.3):

- нажмите **Яркость / Brightness** в служебном меню;
- в появившемся окне настройте желаемую яркость сетки области результатов измерений (от 0 до 100%) при помощи слайдера **Яркость Сетки / Grid Opacity** (Рис. 14);
- для закрытия окна нажмите **X** в правом верхнем углу окна.

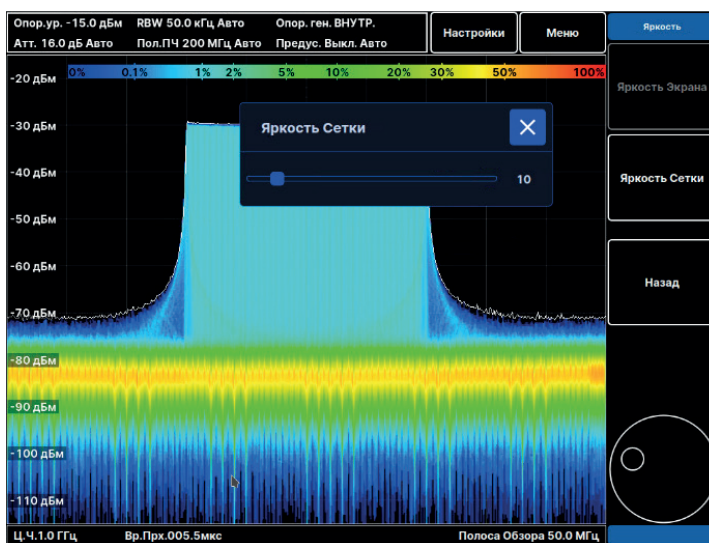


Рис.14. Настройка яркости элементов экрана

## 11.8 Сохранение настроек

Данный подраздел меню позволяет сохранить настройки прибора в виде файла для последующего вызова.

Для сохранения файла настроек выполните следующие шаги:

- нажмите **Сохранить настройки / Save Settings** в служебном меню (Рис. 4);
- выберите путь для сохранения файла настроек (Рис. 15);
- введите имя файла при помощи экранной клавиатуры;
- нажмите **Выбрать / Select** для подтверждения или **Отмена / Cancel** для отмены.



Рис.15. Сохранение настроек в файл

## 11.9 Вызов настроек

Данный подраздел меню позволяет вызвать предварительно сохраненные настройки прибора из файла.

Для вызова файла настроек выполните следующие шаги:

- нажмите **Загрузить настройки / Restore Settings** в служебном меню (Рис. 4);
- выберите путь к файлу настроек (Рис. 16);
- выберите файл;
- нажмите **Выбрать / Select** для подтверждения или **Отмена / Cancel** для отмены.

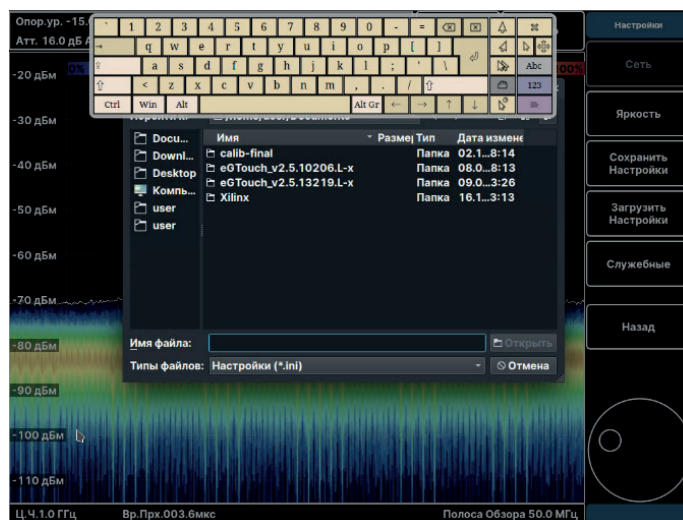


Рис.16. Вызов настроек из файла

## 11.10 Калибровка АЦП

Данный подраздел меню позволяет запустить вручную или настроить параметры калибровки АЦП для минимизации собственных паразитных составляющих прибора.

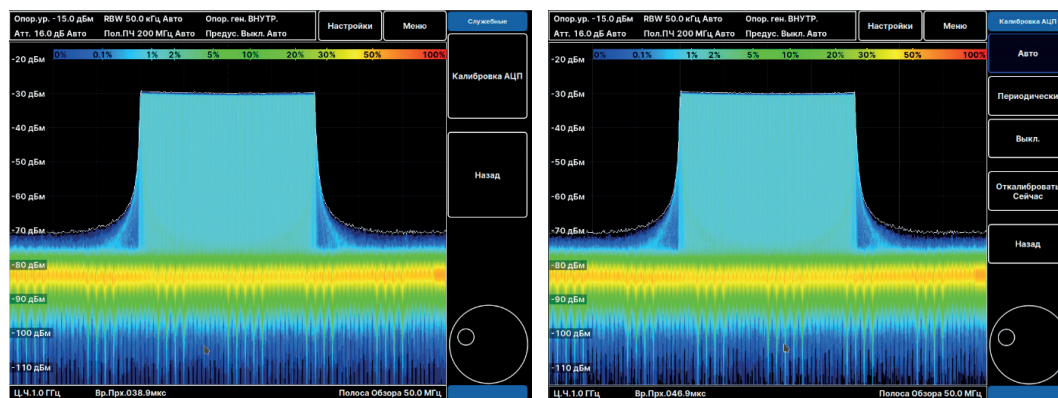


Рис. 17. Меню калибровки АЦП

Для управления калибровкой АЦП выполните следующие шаги:

- нажмите **Служебные / Service** в служебном меню (Рис. 4)
- нажмите **Калибровка АЦП / ADC Calibration** (Рис. 17);
- в появившемся меню выберите одно из действий:
  - **Автоматическая калибровка / Auto** – рекомендуемый режим (когда включен режим ТОI, калибровка отключается, в остальных режимах используется периодическая калибровка);
  - **Периодическая калибровка / Periodic**; прибор калибруется каждые 4 секунды, это можно заметить по кратковременному «замиранию» обновления графика спектра;

- **Выкл. / Off** калибровка выключена (не рекомендуется использовать этот режим);
- **Откалибровать Сейчас / Calibrate Now** запуск калибровки вручную;
- **Назад / Back** выход из раздела меню;
- нажмите **«Выбрать» / «Select»** для подтверждения или **Отмена / Cancel** для отмены.

## 12. Основные функции

Основные функции управления вызываются из главного меню графического интерфейса нажатием экранной клавиши **Меню / Top Menu** в верхней части сенсорного экрана (Рис. 18), где доступны 7 разделов основных настроек, описываемых в этой главе.

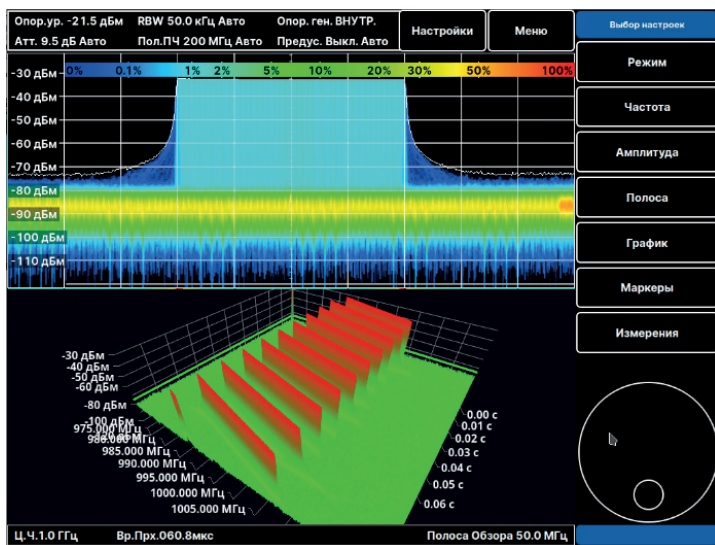


Рис. 18. Основные функции управления

### 12.1 Выбор режима

Данный раздел меню позволяет выбрать необходимый режим работы прибора. Доступные режимы работы описаны ниже.

Для входа в меню выбора режима:

- нажмите **Меню / Top Menu** в верхней части сенсорного экрана (Рис. 18);
- нажмите **Режим / Mode** в поле функциональных клавиш (Рис. 18).

#### 12.1.1 Анализ спектра в реальном времени (опция MWA-RT)

Анализ спектра в реальном времени доступен при наличии опции **MWA-RT** и позволяет захватывать и анализировать одиночные, кратковременные или быстро меняющиеся сигналы без пропусков.

Для запуска анализа в реальном времени:

- в меню выбора режима нажмите **Реальное Время / Real-Time Spectrum** (Рис. 19);
- для отключения режима реального времени нажмите **Реальное Время / Real-Time Spectrum** повторно.

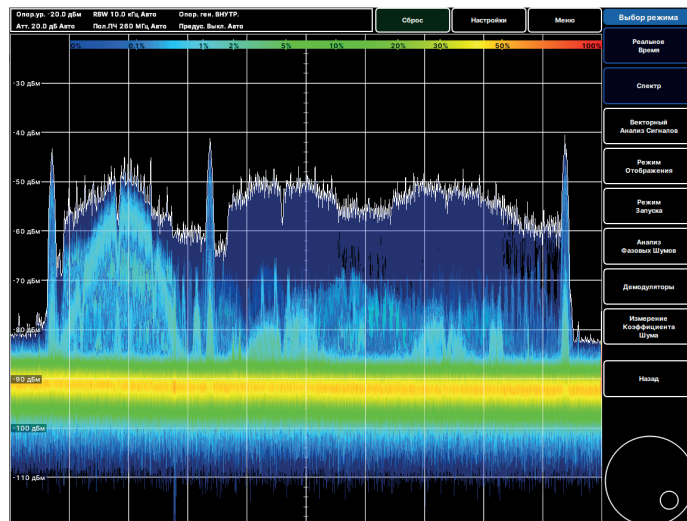


Рис. 19. Анализ спектра в реальном времени

### 12.1.2 Анализ спектра

Классический анализ спектра доступен в базовой комплектации прибора. Данный режим активируется по умолчанию при включении прибора. Анализ спектра выключается при переходе в другие режимы работы прибора.

Для возвращения в режим анализатора спектра из другого режима:

- в меню выбора режима нажмите **Спектр / Spectrum** (Рис. 20);

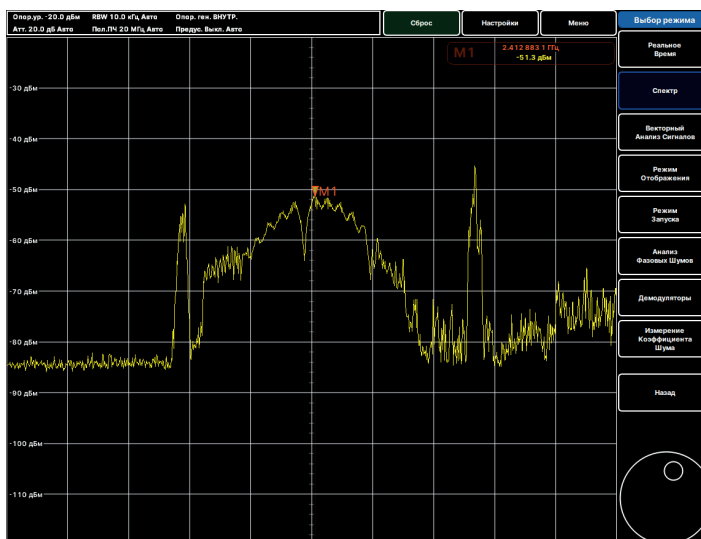


Рис. 20. Переключение в режим анализатора спектра

### 12.1.3 Векторный анализ сигналов (опция MWA-VSA)

Векторный анализ сигналов доступен в меню выбора режима (п. 12.1) при наличии опции MWA-VSA и позволяет проводить векторный анализ сигналов с различными типами модуляции. Для перехода в режим нажать **Векторный Анализ Сигналов / Vector Signal Analysis**.

Управление настройками режима векторного анализа осуществляется нажатием на соответствующую иконку на сенсорном экране (Рис. 21).



Рис. 21. Первоначальное окно настроек векторного анализа

**Обзор настроек / Settings Overview** – включение/выключение основного окна настроек векторного анализа (Рис. 21, верхнее окно), описание вкладок окна приведено ниже, для переключения между вкладками нажать на соответствующую иконку на синем фоне либо на название вкладки;

**Обзор / Overview** – обзор текущих настроек из всех вкладок на одном экране, здесь также доступен переход на любую вкладку нажатием на иконку с соответствующей надписью;

**Сигнал / Signal** – вкладка основных настроек модуляции:

**Тип / Type** – выбор типа модуляции, для выбора нажать на поле с названием или на пиктограмму со стрелкой, после чего выбрать необходимый тип в выпадающем списке;

**Симв. скор. / Symbol Rate** – установка символьной скорости;

**Тип / Type** – выбор типа формирующего фильтра. Следует выбрать фильтр, такой же, как установленный на передатчике;

**Альфа/BT / Alpha/BT** – установка коэффициента скругления (альфа) для фильтра корень из косинуса (RRC), приподнятый косинус (RC) или параметра  $B \times T$  (полоса  $\times$  длительность) для фильтра Гаусса (GAUSS);

**Вход / Input** – вкладка основных настроек входного тракта:

**Вход / Input** – выбор РЧ входа;

**Частота / Frequency** – установка центральной частоты анализа;

**Аттен. / Atten** – установка ослабления входного аттенюатора;

**Захват / Capture** – вкладка настроек параметров сбора данных:

**Длина захвата / Capture Length** – активна при отсутствующей галочке «Авто» под данной строкой, установите длительность захвата сигнала для анализа в символах (левое поле) или в секундах (правое поле), значения в данных полях связаны между собой, длительность символа является обратной величиной от текущей символьной скорости во вкладке «Сигнал»;

**Авто / Auto** – при включении данной настройки длительность захвата устанавливается автоматически;

**Частота дискр. / Sample Rate** – установка частоты дискретизации векторного анализа, выберите множитель относительно текущей символьной скорости из выпадающего списка;

**Смена IQ / Swap IQ** – взаимная замена I и Q отсчетов местами, для активации замены установите галочку;

**Источник триггера / Trigger Source** – выбор источника сигнала запуска начала захвата, по умолчанию активирован внутренний – иконка **Выкл / Free Run**, для использования внешнего запуска нажмите на иконку **Внешний Триггер / External Trigger** и подключите сигнал внешнего запуска на входной разъем сигнала внешнего запуска (поз. 6, Рис. 2.);

**Фильтр изм. / Meas Filter** – вкладка настроек параметров измерительного фильтра и автокомпенсаций искажений:

**Авто / Auto** – автоматический выбор согласно выбранному фильтру передачи, для активации установите галочку;

**Тип / Type** – при отсутствующей галочке «Авто» / «Auto» установите тип фильтра вручную, выбрав необходимый тип в выпадающем списке;

**Альфа / BT / Alpha/BT** – установка коэффициента скругления (альфа) для фильтра корень из косинуса (RRC), приподнятый косинус (RC) или параметра В×Т (полоса × длительность) для фильтра Гаусса (GAUSS);

**Компенсация / Compensations** – настройки автоматической компенсации искажений передатчика или линии передачи, доступны следующие типы (для активации установите соответствующие галочки):

«IQ смещение» / «IQ offset» – компенсация постоянных составляющих квадратурных сигналов;

«IQ дисбаланс» / «IQ imbalance» – компенсация дисбаланса по амплитуде;

«Нелинейность» / «Nonlinearity» – компенсация нелинейности;

«Эквалайзер» / «Equalization» – компенсация неравномерности АЧХ.

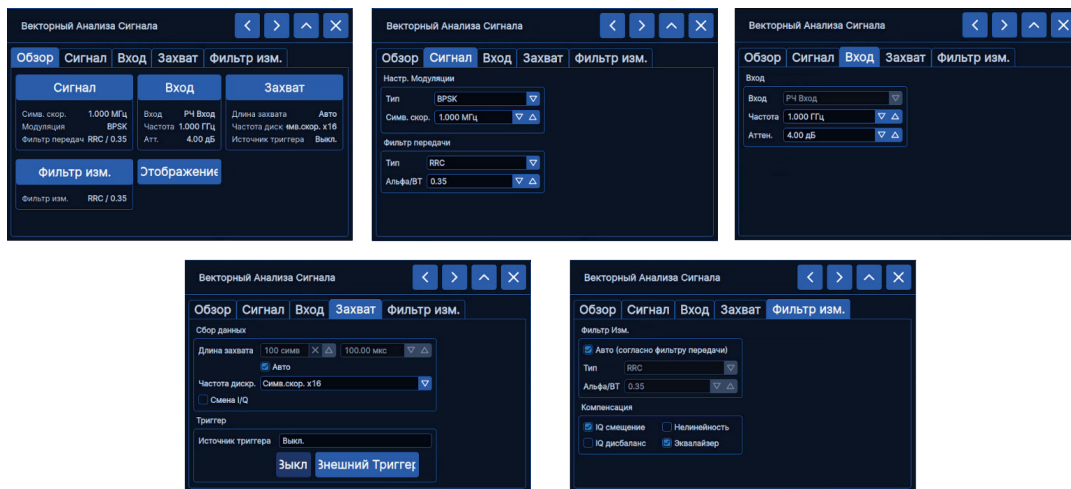


Рис. 22. Описание вкладок окна настроек векторного анализа

**Результаты / Results** включение/выключение окна с измерениями параметров модулированного сигнала (Рис. 23), набор отображаемых параметров может меняться в зависимости от типа модуляции, выбранного в окне обзора настроек;



Рис. 23. Окно с измерениями параметров модулированного сигнала

**Настройки Отображения / Display Config** настройка отображения результатов векторного анализа на экране (Рис. 24);

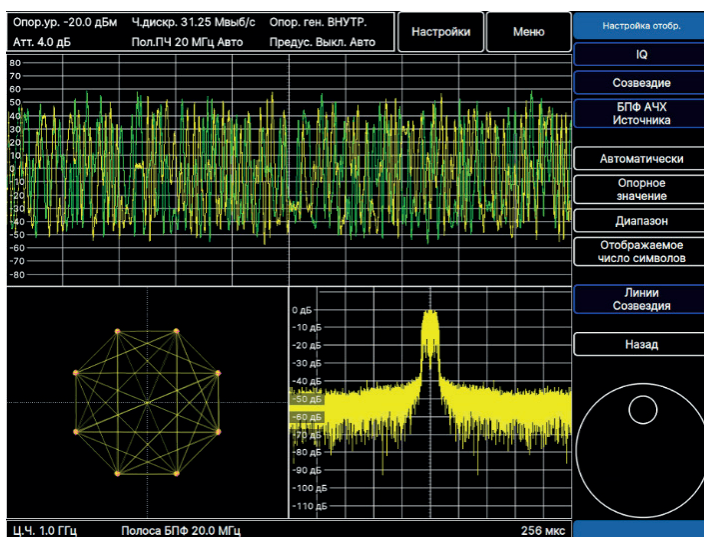


Рис. 24. Окно настроек отображения векторного анализа

**IQ** – включение/выключение окна графиков I и Q составляющих;

**Созвездие / Constellation** – включение/выключение окна сигнального созвездия;

**БПФ АЧХ Источника / FFT Mag Source** – включение/выключение окна БПФ АЧХ источника;

**Автоматически / Auto Range** – автоматическая установка опорного значения и диапазона отображения графиков IQ составляющих;

**Опорное значение / Reference Value** – ручная установка опорного значения отображения графиков IQ составляющих;

**Диапазон / Range** – ручная установка диапазона отображения графиков IQ составляющих;

**Отображаемое число символов / Symbols to Display** – установка количества символов для отображения в окне графиков IQ составляющих;

**Линии созвездия / Constellation Lines** – включение/выключение линий перехода между точками в окне созвездия;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

#### 12.1.4 Режим отображения

Меню режима отображения позволяет выбирать один или несколько вариантов отображения результатов измерений (Рис. 25) при помощи экранных клавиш:

**Графики / Curve** – непрерывное обновление измерительных трасс;

**Послесвечение / Persistence** – наложение трасс и отображение цветом вероятности появления событий: теплыми цветами отображаются более частые события, холодными – более редкие, соответствие вероятности появления сигнала от 0 до 100% и цвета отображения показано шкалой вверху экрана;

**Водопад / Waterfall** – режим спектрограмм, по вертикальной оси отложено время, цветом отображается амплитуда сигнала, настройка глубины водопада по времени доступна в меню «Глубина водопада» (п. 12.5.2);

**3D Водопад / 3D Waterfall** – включается дополнительно к режиму «водопад», отображаются трассы во времени и амплитуда цветовыми градациями аналогично режиму «водопад», но в объемном режиме, шкала амплитуд указана по оси z, настройка глубины водопада по времени доступна в меню «Глубина водопада» (п. 12.5.2);

**Интерполяция / Interpolation** – выбор режима интерполяции трасс (Рис. 25), при нажатии доступен подраздел с выбором алгоритма:

**Отключить / Disabled** – режим линейной интерполяции;

**Кубическими сплайнами / Cubic Splines** – интерполяция Modified Akima;

**sin(x)/x / sin(x)/x** – интерполяция с ядром  $\sin(x)/x$ , используется при точном измерении частоты несущей;

**Назад / Back** – для возврата в меню на уровень выше;

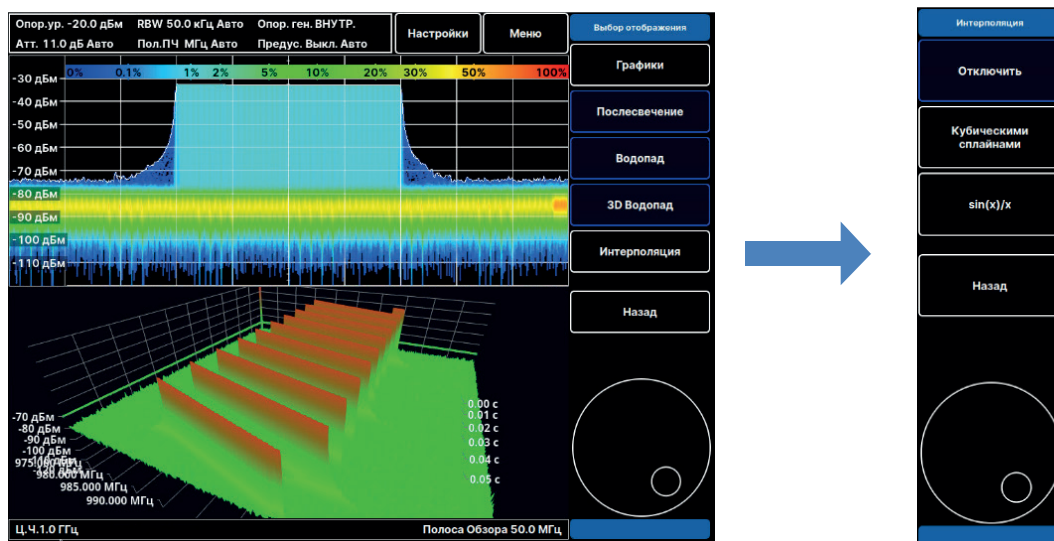


Рис. 25. Меню выбора режима отображения

### 12.1.5 Режим запуска

Меню режима запуска позволяет настраивать тип сбора информации при помощи экранных клавиш (Рис. 26):

**Непрерывный / Initiate Continuous** – сбор информации происходит непрерывно с запуском от внутреннего (п. 11.2 внешний триггер «Выкл.») или от внешнего триггера (п. 11.2 внешний триггер «По нарастающему»);

**Однократный / Initiate Single** – сбор информации останавливается и при необходимости запускается одиночными нажатиями клавиши боковой клавиатуры **ТРИГ / trigger**;

**Назад / Back** – возврат в меню на уровень выше.

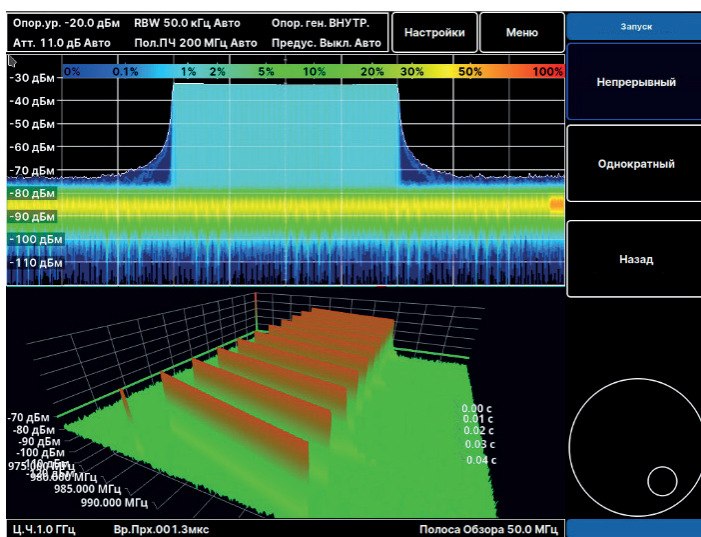


Рис. 26. Выбор режима запуска

### 12.1.6 Анализ фазовых шумов (опция MWA-PN)

Анализ фазовых шумов доступен в меню режимов работы при наличии опции **MWA-PN**.



Фазовый шум используется для описания совокупной мощности нежелательных продуктов модуляции шумового характера. Их уровень более высокий вблизи несущей и спадает при удалении от несущей в боковых полосах. Спектр реального сигнала представлен множеством составляющих вблизи несущей, обусловленных случайными флуктуациями амплитуды и фазы сигнала (Рис. 27).

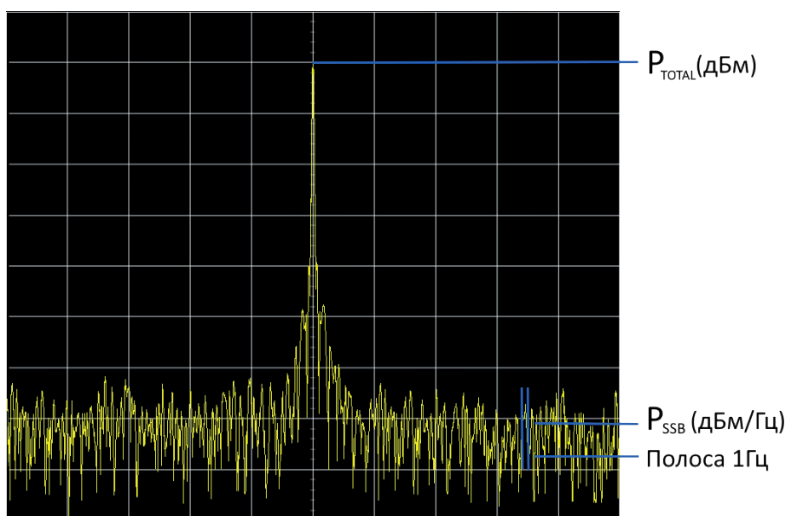


Рис. 27. Измерение фазового шума



Для оценки фазового шума используется спектральная плотность мощности шума в одной боковой полосе  $L(f)$ . Согласно определению Международного института радиоинженеров (IEEE), спектральная плотность мощности фазовых шумов в одиночной боковой полосе равна:

$$L(f) = \frac{P_{ssb}}{P_{total}}, \quad (1)$$

где

**$P_{ssb}$**  – спектральная плотность шума на заданной отстройке от несущей в одиночной боковой полосе, пересчитанная к полосе 1 Гц;

**$P_{total}$**  – полная мощность несущей.

Величина  $L(f)$  обычно представляется в логарифмическом масштабе в децибелах относительно несущей на 1 Гц полосы (дБн/Гц). При измерении фазового шума анализатором спектра полученный результат фактически представляет комбинацию трёх различных источников шума. Первый – фазовый шум измеряемого сигнала. Второй – фазовый шум, создаваемый гетеродинами анализатора при измерении входного сигнала. И третий – средний уровень собственного шума анализатора – это шум, генерируемый внутри самого анализатора независимо от наличия или отсутствия сигнала на входе, этот уровень шума равномерен в пределах спектра, определяется коэффициентом шума анализатора и представляет собой абсолютный пороговый уровень шума, ниже которого измерения невозможны (важен при больших отстройках). Если отнести этот абсолютный пороговый уровень к уровню несущей, он будет представлять предел, ниже которого боковые полосы фазового шума не могут быть измерены. Если уровень шума измеряемого источника очень мал, он может быть замаскирован шумами двух других источников, которые создаются самим анализатором. Поэтому при проведении измерений необходимо оценивать эти пороговые уровни, проверяя по спецификации анализатора уровень собственных фазовых шумов, средний отображаемый уровень шумов или пределы измерений в режиме анализа фазовых шумов.

Управление функцией анализа фазовых шумов осуществляется при помощи экранных клавиш (Рис. 28):

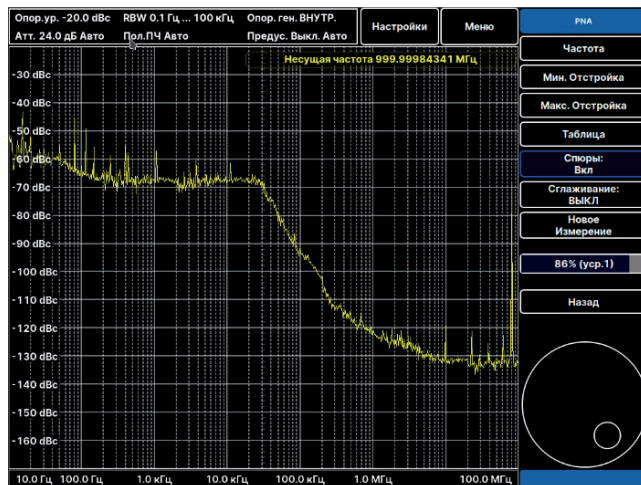


Рис. 28. Меню измерения фазового шума

**Частота / FCarrier** – выбор автоматического или ручного определения несущей частоты (Рис. 29), по умолчанию анализатор автоматически находит наиболее мощный сигнал во всем рабочем диапазоне частот.

**Авто / Auto** – автоматическое определение несущей частоты, при этом измененное значение несущей частоты отображается в верхней части области результатов измерений;

**Вручную / Manual** – ввод несущей частоты вручную, необходимо ввести значение частоты при помощи боковой клавиатуры;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

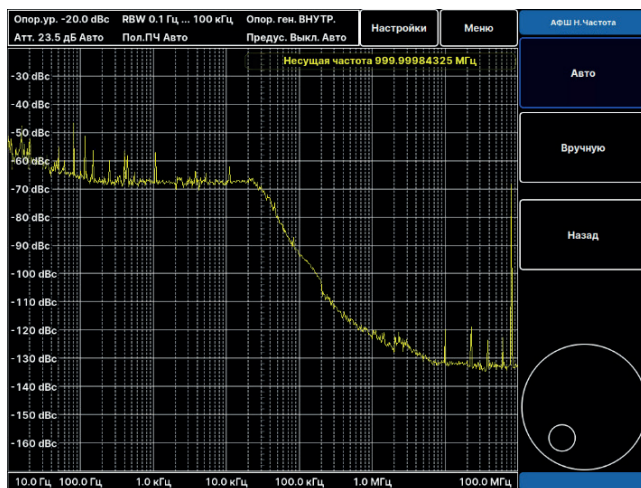


Рис. 29. Выбор режима определения несущей частоты

**Мин. Отстройка / Min Offset** – выбор начальной частоты отстройки от несущей при проведении измерений (Рис. 30);

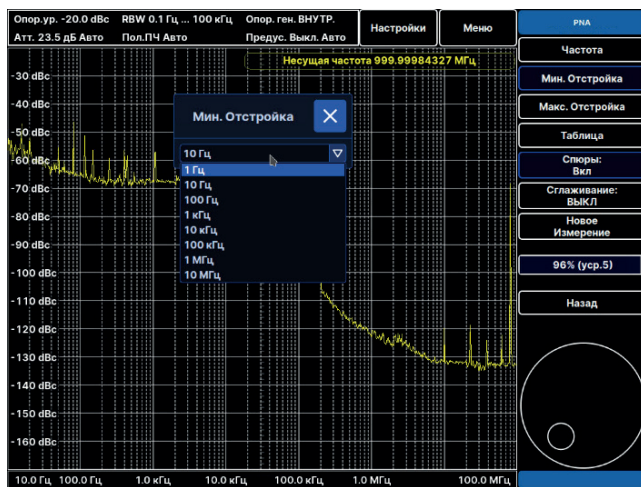


Рис. 30. Выбор начальной частоты отстройки от несущей

**Макс. Отстройка / Max Offset** – выбор конечной частоты отстройки от несущей при проведении измерений;



Рис. 31. Выбор конечной частоты отстройки от несущей

**Таблица / Table** – вызов декадной таблицы (результаты измерений с отстройками на кратных декадах в выбранном диапазоне отстроек) на экран (Рис. 32);



Рис. 32. Вызов декадной таблицы

**Спюры / Spurs** – включение/выключение пиковых сигналов на результирующей трассе;

**Сглаживание / Smoothing** – включение/выключение функции сглаживания трассы;

**Новое измерение / New Measurement** – запуск нового измерения вручную. Необходимо нажимать при смене параметров источника;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

### 12.1.7 Демодуляторы (измерительные – опция MWA-MD, аудио – опции MWA-AMFM)

Анализатор позволяет осуществлять измерение параметров сигналов с аналоговыми видами модуляций (АМ, ЧМ, ФМ) – опция **MWA-MD**, а также проводить демодуляцию и прослушивание аудио для АМ и ЧМ модуляций (опции **AMFM / AMFM2 / AMFM3**) – Рис. 33.

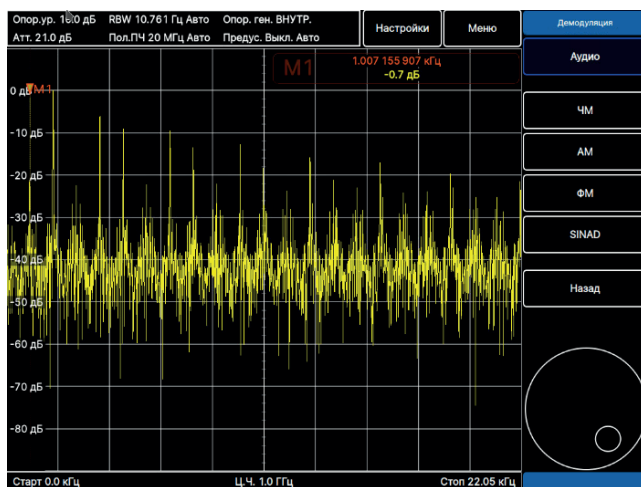


Рис. 33. Меню аналоговых демодуляторов

**Аудио / Audio** – звуковой демодулятор для аналоговых модуляций, доступен при наличии одной из опций: **AMFM / AMFM2 / AMFM3** (Рис. 34);

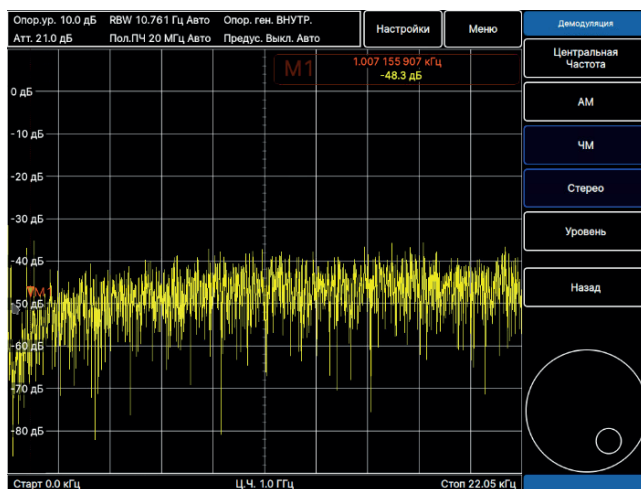


Рис. 34. Меню звуковых аналоговых демодуляторов

**Центральная частота / FCenter** – настройка на центральную частоту сигнала, предназначенного для демодуляции и прослушивания;

**АМ / AM** – включение АМ демодулятора для прослушивания;


**ЧМ / FM** – включение ЧМ демодулятора для прослушивания;

**Сtereo / Stereo** – включение демодулятора для прослушивания стерефонического радиовещательного сигнала;

**Уровень / Volume** – регулировка уровня громкости прослушивания, введите значение от 0 до 100 в появившемся окне;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

При работе в данном режиме на экране отображается спектр демодулированного сигнала.

**ЧМ / FM** – анализ сигналов с частотной модуляцией, при использовании данной функции на экране отображается демодулированный сигнал во временной области, а также дополнительное окно с метрикой основных параметров модулированного сигнала, в окне доступно изменение количества усреднений в строке **Усреднений:**, а также перезапуск измерений (пиктограмма с круговыми стрелками в верхней части) и закрытие окна  (Рис. 35);

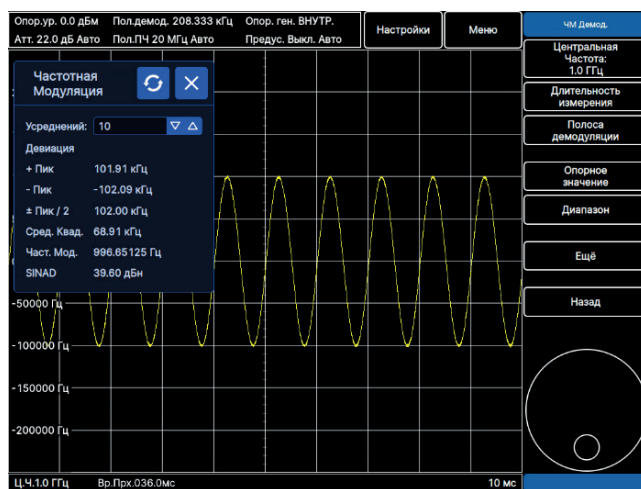


Рис. 35. Основное меню измерения ЧМ сигналов

**Центральная частота / Center Frequency** – настройка на центральную частоту модулированного сигнала;

**Длительность измерений / Meas Time** – длительность демодулированного сигнала в пределах экрана;

**Полоса демодуляции / Demod BW** – ширина полосы, используемой при демодуляции;

**Опорное значение / Reference Value** – девиация сигнала, соответствующая середине вертикальной оси;

**Диапазон / Range** – размах вертикальной оси;

**Еще / More** – переход на дополнительную страницу (см. ниже);

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

Дополнительная страница измерения параметров ЧМ сигналов (Рис. 36):

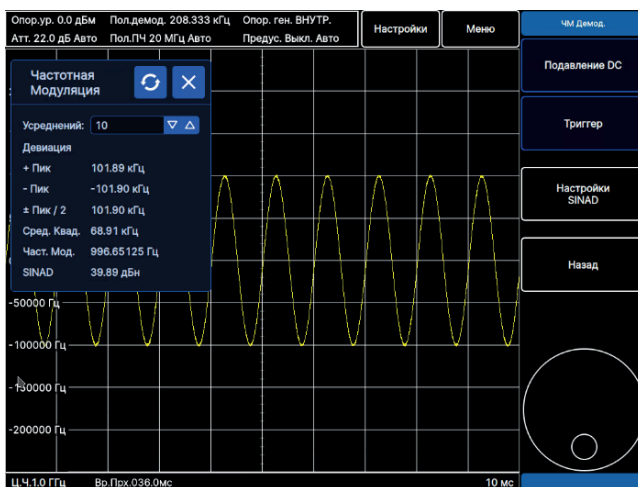


Рис. 36. Дополнительная страница измерения ЧМ сигналов

**Поддавление DC / Suppress DC** – исключение постоянной составляющей при демодуляции сигнала;

**Триггер / Trigger** – синхронизация по времени демодулированного сигнала на экране;

**Настройки SINAD / SINAD Settings** – переход в меню измерения SINAD;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

Меню измерения отношения сигнал / (шум+искажения) (SINAD) позволяет добавить измерение SINAD в окно метрики, а также использовать взвешивающий фильтр для данного измерения (Рис. 37):

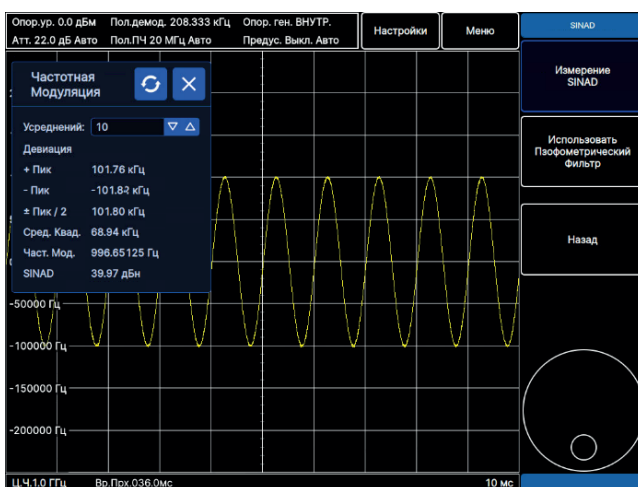


Рис. 37. Окно настройки параметров измерения SINAD ЧМ сигналов

**Измерение SINAD / SINAD Measurement** – добавляет/исключает измерение SINAD в окно метрики;

**Использовать псофометрический фильтр / Use Psophometric Filter** – добавляет/исключает взвешивающий фильтр в измерение SINAD;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

**AM** – анализ сигналов с амплитудной модуляцией, при использовании данной функции на экране отображается демодулированный сигнал во временной области, а также дополнительное окно с метрикой основных параметров модулированного сигнала, в окне доступно изменение количества усреднений в строке **Усреднений:**, а также перезапуск измерений (пиктограмма с круговыми стрелками в верхней части) и закрытие окна (пиктограмма X) (Рис. 38);

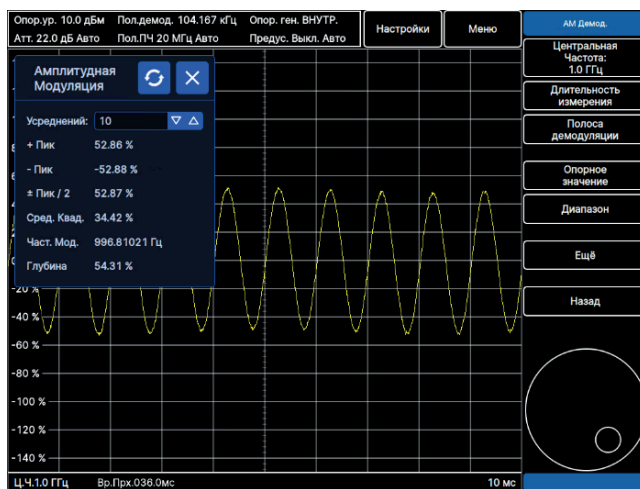


Рис. 38. Основное меню измерения AM сигналов

**Центральная частота / Center Frequency** – настройка на центральную частоту модулированного сигнала;

**Длительность измерений / Meas Time** – длительность демодулированного сигнала в пределах экрана;

**Полоса демодуляции / Demod BW** – ширина полосы, используемой при демодуляции;

**Опорное значение / Reference Value** – глубина модуляции, соответствующая середине вертикальной оси;

**Диапазон / Range** – размах вертикальной оси;

**Еще / More** – переход на дополнительную страницу (см. ниже);

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

Дополнительная страница измерения AM сигналов (Рис. 39):

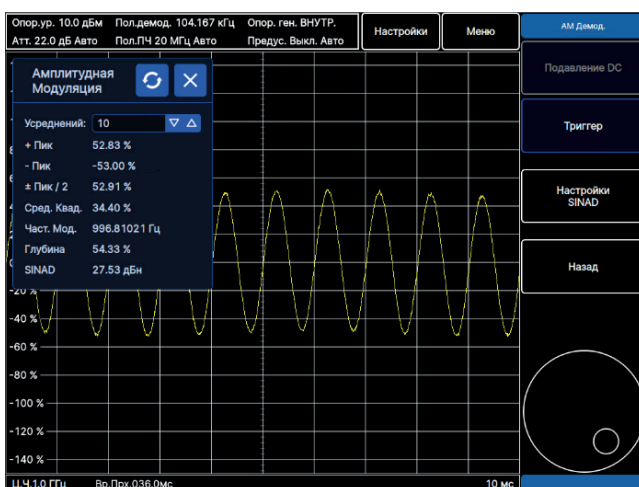


Рис. 39. Дополнительная страница измерения AM сигналов

**Подавление DC / Suppress DC** – не используется в данном демодуляторе;

**Триггер / Trigger** – синхронизация по времени демодулированного сигнала на экране;

**Настройки SINAD / SINAD Settings** – переход в меню измерения SINAD;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

Меню измерения отношения сигнал / (шум+искажения) (SINAD) позволяет добавить измерение SINAD в окно метрики, а также использовать взвешивающий фильтр для данного измерения (Рис. 40):

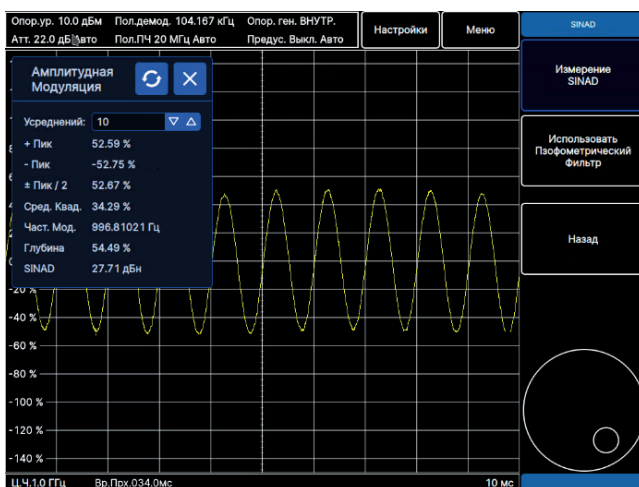


Рис. 40. Окно настройки параметров измерения SINAD AM сигналов

**Измерение SINAD / SINAD Measurement** – добавляет/исключает измерение SINAD в окно метрики;

**Использовать псофометрический фильтр / Use Psophometric Filter** – добавляет/исключает взвешивающий фильтр в измерение SINAD;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

**ФМ** – анализ сигналов с фазовой модуляцией, при использовании данной функции на экране отображается демодулированный сигнал во временной области, а также дополнительное окно с метрикой основных параметров модулированного сигнала, в окне доступно изменение количества усреднений в строке **Усреднений:**, а также перезапуск измерений (пиктограмма с круговыми стрелками в верхней части) и закрытие окна (пиктограмма X) (Рис. 41);



**Рис. 41. Основное меню измерения ЧМ сигналов**

**Центральная частота / Center Frequency** – настройка на центральную частоту модулированного сигнала;

**Длительность измерений / Meas Time** – длительность демодулированного сигнала в пределах экрана;

**Полоса демодуляции / Demod BW** – ширина полосы, используемой при демодуляции;

**Опорное значение / Reference Value** – девиация фазы сигнала, соответствующая середине вертикальной оси;

**Диапазон / Range** – размах вертикальной оси;

**Еще / More** – переход на дополнительную страницу (см. ниже);

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

Дополнительная страница измерения ФМ сигналов (Рис. 42):

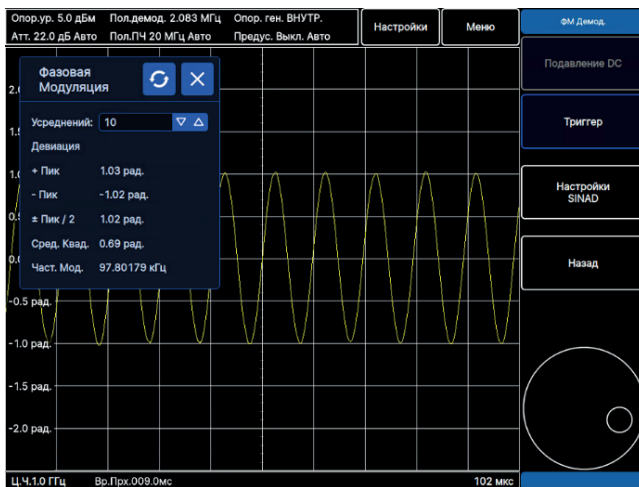


Рис. 42. Дополнительная страница измерения ФМ сигналов

**Поддавление DC / Suppress DC** – не используется в данном демодуляторе;

**Триггер / Trigger** – синхронизация по времени демодулированного сигнала на экране;

**Настройки SINAD / SINAD Settings** – переход в меню измерения SINAD;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

Меню измерения отношения сигнал / (шум+искажения) (SINAD) позволяет добавить измерение SINAD в окно метрики, а также использовать взвешивающий фильтр для данного измерения (Рис. 43):

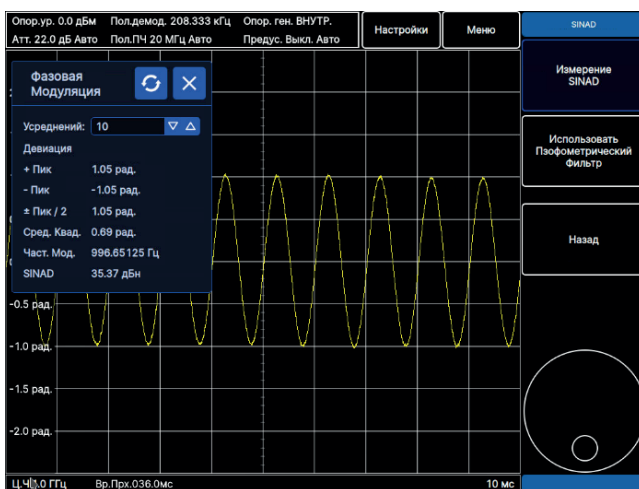




Рис. 43. Окно настройки параметров измерения SINAD ФМ сигналов

**Измерение SINAD / SINAD Measurement** – добавляет/исключает измерение SINAD в окно метрики;

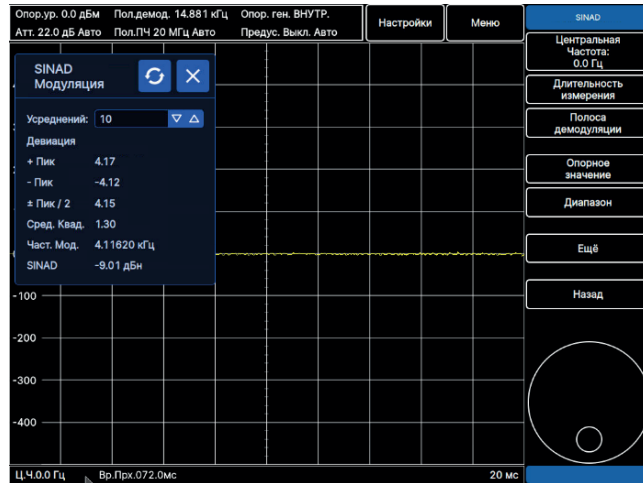
**Использовать психометрический фильтр / Use Psophometric Filter** – добавляет/исключает взвешивающий фильтр в измерение SINAD;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

**SINAD / SINAD** – анализ низкочастотных (НЧ) сигналов, при использовании данной функции на экране отображается входной низкочастотный сигнал во временной области, а также дополнительное окно с метрикой основных параметров, в окне доступно изменение количества усреднений в строке «Усреднений:», а также перезапуск измерений  и закрытие окна  (Рис. 44);



**Следует обратить внимание, что, поскольку данное измерение происходит в низкочастотной области, полоса измеряемого сигнала должна соответствовать диапазону рабочих частот анализатора спектра MWA: канал №1 от 8 кГц, канал №2 (опция MWA-2CH) от 0 Гц.**



**Рис. 44. Основное меню измерения НЧ сигналов**

**Центральная частота / Center Frequency** – настройка на центральную частоту НЧ сигнала;

**Длительность измерений / Meas Time** – длительность НЧ сигнала в пределах экрана;

**Полоса демодуляции / Demod BW** – ширина полосы анализа;

**Опорное значение / Reference Value** – уровень, соответствующий середине вертикальной оси;

**Диапазон / Range** – размах вертикальной оси;

**Еще / More** – переход на дополнительную страницу (см. ниже);

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

Дополнительная страница измерения НЧ сигналов (Рис. 45):

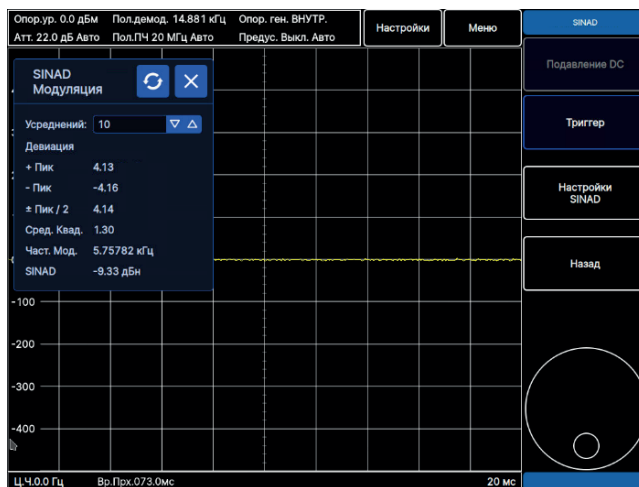


Рис. 45. Дополнительная страница измерения НЧ сигналов

**Поддавление DC / Suppress DC** – не используется в данном измерении;

**Триггер / Trigger** – синхронизация по времени НЧ сигнала на экране;

**Настройки SINAD / SINAD Settings** – переход в меню измерения SINAD;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

Меню измерения отношения сигнал / (шум+искажения) (SINAD) позволяет добавить измерение SINAD в окно метрики, а также использовать взвешивающий фильтр для данного измерения (Рис. 46):

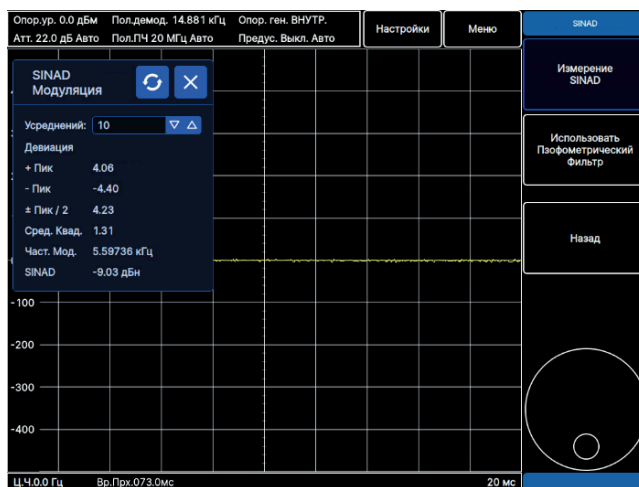


Рис. 46. Окно настройки параметров измерения SINAD НЧ сигналов

**Измерение SINAD / SINAD Measurement** – добавляет/исключает измерение SINAD в окно метрики;

**Использовать псофометрический фильтр / Use Psophometric Filter** – добавляет/исключает взвешивающий фильтр в измерение SINAD;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

### 12.1.8 Измерение коэффициента шума (опция MWA-NF)

В данном приборе доступен функционал измерения коэффициента шума и коэффициента усиления 2-портовых устройств, а также устройств с переносом частоты методом Y-фактора (горячего/холодного источника).

#### Понятие коэффициента шума



Шум-фактор F и коэффициент шума NF испытуемого устройства (ИУ) характеризуют уменьшение (ухудшение) отношения сигнал/шум S/N сигнала, прошедшего через устройство (Рис. 47).

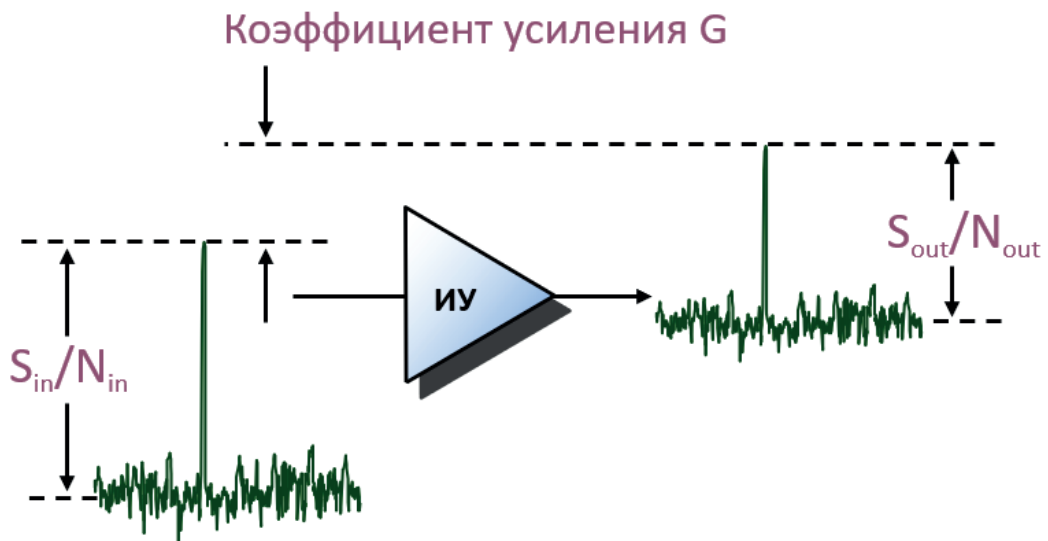


Рис. 47. Уменьшение отношения сигнал/шум сигнала, прошедшего через устройство

Шум-фактор F – линейная величина:

$$F = \frac{S_{in}/N_{in}}{S_{out}/N_{out}} = \frac{N_{out}}{G \times N_{in}}, \quad (2)$$

где  $S_{in}$  и  $N_{in}$  – уровни сигнала и шума на входе цепи соответственно,  $S_{out}$  и  $N_{out}$  – уровни сигнала и шума на выходе цепи соответственно, G – коэффициент усиления цепи.

Коэффициент шума NF – логарифмическая величина:

$$NF_{(db)} = 10 \times \log (F), \quad (3)$$

### Измерение коэффициента шума методом Y-фактора



Шум складывается из многих составляющих, основная из них – это тепловой шум, поэтому при оценке принято рассматривать шум как тепловой. Мощность теплового шума определяется по формуле:

$$N = kTB, \quad (4)$$

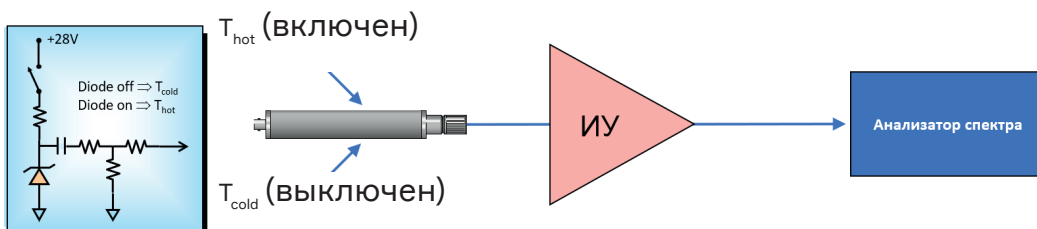
где k – постоянная Больцмана ( $1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К),

T – абсолютная температура (К),

B – полоса частот (Гц).

Абсолютную температуру обычно принимают равной 290 К и используют в качестве опорной при измерении коэффициента шума (обозначается как T<sub>0</sub>).

Метод Y-фактора состоит в подаче на вход ИУ двух различных уровней шума и измерения выходной мощности. Источник шума представляет собой устройство, которое способно выдать эти два калиброванных уровня шума. Он содержит специальный диод, который генерирует шум, когда он смещен в обратном направлении в область лавинного пробоя напряжением постоянного тока, и аттенуатор для обеспечения хорошего согласования. Когда диод смещен, уровень шума на выходе выше благодаря лавинному режиму генерации шума диода, когда не смещен, на выходе присутствует тепловой шум, создаваемый аттенуатором (Рис. 48).



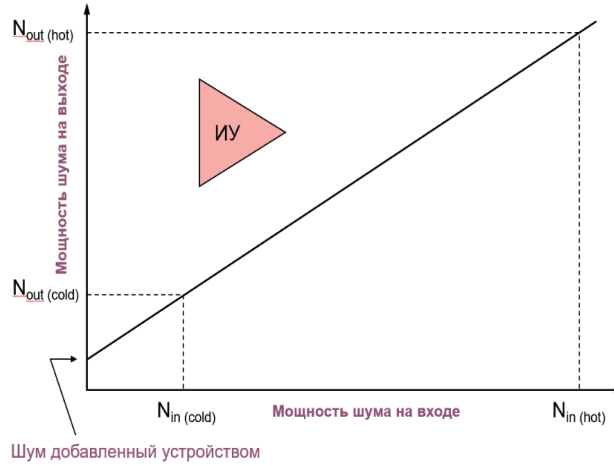
**Рис. 48. Установка для измерения коэффициента шума**

Эти уровни шума принято обозначать шумовыми температурами T<sub>hot</sub> – «горячее» состояние и T<sub>cold</sub> – «холодное». Источник должен формировать калиброванные уровни шума, обычно представляемые избыточным коэффициентом шума ENR (Excess Noise Ratio):

$$ENR = \frac{T_{hot} - T_{cold}}{T_0}, \quad (5)$$

В основе данного измерения лежит характеристика линейных 2-портовых устройств – линейность мощности шума. Мощность шума на выходе ИУ линейно зависит от мощности шума на входе или от шумовой температуры источника. На Рис. 49 показано графическое представление измерения коэффициента шума

и коэффициента усиления методом Y-фактора.



**Рис. 49. Графическое представление измерения методом Y-фактора**

Так как линейная функция может быть определена двумя точками, то для измерения коэффициента шума достаточно знать значения мощностей на входе и выходе устройства при двух разных заведомо известных температурах источника. При этом коэффициент усиления  $G$  устройства будет определяться углом наклона линейной характеристики:

$$G = \frac{N_{out} - N_{out\ cold}}{N_{in\ out} - N_{in\ cold}}, \quad (6)$$

Y-фактор – это отношение мощностей на выходе:

$$Y = \frac{P_{out\ hot}}{P_{out\ cold}}, \quad (7)$$

Общий линейный коэффициент шума (шум-фактор) системы может быть вычислен следующим образом:

$$F_{sys} = \frac{ENR - Y (T_{cold} / T_0 - 1)}{Y - 1}, \quad (8)$$

Схема измерений является двухкаскадной, так как ИУ подключается к анализатору, при этом шум, генерируемый источником, проходит через входные цепи анализатора, в результате складывается суммарный шум источника, ИУ и измерителя. Для определения коэффициента шума двухкаскадной схемы используется формула Фрииса:

$$F_{sys} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G}, \quad (9)$$

где  $F_{sys}$  – общий коэффициент шума двухкаскадной системы в линейном виде  
 $F_1$  – коэффициент шума первого каскада (ИУ) в линейном виде

$F_2$  – коэффициент шума второго каскада (измерителя) в линейном виде

$G$  – коэффициент усиления ИУ в линейном виде

Тогда коэффициент шума первого каскада (ИУ) примет вид:

$$F_1 = \frac{ENR - Y (T_{cold} / T_0 - 1)}{Y - 1} - \frac{F_2 - 1}{G}, \quad (10)$$

Так как коэффициент шума второго каскада (измерителя) может вносить существенный вклад в общий коэффициент шума, применяют процедуру калибровки для определения этой составляющей, для этого источник шума подключается непосредственно к анализатору и определяется значение  $F_2$ .



## Измерение

Режим измерения коэффициента шума доступен при наличии опции **MWA-NF** и предполагает предварительную установку основных параметров измерения. Для входа в режим нажмите **Меню / Top Menu** в верхней части сенсорного экрана, **Режим / Mode** в поле функциональных клавиш и затем **Измерение Коэффициента Шума / Noise Figure Measurements** (Рис. 50).



Рис. 50. Меню режима измерения коэффициента шума

Первым шагом необходимо выполнить настройки частоты, для этого нажмите экранную клавишу **Частоты измерений / Frequency Settings**, в результате на появится таблица настроек измерений (Рис. 51). Есть два способа формирования таблицы частот: генерация таблицы шагом или диапазоном.


**Первый способ (генерация таблицы с шагом):****Старт Част. / Start Freq.** – начальная частота измерений;**Стоп Част. / Stop Freq.** – конечная частота измерений;**Шаг Част. / Step Freq.** – шаг по частоте; – подтверждение введенных данных.**Второй способ (генерация таблицы диапазоном):****Центр. Част. / Cent. Freq.** – центральная частота диапазона;**Диапазон / Span** – диапазон частот измерений;**Точек / Points** – количество точек; – подтверждение введенных данных.

Далее необходимо выбрать режим и параметры измерений в разделе таблицы «**Настройки смесителя**» / «**Mixer Settings**» :

**Режим / Mode** – выбор типа испытываемого устройства:

- без преобразования частоты / Direct;
- понижающий преобразователь / Downconverter;
- повышающий преобразователь / Upconverter.

В случае выбора режима без преобразования, остальные настройки данного раздела неактивны, выбор любого преобразователя в качестве ИУ требует настроить параметры преобразования:

**Боковая полоса / Sideband** – Нижняя / Lower или Верхняя / Upper;**Подавление зеркального канала / Ext. Image Rejection** – внешнее подавление / Ext. Filter или без подавления / No Image Rejection, в зависимости от типа ИУ;**IF** – промежуточная частота (ПЧ) преобразователя; – подтверждение введенных данных. – сохранение таблицы частот в файл; – вызов таблицы частот из файла; – добавление строки сверху; – добавление строки снизу; – удаление текущей строки; – удаление всех строк; – свернуть таблицу; – закрыть таблицу.

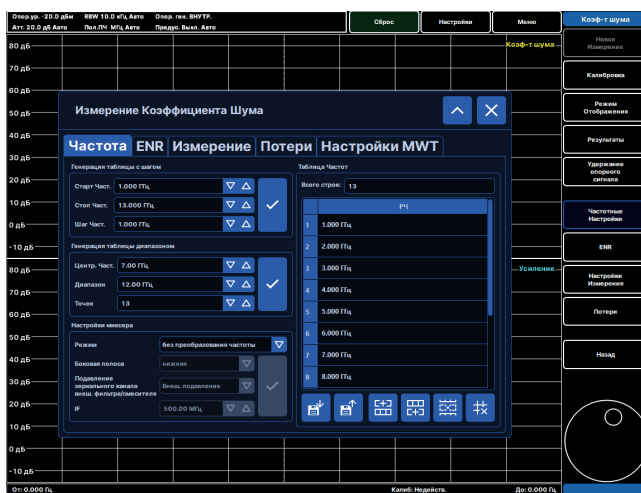


Рис. 51. Настройки частот при измерениях

Далее необходимо ввести избыточный коэффициент шума генератора шума, для этого нажать экранную клавишу **ENR** или аналогичную вкладку таблицы (Рис. 52):

**Комнатная температура / Room Temperature** – температура окружающей среды в К;

**Температура для задания ENR / ENR Specification Temperature** – абсолютная температура, используемая для спецификации ENR источника шума (указывается в спецификации генератора шума, как правило 290 К).

Ввести значение ENR в зависимости от частоты вручную либо вызвать из файла (сохранить в файл) при помощи соответствующих пиктограмм внизу таблицы аналогично первой вкладке данной таблицы.

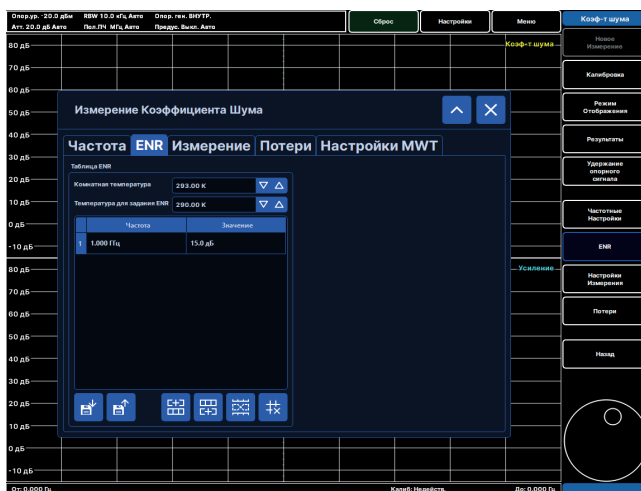


Рис. 52. Ввод избыточного коэффициента шума источника шума

Далее на вкладке **Измерение / Measurement** (или экранная клавиша **Настройки Измерения / Measurement Settings**) настроить следующие параметры (Рис. 53):

**Полоса / BW** – полоса анализа на каждой частоте таблицы частот измерений (важна для работы алгоритма подавления помеховых сигналов, см. ниже);

**Время установки / Settling Time** – время ожидания переключения и установления генератора шума – следует установить в соответствии со спецификацией на генератор шума;

**Время записи / Sweep Time** – длительность измерения на каждой частоте таблицы частот измерений (важна для работы алгоритма подавления помеховых сигналов, см. ниже);

**RF Аттен. / RF Atten.** – установка ослабления входного аттенюатора (рекомендуемое значение – 0 дБ);

**Опор.ур. / Ref Level** – установка опорного уровня измерений;

**Предусилитель / Preamplifier** – управление входным предварительным усилителем (рекомендуемая установка – Вкл./On);

**Подавление не БГШ компонент / Suppress non-WGN components** – включение/выключение подавления помеховых сигналов, не являющихся белым шумом. Рекомендуется всегда включать.

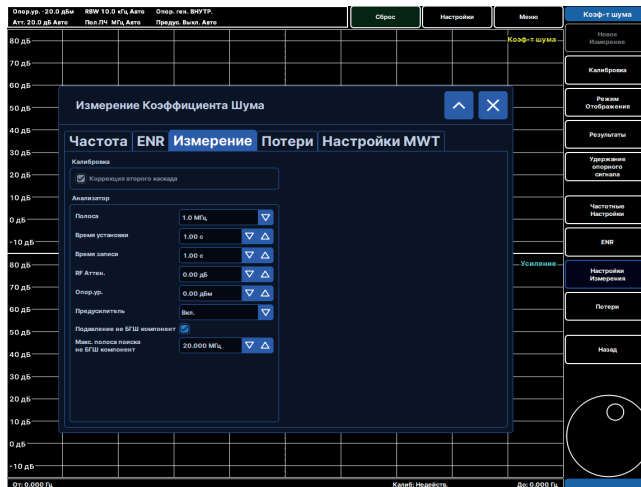


Рис. 53. Настройка параметров измерения



В анализаторах MWA реализован уникальный метод подавления помеховых сигналов, не являющихся белым шумом. Этот метод позволяет отделить наводки от эфирных сигналов на ИУ и кабели, паразитные спектральные компоненты, генерируемые ИУ, генератором шума и анализатором спектра, от белого шума. Поскольку измерение коэффициентов шума и усиления проводится при очень малых уровнях сигналов, эти наводки и паразитные спектральные составляющие могут оказывать существенное влияние на результаты измерений, в особенности при отсутствии экранирования ИУ. Пользователь может при необходимости включать или выключать подавление помеховых сигналов на вкладке **Измерение / Measurement**.

При включении алгоритм подавления использует аппарат анализа спектра в реальном времени для накопления статистики вокруг каждой частоты в полосе, установленной в строке **Полоса / BW** (Рис. 54). Используются от 200 тыс. до 1 млн. спектрограмм для анализа каждой частоты (определяется параметром **Время записи / Sweep Time**).

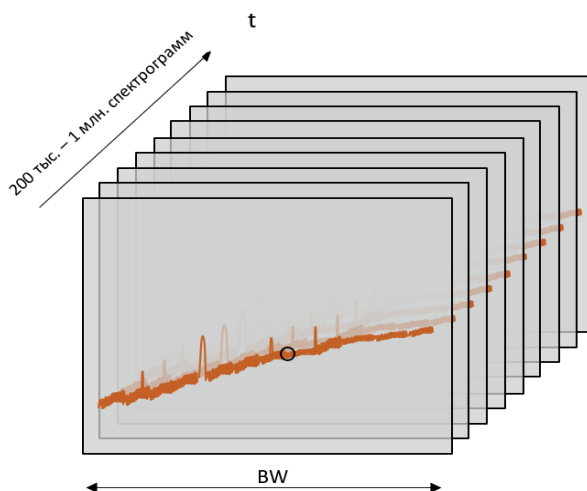


Рис. 54. Алгоритм подавления помеховых сигналов

Далее алгоритм для каждой частоты проверяет гипотезу о распределении случайной величины по закону Релея, используя критерий Колмогорова-Смирнова. Частоты, соответствующие данному критерию, используются для последующего усреднения и получения результата.

Вкладка **Потери / Loss** (или экранная клавиша **Потери / Loss**), (Рис. 55) позволяет ввести частотно-зависимые коэффициенты передачи цепей, подключенных как перед ИУ, так и после него. Для этого введите вручную значение соответствующих потерь в зависимости от частоты или загрузите из файла предварительно сохраненные значения при помощи соответствующих пиктограмм в нижней части экранной таблицы, аналогично первой вкладке данной таблицы.

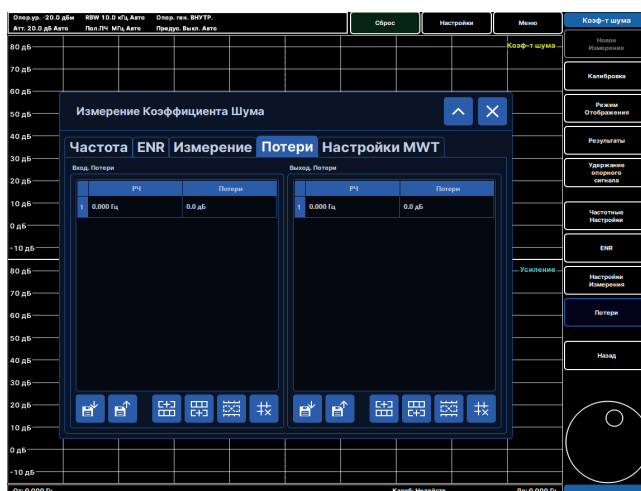


Рис. 55. Учет потерь измерительной установки

При анализе устройств с преобразованием частоты без встроенного гетеродина может потребоваться использование внешнего. В качестве внешнего гетеродина можно использовать генераторы сигналов **INWAVE MWG** или **MWT**. Для этого генератор нужно подключить через Ethernet к анализатору MWA и настроить следующие параметры подключения на вкладке **Настройки MWG/MWT / MWG/MWT Connection** (Рис. 56):

**Использовать MWG/MWT / Use MWG/MWT** – включение/выключение подключения внешнего генератора;

**Имя хоста MWG/MWT / MWG/MWT Hostname** – IP-адрес генератора (анализатор и генератор должны находиться в одной подсети);

**Порт TCP MWG/MWT / MWG/MWT TCP Port** – порт генератора;

**Уровень сигнала MWG/MWT / MWG/MWT Output Level** – установка выходной мощности генератора.

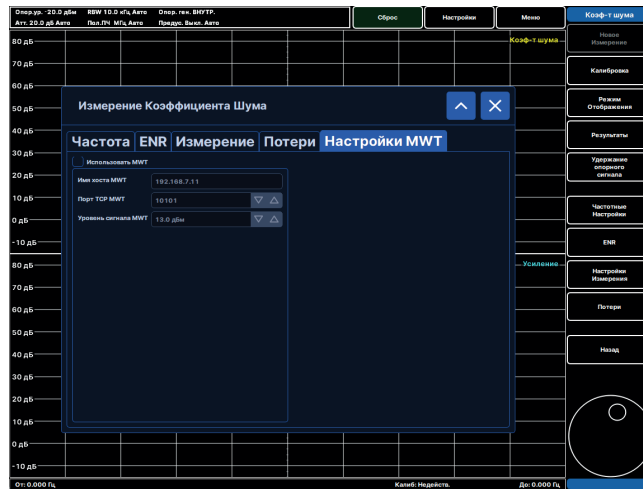


Рис. 56. Меню подключения внешнего генератора сигналов MWG/MWT

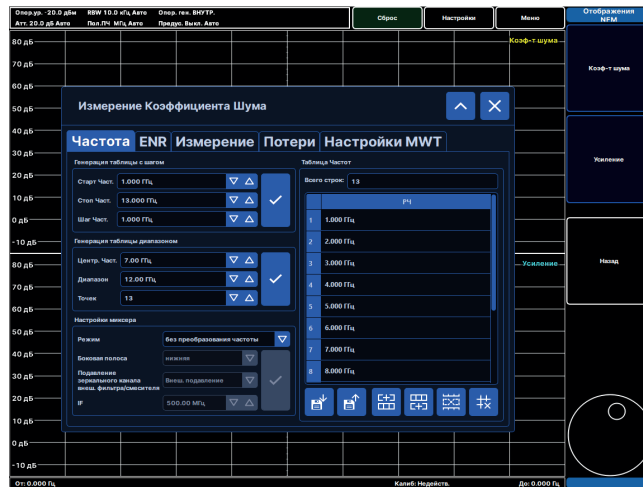


Рис. 57. Режим отображения

После того как основные настройки завершены, при необходимости можно настроить режим отображения, для этого в меню измерения коэффициента шума нажать экранную клавишу **Режим отображения / Display Mode** (Рис. 57), после чего будут доступны следующие настройки отображения:

**Козф-т Шума / Noise Figure** – включение/выключение графика коэффициента шума;

**Усиление / Gain** – включение/выключение графика коэффициента усиления.

## Калибровка

Перед калибровкой измерителя (второго каскада) необходимо подключить генератор шума напрямую к **ВЧ** входу прибора **MWA** (Рис.1, поз. 4). Питание генератора шума необходимо подключить к разъему прибора **NOISE CTRL** (Рис.2, поз. 4), (Рис. 58).

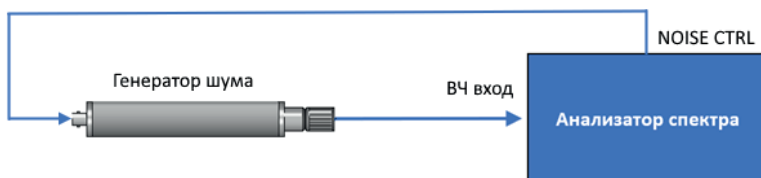


Рис. 58. Подключение генератора шума для калибровки

Для запуска процесса калибровки нажать **Калибровка / Calibration** (Рис. 59). В нижней служебной строке экрана будет отображаться прогресс калибровки как в графическом виде, так и в процентах. По окончании процесса состояния калибровки в служебной строке изменится с «Недейств.» / «Invalid» на «Действ.» / «Valid». Текущая калибровка актуальна для текущих настроек прибора, при их изменении необходимо пройти процедуру калибровки заново.



Рис. 59. Процесс калибровки

## Измерение

Перед запуском измерений необходимо подключить ИУ между генератором шума и измерителем (Рис. 60):

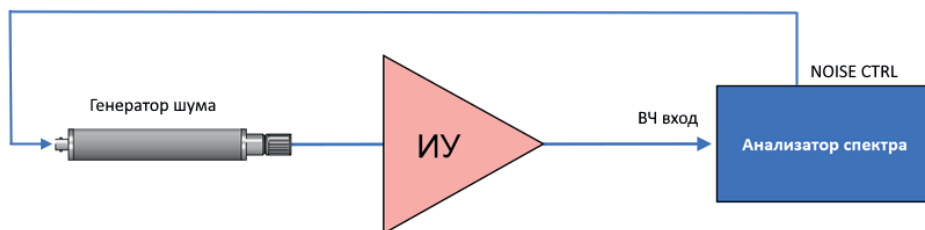


Рис. 60. Подключение ИУ

Для запуска измерений необходимо нажать экранную клавишу **Новое Измерение / New Measurement**, прибор осуществит измерения по заданным параметрам (Рис. 61). Результаты измерения по умолчанию дублируются в экранной таблице результатов, которую можно при необходимости закрыть и вызвать снова клавишей **Результаты / Results**. Результаты можно сохранить в **.csv** файл в виде данных, нажав на пиктограмму в верхней части таблицы.



Рис. 61. Измерение коэффициента шума и усиления

## 12.2 Настройки частоты

Данный раздел меню позволяет управлять настройками частот при измерениях.

Вход в меню настроек частоты (Рис. 62):

**Меню / Top Menu** в верхней части сенсорного экрана, затем **Частота / Freq** в поле функциональных клавиш.

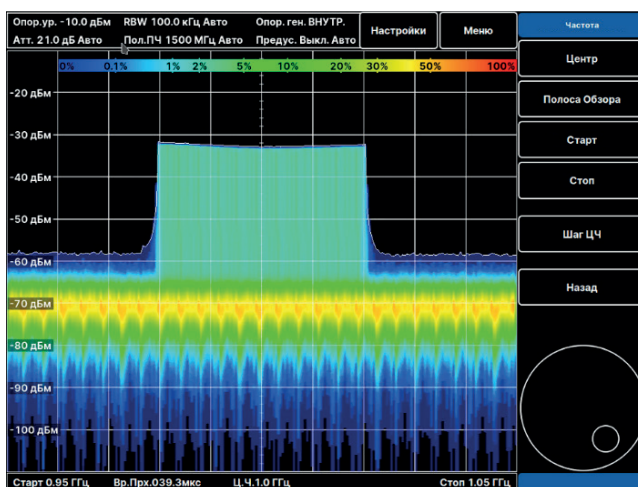


Рис. 62. Окно настройки частотных параметров

### 12.2.1 Центральная частота

Установка центральной частоты анализа:

**ЧАСТ / FREQ** на боковой клавиатуре, либо **Центр / Center** в меню настроек частоты, после чего ввести значение частоты в появившемся поле ввода.

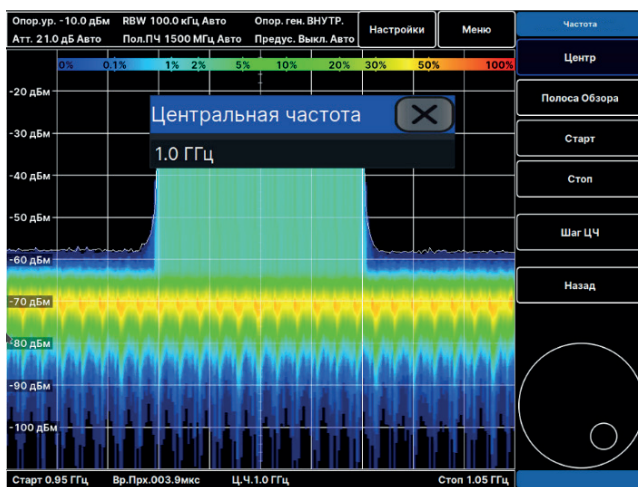


Рис. 63. Окно настройки центральной частоты

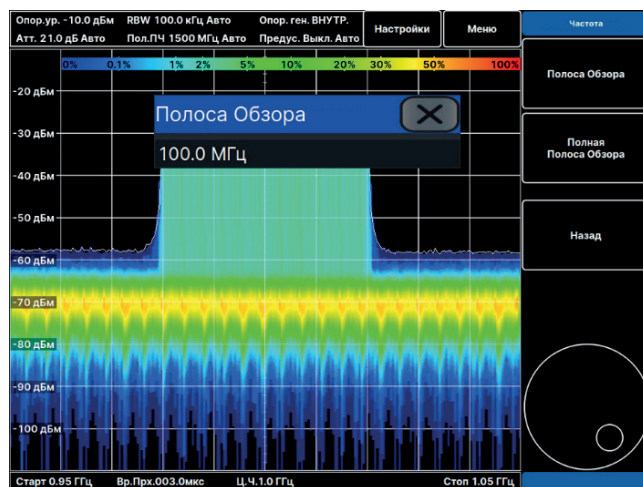
### 12.2.2 Полоса обзора

Установка полосы обзора по частоте:

**СПАН / SPAN** на боковой клавиатуре, либо **Полоса обзора / Span** в меню настроек частоты (Рис. 63)

**Полоса обзора / Span** – ввод ширины полосы вручную при помощи цифровых клавиш сенсорного экрана или джогом (Рис. 64);

**Полная полоса обзора / Full Span** – установка максимальной полосы обзора;  
**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.



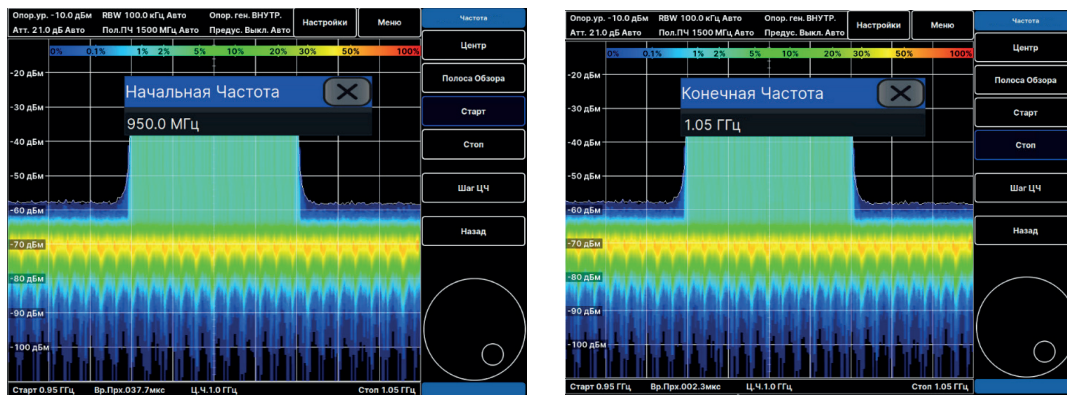
**Рис. 64. Окно установки полосы обзора**

### 12.2.3 Начальная и конечная частота

Вместо установки центральной частоты и полосы обзора можно воспользоваться клавишами установки начальной и конечной частоты (Рис. 65).

**Старт / Start** – установка начальной частоты;

**Стоп / Stop** – установка конечной частоты.



**Рис. 65. Меню установки начальной и конечной частоты**

### 12.2.4 Изменение шага центральной частоты

Шаг изменения центральной частоты при вращении аппаратного или экранного колеса прокрутки (джога) можно настроить в данном меню. По умолчанию шаг равен 1/100 текущей полосы обзора. Для настройки этого параметра используются клавиши экранного меню (Рис. 66):

**Полоса обзора/100 / Span/100** – установка шага изменения центральной частоты равной 1/100 полосы обзора;

**Вручную / Manual** – произвольная установка шага изменения центральной частоты;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

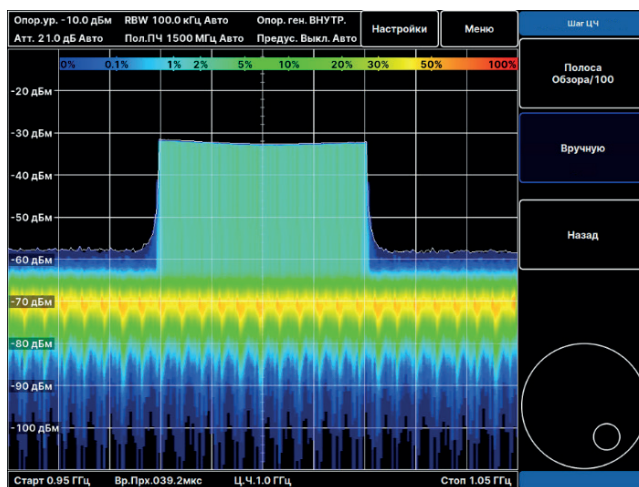


Рис. 66. Настройка шага изменения центральной частоты



Для последующего изменения частоты с помощью вращения джога следует вначале войти в режим задания центральной частоты (например, нажать **ЧАСТ / FREQ** на боковой клавиатуре – разд. 12.2.1).

## 12.3 Настройки амплитуды

Данный раздел меню позволяет управлять настройками амплитуды при измерениях.

Вход в меню настроек амплитуды:

**Меню / Top Menu** в верхней части сенсорного экрана, затем **Амплитуда / Ampt** в поле функциональных клавиш.

После входа в данное меню доступны 7 подразделов, которые описываются ниже (Рис. 67).

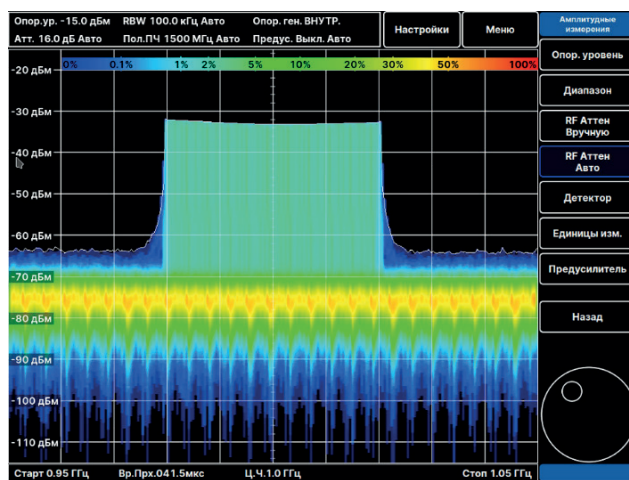


Рис. 67. Окно настроек параметров амплитуды

### 12.3.1 Опорный уровень

Опорный уровень соответствует верхнему уровню сетки экрана. Настройка данного параметра позволяет оптимальным образом использовать динамический диапазон прибора. По умолчанию при изменении опорного уровня автоматически меняется ослабление входного аттенюатора, а также состояние входного предусилителя, но они могут управляться и в ручном режиме.

Установка опорного уровня:

**АМПТ / АМРТ** на боковой клавиатуре, либо **Опор.уровень / Ref Level** в меню настроек амплитуды, после чего ввести значение в текущих единицах измерения в появившемся поле ввода, либо изменить значение джоком (Рис. 68);

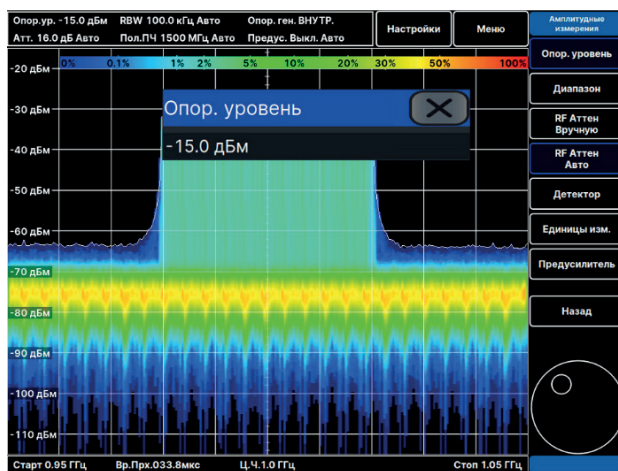


Рис. 68. Установка опорного уровня

### 12.3.2 Отображаемый диапазон

В данном подразделе доступна настройка диапазона амплитуд, отображаемых на экране. По умолчанию размах по вертикали 100 дБ. Выбор других значений (Рис. 69):

**Диапазон / Range** – переход в меню настройки диапазона;

**Диапазон Log 200 дБ / Range Log 200 dB** – диапазон 200 дБ;

**Диапазон Log 100 дБ / Range Log 100 dB** – диапазон 100 дБ;

**Диапазон Log 50 дБ / Range Log 50 dB** – диапазон 50 дБ;

**Диапазон Log 10 дБ / Range Log 10 dB** – диапазон 10 дБ;

**Указать Диапазон / Range Manual** – произвольный диапазон, ввести значение в появившемся окне;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

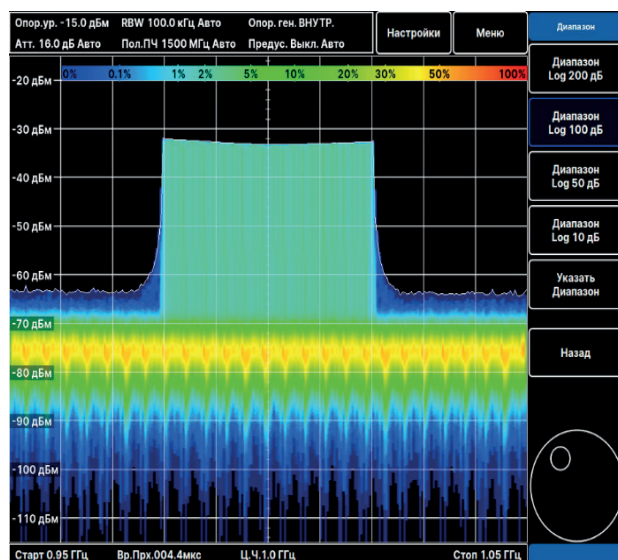


Рис. 69. Установка диапазона амплитуд

### 12.3.3 Установка ослабления аттенюатора

В данном подразделе доступна настройка ослабления входного аттенюатора вручную. Входной аттенюатор позволяет оптимально использовать динамический диапазон прибора, настраивая рабочую точку первого смесителя в зависимости от уровня входного сигнала. По умолчанию ослабление привязано к опорному уровню (12.3.1) и настраивается автоматически.

Для настройки ослабления вручную:

**RF Atten Вручную / RF Atten Manual** – ручная настройка входного аттенюатора, далее ввести значение ослабления в дБ или изменить значение вращением джога (Рис. 70);

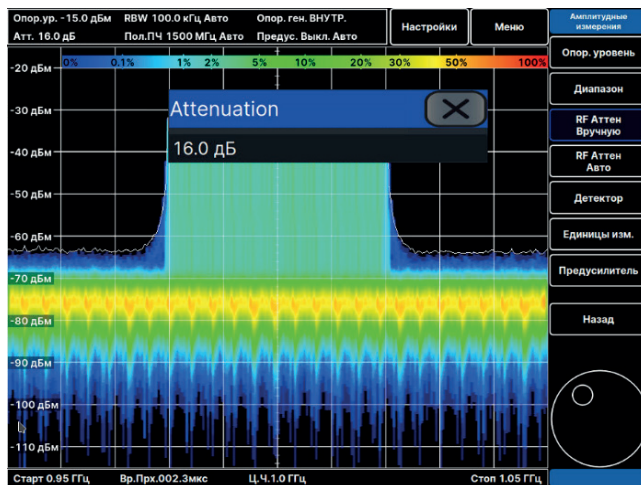


Рис. 70. Установка ослабления входного аттенюатора

### 12.3.4 Автоматическая установка ослабления аттенюатора

В данном подразделе доступна автоматическая настройка ослабления входного аттенюатора. При использовании данной настройки ослабление аттенюатора будет зависеть от опорного уровня (разд. 12.3.1).

Использование настройки:

**RF Atten Авто / RF Atten Auto** – автоматическая настройка входного аттенюатора.

### 12.3.5 Выбор детектора



При проведении измерения спектра в заданной полосе обзора (SPAN) с заданным спектральным разрешением (RBW) прибор получает  $N = \text{SPAN} / \text{RBW}$  спектральных отсчетов (измерений уровня в зависимости от частоты). Это число может быть очень большим (например, при полосе обзора 1 ГГц и спектральном разрешении 1 кГц  $N = 1$  млн.). При этом современные жидкокристаллические экраны отображают информацию при помощи конечного числа пикселей. В результате на каждый отображаемый пиксель графика спектра часто приходится множество измерений. Детектор определяет, как будет обработано это множество для отображения значения в пикселе (Рис. 71):

- детектор максимального значения выбирает максимальное значение среди всех измерений, приходящихся на один пиксель, и выдает его на экран;
- детектор минимального значения выбирает минимальное значение среди всех измерений, приходящихся на один пиксель, и выдает его на экран;
- детектор выборки выбирает первое значение среди всех измерений, приходящихся на один пиксель, и выдает его на экран;
- детектор усреднения вычисляет среднее арифметическое значение мощности по линейным значениям среди всех измерений, приходящихся на один пиксель, и выдает его на экран;
- среднеквадратичный детектор вычисляет среднеквадратичное значение мощности по линейным значениям среди всех измерений, приходящихся на один пиксель, и выдает его на экран;
- автопиковый детектор – выводит на экран одновременно максимальное и минимальное значения среди всех измерений, приходящихся на один пиксель, и соединяет их вертикальным отрезком, таким образом показывая диапазон значений измерений внутри пикселя.

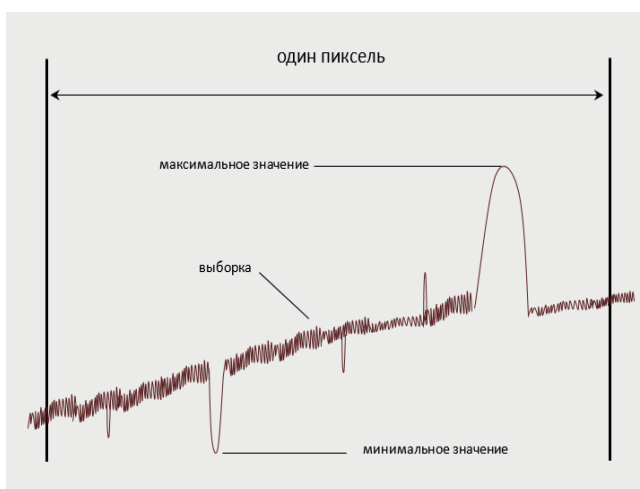


Рис. 71. Принцип работы экранных детекторов



При использовании детекторов с усреднением при наличии узкополосных гармонических компонент в спектре сигнала следует обратить внимание, что, поскольку на пиксель может приходиться множество измерений (как гармоническая компонента, так и шум низкого уровня слева и справа от нее), то значение уровня гармонической компоненты усреднится со значением уровня шума, что приведет к значительному уменьшению амплитуды гармонической компоненты. Поэтому данные детекторы (**Усреднение / Average, Ср.Кв.Значение / RMS**), как и детекторы выборки и минимального значения, не подходят для измерения уровня гармонических спектральных компонент при большом отношении **SPAN/RBW**. В данном случае рекомендуется использовать автопиковый детектор.

Выбор экранного детектора (Рис. 72):

**Детектор / Detector** – переход в меню выбора детектора;

**Выборка / Sample** – детектор выборки;

**Авто Пик / Auto Peak** – автопиковый детектор;

**Усреднение / Average** – детектор среднего значения;

**Ср.Кв.Значение / RMS** – среднеквадратичный детектор;

**Макс.Пик / Max Peak** – детектор максимального значения;

**Мин.Пик / Min Peak** – детектор минимального значения;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

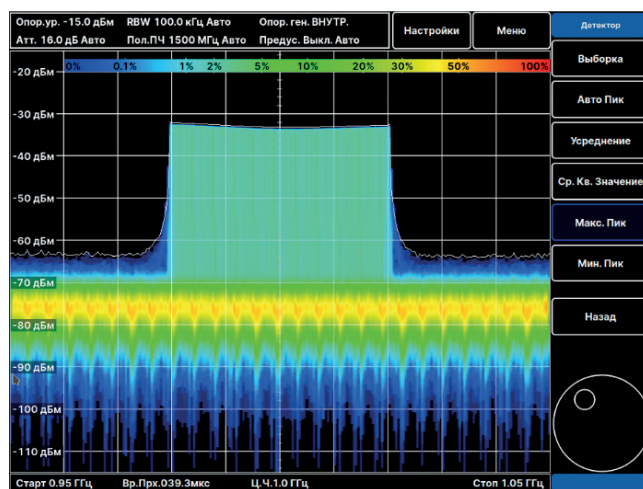


Рис. 72. Выбор экранного детектора

### 12.3.6 Единицы измерения

В данном разделе меню доступен выбор единиц измерения. Прибор позволяет отображать измеренные значения спектров сигналов в различных единицах измерения. По умолчанию измерения отображаются в дБмВт (дБм).

Выбор единиц измерения (Рис. 73):

**Единицы изм / Meas Units** – переход в меню выбора единиц измерения;

**дБм / dBm** – дБ относительно 1 мВт;

**дБВт / dBW** – дБ относительно 1 Вт;

**Вт / W** – мощность в Ваттах;

**дБмкВт / dBμV** – дБ относительно 1 мкВ;

**дБВ / dBV** – дБ относительно 1 В;

**В / V** – напряжение в Вольтах;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

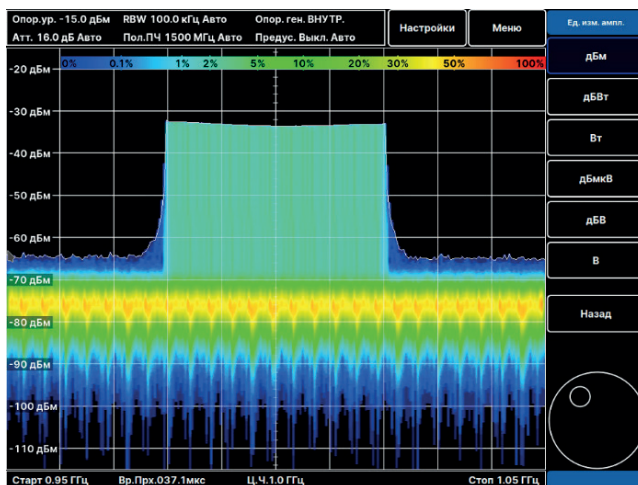


Рис. 73. Выбор единиц измерения

### 12.3.7 Предусилитель

По умолчанию предварительный усилитель управляется автоматически при настройке опорного уровня (12.3.1). При необходимости им можно управлять вручную.

Управление предусилителем (Рис. 74):

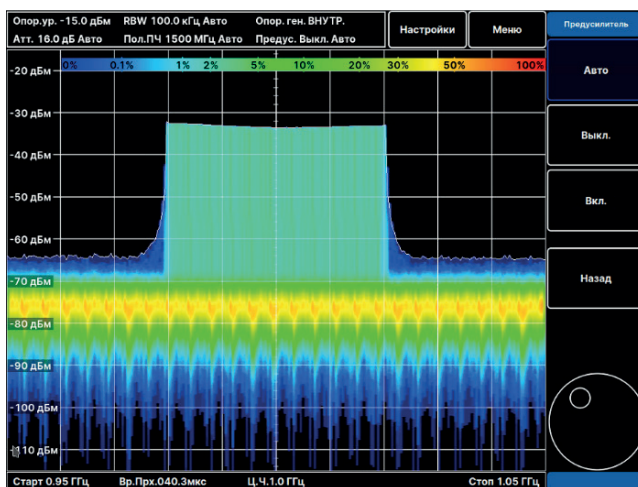


Рис. 74. Управление предусилителем

**Предусилитель / Preamplifier** – переход в меню управления предусилителем;

**Авто / Auto** – управляется автоматически при настройке опорного уровня (разд. 12.3.1);

**Выкл. / OFF** – предусилитель выключен;

**Вкл. / ON** – предусилитель включен;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

## 12.4 Настройка полос пропускания

Данный раздел меню позволяет настраивать полосы пропускания элементов радиотракта, промежуточной частоты и разрешения по частоте (Рис. 75).

Разрешающая способность по частоте (разрешение по частоте, разрешение по спектру, RBW – resolution bandwidth) определяет, насколько близко расположенные составляющие спектра будут ясно различимы на экране прибора. В анализаторах спектра MWA доступны значения полос RBW от 0.1 Гц до 20 МГц с кратностью 2 и 2.5. Разрешение (полоса RBW) может настраиваться как автоматически в зависимости от полосы обзора, так и вручную. Узкая полоса означает высокое разрешение по частоте, широкая полоса – низкое.

Разрешение по частоте напрямую влияет на скорость измерений: чем выше разрешение, тем ниже скорость.

Разрешение также влияет на средний отображаемый уровень шумов на экране: при уменьшении полосы

RBW средний отображаемый уровень шумов уменьшается по формуле:

$$\Delta\text{DANL}(\text{dB}) = 10 * \text{Log}_{10}(\text{RBW}_1 / \text{RBW}_2), \quad (11)$$

где

**$\Delta\text{DANL}(\text{dB})$**  – уменьшение среднего отображаемого уровня шумов в дБ при уменьшении RBW;

**RBW1** – разрешение по частоте до уменьшения;

**RBW2** – разрешение по частоте после уменьшения.

Для более детального разделения частотных составляющих, а также для обнаружения слабых сигналов может понадобиться увеличение разрешения по частоте, однако применение узких полос RBW может привести к существенному снижению скорости измерений. Поэтому выбирать полосы RBW всегда следует исходя из конкретной измерительной задачи.

### Управление:

- нажмите **ПОЛ / BW** на боковой клавиатуре, либо
- нажмите **Меню / Top Menu** в верхней части сенсорного экрана, затем **Полоса / BW** в поле функциональных клавиш.

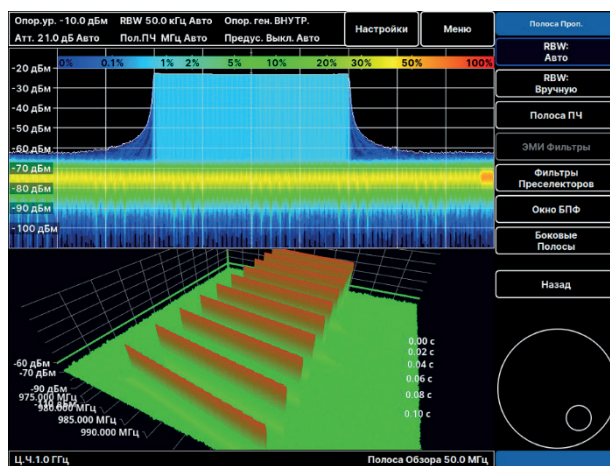


Рис. 75. Раздел настройки полос пропускания

### 12.4.1 Автоматическая настройка разрешения по спектру

#### Управление:

**RBW Авто / RBW Auto** – автоматическая настройка разрешения по спектру (Рис. 75);

### 12.4.2 Настройка разрешения по спектру вручную

#### Управление:

**RBW Вручную / RBW Manual** – ручная настройка разрешения по спектру, далее ввести необходимое значение разрешения в численном поле появившегося окна или изменить значение джоном (Рис. 76);

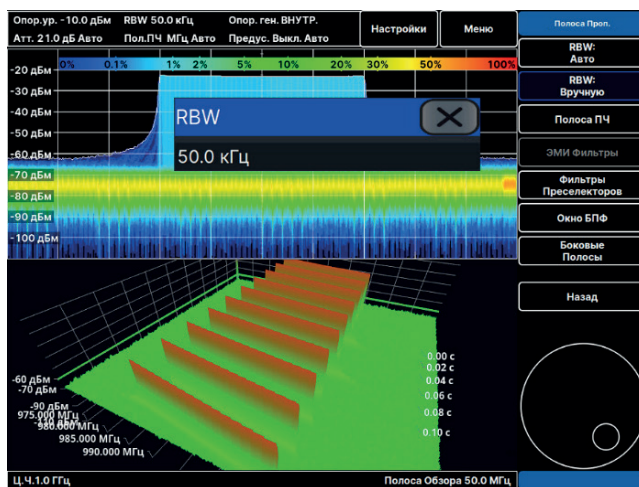


Рис. 76. Настройка разрешения по спектру

### 12.4.3 Полоса тракта ПЧ

Управление:

**Полоса ПЧ / IF BW** – выбор полосы тракта ПЧ (Рис. 77);

**20 МГц / 20 MHz** – использование полосы пропускания 20 МГц в тракте ПЧ;

**200 МГц / 200 MHz** – использование полосы пропускания 200 МГц в тракте ПЧ;

**1500 МГц / 1500 MHz** – использование полосы пропускания 1500 МГц в тракте ПЧ;

**Авто / Auto** – автоматический выбор полосы пропускания тракта ПЧ;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

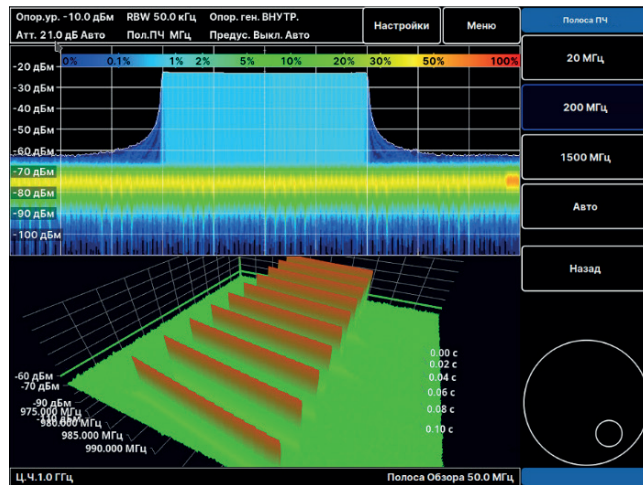


Рис. 77. Выбор полосы тракта ПЧ

### 12.4.4 ЭМИ фильтры (опция MWA-EMI)

Дополнительные фильтры могут использоваться для испытаний изделий на электромагнитную совместимость. Данный функционал доступен при наличии опции **MWA-EMI**. Для выбора необходимого фильтра нажать на соответствующую клавишу экранного меню (Рис. 78). При нажатии на клавишу **Еще / More** доступна вторая страница с дополнительным набором фильтров. Для выключения дополнительных фильтров нажать **Выкл. / Off**. Для возврата в предыдущее меню нажать **Назад / Back**.

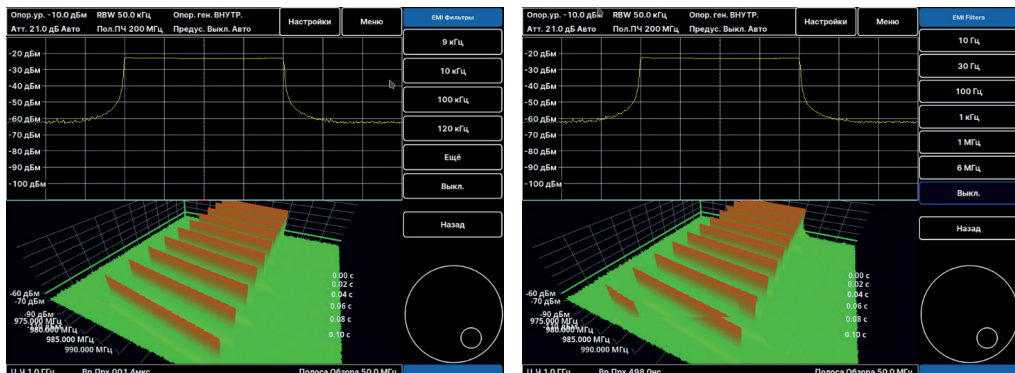


Рис. 78. Выбор ЭМИ-фильтров

## 12.4.5 Фильтры преселектора

Прибор в базовой комплектации снабжен набором фильтров-преселекторов почти на весь рабочий диапазон частот (кроме частот ниже 100 МГц): в диапазоне 100 МГц – 8 ГГц используется банк из 9 переключаемых фильтров в качестве преселектора, в диапазоне частот 8 ГГц – 40 ГГц используется перестраиваемый ЖИГ-фильтр в качестве преселектора. Преселектор – это фильтр, расположенный близко к началу тракта анализатора (до смесителя), который позволяет значительно повысить избирательность прибора. Это может быть важным при наблюдении слабых сигналов в условиях наличия мощных внеполосных сигналов, при проведении измерений с использованием антенн и в других случаях. Рекомендуется всегда включать преселектор, кроме случаев анализа спектра реального времени в широкой полосе в ситуации, когда спектр сигнала не укладывается целиком в одну из полос преселектора (пересекает границу переключения фильтров преселектора, в этом случае преселектор отключится автоматически), а также в случае записи временной IQ-выборки, если полоса сигнала пересекает границу переключения фильтров преселектора (в этом случае необходимо отключение преселектора вручную).



Преселектор для диапазона частот 100 МГц – 8 ГГц является отключаемым. Преселектор для диапазона частот 8 ГГц – 40 ГГц является неотключаемым.

Для входа в раздел настроек преселектора необходимо нажать **Фильтры Преселекторов / Preselector** в разделе настройки полос пропускания (разд. 9.4, рис. 79). Выбор фильтра входного преселектора по умолчанию осуществляется автоматически в зависимости от выбранного диапазона частоты – **АВТО / AUTO**. Для обхода преселектора нажать **Выкл. / OFF**, для выбора вручную – клавишу, соответствующую необходимому фильтру. Для возврата в предыдущее меню нажать **Назад / Back**.

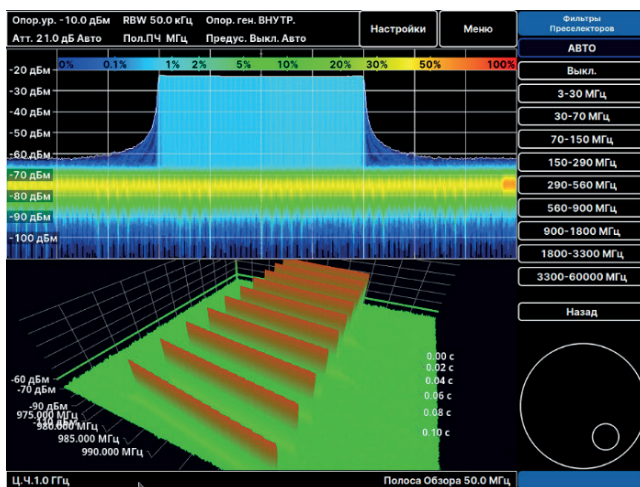


Рис. 79. Выбор фильтра преселектора

## 12.4.6 Окно БПФ

Для анализа спектра в приборах **MWA** используется оптимизированный алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ). Теория преобразования Фурье исходит из предположения о периодическом сигнале и целом количестве периодов.

Выделение произвольного временного интервала для преобразования реального сигнала приводит к разрывам исходной функции и искажению результирующего частотного спектра. Оконная функция БПФ используется для подавления краевых эффектов из-за разрывов реальных функций. Разные виды оконных функций дают различные результаты и являются компромиссом между разрешающей способностью по частоте и погрешностью измерения амплитуды/уровнем боковых лепестков. Боковые лепестки приводят к искажению спектра сигнала (подъему спектра вблизи поданного гармонического сигнала). Выбор типа окна БПФ следует делать исходя из конкретной измерительной задачи. В анализаторах **MWA** доступны следующие типы окна БПФ (Рис. 80):

**Прямоугольное / Rect** – прямоугольное окно – позволяет получить наибольшее разрешение по частоте, имеет низкую точность по амплитуде и наибольший уровень боковых лепестков;

**Ханна / Hann** – окно Ханна – обеспечивает хорошее разрешение по частоте, среднюю точность измерений амплитуды, низкий уровень боковых лепестков;

**Плоск. вершина / Flat Top** – окно с плоской вершиной – среднее разрешение по частоте, наивысшая точность измерений амплитуды, малый уровень боковых лепестков, используется в анализаторе при установках по умолчанию;

**Наттала / Nuttall** – окно Наттала – высокое разрешение по частоте, средняя точность измерений амплитуды, низкий уровень боковых лепестков – рекомендуется использовать при точных измерениях частоты сигнала;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

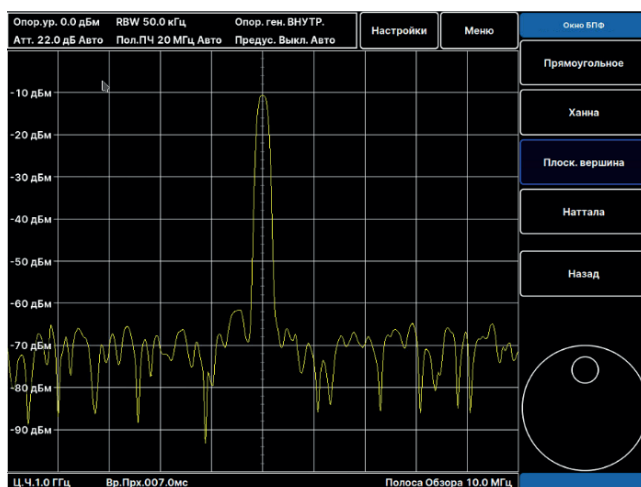


Рис. 80. Выбор типа окна БПФ

### 12.4.7 Боковые полосы

Данное меню доступно при включенном режиме анализа спектра в реальном времени. Разделение сигнала на две боковые полосы связано с особенностями используемого аналогово-цифрового преобразователя (АЦП), который может давать небольшую постоянную составляющую после переноса на нулевую частоту (I/Q), что может приводить к появлению небольшой паразитной гармонической компоненты в центре полосы анализа спектра реального времени. Поэтому по умолчанию используется одна боковая полоса АЦП с максимальной полосой анализа

спектра реального времени 400 МГц. Для получения максимальной полосы анализа 800 МГц необходимо вручную включить обе боковые полосы.

#### Управление:

**Авто / Auto** – автоматический выбор боковых полос АЦП, соответствует режиму Одна / SSB;

**Одна / SSB** – использование одной боковой полосы АЦП, максимальная полоса анализа спектра реального времени 400 МГц;

**Две / DSB** – использование двух боковых полос АЦП, максимальная полоса анализа спектра реального времени 800 МГц;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

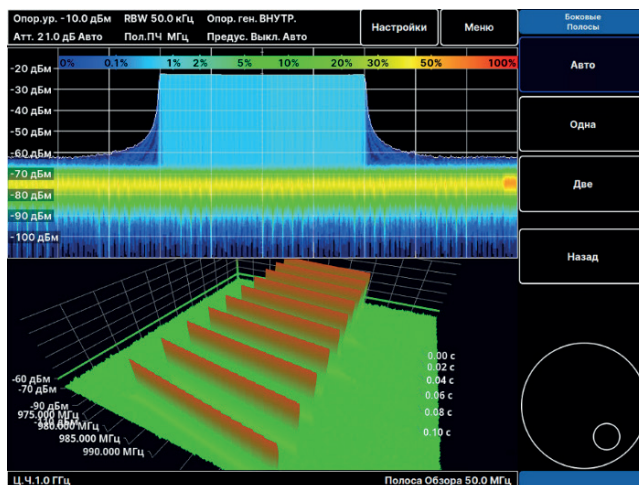


Рис. 81. Управление боковыми полосами

## 12.5 Управление графиками

Данный раздел меню позволяет настраивать графики результатов измерений (Рис. 82). Раздел меню содержит 8 экранных клавиш, назначение которых описано в следующих подразделах.

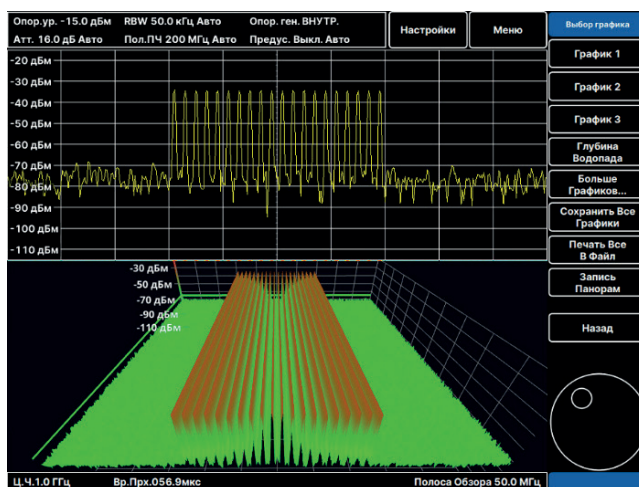


Рис. 82. Меню управления графиками

### 12.5.1 График

Данные подразделы меню позволяют управлять основными настройками графиков (Рис. 83).

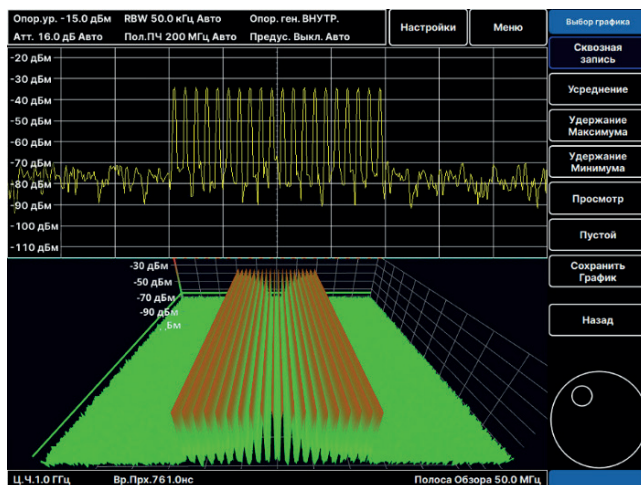


Рис. 83. Основные настройки графиков

#### Управление:

**Сквозная запись / Clear Write** – автоматическое обновление графиков, данный режим используется при установках по умолчанию;

**Усреднение / Average** – каждое последующее обновление графика усредняется с предыдущими, при нажатии необходимо ввести количество графиков, используемых для скользящего усреднения (число усреднений ноль означает бесконечное усреднение). В случае активации данного режима с автопиковым детектором, берется в расчет полусумма результатов автопикового детектора в каждом пикселе;

**Удержание максимума / Max Hold** – отображение графика с накоплением максимальных значений;

**Удержание минимума / Min Hold** – отображение графика с накоплением минимальных значений;

**Просмотр / View** – «замораживание» графика;

**Пустой / Blank** – удаление графика;

**Сохранить график / Save Trace** – сохранение графика в виде данных, необходимо указать путь для сохранения файла;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню;

### 12.5.2 Глубина водопада

Данная клавиша позволяют устанавливать интервал отображения по оси времени в режимах **Водопад / Waterfall** и **3D водопад/ 3D Waterfall** в секундах (Рис. 84). Экранная клавиша **Глубина водопада / Waterfall History Depth** активна только при включенном режиме **Водопад / Waterfall** или **3D водопад / 3D Waterfall**.

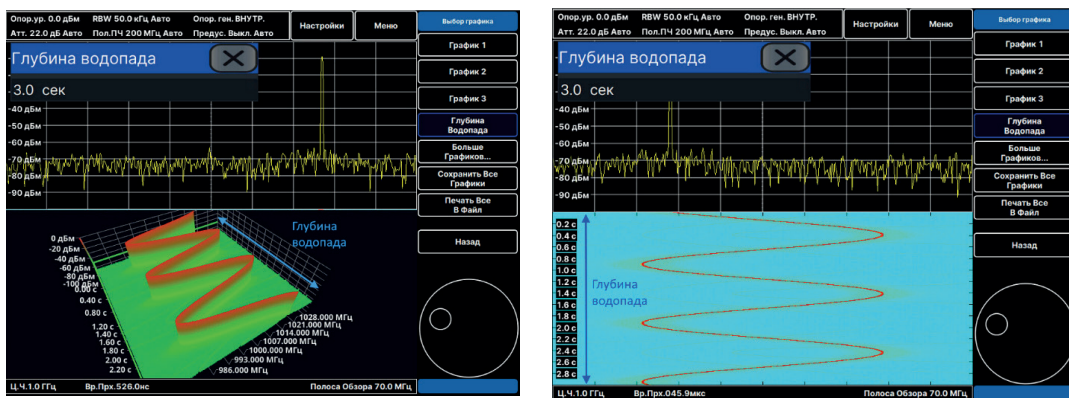


Рис. 84. Установка глубины водопада

### 12.5.3 Дополнительные графики

Клавиша экранного меню **Больше графиков / More Traces** позволяет активировать до 10 графиков в текущем окне (Рис. 85).

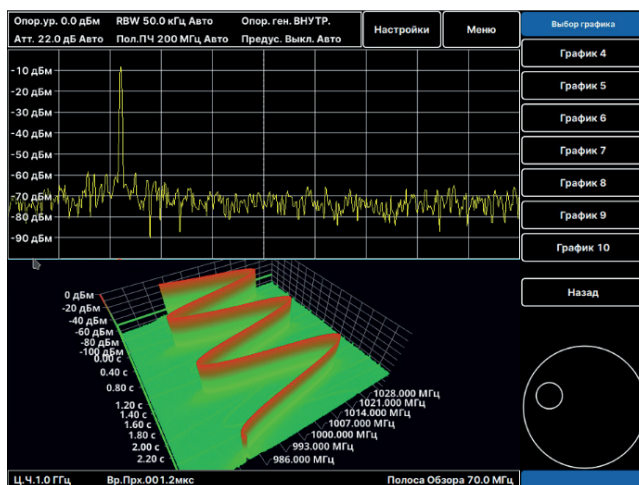


Рис. 85. Дополнительные графики

Каждый график можно настроить в соответствии с разд. 12.5.1.

### 12.5.4 Сохранение графиков в виде данных

Клавиша экранного меню **Сохранить все графики / Save All Traces** позволяет сохранить активные графики в виде данных (Рис. 86). После появления дополнительного окна необходимо указать путь сохранения файла и нажать **Выбрать / Select**.



Рис. 86. Сохранение графиков

Результаты сохраняются в виде текстового файла, состоящего из колонок частоты и уровня. При наличии нескольких активных трасс, добавляются соответствующие колонки данных. Открыть данный файл можно в любом текстовом редакторе или в Matlab.

### 12.5.5 Сохранение графиков в виде изображения

Клавиша экранного меню **Печатать все в файл / Print All To File** позволяет сохранить копию измерительного окна (Рис. 87). После появления дополнительного окна необходимо указать путь сохранения файла и нажать **Выбрать / Select**.



Рис. 87. Сохранение графиков

### 12.5.6 Запись панорам

Клавиша экранного меню **«Запись панорам» / Raw Traces Recording** позволяет записывать спектры, отображаемые на экране, в файл с определенным промежутком времени между записями. Таким образом, по сути, сохраняется «водопад». Массив спектров сохраняется в виде данных (в формате **.mat** файла (версия 7.3, использует формат HDF5) который затем можно обработать, например, в MATLAB).

После появления дополнительного окна необходимо нажать **Обзор / Browse** и указать путь для сохранения файла, ввести **Разреженность / Sparsity** (1 означает записывать каждый полученный спектр, 10 – каждый десятый и т.д.), количество графиков в одном файле (**Графиков / файл / Traces / file**), общее количество необходимых спектров (**Графиков всего / Traces Total**) и нажать **Старт / Start** (Рис. 88) для начала записи, для окончания – **Стоп / Stop**.

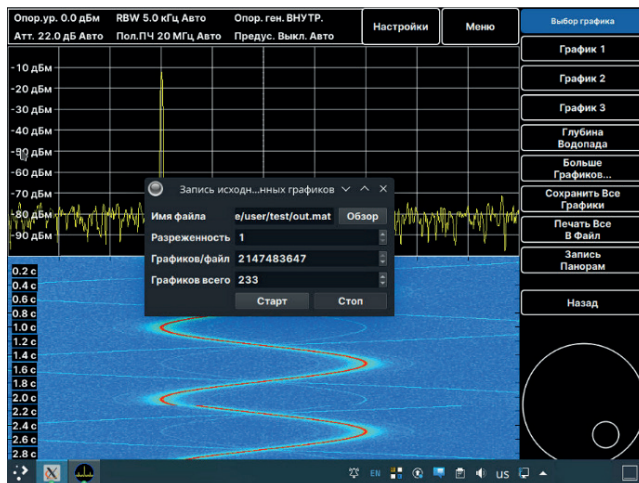


Рис. 88. Запись панорам

## 12.6 Маркеры

Данная часть пользовательского меню предназначена для управления экранными маркерами, которые служат для удобства получения точных результатов измерений (Рис. 89). Прибор позволяет работать одновременно с 10 экранными маркерами. По умолчанию каждый маркер является обычным (проводит абсолютные измерения по горизонтальной и вертикальной осям). Каждый из них может быть переключен в режим дельта-маркера для относительных измерений, а также в режим измерения уровня шума.

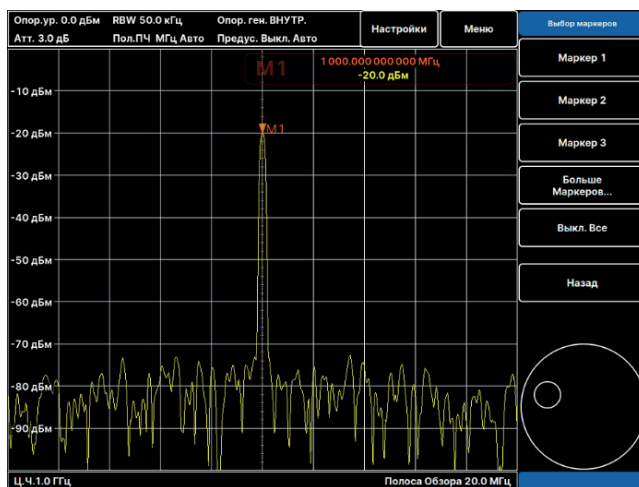


Рис. 89. Управление маркерами

### 12.6.1 Управление маркерами

При нажатии клавиши **МАРК / Marker** боковой клавиатуры или экранной клавиши **Маркеры / Markers** основного меню доступны следующие экранные клавиши (Рис. 89):

- Маркер 1 / Marker 1** – включение первого маркера, автоматический поиск и установка на сигнал с максимальным уровнем на экране;
- Маркер 2 / Marker 2** – включение второго маркера, автоматический поиск и установка на сигнал с максимальным уровнем на экране;
- Маркер 3 / Marker 3** – включение третьего маркера, автоматический поиск и установка на сигнал с максимальным уровнем на экране;
- Больше маркеров... / More Markers** – переход в меню управления дополнительными маркерами (с четвертого по десятый);
- Выкл. Все / All Off** – выключение всех активных маркеров;
- Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

Нажатие экранной клавиши любого маркера открывает меню управления данным маркером (Рис. 90):

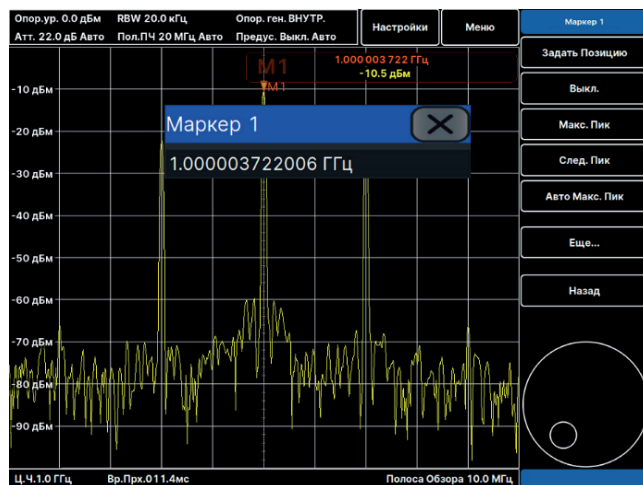


Рис. 90. Управление текущим маркером

**Задать позицию / Set Position** – ручная установка маркера на необходимую частоту, задать частоту при помощи боковой клавиатуры или при помощи аппаратного или экранного джойстика (колеса прокрутки);

**Выкл. / Off** – выключение текущего маркера;

**Макс. Пик / Max Peak** – установка текущего маркера на сигнал с максимальным уровнем на экране;

**След. Пик / Next Peak** – поиск следующего (в порядке уменьшения по уровню) сигнала на экране и установка текущего маркера на него;

**Авто Макс. Пик / Auto Max Peak** – включение функции отслеживания максимального сигнала на экране и удержания маркера на максимальном значении даже при изменении позиции сигнала на экране, для отключения функции необходимо нажать экранную клавишу повторно;

**Ещё... / More...** – доступ к дополнительным функциям активного маркера (Рис. 90 (а));

**Установить на график / Set to Trace** – установка маркера на необходимый график в случае наличия более одного активного графика (п. 12.5.1, рис. 90 (б)), для этого нажать на экранные клавиши с соответствующими номерами графиков, клавиша уст. на все устанавливает маркеры на все активные графики, клавиша удал. со всех удаляет маркеры со всех графиков;

**Маркер д/изм. шума / Noise Marker** – переключение маркера в режим измерения шума, в данном режиме значение уровня автоматически приводится к полосе 1 Гц, учитывается эквивалентная шумовая полоса фильтра RBW (окна БПФ), данный режим может использоваться для оценки чувствительности прибора на определенной частоте или измерения спектральной плотности мощности шума/псевдослучайных сигналов на выходе различных устройств;



При измерениях спектральной плотности мощности шумов и широкополосных псевдослучайных сигналов следует выбрать среднеквадратичный детектор (**Ср.Кв.Значение / RMS**), режим графика с усреднением (**Усреднение / Average**), маркер для измерения шума (**Маркер д/изм. шума / Noise Marker**).

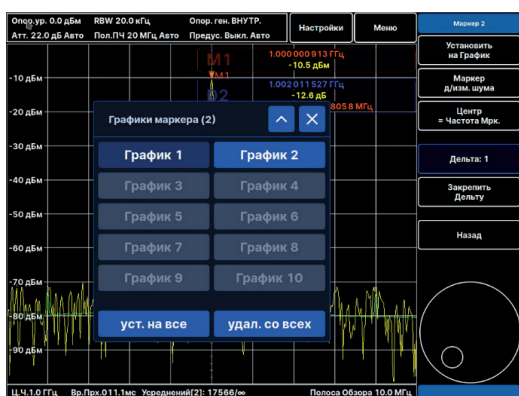
**Центр = Частота Мрк. / Center = Mrk Freq** – установка центральной частоты, равной частоте текущего маркера;

**Дельта 1 / Delta 1** – включение/выключение режима дельта-маркера для измерений относительно другого обычного маркера, при нажатии данной клавиши далее можно выбрать относительно какого обычного маркера должен измеряться значение дельта-маркер, либо нажать Выкл. / Off для выключения режима дельта-маркера;

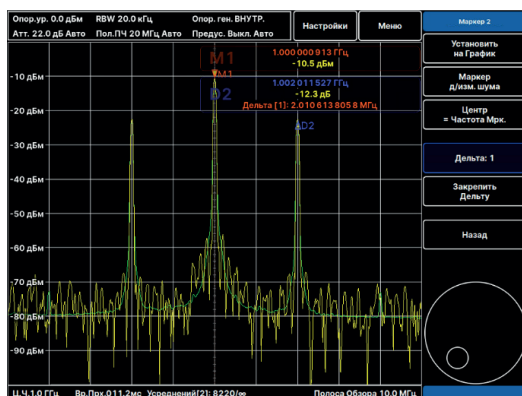
**Закрепить Дельту / Lock Delta** – фиксация текущей отстройки дельта-маркера; когда включен данный режим, дельта-маркер будет передвигаться одновременно с основным;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.



(а)



(б)

Рис. 90. Дополнительные функции маркера

## 12.7 Измерения

Секция измерений позволяет проводить автоматизированные измерения различных параметров сигналов: гармонических искажений, тестирование соответствия спектральной маске, измерения интермодуляционных искажений 3-го порядка, измерения мощности в канале (Рис. 91). Для перехода в данный подраздел необходимо нажать клавишу на боковой клавиатуре **Измер / MEAS** или экранную клавишу **Измерения / Measurements** в основном меню прибора.

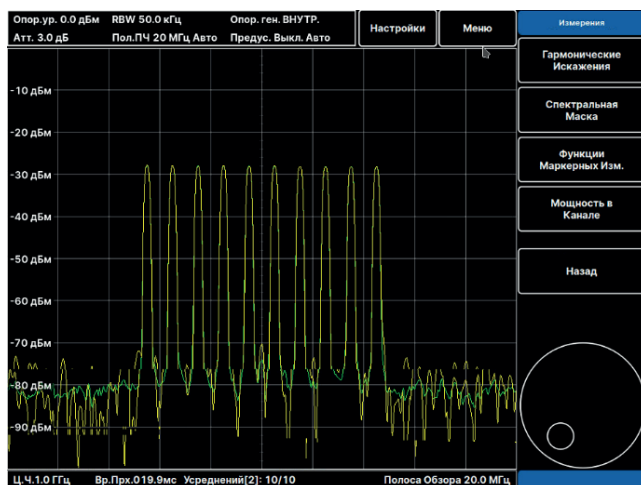


Рис. 91. Секция измерений

### 12.7.1 Гармонические искажения

Данный подраздел предназначен для измерения гармонических составляющих и коэффициента нелинейных искажений. При активации измерения начинается автоматический поиск несущей частоты, после чего измеряются гармоники сигнала, вычисляется коэффициент нелинейных искажений. Несущая и ее гармоники для удобства представляются в виде фрагментов на кратных частотах. Количество отображаемых гармоник и разрешение по частоте (RBW) для измерения каждой гармоники при необходимости могут быть скорректированы вручную (Рис. 92).

#### Управление:

**Новое Измерение / New Measurement** – запуск нового измерения;

**Авто RBW Вкл. / Auto RBW On** – включение/выключение автоматической установки разрешения по частоте для каждой составляющей;

**Авто Частота Первой Гармоники / Auto First Harmonic Freq.** – автоматическое определение частоты первой гармоники;

**Ручная Частота Первой Гармоники / Manual First Harmonic Freq.** – ручная установка частоты первой гармоники;

**Гармоник / Harmonics** – количество измеряемых гармоник;

**Измерений на Гармонику: Авто / Points Per Harmonic: Auto** – автоматическая установка количества точек трассы, используемых для измерения каждой гармоники;

**Измерений на Гармонику: Вручную / Points Per Harmonic: Manual** – ручная установка количества точек трассы, используемых для измерения каждой гармоники;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

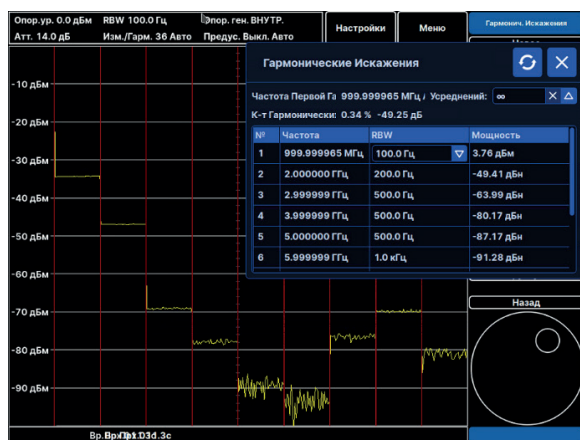


Рис. 92. Измерение гармоник

Настройки и информация экранной таблицы:

- **Частота первой гармоники / First Harmonic Freq** – частота первой гармоники;
- **Усреднений / Averages** – количество усреднений;
- **К-т гармонических искажений / Total Harmonic Distortion** – коэффициент нелинейных искажений (в % и дБ).



В режиме измерения гармонических искажений прибор выполняет многократное измерение уровня каждой гармоники в соответствии с настройкой Измерений на **Гармонику / Points Per Harmonic**. Результаты этих измерений для каждой гармоники откладываются последовательно на графике (Рис. 92) с разверткой по горизонтальной оси. Затем результаты измерений для каждой гармоники усредняются между собой и выводятся в таблицу результатов. Вид графика измерений должен быть близок к постоянному значению (горизонтальной линии для каждой гармоники), в этом случае результат имеет высокую достоверность. При малом уровне гармоники график для нее будет иметь шумоподобный вид, что говорит о недостатке чувствительности измерения. Для повышения чувствительности следует уменьшить RBW для нужных гармоник в таблице (Рис. 92). Это, в свою очередь, приведет к увеличению времени измерения.

## 12.7.2 Соответствие спектральной маске

Проверка соответствия спектральной маске может быть использована для тестирования изделий по принципу «**годен/негоден**». Пользователь может настроить параметры спектральной маски. Если график сигнала пересекает маску, в строке результатов измерения выдается сообщение «**не пройдено**», при этом отображается частота, абсолютный и относительный уровень точек, где график пересекает маску (Рис. 93). Для начала измерений следует нажать экранную клавишу **Спектральная маска / Spectrum Emission Mask** в секции измерений (п.12.7).

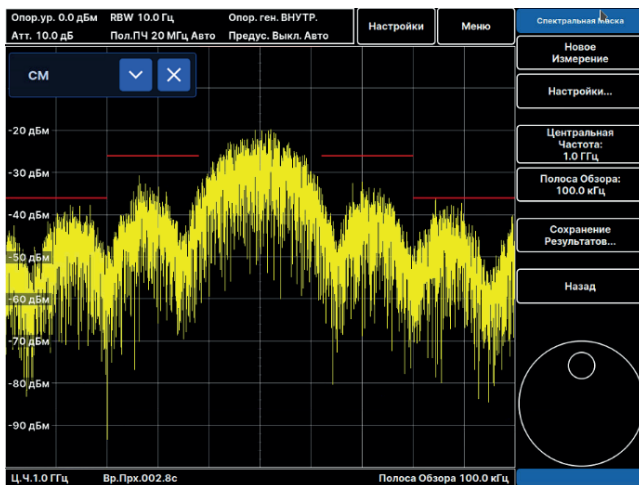


Рис.93. Измерения со спектральной маской

**Управление:**

**Новое Измерение / New Measurement** – запуск нового измерения и сброс результатов теста;

**Настройки... / Options...** – вызов на экран таблицы с настройками параметров измерения;

**Центральная частота / Center Frequency** – настройка центральной частоты;

**Полоса Обзора / Span** – настройка полосы обзора;

**Сохранение Результатов... / Save Results...** – сохранение результатов измерений в виде файла;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню;

При нажатии экранной клавиши **Настройки... / Options...** появляется экранная таблица с настройками измерения (Рис. 94):

	Диапазон 1	Диапазон 2	Диапазон 3	Диапазон 4	Диапазон 5
Старт	-50.000 кГц	-30.000 кГц	-12.000 кГц	12.000 кГц	30.000 кГц
Стоп	-30.000 кГц	-12.000 кГц	12.000 кГц	30.000 кГц	50.000 кГц
RBW	10.0 Гц	10.0 Гц	10.0 Гц	10.0 Гц	10.0 Гц
Опорный Диап.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Опор.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Опорный Уровень	0 дБм	0 дБм	0 дБм	0 дБм	0 дБм
RF Аттн	10 дБ	10 дБ	10 дБ	10 дБ	10 дБ
Предусилитель	<input type="checkbox"/> Выкл.	<input type="checkbox"/> Выкл.	<input type="checkbox"/> Выкл.	<input type="checkbox"/> Выкл.	<input type="checkbox"/> Выкл.
Условие Порогов	Абсолютный	Абсолютный	Абсолютный	Абсолютный	Абсолютный
Старт Абс. Порога	-36.0 дБм	-26.0 дБм	0.0 дБм	-26.0 дБм	-36.0 дБм
Стоп Абс. Порога	-36.0 дБм	-26.0 дБм	0.0 дБм	-26.0 дБм	-36.0 дБм
Старт Отн. Порога	0.0 дБн	0.0 дБн	0.0 дБн	0.0 дБн	0.0 дБн
Стоп Отн. Порога	0.0 дБн	0.0 дБн	0.0 дБн	0.0 дБн	0.0 дБн

Рис. 94. Настройка измерения соответствия спектральной маске

Столбцы таблицы соответствуют элементам спектральной маски.

- **Старт / Start** – начальная частота элемента маски;
- **Стоп / Stop** – конечная частота элемента маски;
- **RBW** – разрешающая способность по частоте данного поддиапазона;
- **Опорный Диап. / Ref. Range** – установка диапазона, который используется в качестве опорного для анализа, от уровня сигнала, измеренного в опорном диапазоне, откладываются относительные пороги измерений;
- **Опорный Уровень / Ref. Level** – верхний уровень сетки экрана;
- **RF Atten** – ослабление входного аттенюатора;
- **Предусилитель / Preamplifier** – управление входным предусилителем;
- **Условие порогов / Limit Check** – установка типа порога (относительный, абсолютный и их комбинации);
- **Старт Абс. порога / Abs Limit Start** – уровень начала порога абсолютного значения;
- **Стоп Абс. порога / Abs Limit Stop** – уровень окончания порога абсолютного значения;
- **Старт Отн. порога / Rel Limit Start** – уровень начала порога относительного значения;
- **Стоп Отн. порога / Rel Limit Stop** – уровень окончания порога относительного значения.

 – переключение между относительным и абсолютным значениями частоты элементов маски;


 – добавление столбца слева;


 – добавление столбца справа;

 – удаление столбца;

 – перемещение к крайнему правому столбцу;

 – сохранение установок данного измерения в файл;

 – вызов установок данного измерения из файла;

 – подтверждение любого изменения в таблице настроек;

 – свернуть таблицу;

 – выйти из текущего измерения.

В процессе тестирования в результирующей таблице в строке **Статус** отображается результат текущего измерения (**Пройдено / Не пройдено**), а также выделяются красными диапозоны, в которых тест не пройден (Рис. 95).









Рис. 95. Результирующая таблица тестирования по спектральной маске

### 12.7.3 Измерение мощности в канале

Данная функция может быть использована для измерения интегральной мощности заданной части спектра сигнала (или всего спектра сигнала), для селективного измерения мощности в основном, смежном и нескольких дополнительных каналах, а также для измерения коэффициента утечки (ACLR) в смежные и дополнительные каналы. Ширина полосы и смещение каждого канала устанавливается пользователем.

Управление: сделайте все необходимые настройки для желаемого отображения сигнала в режиме анализатора спектра (опорный уровень, полоса обзора, RBW и др.), затем нажмите **Мощность в канале / Channel Power** (рис. 96 (а)). В появившейся таблице сделайте необходимые настройки:

- **Полоса Главного канала / Main Channel Bandwidth** – укажите полосу основного канала;
- **Усреднений / Averages** – укажите количество усреднений при измерениях, 0 означает бесконечное усреднение;
- **Смеж (Полоса, Смещение) / Adj (Bandwidth, Offset)** – укажите полосу и смещение смежного (соседнего) канала относительно основного;
- **Доп 1 (Полоса, Смещение) / Alt 1 (Bandwidth, Offset)** укажите полосу и смещение дополнительного канала относительно основного;
- **Мощность / Power** – результат измерения мощности в основном канале;
- **Ниж. ACLR / Lower ACLR** – коэффициент утечки в нижний (слева от основного) смежный или дополнительный канал;
- **Ниж. Мощ / Lower Power** – результат измерения мощности в нижнем (слева от основного) канале;
- **Верх. ACLR / Upper ACLR** – коэффициент утечки в верхний (справа от основного) смежный или дополнительный канал;
- **Верх. Мощ. / Upper Power** – результат измерения мощности в верхнем (справа от основного) канале;

-  – добавление дополнительного или смежного канала;
-  – удаление дополнительного или смежного канала;
-  – свернуть таблицу;
-  – выйти из текущего измерения;
-  – сохранение установок данного измерения в файл;
-  – вызов установок данного измерения из файла.

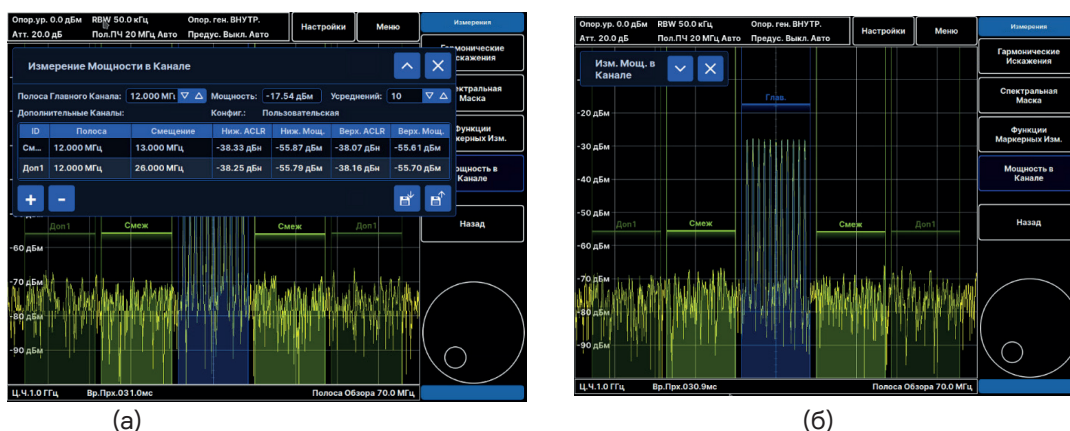


Рис. 96. Измерение мощности в канале

## 12.7.4 Функции маркерных измерений

Данный раздел содержит измерения, выполняемые автоматически с использованием различных маркеров.

### 12.7.4.1 Измерение интермодуляционных искажений 3-го порядка (TOI)

Для измерения интермодуляционных искажений 3-го порядка (TOI) тестируемого устройства следует подать с источника, имеющего интермодуляционные искажения третьего порядка заведомо ниже, чем у тестируемого устройства, двухтоновый сигнал на тестируемое устройство. Выход тестируемого устройства следует подключить к анализатору **MWA**. В качестве источника может быть использован, например, векторный генератор сигналов серии **MWT** с опцией **MWT- MTONE**. Если тестируется сам источник, то на нем следует задать режим генерации 2-тонового сигнала и подключить его выход непосредственно к анализатору **MWA**. Расстройку между тонами следует задавать согласно методике тестирования, распространенными расстройками являются 1 МГц и 10 МГц.

Управление: сделайте все необходимые настройки для желаемого отображения сигнала в режиме анализатора спектра (опорный уровень, полоса обзора, RBW и др.), чтобы были видны оба тона и стабильные интермодуляционные искажения (на отстройках слева и справа от двухтонового сигнала, равных расстройке между тонами), затем нажмите **Искажения 3-го порядка (TOI) / Third Order Intercept (TOI)**.

Далее нажмите **Авто / Auto** для автоматического поиска основных тонов и составляющих 3-го порядка и установки маркеров (Рис. 97 (а, б)). В появившейся таблице укажите частоты маркеров вручную при необходимости:

- **Маркер 1 / Marker 1 (Частота, Значение)** – частота и абсолютное значение уровня первого основного тона;
- **Маркер 2 / Marker 2 (Частота, Значение)** – частота и абсолютное значение уровня второго основного тона;
- **Маркер 3 / Marker 3 (Частота, Значение)** – частота и абсолютное значение уровня первой (слева по спектру) составляющей 3-го порядка;
- **Маркер 4 / Marker 4 (Частота, Значение)** – частота и абсолютное значение уровня второй (справа по спектру) составляющей 3-го порядка;
- **Искажения 3-го порядка / Third-order intercept point** – точка пересечения 3-го порядка;
- **Нижнее / Lower** – наилучшее значение TOI исходя из комбинации основных тонов и составляющих 3-го порядка;
- **Верхнее / Upper** – наихудшее значение TOI исходя из комбинации основных тонов и составляющих 3-го порядка;
- **ИИ1 / IP 1** – значение уровня первой составляющей 3-го порядка относительно среднего значения основных;
- **ИИ2 / IP 2** – значение уровня второй составляющей 3-го порядка относительно среднего значения основных;

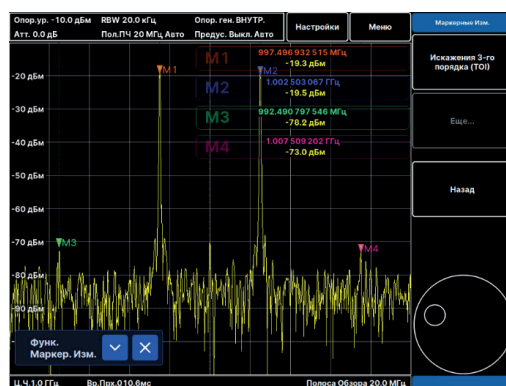
**Auto** – автоматический поиск всех составляющих и установка маркеров на максимальные значения;

**^** – свернуть таблицу;

**X** – выйти из текущего измерения;



(а)



(б)

Рис. 97. Измерение интермодуляционных искажений 3-го порядка

## 12.8 IQ анализатор

Данный режим предназначен для анализа I и Q составляющих во временной области (Рис. 98). Для перехода в данный подраздел необходимо нажать экранную клавишу **Меню / Menu – Еще / More – IQ Анализ / IQ Analysis** в основном меню прибора.

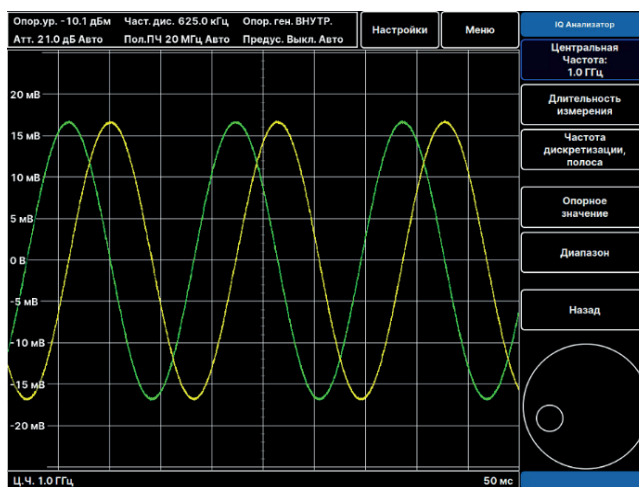


Рис. 98. IQ анализ

### Управление:

**Центральная Частота / Center Frequency** – установка центральной частоты;

**Длительность измерения / Meas Time** – длительность записанного сигнала, отображаемого на экране;

**Частота дискретизации, полоса / Sample Rate / Bandwidth** – настройка частоты дискретизации (полосы);

**Опорное значение / Reference Value** – настройка положения оси 0 В на экране;

**Диапазон / Range** – размах вертикальной оси;

**Назад / Back** – возврат в предыдущее меню.

### 13. Поверка прибора

Поверка анализаторов спектра проводится по документу РТ-МП-4659-441-2023 «ГСИ. Методика поверки анализаторов спектра MWA», утвержденному ФБУ «Ростест-Москва».

Межповерочный интервал – 1 год.

Номер прибора в ФИФ – № 89948-23.

### 14. Гарантийные обязательства и ремонт

Гарантийный срок на анализаторы спектра MWA составляет 1 год с момента продажи (при отсутствии опций расширенной гарантии).

Ремонт по гарантии и негарантийный ремонт осуществляются в ООО «Микроволновая Электроника» по адресу: Россия, 119607, г. Москва, Раменский бульвар, д.





Разработка  
и производство  
радиоэлектронного  
оборудования  
повышенной сложности

тел.: +7 (495) 137-53-35  
e-mail: [hello@inwave.ru](mailto:hello@inwave.ru)