



РЕФЛЕКТОМЕТРЫ ВЕКТОРНЫЕ

CABAN R54

CABAN R60

CABAN R140

CABAN R180

Руководство по эксплуатации

Программное обеспечение



Челябинск 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Установка программного обеспечения	8
1.1 Подготовка к установке программного обеспечения.....	8
1.2 Порядок установки программного обеспечения	8
1.3 Установка драйвера рефлектометра	9
1.4 Установка исполняемого модуля	10
1.5 Регистрация COM сервера.....	10
2 Описание программного обеспечения	12
2.1 Структура и функции экрана	12
2.1.1 Правая и левая панели программных кнопок	12
2.1.2 Верхняя панель программных кнопок.....	13
2.1.3 Строка состояния рефлектометра	16
2.2 Окно канала	18
2.2.1 Заголовок канала	19
2.2.2 Строка состояния графика.....	20
2.2.3 Графическая область	22
2.2.4 Маркеры	23
2.2.5 Строка состояния канала.....	23
3 Быстрое начало работы	25
3.1 Подготовка рефлектометра к измерению коэффициента отражения.	26
3.2 Начальная установка.....	27
3.3 Установка параметров стимулирующего сигнала.....	28
3.4 Установка полосы ПЧ.	29
3.5 Установка числа графиков и формата представления.....	30
3.6 Установка масштаба графиков	31
3.7 Калибровка рефлектометра для проведения измерений коэффициента отражения	32
3.8 Исследование КСВН и фазы коэффициента отражения с помощью маркеров. .	35
3.9 Быстрая установка параметров канала с помощью мыши.	37
3.9.1 Выбор активного канала	37
3.9.2 Выбор активного графика	37
3.9.3 Выбор формата графика.....	38
3.9.4 Установка масштаба графика.....	38
3.9.5 Установка положения опорной линии.....	39
3.9.6 Установка значения стимула маркера	39
3.9.7 Переключение режима «Старт / Центр» и «Стоп / Полоса».....	40
3.9.8 Установка значения поля «Старт / Центр»	40
3.9.9 Установка значения поля «Стоп / Полоса».....	41
3.9.10 Установка числа точек сканирования	41
3.9.11 Установка полосы ПЧ.....	42
3.9.12 Установка выходной мощности.....	42

4	Установка параметров анализатора	43
4.1	Установка каналов и графиков.....	43
4.1.1	Установка числа каналов индикации.....	43
4.1.2	Выбор активного канала	44
4.1.3	Увеличение окна канала	45
4.1.4	Установка количества графиков	46
4.1.5	Выбор активного графика	47
4.2	Установка измеряемых параметров.....	49
4.2.1	S – параметры.....	49
4.2.2	Выбор формата графика.....	49
4.2.3	Формат прямоугольных координат	50
4.2.4	Формат полярной диаграммы.....	52
4.2.5	Формат диаграммы Вольперта–Смита	54
4.2.6	Порядок установки формата графика	56
4.3	Установка масштаба графиков	57
4.3.1	Масштаб прямоугольных координат	57
4.3.2	Порядок установки масштаба прямоугольных координат	58
4.3.3	Масштаб круговых координат	59
4.3.4	Порядок установки масштаба круговых координат	59
4.3.5	Функция автомасштабирования.....	60
4.3.6	Функция автоматического выбора опорного уровня	61
4.3.7	Установка электрической задержки	62
4.3.8	Установка смещения фазы	63
4.4	Установка параметров стимулирующего сигнала.....	64
4.4.1	Выбор типа сканирования	64
4.4.2	Установка диапазона сканирования	65
4.4.3	Установка количества точек.....	66
4.4.4	Установка выходной мощности.....	66
4.4.5	Редактирование таблицы сегментов	67
4.5	Управление запуском сканирования	71
4.5.1	Внешний запуск (кроме Caban R54)	73
4.5.2	Выход триггера (кроме Caban R54/Caban R140).....	78
4.6	Фильтрация	82
4.6.1	Установка полосы ПЧ.....	82
4.6.2	Установка усреднения	82
4.6.3	Установка сглаживания	83
4.6.4	Функция сохранения значения	84
4.7	Установка параметров кабеля	85
4.7.1	Выбор типа кабеля.....	86
4.7.2	Пользовательская установка параметров кабеля	87
4.7.3	Редактирование таблицы кабелей.....	87
5	Калибровка рефлектометра.....	89
5.1	Общие сведения.....	89
5.1.1	Ошибки измерения.....	89
5.1.2	Систематические ошибки измерения.....	89
5.1.3	Модель ошибок измерения.....	90
5.1.4	Определение положения измерительного порта	92

5.1.5 Стадии процесса калибровки	92
5.1.6 Методы калибровки	93
5.1.7 Калибровочные меры и комплекты мер	96
5.2 Порядок выполнения калибровки.....	99
5.2.1 Выбор комплекта калибровочных мер.....	99
5.2.2 Калибровка нормализации отражения	102
5.2.3 Полная однопортовая калибровка.....	104
5.2.4 Отключение коррекции ошибок	106
5.2.5 Проверка состояния коррекции ошибок	106
5.2.6 Системное сопротивление Z0	107
5.2.7 Удлинение порта.....	107
5.2.8 Автоматическое удлинение порта	109
5.3 Редактирование комплектов мер.....	111
5.3.1 Выбор комплекта мер для редактирования	111
5.3.2 Редактирование наименования комплекта мер.	111
5.3.3 Отмена изменений предопределённых комплектов мер.....	113
5.3.4 Редактирование параметров калибровочной меры	114
5.3.5 Определение параметров калибровочной меры с помощью файла S-параметров	116
5.4 Автоматический калибровочный модуль.....	118
5.4.1 Возможности автоматического калибровочного модуля.....	119
5.4.2 Процедура автоматической калибровки.....	119
6 Анализ измерений	121
6.1 Маркеры.....	121
6.1.1 Добавление маркера.....	122
6.1.2 Удаление маркера	123
6.1.3 Установка значения стимула маркера	124
6.1.4 Выбор активного маркера	125
6.1.5 Режим опорного маркера	126
6.1.6 Свойства маркеров	128
6.1.7 Функции поиска положения маркеров.....	134
6.1.8 Маркерные вычисления.....	141
6.2 Функция памяти графиков.....	152
6.2.1 Порядок запоминания графиков.....	153
6.2.2 Порядок удаления памяти графиков	153
6.2.3 Настройка индикации графиков.....	154
6.2.4 Математические операции с памятью графиков.....	155
6.3 Моделирование оснастки	156
6.3.1 Преобразование импеданса порта	156
6.3.2 Исключение цепи.....	157
6.3.3 Встраивание цепи	159
6.4 Временная область	160
6.4.1 Включение преобразования временной области	162
6.4.2 Установка диапазона преобразования.....	163
6.4.3 Установка вида окна	164
6.5 Селекция во временной области.....	164
6.5.1 Включение временной селекции	166

6.5.2	Установка границ окна временной селекции	166
6.5.3	Установка типа окна временной селекции	167
6.5.4	Установка формы окна временной селекции	168
6.6	Преобразования S-параметров.....	168
6.7	Допусковый контроль	170
6.7.1	Редактирование таблицы пределов	171
6.7.2	Порядок включения допускового контроля.....	172
6.7.3	Настройка индикации допускового контроля.....	173
6.7.4	Смещение линии пределов	173
6.8	Тест пульсаций.....	174
6.8.1	Редактирование таблицы пределов пульсаций	175
6.8.2	Порядок включения теста пульсаций	176
6.8.3	Настройка индикации теста пульсаций	177
7	Измерение потерь в кабеле	178
7.1	Методика измерения потерь в кабеле	178
8	Сохранение состояния и данных	180
8.1	Сохранение состояния рефлектометра.....	180
8.1.1	Порядок сохранения состояния	181
8.1.2	Порядок восстановления состояния	183
8.1.3	Автосохранение и автовосстановление состояния	184
8.2	Состояние канала	185
8.2.1	Сохранение состояния канала	185
8.2.2	Восстановление состояния канала	186
8.3	Сохранение данных графика.....	186
8.3.1	Порядок сохранения данных графика	187
8.4	Сохранение файлов данных формата Touchstone	188
8.4.1	Порядок сохранения файлов данных формата Touchstone.....	189
8.4.2	Восстановление файлов данных формата Touchstone.....	190
8.5	Печать графиков	192
8.5.1	Процедура печати графиков	193
8.5.2	Быстрое сохранение снимка экрана	194
9	Системные установки.....	195
9.1	Начальная установка.....	195
9.2	Завершение работы программы.....	196
9.3	Информация о версии программы и серийном номере прибора	196
9.4	Отключение системной калибровки	197
9.5	Настройка интерфейса.....	198
10	Особенности работы с двумя и более рефлектометрами	201
10.1	Установка дополнительного программного обеспечения.....	201
10.2	Подключение рефлектометров к интерфейсу USB	201
10.3	Синхронизация работы рефлектометров	201
10.4	Добавление / удаление устройств	203
10.5	Подстройка частоты внутренних генераторов	203
10.5.1	Ручная подстройка частоты	204
10.5.2	Автоматическая подстройка частоты.....	204

10.6 Особенности калибровки рефлектометров.....	205
10.6.1 Выбор типа коррекции	206
10.6.2 Нормализация модуля коэффициента передачи	207
10.6.3 Расширенная нормализация	207
10.7 Выбор измеряемых S-параметров	210
Приложение А (справочное).....	211

Введение

Документ является обновленной редакцией следующих руководств по эксплуатации РЭ 6687-089-21477812-2011 и РЭ 6687-104-21477812-2013.

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для изучения устройства, принципа действия, правил использования, транспортирования и хранения рефлектметров векторных.

Руководство по эксплуатации состоит из двух частей.

В первой части содержатся общие сведения о рефлектметрах, приведены основные и справочные технические характеристики в табличном и графическом видах, указаны состав, условия эксплуатации, транспортирования и хранения.

Во второй части приведены инструкции по установке и настройке программного обеспечения, дано описание программы, представлен порядок проведения измерений.

Перед началом эксплуатации рефлектметров необходимо ознакомиться с настоящим руководством и, при необходимости, с руководством программиста для дистанционного управления приборами и методикой поверки для контроля метрологических характеристик.

Работа с рефлектметрами и их техническое обслуживание должны осуществляться квалифицированным персоналом с инженерной подготовкой, имеющим начальные навыки по работе с устройствами СВЧ и персональным компьютером.

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право, не уведомляя потребителя, вносить в конструкцию и документацию анализаторов изменения, не влияющие на их нормированные метрологические характеристики.

ВНИМАНИЕ: ДАННЫЙ ДОКУМЕНТ ЯВЛЯЕТСЯ РЕЗУЛЬТАТОМ ТВОРЧЕСКОГО ТРУДА И ИНТЕЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОТРУДНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ-ИЗГОТОВИТЕЛЯ. НЕ ДОПУСКАЕТСЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННОГО ДОКУМЕНТА, РАВНО КАК И ЕГО ЧАСТИ, БЕЗ УКАЗАНИЯ НАИМЕНОВАНИЯ ДОКУМЕНТА И НАИМЕНОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ-ИЗГОТОВИТЕЛЯ.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ КОММЕРЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННОГО ДОКУМЕНТА, РАВНО КАК И ЕГО ЧАСТИ, БЕЗ ПИСЬМЕННОГО СОГЛАСИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ-ИЗГОТОВИТЕЛЯ.

Предприятие-изготовитель не несет ответственности за последствия неправильной эксплуатации приборов, нарушения правил безопасности и несоблюдения прочих необходимых мер предосторожности.

1 Установка программного обеспечения

1.1 Подготовка к установке программного обеспечения

Установка программного обеспечения производится на внешний портативный или персональный компьютер, работающий под управлением ОС семейства «WINDOWS». Подключение рефлектометра к внешнему персональному компьютеру осуществляется через USB интерфейс.

Минимальные технические требования к персональному компьютеру	ОС WINDOWS 2000 / XP / VISTA / 7 / 8 / 10
	Процессор 1 ГГц
	Память 2 ГБ
	USB 2.0

1.2 Порядок установки программного обеспечения

Программное обеспечение поставляется на USB Flash накопителе, входящем в комплект поставки рефлектометра.

Содержимое USB Flash накопителя	Модуль установки программы Setup_RVNA_RUS_vX.X.X.exe ¹⁾
	Драйвер в папке – Driver
	Документация в папке – Doc

Примечание	Папка Doc содержит руководство пользователя в двух частях и руководство программиста.
-------------------	---

Процедура установки программного обеспечения осуществляется в два этапа. Первый этап включает установку драйвера. Второй этап включает установку исполняемого модуля, документацию и другие необходимые файлы.

¹⁾ X.X.X – номер версии программы

1.3 Установка драйвера рефлектметра

Установка драйвера

Соедините рефлектметр с персональным компьютером кабелем USB из комплекта поставки. Допускается подключение кабеля USB к компьютеру во включенном состоянии.

Включите и загрузите компьютер, если он не был включен.

Во время первого включения Windows автоматически определит подключение нового USB устройства и откроет диалог установки USB драйвера. Если этого не произошло, откройте диалог установки USB драйвера вручную: *Пуск > Панель управления > Диспетчер устройств*. Щелкните правой кнопкой мыши по строке "Неизвестное устройство" и выберите "Обновить драйверы...".

В диалоге установки USB драйвера выберите "Выполнить поиск драйверов на этом компьютере" (Windows 7), затем укажите путь к файлам драйвера. Файлы драйвера находятся в папке \DRIVER на компакт-диске и на жестком диске в папке с установленным ПО.

После успешной установки драйвера в системе появится новое USB устройство с названием модели рефлектметра.

1.4 Установка исполняемого модуля

Установка исполняемого модуля и других необходимых файлов	Запустить с прилагаемого USB Flash накопителя программу установки Setup_RVNA_Rus_vX.X.X.exe. Следовать пошаговым указаниям программы установки. Стартовое окно программы установки представлено на рисунке 1.1
---	--

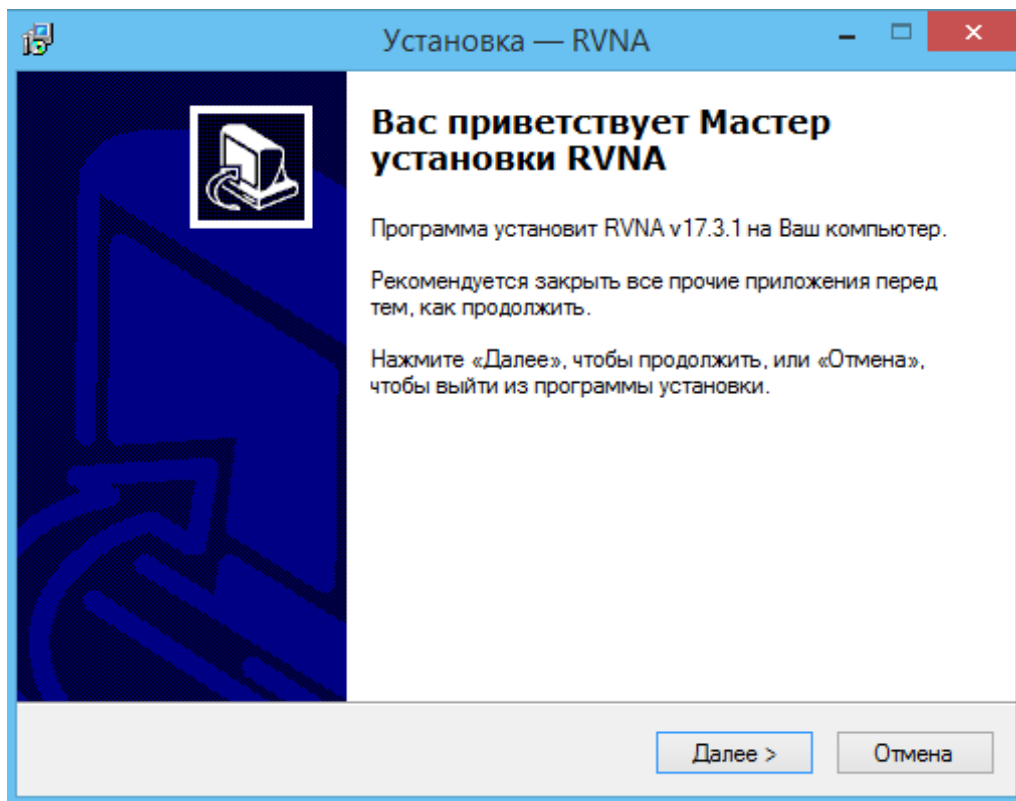


Рисунок 1.1 Стартовое окно программы установки

1.5 Регистрация COM сервера

Приложение Setup_<Модель прибора>.exe имеет в своем составе встроенный COM - сервер. Зарегистрированный COM - сервер предоставляет другим программам доступ к своей функциональности.

Регистрация COM сервера выполняется при завершении установки программного обеспечения рефлектометра флажком в соответствующем пункте. Окно регистрации COM – сервера представлена на рисунке 1.2.

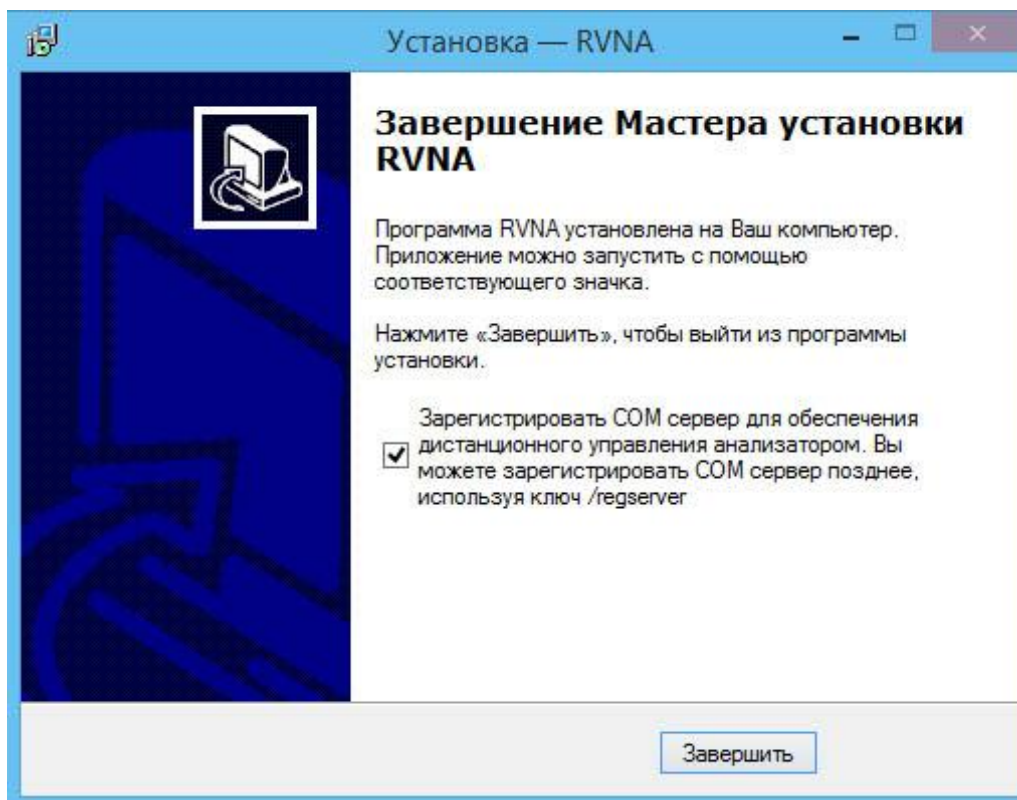


Рисунок 1.2 Регистрация COM сервера

После успешной регистрации COM – сервера появится сообщение об этом.

Регистрация COM сервера также возможна с использованием ключа `/regserver` для исполняемого файла программного обеспечения прибора. Дополнительная информация приведена в руководстве программиста штатного программного обеспечения.

2 Описание программного обеспечения

2.1 Структура и функции экрана

Общий вид экрана рефлектометра приведён на рисунке 2.1. В данном разделе описаны следующие элементы экрана: панели программных кнопок, строка состояния рефлектометра. Окно канала описывается в следующем разделе.

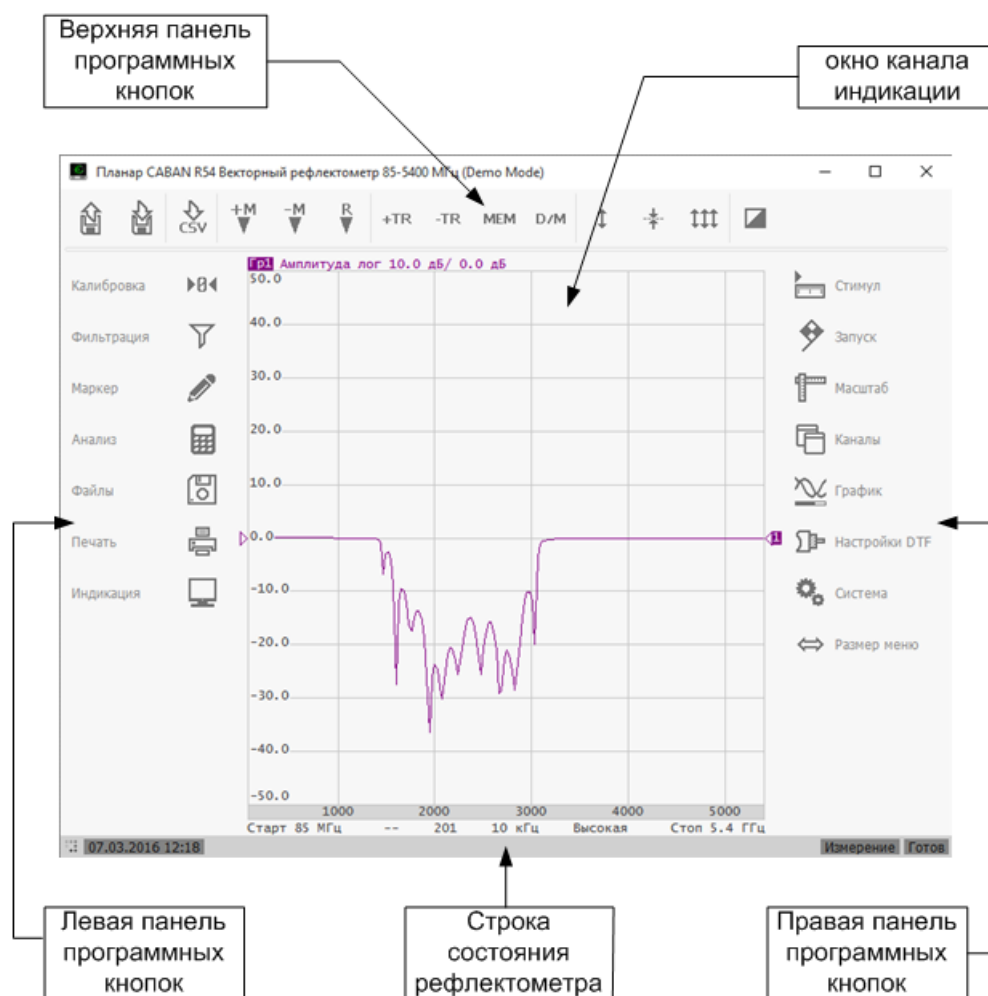


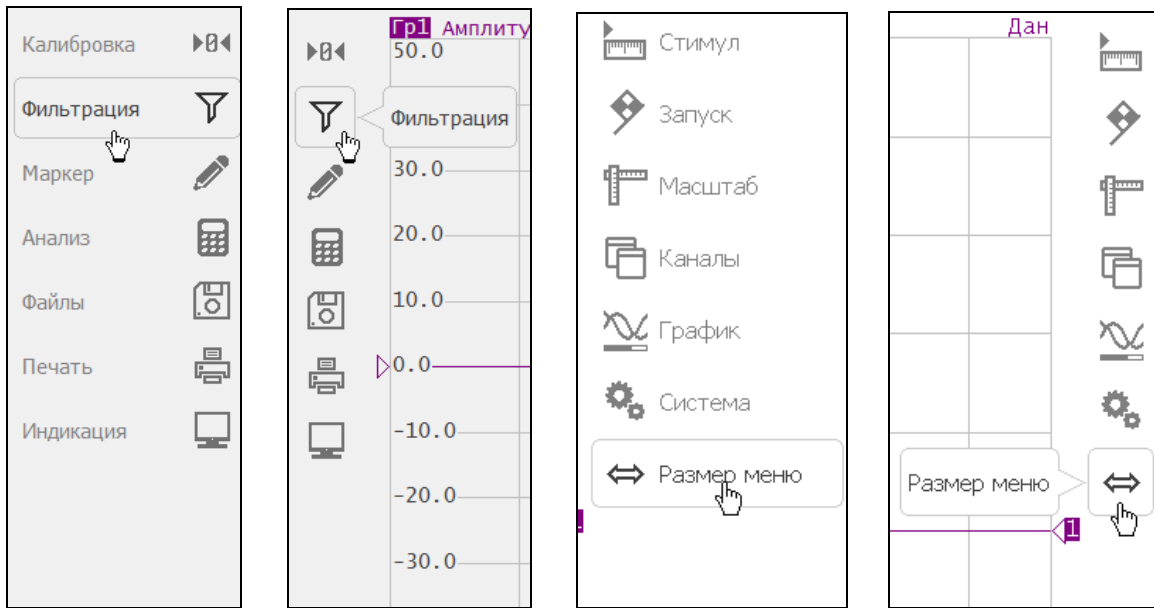
Рисунок 2.1.Общий вид экрана рефлектометра

2.1.1 Правая и левая панели программных кнопок

Панели программных кнопок в правой и левой части экрана являются основными меню программы. Панели могут быть свёрнуты до размеров пиктограмм.

Чтобы развернуть панель нажмите левую кнопку мыши над панелью и потяните в сторону: левую панель направо, правую панель налево. Для сворачивания панели нажмите левую кнопку мыши над панелью и потяните в сторону: левую панель налево, правую панель направо.

Или нажмите кнопку **Размер меню**



Каждая программная кнопка представляет собой один раздел меню. Система меню многоуровневая и обеспечивает доступ ко всем функциям рефлектометра.

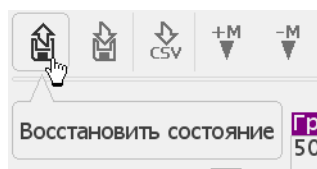
В рефлектометре управление программными кнопками осуществляется через сенсорный экран (touchscreen) или с помощью мыши.

Диалоговые формы виртуальной и цифровой клавиатуры поддерживают ввод с клавиатуры персонального компьютера. Кроме того, управление в различных меню программы возможно с клавиатуры при помощи клавиш: «↑», «↓», «←», «→», «Enter», «Esc».

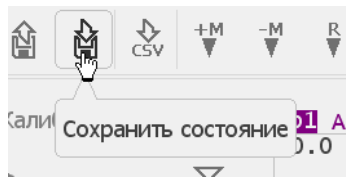
2.1.2 Верхняя панель программных кнопок

Верхняя панель программных кнопок служит для быстрого доступа к часто используемым пунктам меню программы.

Кнопка **Восстановить состояние** служит для восстановления из файла состояния рефлектометра.

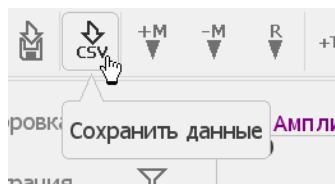


Кнопка **Сохранить состояние** служит для сохранения файла состояния (см пункт 8.1.1).

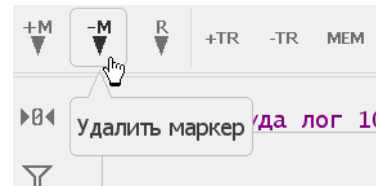
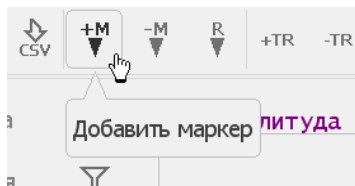


Примечание Программа выбирает тип сохранения данных заданный пользователем в диалоговом окне **Тип сохранения** (См. пункт 8.1).

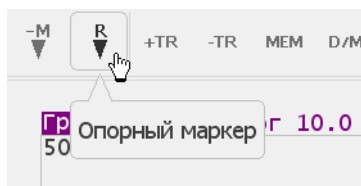
Кнопка **Сохранить данные** служит для сохранения данных графика в формате CSV.



Кнопки **Добавить маркер** и **Удалить маркер** позволяют добавить или удалить маркер на графике.

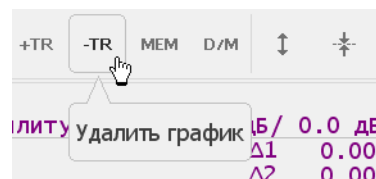
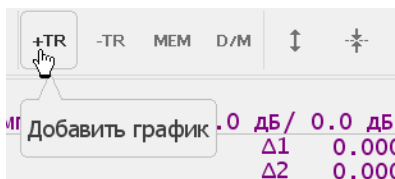


С помощью кнопки **Опорный маркер** можно добавить опорный маркер на графике. Повторное нажатие этой кнопки удаляет опорный маркер.

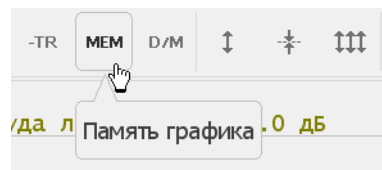


$\Delta 1$	0.000000	МГц	0.0000	дБ
$\Delta 2$	0.000000	МГц	0.0000	дБ
Δ	85.000000	МГц	0.0309	дБ

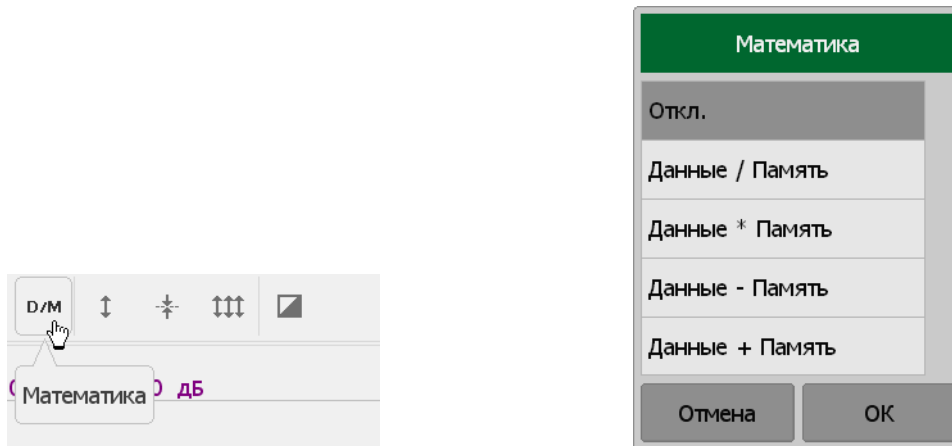
Кнопки **Добавить график** и **Удалить график** позволяют добавить или удалить график.



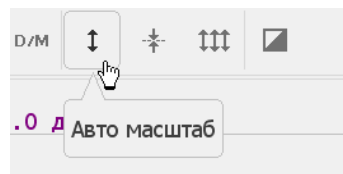
Кнопка **Память графика** служит для запоминания данных графика.



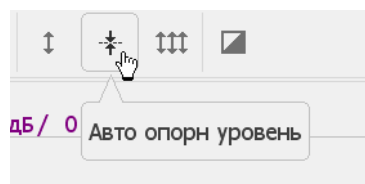
Кнопка **Математика** вызывает диалоговое окно для выбора типа математической операции между данными и памятью графика.



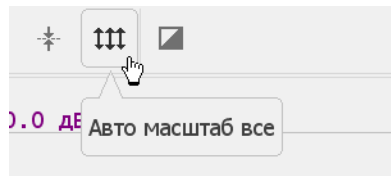
Кнопка **Авто масштаб** служит для автоматического выбора масштаба графика таким образом, чтобы график измеряемой величины полностью укладывался в поле графика, занимая большую его часть.



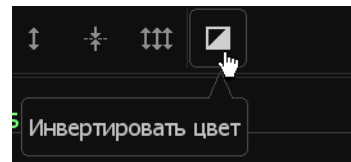
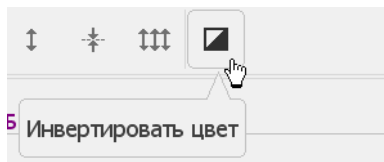
Кнопка **Авто опорн уровень** служит для автоматического выбора опорного уровня.



При нажатии кнопки **Авто масштаб все** программа автоматически выберет масштаб для всех графиков (см пункт 3.6).



Кнопка **Инvertировать цвет** позволяет изменить цветовое решение программы.



2.1.3 Строка состояния рефлектометра



Рисунок 2.2. Строка состояния рефлектометра

Строка состояния располагается в нижней части экрана, см. рисунок 2.2. Она может содержать следующие сообщения (таблица 2.1):

Таблица 2.1 Сообщения в строке состояния

Наименование поля	Сообщение	Значение
Состояние DSP	Не готов	Нет связи между DSP и компьютером
	Загрузка	Идёт загрузка программного обеспечения DSP
	Готов	DSP работает в нормальном режиме
	Ожидание	DSP переведён в спящий режим
Состояние триггера запуска	Повторный	Циклический запуск сканирования
	Однократный	Однократное сканирование
	Останов	Сканирование остановлено
Ошибка заводской калибровки	Сбой заводской калибровки	Ошибка ПЗУ системной калибровки.
Состояние коррекции ошибок	Коррекция откл	Коррекция ошибок отключена пользователем ¹⁾
Состояние коррекции ошибок	Системная коррекция откл.	Системная коррекция ошибок отключена пользователем ²⁾

¹⁾ Отключение коррекции ошибок не влияет на заводскую калибровку.

²⁾ Отключение системной коррекции ошибок запрещает использование заводской калибровки и используется при проведении процедуры поверки.

2.2 Окно канала

Окно канала служит для отображения результатов измерений в виде графиков и числовых величин. На экране рефлектометра может быть одновременно размещено до 4 окон каналов. Каждое окно имеет собственные параметры, такие как:

- диапазон частот;
- закон сканирования;
- количество точек;
- полоса ПЧ.

Примечание

Параметры калибровки применяются к рефлектометру в целом и влияют на все окна каналов.

Логические каналы обрабатываются по очереди.

В свою очередь в каждом окне канала может быть размещено до 4 графиков измеряемых величин. Общий вид окна канала представлен на рисунке 2.3.

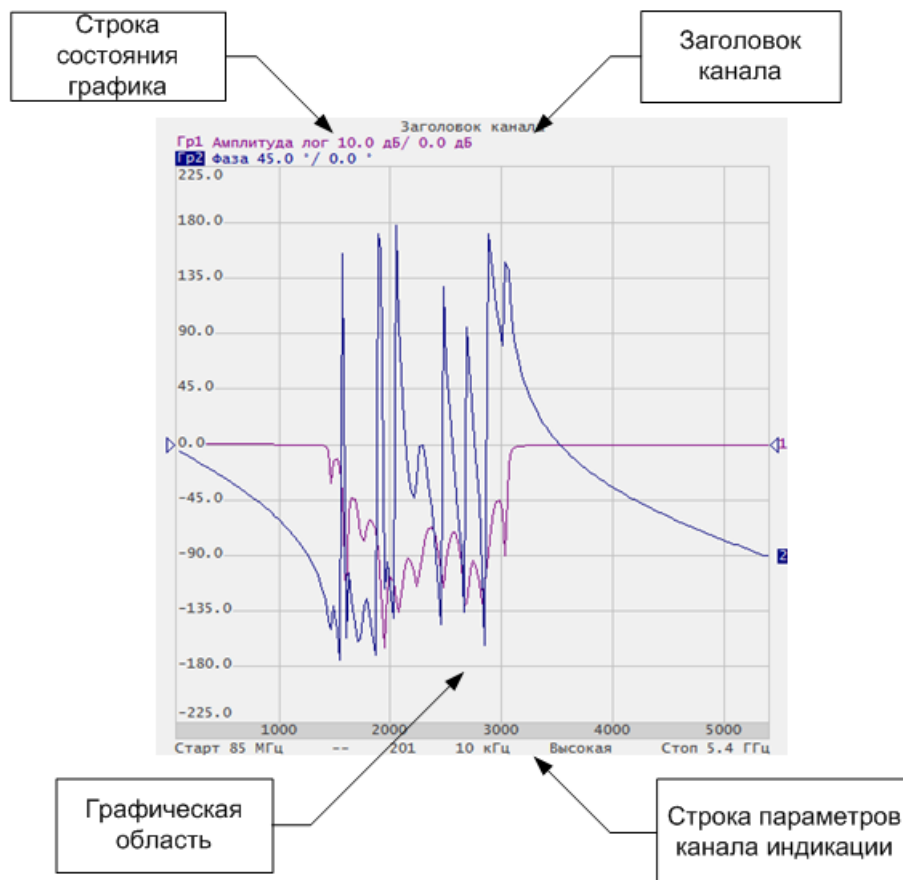
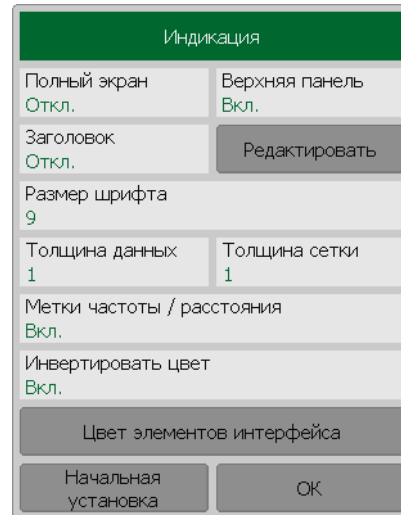
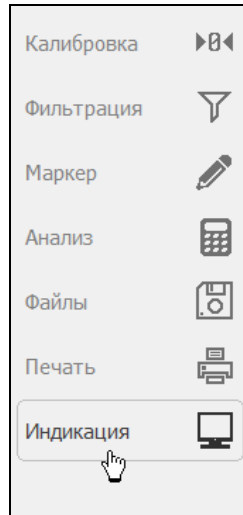


Рисунок 2.3. Окно канала.

2.2.1 Заголовок канала

Заголовок канала служит для ввода пользовательского комментария для окна канала.

Чтобы включить / выключить индикацию заголовка канала нажмите программную кнопку: **Индикация**.



В диалоговом окне **Индикация** щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Заголовок** для включения / выключения заголовка. Значение параметра **Заголовок** изменится на **Вкл.** / **Откл.**

Примечание

Переход к редактированию заголовка осуществляется после щелчка левой кнопкой мыши по кнопке **Редактировать**.

2.2.2 Строка состояния графика

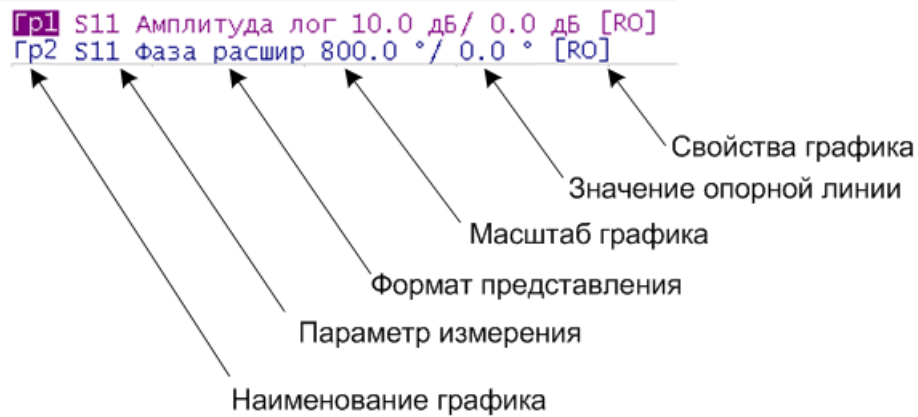


Рисунок 2.4. Строка состояния графика

Строка состояния графика служит для отображения наименования и параметров графиков, см. рисунок 2.4. Число строк состояния соответствует числу графиков канала.

Примечание

С помощью строки состояния графика возможно быстрое изменение параметров графика с использованием мыши.

Каждая строка содержит следующую информацию об одном графике канала:

- Наименование графика от «Гр1» до «Гр4». Наименование активного графика выделено инверсным цветом;
- Формат представления, например, «Амплитуда лог»;
- Масштаб графика в единицах измерения на деление, например, «10 дБ»;
- Значение опорной линии в единицах измерения, например, «0 дБ»;
- Свойства графика – символы, заключённые в квадратные скобки (см.таблица 2.2).

Таблица 2.2 Значение символов в свойствах графика.

Свойство	Символы	Значение
Коррекция ошибок	RO	Нормализация отражения мерой ХХ
	RS	Нормализация отражения мерой КЗ
	F1	Полная однопортовая калибровка
Анализ данных	Z0	Преобразование импеданса порта
	Искл	Исключение цепи
	Встр	Встраивание цепи
Электрическая длина	Здр	Указана не нулевая электрическая длина
Смещение фазы	СмФ	Не нулевая величина смещения фазы
Сглаживание	Сгл	Сглаживание графика
Преобразование параметров устройства	Zr	Преобразование во входной импеданс
	Yr	Преобразование во входную проводимость
	1/S	Инверсия параметра
	Conj	Операция комплексного сопряжения
Индикация графика	Дан	Графики данных
	Пам	График памяти
	Д&П	Графики данных и памяти
	Откл	Графики данных и памяти отключены

2.2.3 Графическая область

Графическая область служит для размещения графиков и цифровых данных. Её вид представлен на рисунке 2.5.

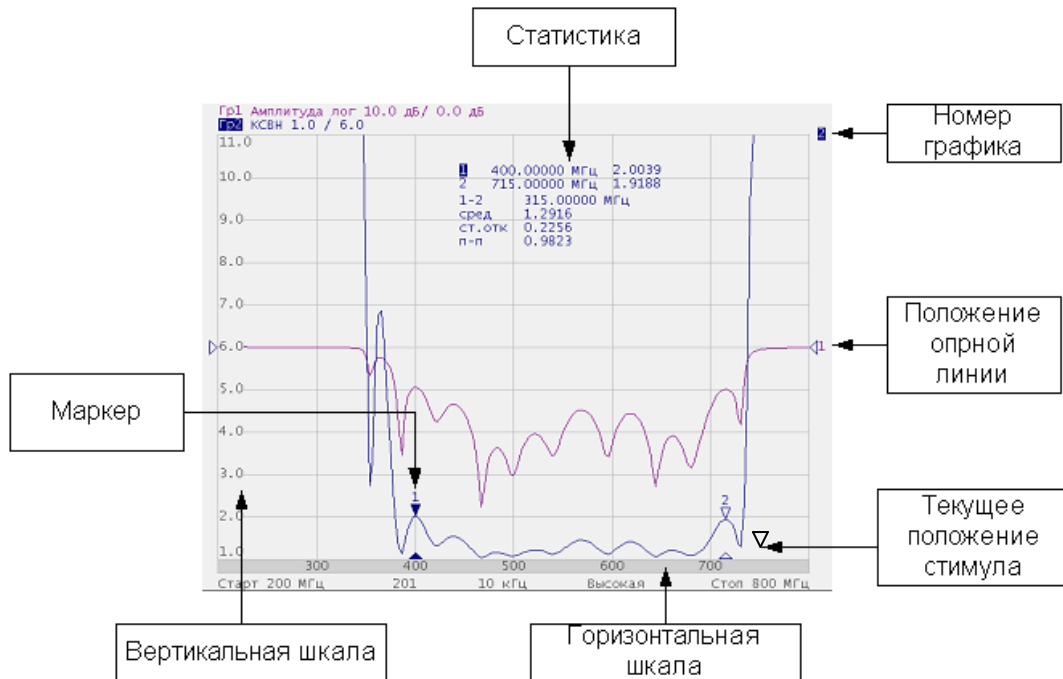


Рисунок 2.5. Графическая область.

Графическая область содержит следующие элементы:

- **Вертикальная шкала.** Индицирует цифровые значения вертикальной шкалы активного графика;
- **Горизонтальная шкала.** Индицирует цифровые значения шкалы стимулов канала (частота, время или расстояние);
- **Положение опорной линии.** Указывает положение опорной линии графика;
- **Маркеры.** Индицируют значения измеряемой величины в различных точках активного графика. Можно выбрать режим индикации маркеров для всех графиков одновременно;
- **Функции маркерных вычислений:** статистика, полоса пропускания, неравномерность, полосовой фильтр;
- **Номер графика.** Позволяет идентифицировать график в окне канала индикации;

- **Текущее положение стимулирующего сигнала** (появляется, если длительность сканирования превышает 1 с).

Примечание

С помощью указанных элементов графической области возможно быстрое редактирование мышью всех параметров графика.

2.2.4 Маркеры

Маркеры служат для индикации значений измерений в определённых точках графика (рисунок 2.6):

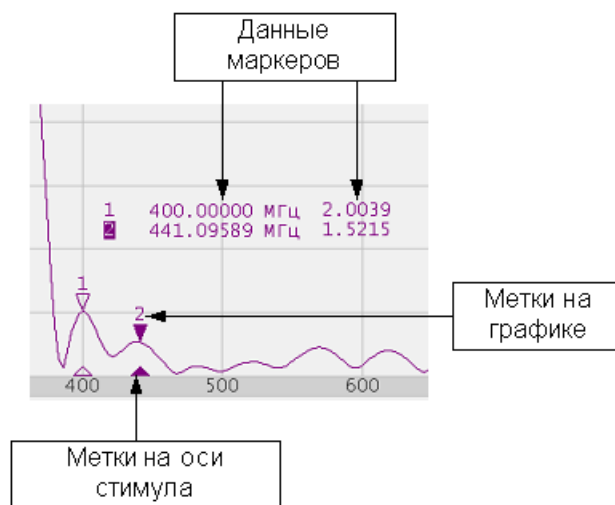


Рисунок 2.6 Маркеры

Маркеры нумеруются цифрами от 1 до 15. Опорный маркер вместо номера обозначается символом R. Активный маркер выделен следующим образом: номер отображается инверсным цветом, метка указателя закрашена сплошным цветом.

2.2.5 Строка состояния канала

Строка состояния канала располагается в нижней части окна канала. Она содержит следующие элементы (рисунок 2.7):

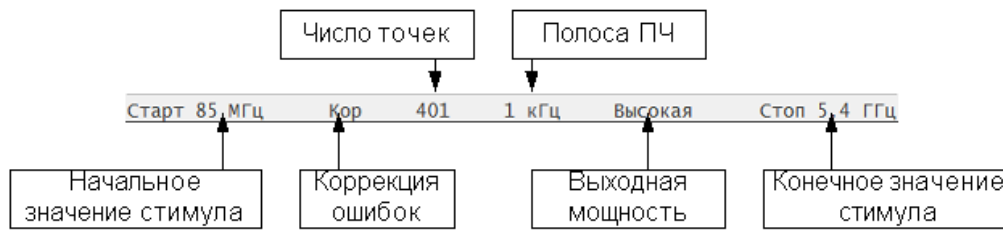


Рисунок 2.7 Строка состояния канала

- Поле **начальное значение стимула** служит для индикации и ввода начального значения частоты. Данное поле можно перевести в режим индикации центрального значения, тогда слово «Старт» изменяется на «Центр».
- Поле **число точек** служит для индикации и ввода числа точек сканирования. Число точек сканирования может принимать значения от 2 до 100001.
- Поле **полоса ПЧ** служит для индикации и переключения полосы ПЧ. Полоса ПЧ может быть установлена от 1 Гц до 30 кГц.
- Поле **выходная мощность** служит для индикации и изменения выходной мощности рефлектометра.
- Поле **конечное значение стимула** служит для индикации и ввода конечного значения частоты. Данное поле можно перевести в режим индикации полосы, тогда слово «Стоп» изменяется на «Полоса».
- Поле **коррекция ошибок** отражает статус коррекции ошибок для измеряемых S-параметров. Значения этого поля представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 Статус коррекции ошибок

Символ	Значение
--	Нет калибровочных данных. Калибровка не проводилась.
Кор	Выполняется коррекция ошибок, установки стимула соответствуют калибровке.
К?	Выполняется коррекция ошибок, установки стимула не соответствуют калибровке. Используется интерполяция.
К!	Выполняется коррекция ошибок, установки стимула не соответствуют калибровке. Используется экстраполяция.
Отк	Коррекция ошибок отключена.

3 Быстрое начало работы

В данном разделе приведён пример сеанса работы с рефлектометром. Показаны основные приёмы работы при измерении коэффициента отражения исследуемого устройства (ИУ). Измеряются две характеристики отражения ИУ: КСВН и фаза коэффициента отражения.

Рефлектометр передаёт стимулирующий сигнал на вход ИУ и принимает отражённую волну. Выход ИУ при этом, как правило, должен быть нагружен на согласованную нагрузку. Полученные результаты измерения могут быть представлены в различных форматах: в данном примере это КСВН и фаза.

Схема измерения коэффициента отражения ИУ показана на рисунке 3.1.

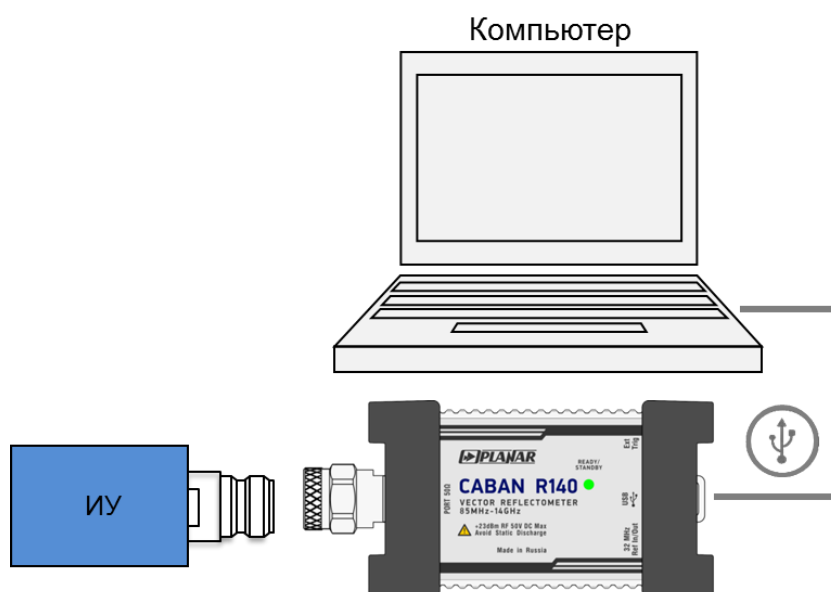


Рисунок 3.1. Схема измерения коэффициента отражения

Для измерения КСВН и фазы коэффициента отражения ИУ, в данном примере производятся следующие действия:

- Подготовка рефлектометра к измерению коэффициента отражения;
- Установка параметров стимулирующего сигнала: диапазон частот, число точек;
- Установка полосы ПЧ;
- Установка числа графиков – 2, назначение графикам измеряемого параметра и формата представления;
- Установка масштаба графиков;

- Калибровка рефлектометра для проведения измерений коэффициента отражения;
- Исследование КСВН и фазы коэффициента отражения с помощью маркеров.

3.1 Подготовка рефлектометра к измерению коэффициента отражения.

Включите и прогрейте рефлектометр в течение 30 мин.

Примечание	Определение работоспособности рефлектометра. В нижней части экрана располагается строка статуса рефлектометра. В строке статуса должна индицироваться надпись «Готов».
-------------------	---

Подключите к измерительному порту рефлектометра исследуемое устройство. Используйте адаптеры, необходимые для подключения входа ИУ к измерительному порту рефлектометра. В случае, если ИУ имеет вход типа N розетка, то возможно непосредственное подключение ИУ к измерительному порту.

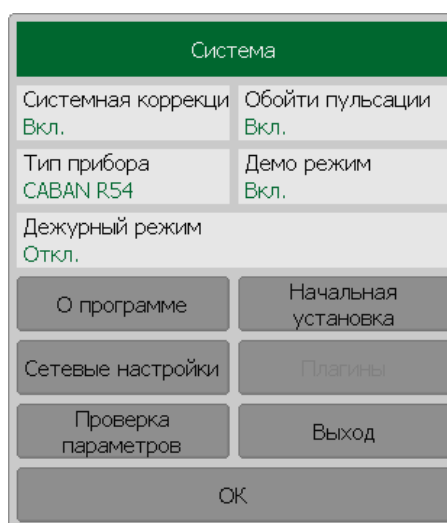
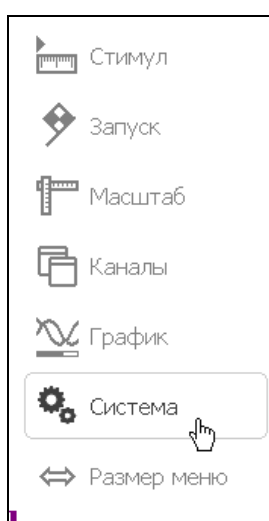
3.2 Начальная установка.

Перед проведением сеанса измерений рекомендуется привести рефлектометр в начальное состояние.

Примечание

В рефлектометре управление программными кнопками осуществляется через сенсорный экран (touchscreen) или с помощью мыши.

Для приведения рефлектометра в начальное состояние нажмите на левой панели программных кнопок кнопку **Система**.



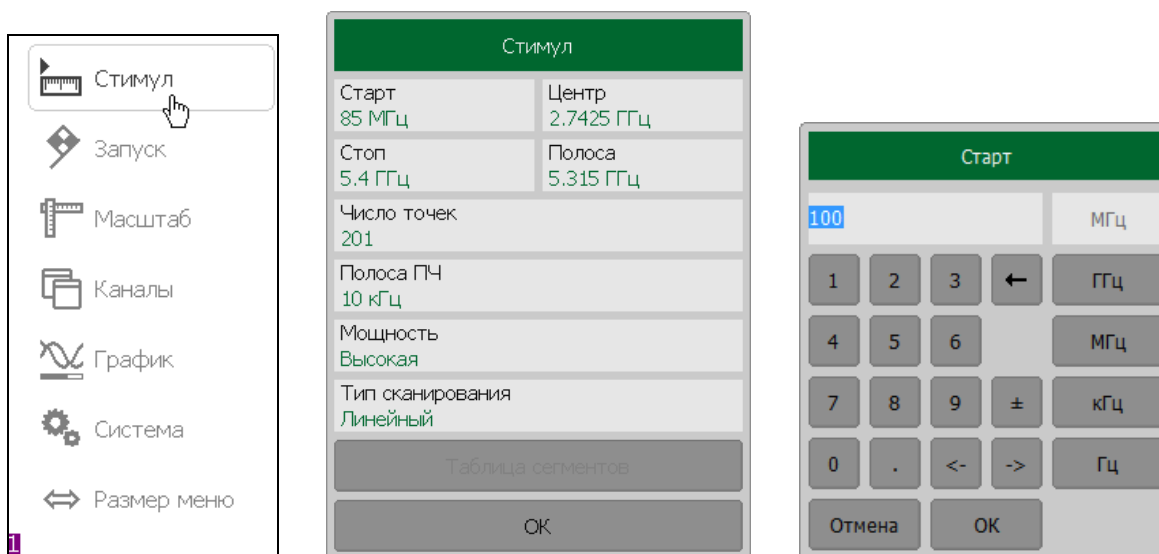
В появившейся диалоговой форме **Система** нажмите кнопку **Начальная установка**. Закройте диалоговую форму **Система** нажатием на кнопку **OK**.

3.3 Установка параметров стимулирующего сигнала.

После установки в начальное состояние параметры стимулирующего сигнала имеют следующее значение: диапазон частот от 85 МГц до 14 ГГц, закон сканирования по частоте – линейный, число точек – 201, уровень выходной мощности – высокий, полоса ПЧ – 10 кГц.

В данном примере устанавливается диапазон частот от 100 МГц до 1 ГГц.

Для установки параметров стимулирующего сигнала нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **Стимул**.



На диалоговой форме **Стимул** щёлкните левой кнопкой мыши по параметру **Старт**. Введите на цифровой клавиатуре «100». Завершите ввод нажатием на кнопку **ОК**.

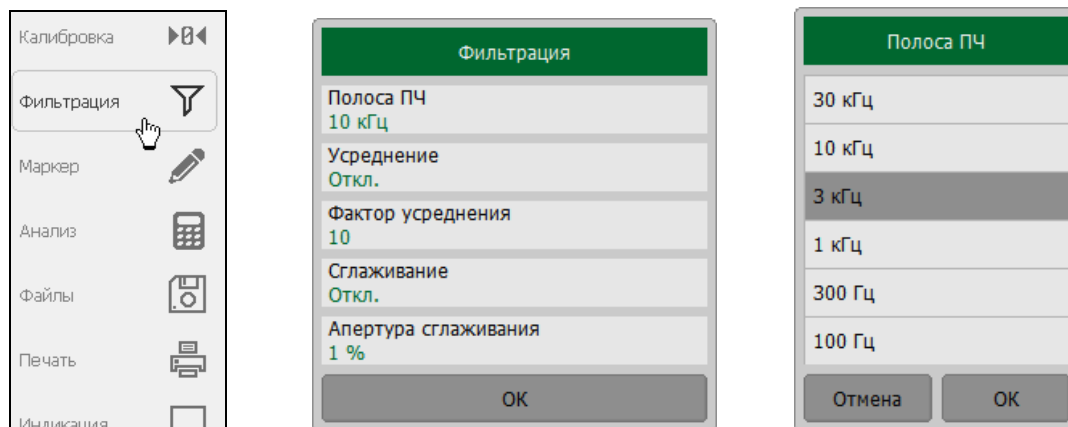
Щёлкните левой кнопкой мыши по параметру **Стоп**. Введите на цифровой клавиатуре «1000». Завершите ввод нажатием на кнопку **ОК**.

Закройте диалоговую форму **Стимул** нажатием на кнопку **ОК**.

3.4 Установка полосы ПЧ.

В данном примере устанавливается полоса ПЧ 3 кГц.

Для установки полосы ПЧ 3 кГц нажмите на левой панели программных кнопок кнопку **Фильтрация**.



В появившемся диалоговом окне **Фильтрация** щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Полоса ПЧ**.

В диалоговой форме **Полоса ПЧ** выберите нажатием левой кнопки мыши строку «**3 kHz**». Завершите выбор нажатием кнопки **ОК**.

Закройте диалоговую форму **Фильтрация** нажатием на кнопку **ОК**.

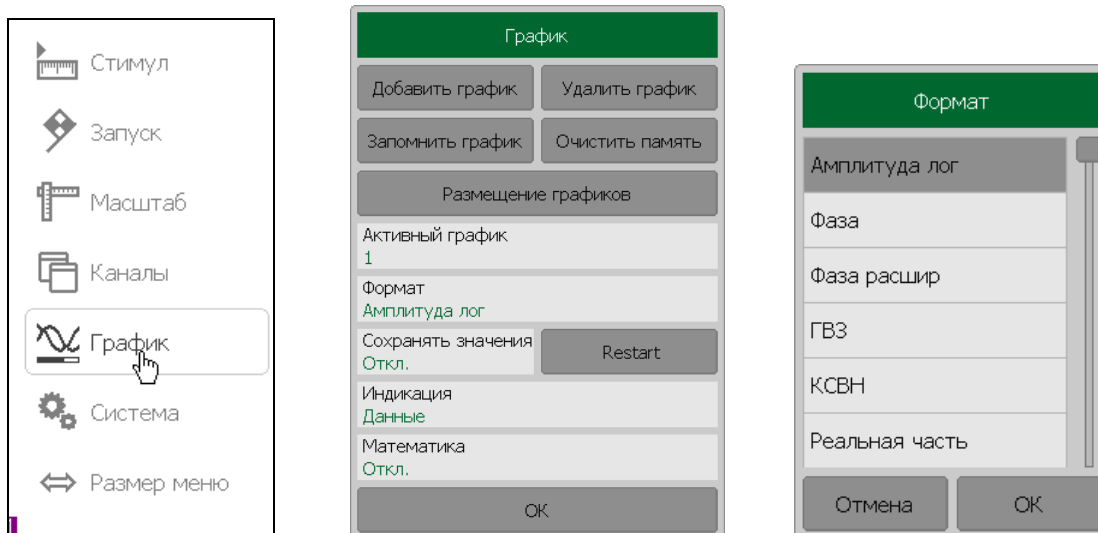
Примечание

Выбрать полосу ПЧ в диалоговой форме **Полоса ПЧ** можно двойным щелчком левой кнопки мыши по соответствующей строке.

3.5 Установка числа графиков и формата представления

В данном примере используются два графика для одновременной индикации на экране двух параметров: КСВН и фазы коэффициента отражения.

Для добавления второго графика нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **График**.



В появившемся диалоговом окне **График** нажмите кнопку **Добавить график**. В канале индикации появится новый график. При добавлении графика он автоматически становится активным, поэтому в поле **Активный график** появится значение 2.

Щелчком левой кнопки мыши по полю **Формат** вызовите диалоговую форму для выбора формата графика.

В диалоговом окне **Формат** из списка выберите строку «**Фаза**» и завершите выбор нажатием на кнопку **OK**.

В диалоговом окне **График** щелчком левой кнопки мыши по полю **Активный график** установите значение 1, затем, щелкните мышкой по полю **Формат**.

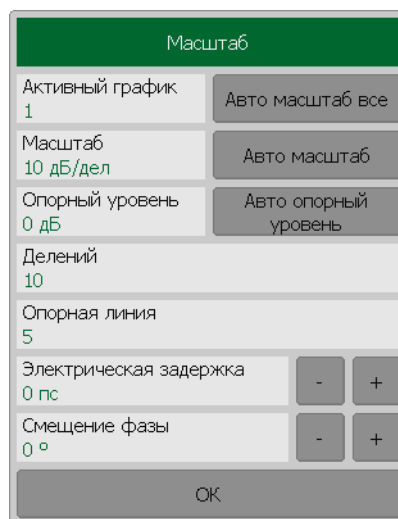
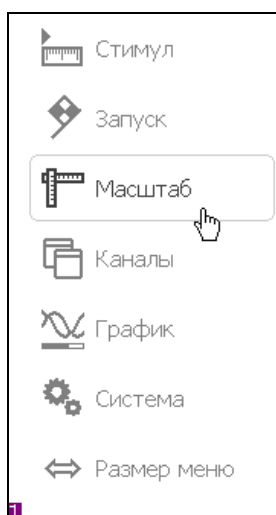
В диалоговом окне **Формат** из списка выберите строку «**КСВН**» и завершите выбор нажатием на кнопку **OK**.

Закройте диалоговое окно **График** нажатием на кнопку **OK**.

3.6 Установка масштаба графиков

Для удобства работы масштаб графиков изменяется с помощью функции автомасштабирования.

Для установки масштаба активного графика в автоматическом режиме нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **Масштаб**.



На диалоговой форме **Масштаб** нажмите программную кнопку **Авто масштаб** (Программа автоматически выберет масштаб для активного графика) или **Авто масштаб все** (Программа автоматически выберет масштаб для всех графиков).

Закройте диалоговое окно нажатием на кнопку **ОК**.

Примечание

Для выбора графика в качестве активного щелкните кнопкой мыши по полю **Активный график**.

3.7 Калибровка рефлектометра для проведения измерений коэффициента отражения

Калибровка измерительной установки, включающей рефлектометр и другие устройства, обеспечивающие подключение исследуемого устройства, позволяет значительно снизить погрешность измерения.

Для осуществления полной однопортовой калибровки необходимо подготовить комплект калибровочных мер: КЗ, ХХ, нагрузка. Комплект калибровочных мер имеет наименование и характеризуется числовыми параметрами мер. Для осуществления корректной процедуры калибровки необходимо правильно выбрать тип комплекта мер в программе.

Во время процедуры полной однопортовой калибровки меры по очереди подключаются к порту рефлектометра, как показано на рисунке 3.2.

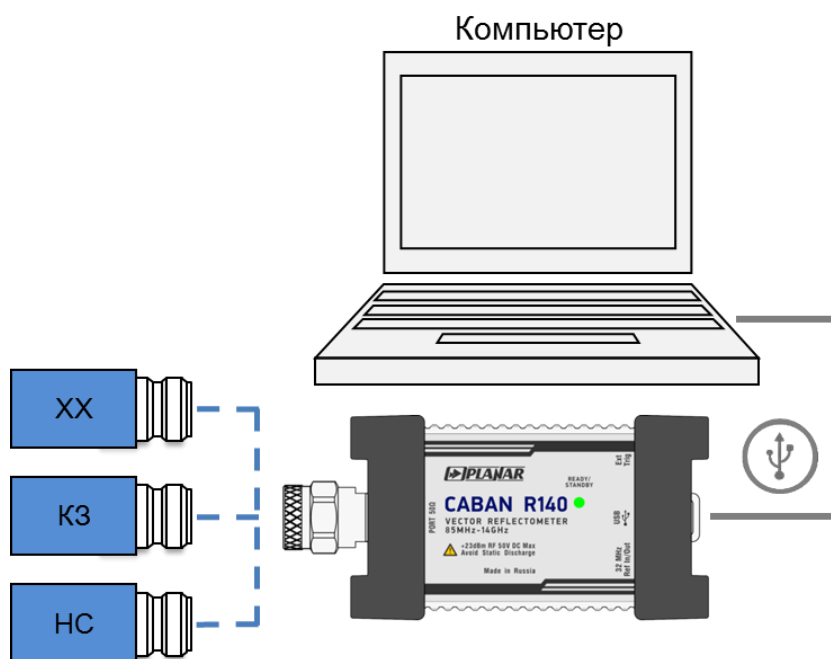
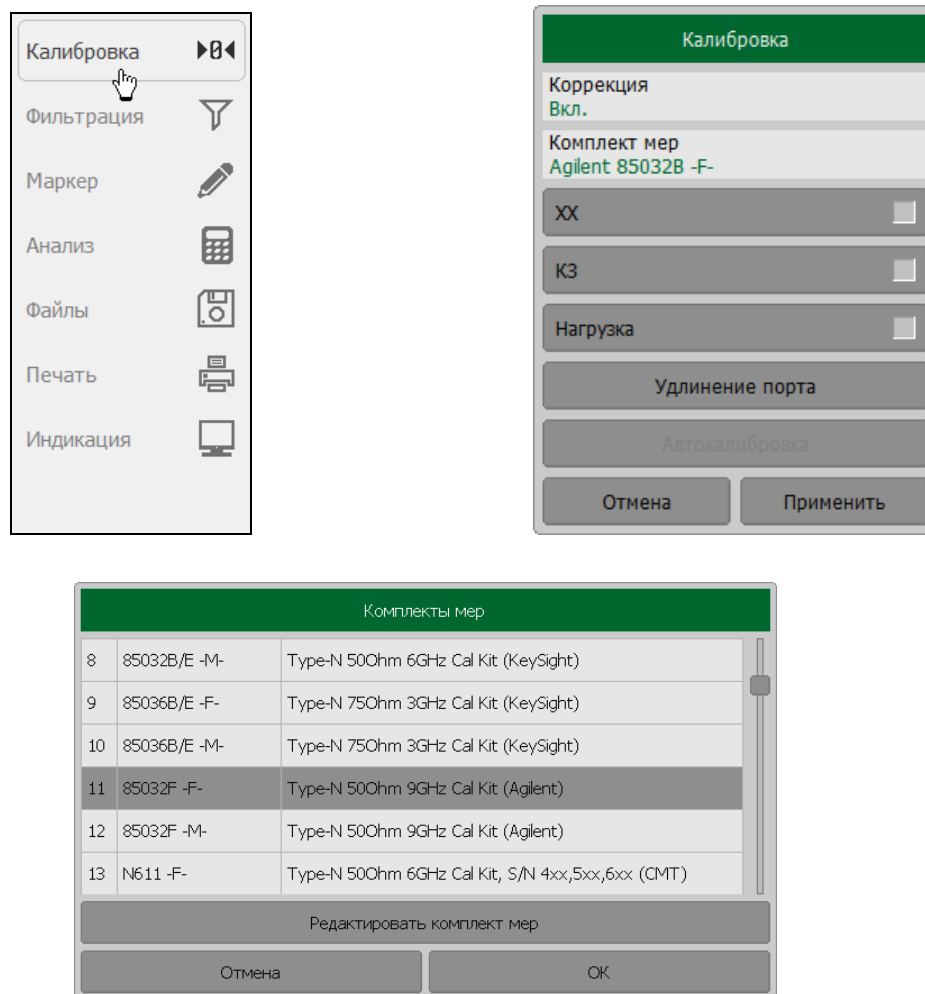


Рисунок 3.2.Схема полной однопортовой калибровки

Перед осуществлением измерений мер необходимо выбрать комплект мер. В данном примере выбирается комплект мер Agilent 85032B-F-.

Для выбора комплекта мер нажмите на левой панели программных кнопок кнопку **Калибровка**.

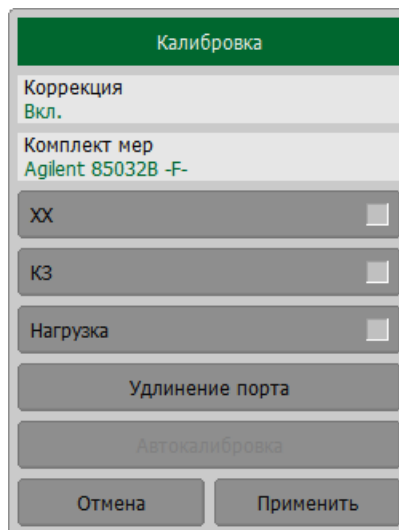
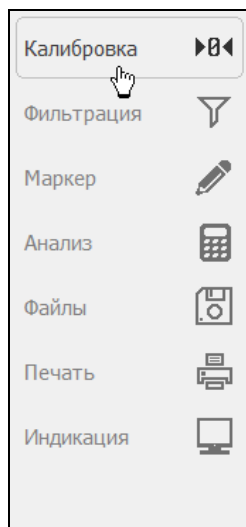


В появившемся диалоговом окне **Калибровка** щёлкните левой кнопкой мыши по параметру **Комплект мер**.

В диалоговом окне **Комплекты мер** выделите калибровочный комплект «**Agilent 85032F F**» в списке и нажмите кнопку **ОК**.

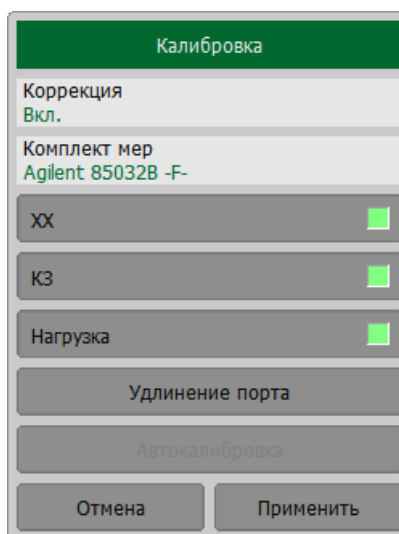
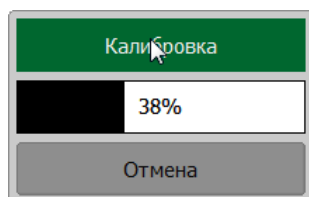
Для осуществления полной однопортовой калибровки необходимо провести измерения трёх мер, после чего рассчитывается таблица калибровочных коэффициентов и сохраняется в памяти рефлектометра. Перед подключением мер, отсоедините исследуемое устройство от порта рефлектометра.

Для осуществления полной однопортовой калибровки нажмите на левой панели программных кнопок кнопку **Калибровка**.



Подготовьте комплект калибровочных мер.

Подключите меру **XX** к рефлектометру и нажмите программную кнопку **XX**. Дождитесь окончания процедуры калибровки.



Подключите меру **КЗ** к рефлектометру и нажмите программную кнопку **КЗ**. Дождитесь окончания процедуры калибровки.

Подключите меру **Нагрузка** к рефлектометру и нажмите программную кнопку **Нагрузка**. Дождитесь окончания процедуры калибровки.

Для завершения полной однопортовой калибровки и расчёта таблицы калибровочных коэффициентов нажмите кнопку **Применить**.

Подключите исследуемое устройство к порту рефлектометра.

3.8 Исследование КСВН и фазы коэффициента отражения с помощью маркеров.

В данном разделе показано как, с помощью маркеров, определить значение измеряемой величины в трёх частотных точках. Вид экрана рефлектометра показан на рисунке 3.3. В качестве исследуемого устройства в данном примере использована мера коэффициента отражения с КСВН = 1.2.

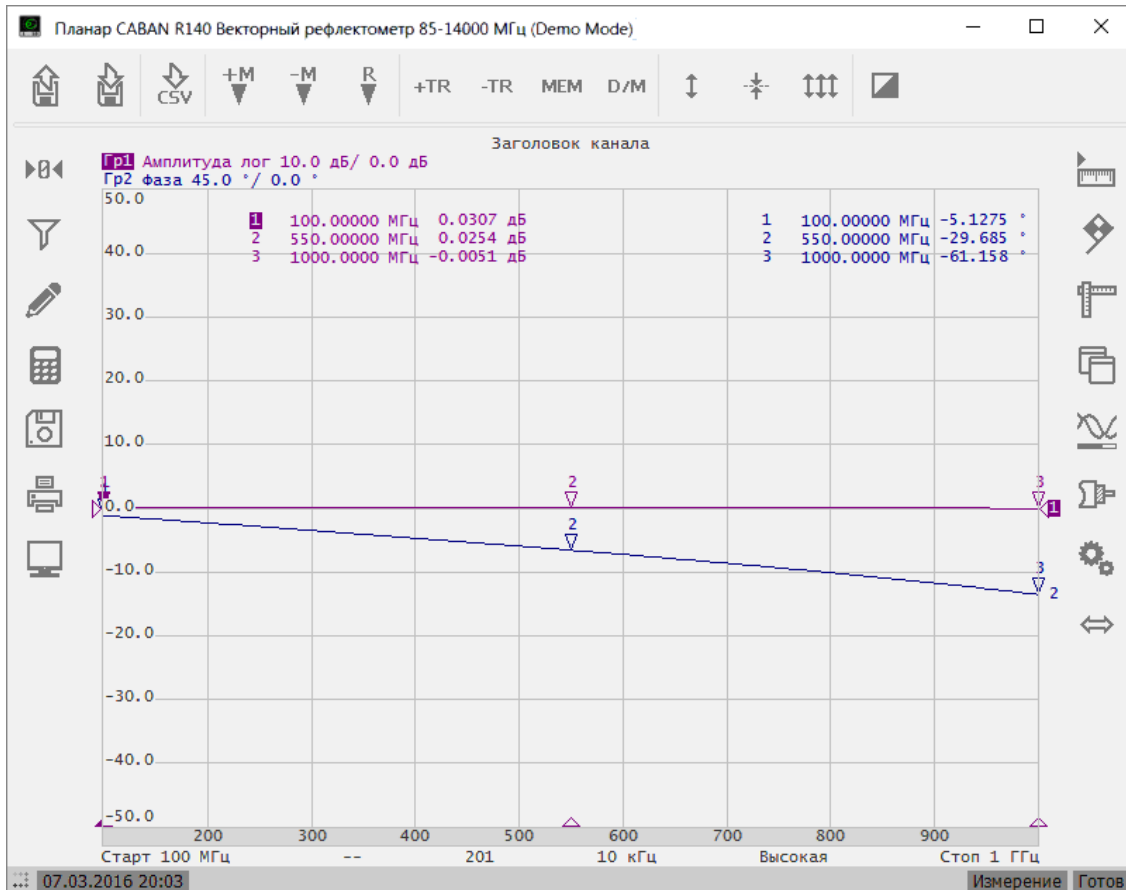
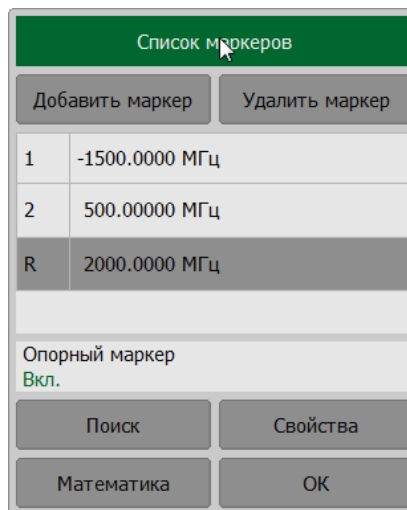
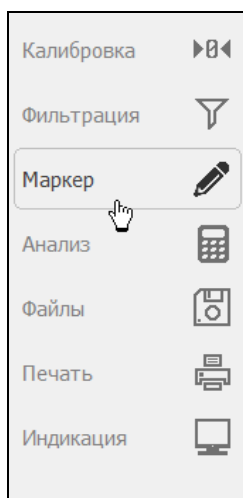


Рисунок. 3.3 Пример измерения КСВН и фазы коэффициента отражения

Для добавления нового маркера нажмите на левой панели программных кнопок кнопку **Маркер**.



В диалоговом окне **Список маркеров** нажмите программную кнопку **Добавить маркер**.

Двойным щелчком мыши по маркеру в списке вызовите цифровую клавиатуру и введите частоту маркера. Завершите добавление маркеров нажатием на кнопку **ОК**.

3.9 Быстрая установка параметров канала с помощью мыши.

В данном разделе описываются приёмы управления рефлектометром с помощью мыши, которые позволяют быстро устанавливать параметры канала. При наведении указателя мыши на область внутри окна канала, которая позволяет изменить какой либо параметр канала, указатель мыши меняет свою форму и появляется область подсказки.

Примечание

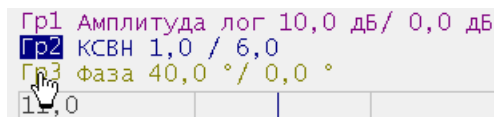
С помощью приёмов, описанных в данном разделе, можно установить наиболее часто используемые параметры канала. Доступ ко всем функциям канала осуществляется через панели программных кнопок.

3.9.1 Выбор активного канала

Выбор активного канала возможен в случае, когда открыто два и более окон каналов индикации. Активный канал выделен окантовкой окна. Для изменения активного канала – щёлкните мышью по окну канала.

3.9.2 Выбор активного графика

Выбор активного графика возможен в том случае, если активное окно канала содержит два и более графиков. Наименование активного графика выделено инверсным цветом.



Для выбора активного графика щёлкните левой кнопкой мыши над строкой состояния графика.

3.9.3 Выбор формата графика

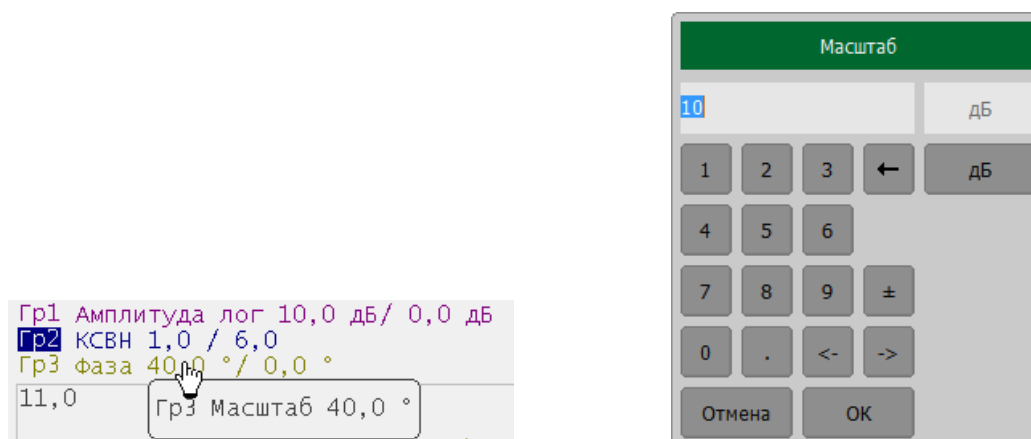
Для выбора формата графика щёлкните левой кнопкой мыши по наименованию формата в строке состояния графика.



Выберите в диалоговой форме **Формат** требуемый формат графика нажатием левой кнопки мыши и нажмите кнопку **ОК**.

3.9.4 Установка масштаба графика

Для установки масштаба щёлкните левой кнопкой мыши по полю масштаба графика.



Введите числовое значение с помощью цифровой клавиатуры. Завершите ввод нажатием на кнопку **ОК**.

3.9.5 Установка положения опорной линии

Для установки положения опорной линии щёлкните левой кнопкой мыши по полю значения положения опорной линии.

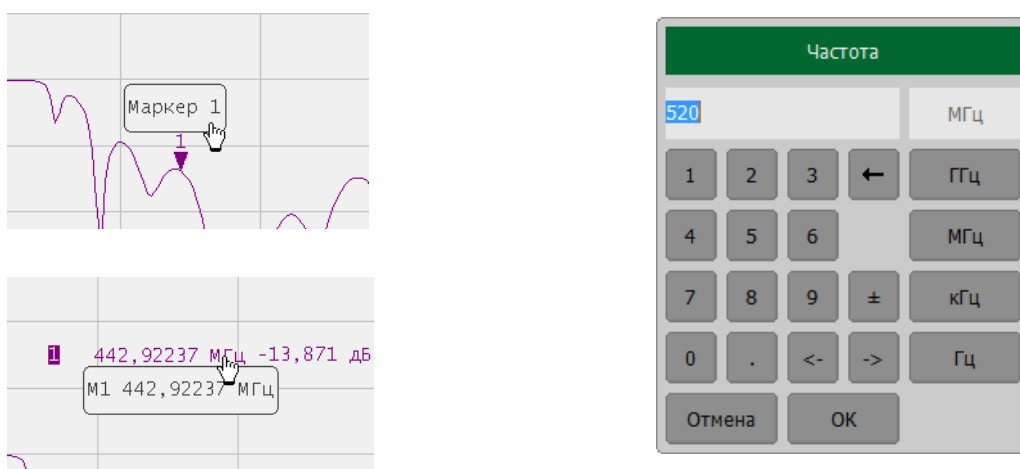


Введите числовое значение с помощью цифровой клавиатуры. Завершите ввод нажатием на кнопку **ОК**.

3.9.6 Установка значения стимула маркера

Значение стимула маркера может быть установлено перемещением указателя маркера с помощью мыши, либо вводом значения с клавиатуры.

Для перемещения маркера нажмите левую кнопку мыши над одним из указателей. Маркер станет активным и рядом с ним появится область подсказки с номером этого маркера. Перемещать маркер можно как за указатель, так и за область подсказки.

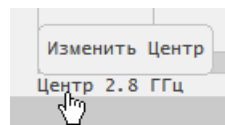
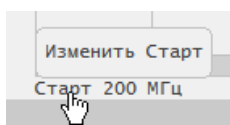


Для ввода числового значения стимула в строке данных маркера, щёлкните мышью по нему.

Введите числовое значение с помощью цифровой клавиатуры. Завершите ввод нажатием на кнопку **ОК**.

3.9.7 Переключение режима «Старт / Центр» и «Стоп / Полоса»

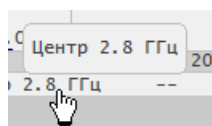
Для переключения режима «**Старт / Центр**» и «**Стоп / Полоса**» щёлкните левой кнопкой мыши по соответствующему полю строки состояния канала.



Наименования **Старт** и **Стоп** поменяются на **Центр** и **Полоса**, соответственно.

3.9.8 Установка значения поля «Старт / Центр»

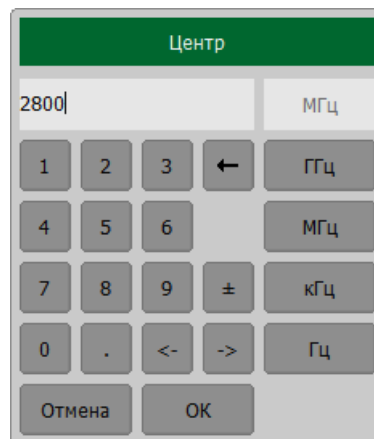
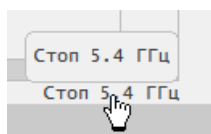
Для ввода числового значения поля **Старт / Центр** щёлкните левой кнопкой мыши по данному полю в строке состояния канала.



Введите числовое значение с помощью цифровой клавиатуры. Завершите ввод нажатием на кнопку **ОК**.

3.9.9 Установка значения поля «Стоп / Полоса»

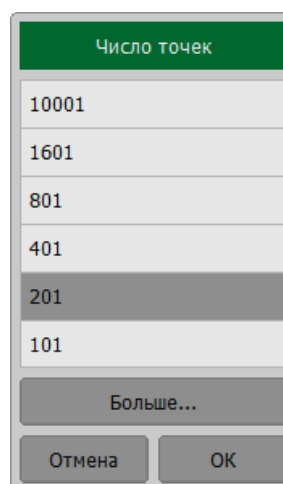
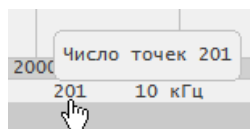
Для ввода числового значения поля **Стоп / Полоса** щёлкните левой кнопкой мыши по данному полю в строке состояния канала.



Введите числовое значение с помощью цифровой клавиатуры. Завершите ввод нажатием на кнопку **OK**.

3.9.10 Установка числа точек сканирования

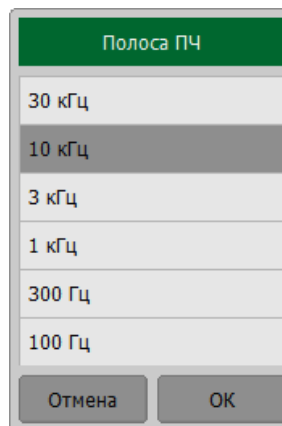
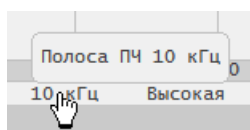
Для ввода числа точек сканирования щёлкните левой кнопкой мыши по полю с обозначением числа точек в строке состояния канала.



Выберите в списке диалоговой формы **Число точек** строку с нужным количеством точек сканирования. Завершите выбор нажатием на кнопку **OK**.

3.9.11 Установка полосы ПЧ

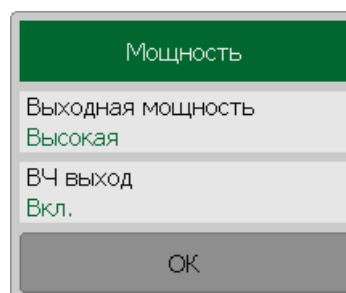
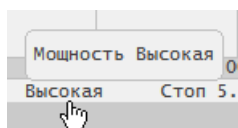
Для установки полосы ПЧ щёлкните левой кнопкой мыши по полю с обозначением полосы ПЧ в строке состояния канала.



В диалоговой форме **Полоса ПЧ** выберите двойным щелчком мыши требуемое значение полосы ПЧ.

3.9.12 Установка выходной мощности

Для установки уровня выходной мощности щёлкните левой кнопкой мыши по соответствующему полю строки состояния канала.



В диалоговой форме **Мощность** щелкните левой кнопкой мыши по полю **Выходная мощность**, чтобы переключить высокий уровень выходной мощности на низкий уровень и наоборот.

4 Установка параметров анализатора

4.1 Установка каналов и графиков

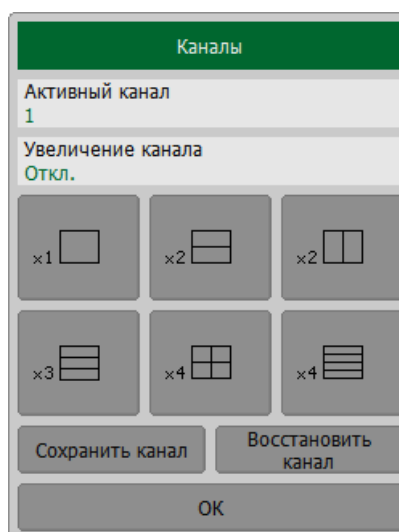
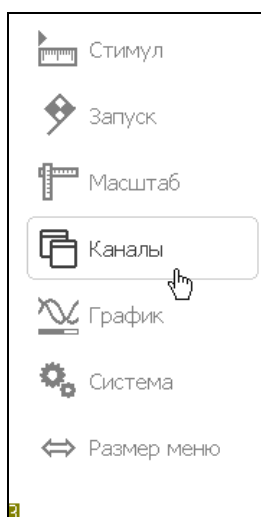
Рефлектометр содержит 4 канала, предназначенных для выполнения измерений при различных установках параметров стимулирующего сигнала. Параметры и объекты управления, относящиеся к каналу приведены в таблице 4.1.

4.1.1 Установка числа каналов индикации

Канал на экране представлен отдельным окном. На экране может быть открыто от 1 до 4 окон каналов. По умолчанию открыто одно окно канала.

В рабочей области программы каналы индикации располагаются согласно их номерам слева направо и сверху вниз.

Чтобы установить число каналов индикации нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **Каналы**.



В диалоговой форме **Каналы** нажмите кнопку, соответствующую необходимому числу каналов.

Для каждого канала необходимо установить параметры стимулирующего сигнала.

Примечание

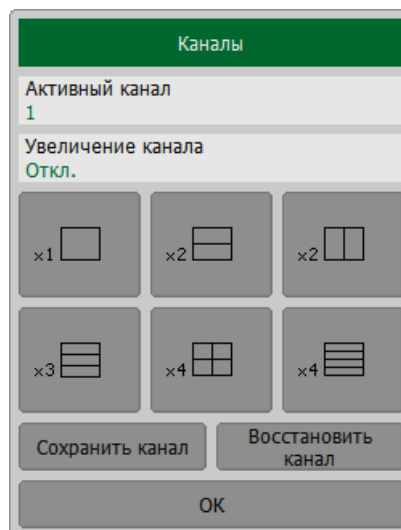
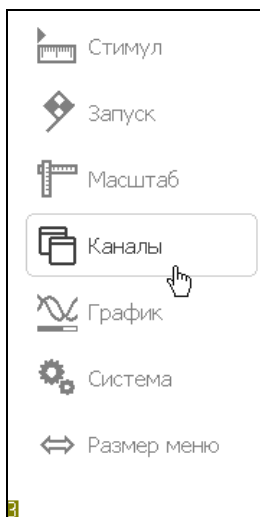
Перед установкой параметров канала необходимо выбрать канал в качестве активного.

Выполнение измерений для каждого открытого окна канала производится по очереди.

4.1.2 Выбор активного канала

Перед работой с параметрами канала его необходимо сделать активным.

Для выбора активного канала нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **Каналы**.



Поле ввода Активный канал задаёт активный канал индикации. Нажатие на это поле ведёт к последовательному перебору номеров активных каналов.

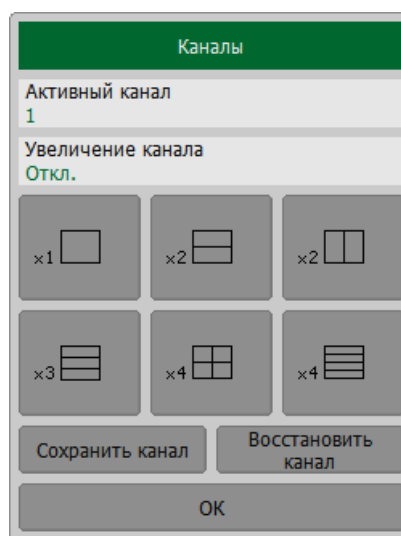
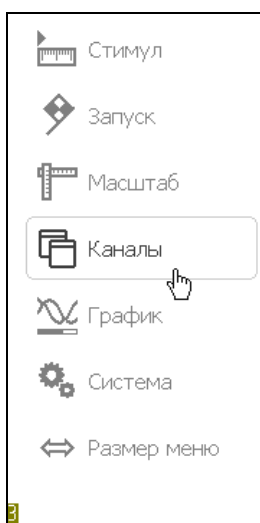
Примечание

Активный канал можно выбрать щелчком левой кнопки мыши по окну канала индикации в графической области программы.

4.1.3 Увеличение окна канала

Когда на экране отображается несколько окон каналов, пользователь имеет возможность временно увеличить окно активного канала на весь экран. Остальные окна каналов при этом скрыты и их измерения останавливаются.

Для включения / отключения увеличения окна активного канала – нажмите программные кнопки **Каналы > Увеличение канала**.



Примечание

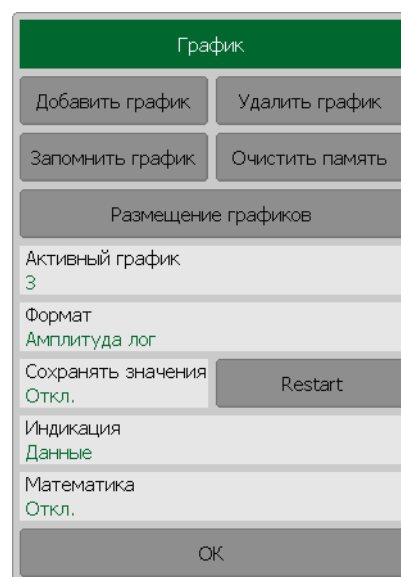
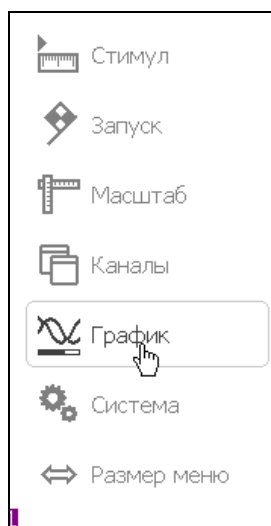
Функция увеличения окна канала возможна двойным щелчком мыши по нему. При использовании персонального компьютера с сенсорным экраном – двойным щелчком по экрану.

4.1.4 Установка количества графиков

В каждом окне канала может быть размещено до 4 различных графиков. Каждому графику назначается формат представления и другие параметры. Параметры и объекты управления, относящиеся к графику, приведены в таблице 4.2.

Графики в окне канала могут размещаться в одной области с наложением. По умолчанию окно канала содержит один график.

Чтобы добавить график в канале индикации нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **График**. В диалоговой форме **График** нажмите программную кнопку **Добавить график**.



Для удаления графика в канале индикации нажмите в диалоговой форме **График** нажмите кнопку **Удалить график**.

Графикам присваивается наименование, которое не может быть изменено. В наименовании графика содержится его номер. Графики именуются следующим образом: **Гр1, Гр2 ... Гр4**.

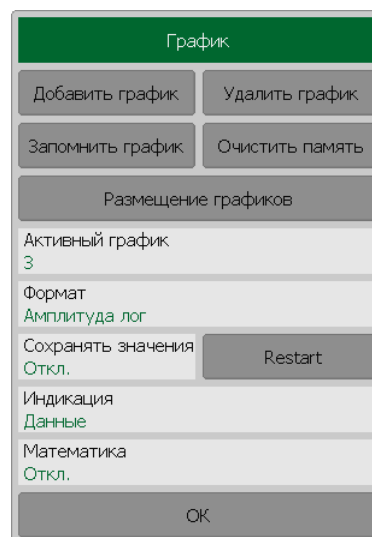
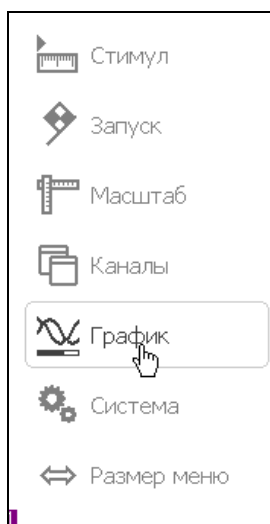
Каждому графику присваиваются начальные параметры: формат, масштаб, цвет, которые могут быть изменены пользователем.

- Форматом по умолчанию для всех графиков является Амплитуда лог (амплитуда в логарифмическом масштабе, дБ).
- Масштаб по умолчанию является – 10 дБ в делении, значение опорной линии 0 дБ, положение опорной линии в центре графика.
- Цвет графика определяется его номером.

4.1.5 Выбор активного графика

Ввод параметров графика осуществляется для **активного** графика. Активный график принадлежит активному каналу, его наименование выделено инверсным цветом. Перед установкой параметров графика необходимо назначить активный график.

Для выбора активного графика нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **График**.



Щелчком левой кнопки мыши выберите из списка график, который необходимо назначить активным.

Примечание

График можно назначить активным, щелчком левой кнопки мыши по строке состояния графика в графической области программы.

Таблица 4.1 Параметры и объекты управления канала

N	Наименование параметра или объекта
1	Диапазон сканирования
2	Число точек
3	Полоса ПЧ

Таблица 4.2 Параметры и объекты управления графика

N	Наименование параметра или объекта
1	Формат представления
2	Масштаб, значение и положение опорной линии
3	Электрическая длина, смещение фазы
4	Память графика
5	Маркеры
6	Преобразование параметров

4.2 Установка измеряемых параметров

4.2.1 S – параметры

При анализе высокочастотных цепей используются понятия падающего, отражённого и переданного (выходного) сигнала бегущей волны, распространяющейся по линиям передач (рисунок 4.1).

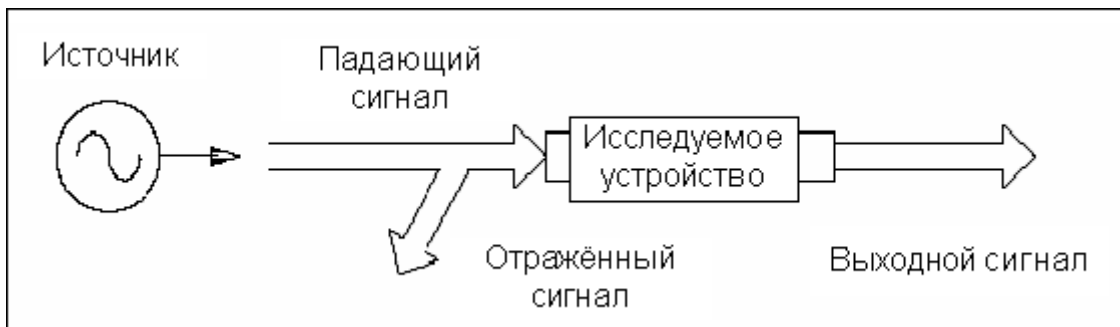


Рисунок 4.1

Измерения амплитуды и фазы падающего, отражённого и выходного сигналов позволяют получить S – параметры исследуемого устройства (параметры рассеяния). S – параметры определяются как отношение комплексных амплитуд двух волн:

$$S_{mn} = \frac{\text{Выходящая волна на выводе } m}{\text{Входящая волна на выводе } n}$$

Рефлектометр имеет один измерительный порт, который является источником сигнала и приёмником для отражённого сигнала, поэтому позволяет измерять только S_{11} .

4.2.2 Выбор формата графика

Рефлектометр позволяет отображать на экране измеряемые S – параметры, используя три вида форматов:

- формат прямоугольных координат;
- формат полярной диаграммы;
- формат диаграммы Вольперта – Смита.

4.2.3 Формат прямоугольных координат

В формате прямоугольных координат по оси X откладываются значения стимула, а по оси Y – значения измеряемой величины (рисунок 4.2).

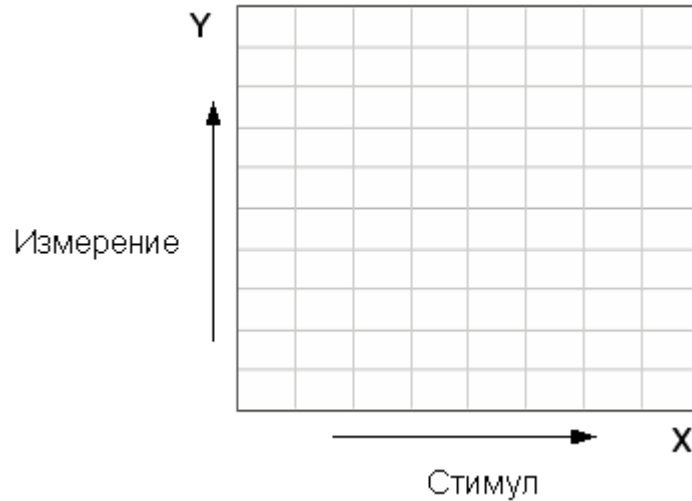


Рисунок 4.2 Прямоугольные координаты

Для отображения комплексного значения измеряемого S -параметра по оси Y, оно должно быть преобразовано в действительное число. Форматы прямоугольных координат служат для преобразования комплексного значения S -параметра $S = x + j \cdot y$ в действительное число, где:

- x – реальная часть комплексного числа,
- y – мнимая часть комплексного числа.

Формат прямоугольных координат позволяет выбрать один из девяти видов представления измеряемой величины на оси Y (таблица 4.3).

Таблица 4.3 Виды форматов прямоугольных координат

Наименование формата	Краткое наименование формата	Тип данных по оси Y	Единица измерения оси Y
Амплитуда в логарифмическом масштабе	Амплитуда лог	Модуль S-параметра в логарифмическом масштабе: $A = 20 \cdot \log S $, $ S = \sqrt{x^2 + y^2}$	Децибел (дБ)
Потери в кабеле	Потери в кабеле	$A = \frac{1}{2} \cdot (\text{Return Loss})$ $A = 10 \cdot \log S $	Децибел (дБ)
Коэффициент стоячей волны по напряжению	КСВН	$K_{cm} = \frac{1 + S }{1 - S }$	Безразмерная
Фаза	Фаза	Фаза S-параметра в градусах от -180° до $+180^\circ$: $\varphi = \frac{180}{\pi} \cdot \text{arctg} \frac{y}{x}$	Градус ($^\circ$)
Фаза расширенная	Фаза расшир	Фаза S-параметра в градусах, диапазон изменения расширен ниже -180° и выше $+180^\circ$	Градус ($^\circ$)
Групповое время запаздывания	ГВЗ	Время распространения сигнала в исследуемом устройстве: $t = -\frac{d\varphi}{d\omega}$, $\varphi = \text{arctg} \frac{y}{x}$, $\omega = 2\pi \cdot f$	Секунда (с)
Амплитуда в линейном масштабе	Амплитуда лин	модуль S-параметра в линейном масштабе: $ S = \sqrt{x^2 + y^2}$	Безразмерная

Наименование формата	Краткое наименование формата	Тип данных по оси Y	Единица измерения оси Y
Реальная часть	Реал	Реальная часть S-параметра: $x = \text{re}(S)$	Безразмерная
Мнимая часть	Мним	Мнимая часть S-параметра: $y = \text{im}(S)$	Безразмерная

4.2.4 Формат полярной диаграммы

В формате полярной диаграммы результаты измерения отображаются на круговой диаграмме (рисунок 4.3). Измеряемые точки располагаются на расстоянии от центра окружности, равного модулю (амплитуде в линейном масштабе), и в соответствии с фазой, отсчитываемой как угол от положительного направления оси X против часовой стрелки.

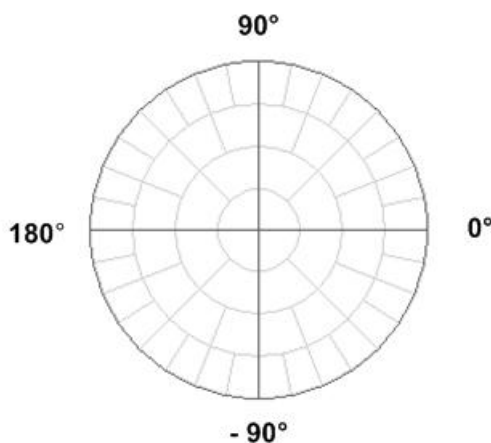


Рисунок 4.3 Полярные координаты

В формате полярной диаграммы отсутствует ось частот, отсчет частоты производится с помощью маркеров. Форматы полярной диаграммы включают три вида форматов, которые отличаются только данными, представляемыми на маркерах. Графики на всех видах полярной диаграммы совпадают.

Таблица 4.4 Виды форматов полярной диаграммы.

Наименование формата	Краткое наименование формата	Тип данных на маркерах	Единица измерения оси Y
Амплитуда в линейном масштабе и фаза	Поляр (Лин)	Модуль S-параметра в линейном масштабе	Безразмерная
		Фаза S-параметра в градусах	Градус (°)
Амплитуда в логарифмическом масштабе и фаза	Поляр (Лог)	Модуль S-параметра в логарифмическом масштабе	Децибел (дБ)
		Фаза S-параметра в градусах	Градус (°)
Реальная и мнимая часть	Поляр (Re/Im)	Реальная часть S-параметра	Безразмерная
		Мнимая часть S-параметра	Безразмерная

4.2.5 Формат диаграммы Вольперта–Смита

Формат диаграммы Вольперта – Смита используется для отображения значений импедансов при измерении параметров отражения исследуемого устройства.

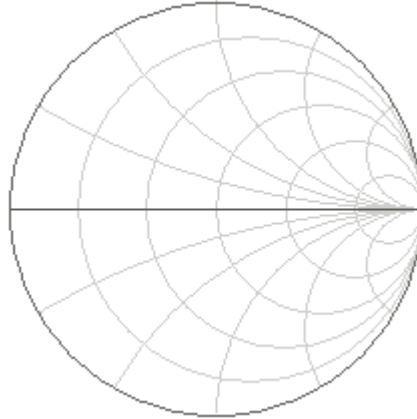


Рисунок 4.4 Диаграмма Вольперта–Смита.

В формате диаграммы Вольперта – Смита отсутствует ось частот, отсчёт частоты производится с помощью маркеров.

Таблица 4.5 Формат диаграммы Вольперта – Смита

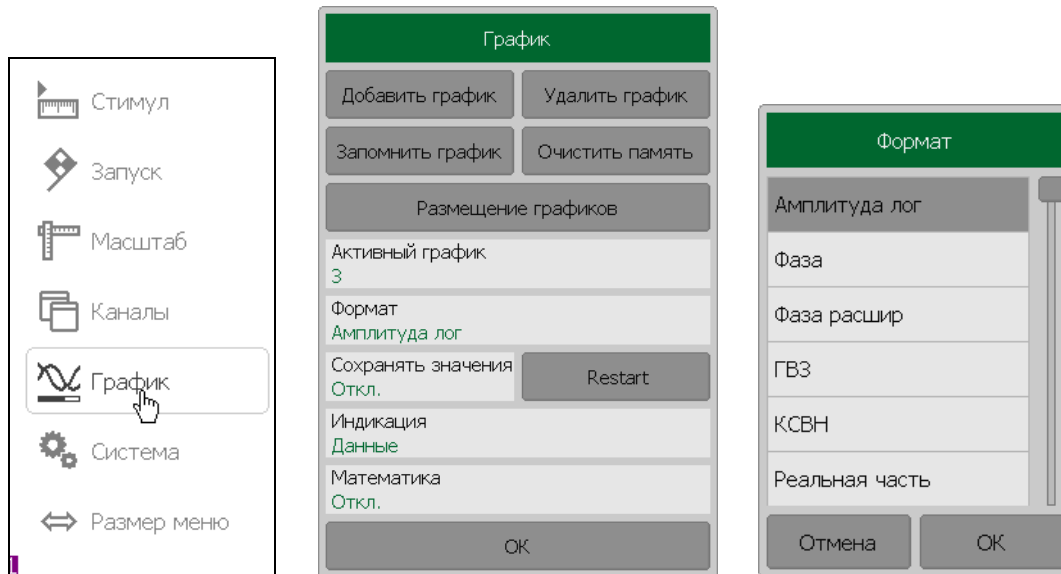
Наименование формата	Краткое наименование формата	Тип данных на маркерах	Единица измерения оси Y
Амплитуда в линейном масштабе и фаза	Вольп (Лин)	Модуль S–параметра в линейном масштабе	Безразмерная
		Фаза S–параметра в градусах	Градус (°)
Амплитуда в логарифмическом масштабе и фаза	Вольп (Лог)	Модуль S–параметра в логарифм. масштабе	Децибел (дБ)
		Фаза S–параметра в градусах	Градус (°)
Реальная и мнимая часть	Вольп (Re/Im)	Реальная часть S–параметра	Безразмерная
		Мнимая часть S–параметра	Безразмерная

Наименование формата	Краткое наименование формата	Тип данных на маркерах	Единица измерения оси Y
Полное входное сопротивление	Вольп (R + jX)	Активная часть полного входного сопротивления: $R = re(Z_{ex}),$ $Z_{ex} = Z_0 \frac{1+S}{1-S}$	Ом(Ω)
		Реактивная часть полного входного сопротивления: $X = im(Z_{ex})$	Ом(Ω)
		Эквивалентная емкость или индуктивность реактивной части сопротивления: $C = -\frac{1}{\omega X}, X < 0$ $L = \frac{X}{\omega}, X > 0$	Фарада(Ф) Генри(Гн)
Полная входная проводимость	Вольп (G + jB)	Активная часть полной входной проводимости: $G = re(Y_{ex}),$ $Y_{ex} = \frac{1}{Z_0} \cdot \frac{1-S}{1+S}$	Сименс(См)
		Реактивная часть полной входной проводимости: $B = im(Y_{ex})$	Сименс(См)
		Эквивалентная емкость или индуктивность реактивной части проводимости: $C = \frac{B}{\omega}, B > 0$ $L = -\frac{1}{\omega B}, B < 0$	Фарада(Ф) Генри(Гн)

Z_0 – волновое сопротивление измерительного тракта. Установка Z_0 описана в разделе 5.2.6.

4.2.6 Порядок установки формата графика

Нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **График**.



Для выбора формата графика щёлкните левой кнопкой мыши по полю параметра **Формат**.

В диалоговой форме **Формат** выберите необходимый формат графика и завершите ввод нажатием на кнопку **ОК**.

4.3 Установка масштаба графиков

4.3.1 Масштаб прямоугольных координат

Масштаб прямоугольных форматов устанавливается с помощью следующих параметров (рисунок 4.5):

- Масштаб графика;
- Величина опорного уровня;
- Положение опорной линии;
- Число делений сетки.

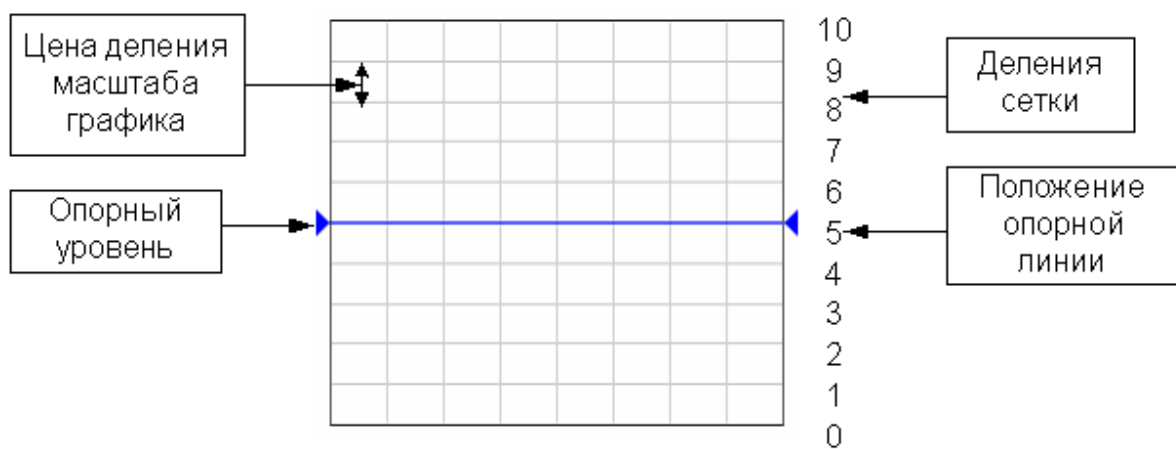
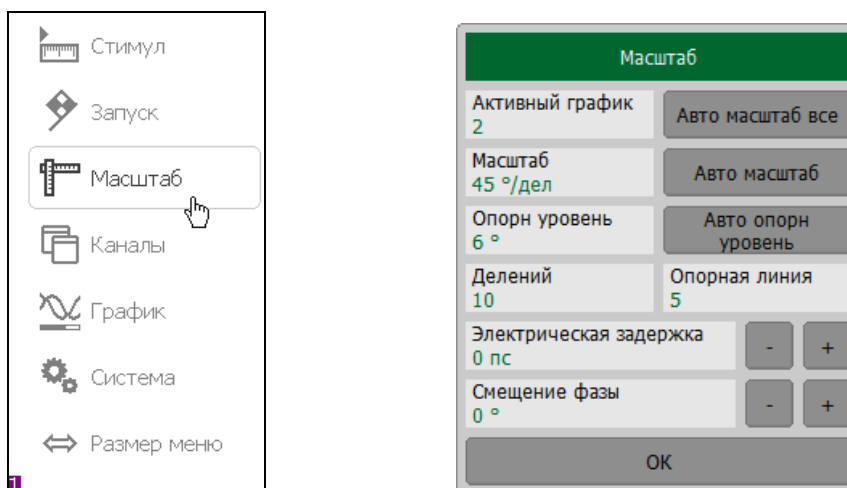


Рисунок 4.5 Масштаб прямоугольных координат

4.3.2 Порядок установки масштаба прямоугольных координат

Масштаб устанавливается для каждого графика канала. Перед установкой масштаба необходимо назначить активный график.

Для вызова диалоговой формы **Масштаб** нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **Масштаб**.



Для установки масштаба графика щёлкните левой кнопкой мыши по полю параметра **Масштаб**. Введите значение с помощью цифровой клавиатуры.

Для установки опорного уровня щёлкните левой кнопкой мыши по полю параметра **Опорный уровень**. Введите значение с помощью цифровой клавиатуры.

Для установки положения опорной линии щёлкните левой кнопкой мыши по полю параметра **Опорная линия**. Введите значение с помощью цифровой клавиатуры.

Для установки числа делений ¹⁾ вертикальной оси графика щёлкните левой кнопкой мыши по полю параметра **Делений**. Введите значение с помощью цифровой клавиатуры.

¹⁾ Число делений влияет на все графики канала.

4.3.3 Масштаб круговых координат

Масштаб диаграммы Вольперта-Смита устанавливается указанием радиуса внешней окружности (рисунок 4.6).

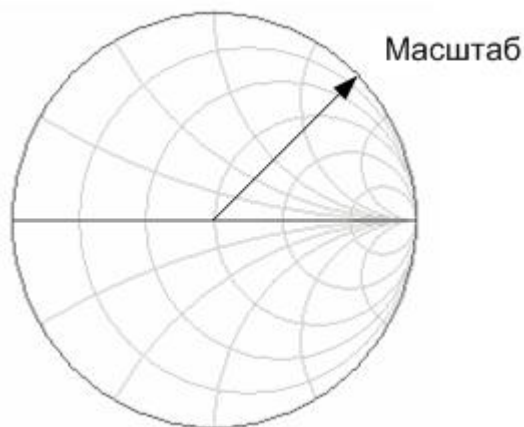
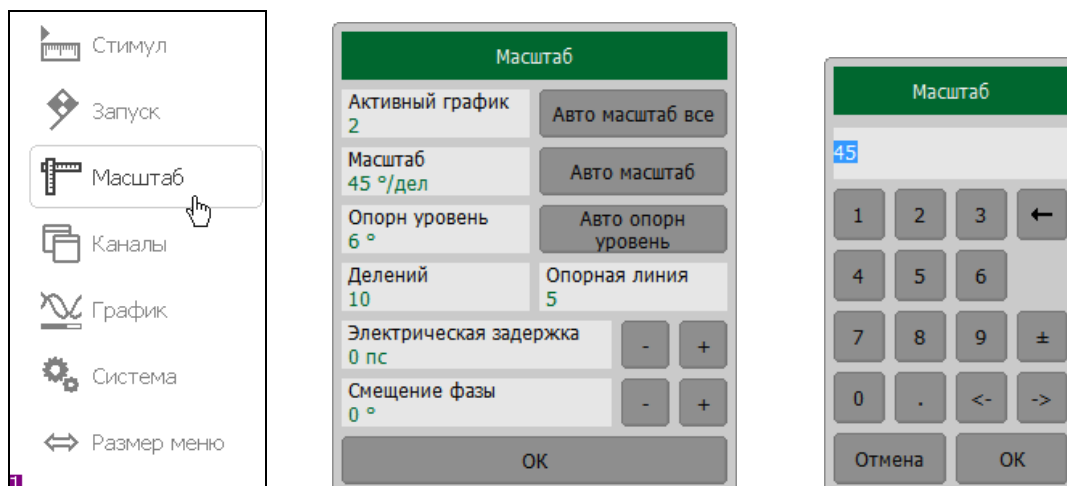


Рисунок 4.6 Масштаб круговых координат

4.3.4 Порядок установки масштаба круговых координат

Для установки масштаба круговых координат нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **Масштаб**.



Щёлкните левой кнопкой мыши по полю параметра **Масштаб**.

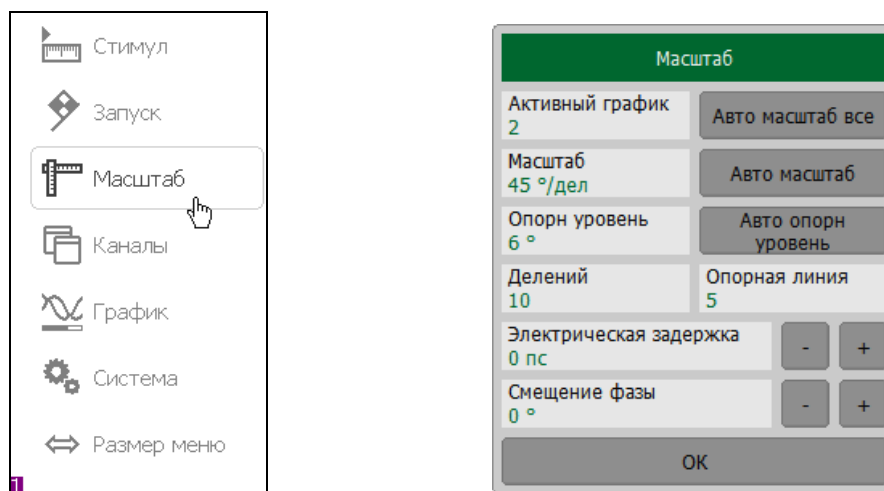
Введите значение с помощью цифровой клавиатуры. Завершите ввод нажатием кнопки **ОК**.

4.3.5 Функция автомасштабирования

Функция автомасштабирования служит для автоматического выбора масштаба графика таким образом, чтобы график измеряемой величины полностью укладывался в поле графика, занимая большую его часть.

В прямоугольных координатах подстраиваются два параметра: масштаб графика и опорный уровень. В круговых координатах автоматически выбирается радиус внешней окружности.

Для автоматического выбора масштаба нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **Масштаб**.



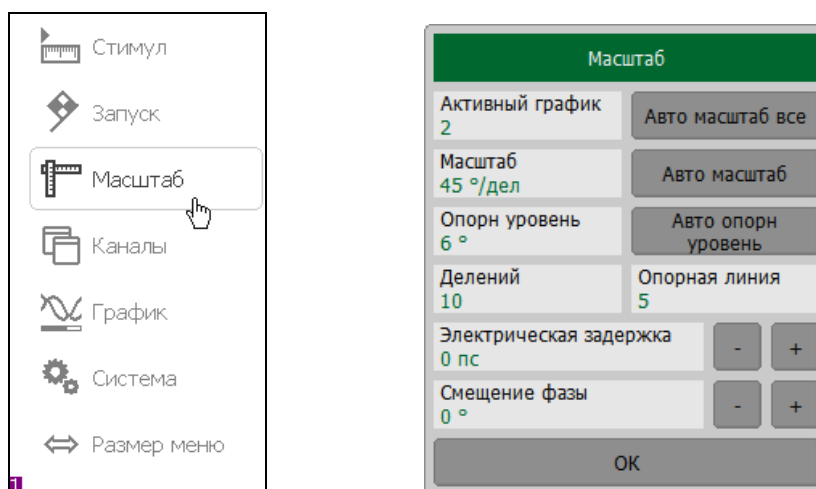
В диалоговой форме **Масштаб** нажмите на кнопку **Автомасштаб**.

4.3.6 Функция автоматического выбора опорного уровня

Функция служит для автоматического выбора опорного уровня в прямоугольных координатах.

После применения данной функции график измеряемой величины изменяет вертикальное положение, чтобы средний уровень проходил по центру графика. Масштаб графика не изменяется.

Для автоматического выбора опорного уровня нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **Масштаб**.



В диалоговой форме **Масштаб** нажмите на кнопку **Авто опорный уровень**.

4.3.7 Установка электрической задержки

Функция электрической задержки служит для задания величины компенсации электрической длины устройства. Задание данной величины служит для компенсации электрической длины устройства при измерениях отклонения фазы от линейного закона. Величина компенсации электрической длины задаётся в секундах.

При задании не нулевой электрической задержки – значение S -параметра преобразуется в соответствии с формулой:

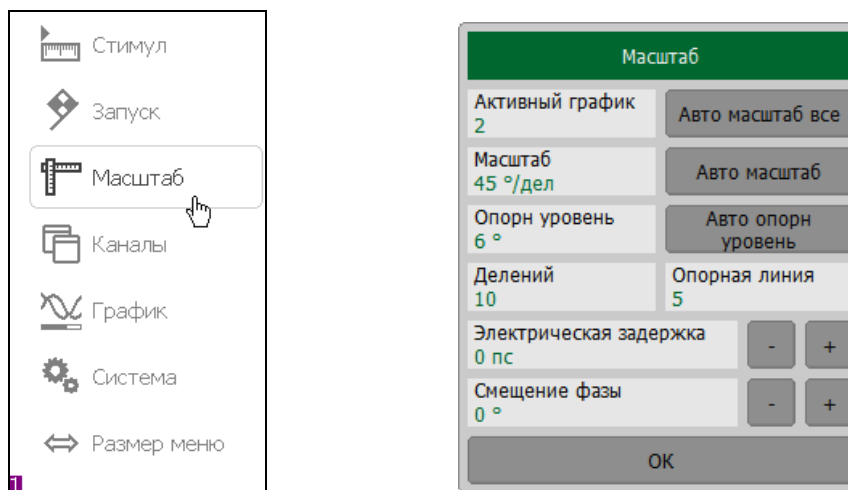
$$S = S \cdot e^{j \cdot 2\pi \cdot f \cdot t}, \text{ где:}$$

f – частота, Гц,

t – электрическая задержка, сек.

Электрическая задержка задаётся для каждого графика отдельно. Перед заданием электрической задержки необходимо назначить активный график.

Для установки электрической задержки нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **Масштаб**.

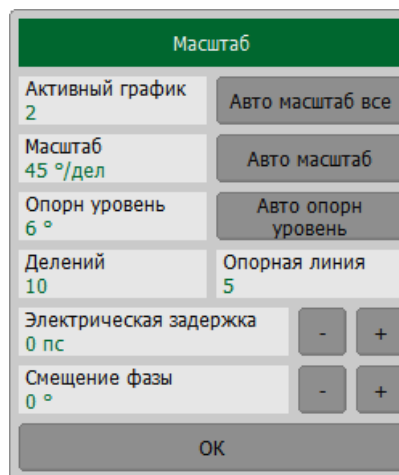
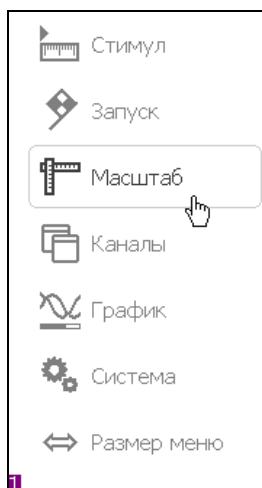


Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Электрическая задержка**. Введите значение с помощью цифровой клавиатуры.

4.3.8 Установка смещения фазы

Функция смещения фазы служит для задания постоянного смещения графика фазы. Величина смещения фазы задаётся в градусах для каждого графика отдельно. Перед заданием смещения фазы необходимо назначить активный график.

Для установки смещения фазы нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **Масштаб**.



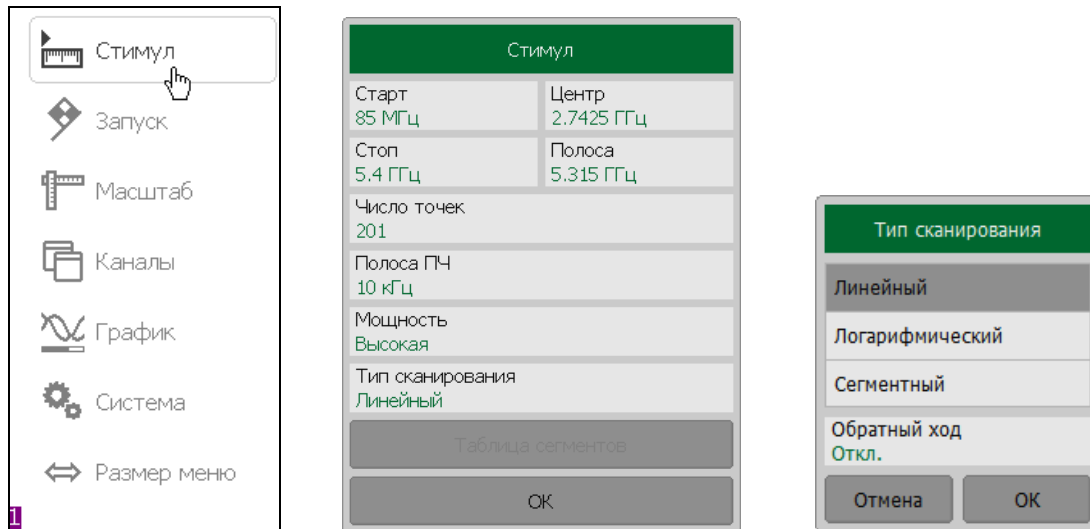
Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Смещение фазы**. Введите значение с помощью цифровой клавиатуры.

4.4 Установка параметров стимулирующего сигнала

Установка параметров стимула производится для каждого канала. Перед установкой параметров стимула канала необходимо выбрать канал в качестве активного.

4.4.1 Выбор типа сканирования

Нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **Стимул**.



В диалоговой форме **Стимул** щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Тип сканирования**.

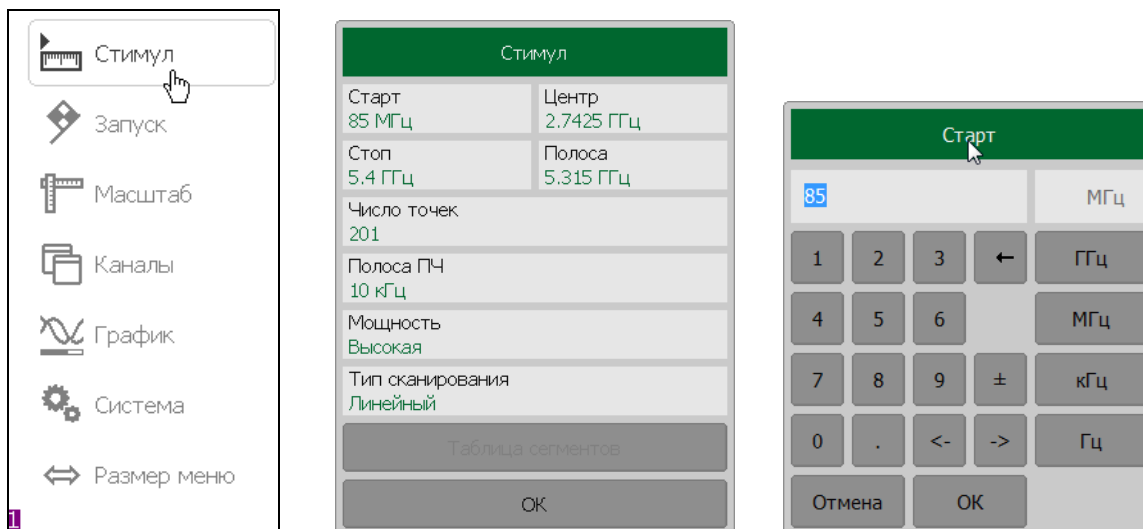
Выберите нужный тип сканирования в диалоговой форме **Тип сканирования** и нажмите на кнопку **ОК**.

Примечание

Выбор сегментного типа сканирования делает доступной кнопку **Таблица сегментов** в диалоговой форме **Стимул**. Работа с таблицей сегментов описана в пункте 4.4.5

4.4.2 Установка диапазона сканирования

Для установки начального или конечного значения диапазона сканирования нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **Стимул**.

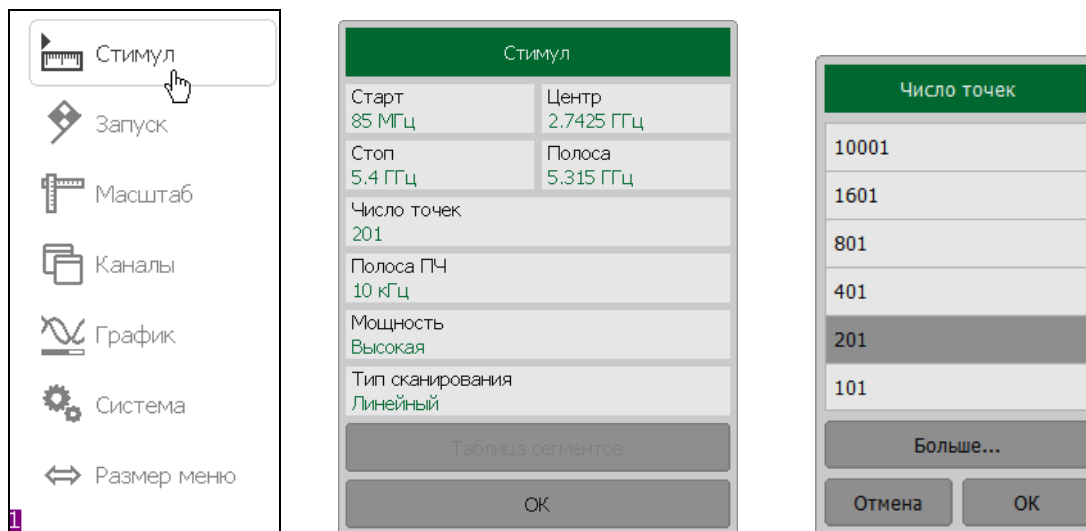


В диалоговой форме Стимул щёлкните левой кнопкой мыши под полю **Старт** или **Стоп**, соответственно.

Введите на цифровой клавиатуре требуемую величину. При необходимости, выберите единицу измерения. Текущая единица измерения отображается справа от поля ввода цифровых значений.

4.4.3 Установка количества точек

Для установки количества точек нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **Стимул**.



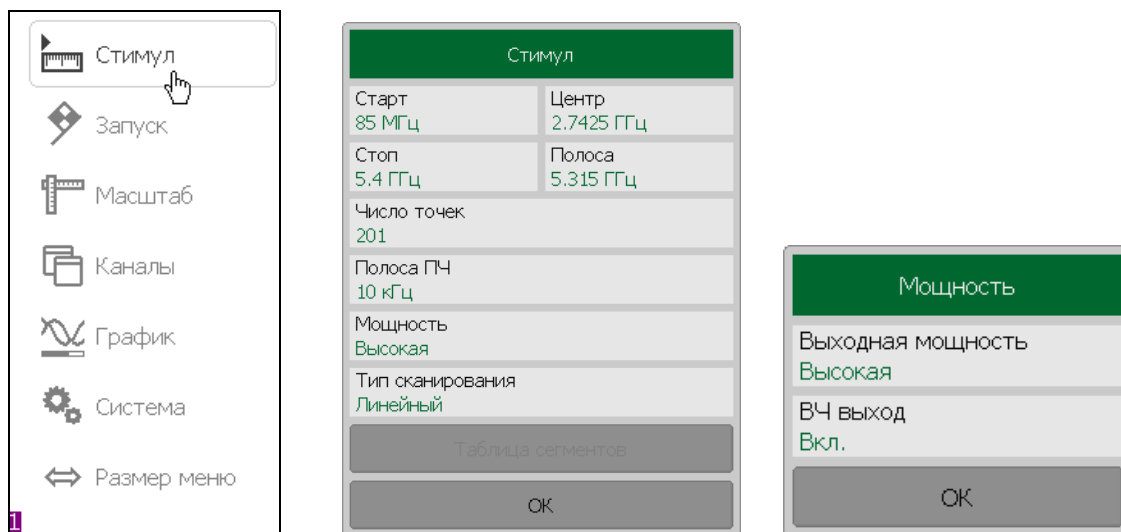
В диалоговой форме **Стимул** щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Число точек**.

В диалоговой форме **Число точек** выберите требуемое количество точек и нажмите кнопку **ОК**.

4.4.4 Установка выходной мощности

Уровень выходной мощности рефлектометра может принимать два фиксированных значения. Высокий уровень соответствует мощности источника сигнала минус 10 дБ/мВт, а низкий уровень соответствует мощности минус 30 дБ/мВт.

Для установки выходной мощности нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **Стимул**. В диалоговом окне **Стимул** щелкните мышкой по полю **Мощность**.



В диалоговой форме **Мощность** щелкните левой кнопкой мыши по полю **Выходная мощность**, чтобы переключить высокий уровень выходной мощности на низкий уровень и наоборот.

В строке состояния канала также отображен установленный уровень выходной мощности.



4.4.5 Редактирование таблицы сегментов

Таблица сегментов определяет закон сканирования, когда включён режим сегментного сканирования.

Виды таблицы сегментов приведены ниже. Таблица сегментов имеет три обязательных колонки – частотный диапазон и число точек сканирования. Таблица сегментов имеет две необязательных колонки, которые могут быть включены или скрыты – полоса ПЧ и задержка.

Таблица сегментов		
Старт	Стоп	Число точек
1	85 МГц	85 МГц
		2

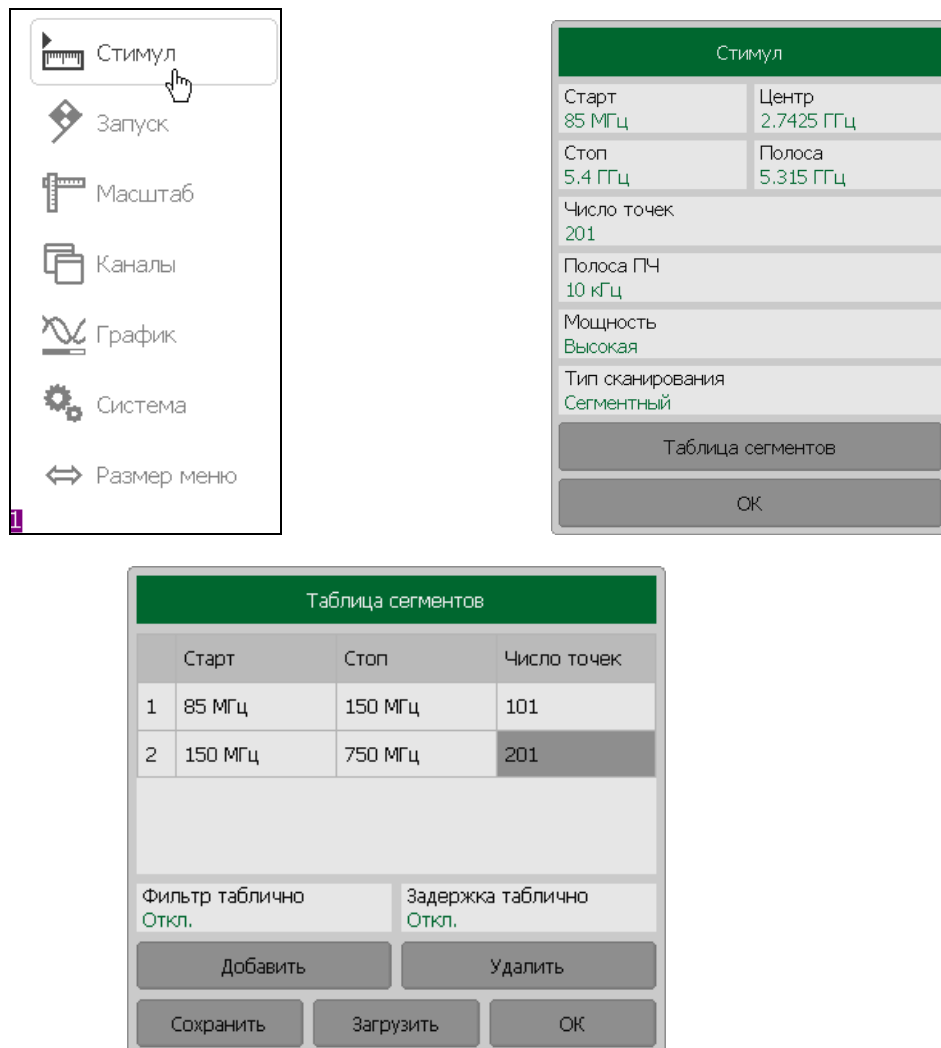
Фильтр таблично Откл. Задержка таблично Откл.

Таблица сегментов				
Старт	Стоп	Число точек	Полоса ПЧ	Задержка
1	85 МГц	85 МГц	2	10 кГц
				0 мс

Фильтр таблично Вкл. Задержка таблично Вкл.

Каждая строка таблицы определяет один сегмент. Таблица может содержать от одной до нескольких строк. Число строк ограничено суммарным числом точек всех сегментов – 10001.

Для редактирования таблицы сегментов нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **Стимул**.



Включите режим сегментного сканирования по частоте (см. пункт 4.4.1).

Нажмите на программную кнопку **Таблица сегментов**.

Чтобы добавить новую строку в таблицу сегментов нажмите в диалоговой форме **Таблица сегментов** программную кнопку **Добавить**.

Чтобы удалить строку в таблице сегментов нажмите программную кнопку **Удалить**.

Чтобы добавить или удалить из таблицы сегментов фильтр ПЧ щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Фильтр таблично**.

Чтобы добавить или удалить из таблицы сегментов задержку измерения щёлкните левой кнопкой мыши над полем **Задержка таблично**.

Для ввода параметров сегмента – наведите указатель на ячейку и введите числовое значение. Перемещение по таблице сегментов также возможно при помощи клавиш: «↑», «↓», «←», «→», либо в помощью мыши – нажать левую кнопку мыши над ячейкой таблицы и потянуть в нужную сторону.

Примечание

Частотные диапазоны отдельных сегментов не могут пересекаться.

Таблицу сегментов можно сохранить на диске в файле с расширением ***.seg** и затем загрузить.

Чтобы сохранить таблицу сегментов в файл нажмите в диалоговой форме **Таблица сегментов** программную кнопку **Сохранить**.

	Старт	Стоп	Число точек
1	85 МГц	150 МГц	101
2	150 МГц	750 МГц	201

Фильтр таблично Откл. Задержка таблично Откл.

Добавить Удалить

Сохранить Загрузить ОК

Чтобы восстановить таблицу сегментов из файла нажмите в диалоговой форме **Таблица сегментов** программную кнопку **Загрузить**.

4.5 Управление запуском сканирования

Режим запуска сканирования определяет запуск сканирования всех каналов. Каналы могут работать в одном из трёх режимов запуска сканирования:

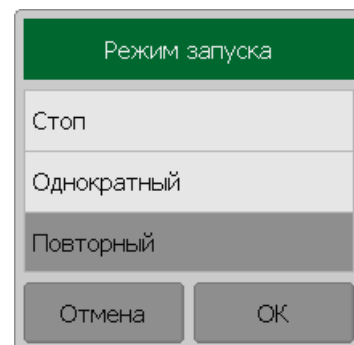
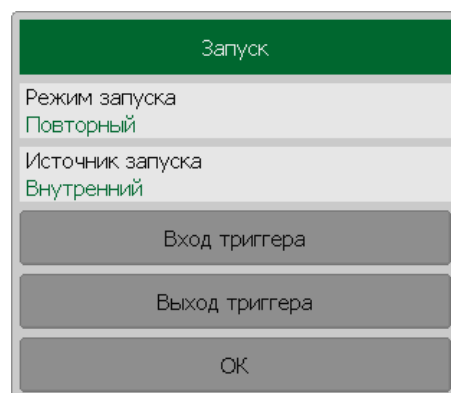
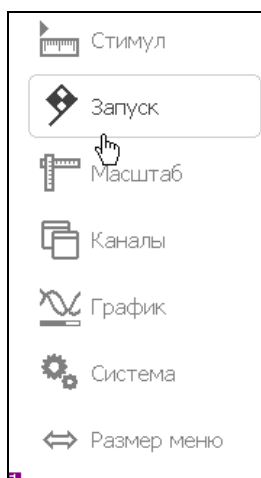
- **Повторный** – запуск производится каждый раз при завершении цикла сканирования в каждом канале индикации;
- **Однократный** – запуск производится однократно и, после завершения сканирования, триггер переходит в состояние останова;
- **Останов** – сканирование остановлено. Запуск не производится.

Сигнал запуска относится к рефлектометру в целом и влияет на запуск всех каналов. Если открыто более одного канала индикации, то сканирование в каждом из них будет происходить по очереди.

Источником сигнала запуска сканирования может служить один из четырех источников, выбираемых пользователем:

- **Внутренний** – сигнал запуска вырабатывается измерителем по завершению сканирования всех каналов;
- **Внешний** – использует вход внешнего запуска для выработки сигнала запуска;
- **Шина** – сигнал запуска поступает от внешнего компьютера через интерфейс LAN или от программы, управляющей измерителем по COM/DCOM.

Для установки состояния триггера запуска нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **Запуск**.

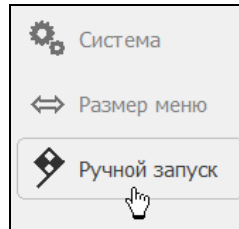


В диалоговой форме **Запуск** щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Режим запуска**.

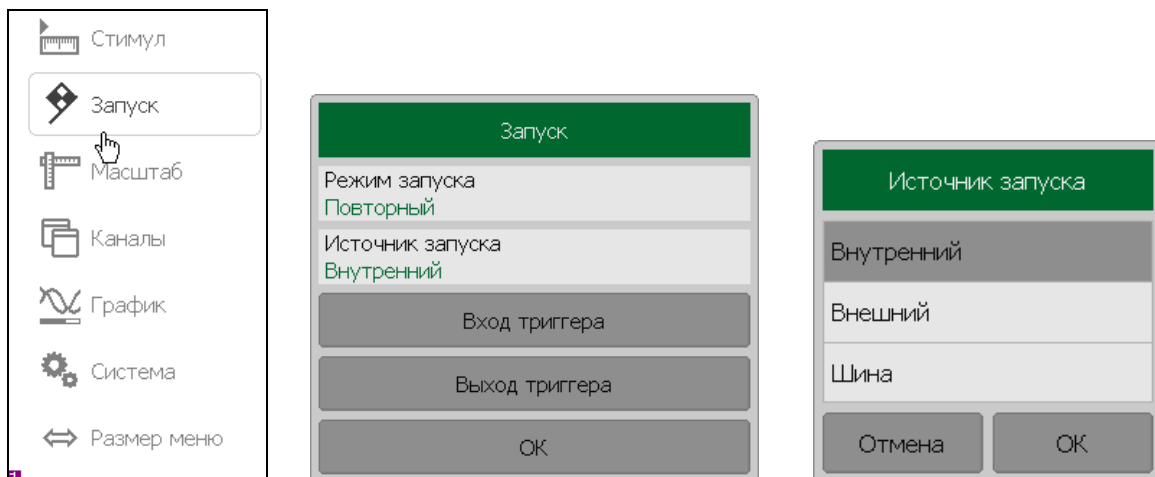
Выберите в диалоговой форме **Режим запуска** требуемый режим и нажмите на кнопку **ОК**.

Закройте диалоговую форму **Режим запуска** нажатием на кнопку **ОК**.

При выборе режима **Однократный**, запуск сканирования производится нажатием на программную кнопку **Ручной запуск** на правой панели программных кнопок.



Для выбора источника запуска – нажмите программные кнопки: **Запуск > Источник запуска**.



Затем выберите источник запуска:

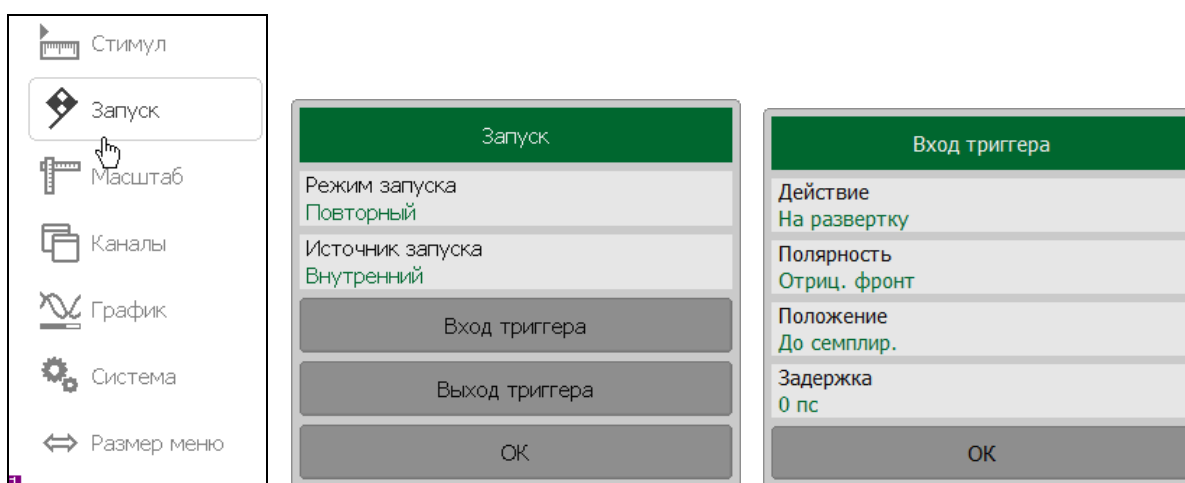
- **Внутренний;**
- **Внешний;**
- **Шина.**

4.5.1 Внешний запуск (кроме Caban R54)

4.5.1.1 Действие внешнего запуска

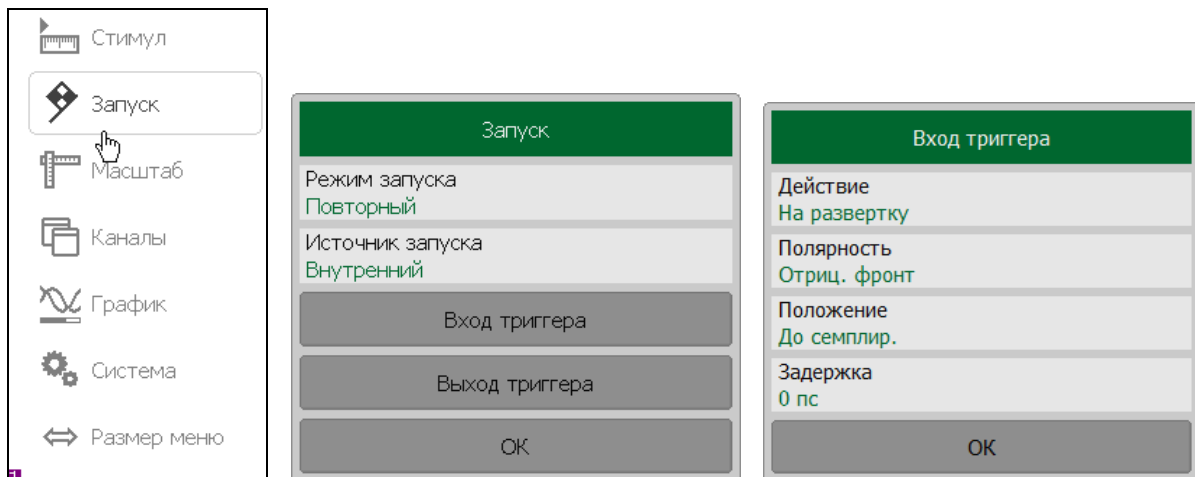
По умолчанию внешний запуск инициирует измерение развертки по частоте. Запуск действует "на развертку" (см. рисунок 4.7 а, б). При выборе функции запуска «на точку» каждое действие запуска инициирует измерение единственной частотной точки развертки (см. рисунок 4.7 в, г).

Чтобы активировать функцию «на точку» для внешнего источника запуска нажмите программные кнопки **Запуск > Вход триггера > Действие { На точку | На развертку }**.



4.5.1.2 Полярность внешнего запуска

Чтобы выбрать тип полярности внешнего запуска, нажмите программные кнопки **Запуск > Вход триггера > Полярность { Отрицательный фронт | Положительный фронт }**.



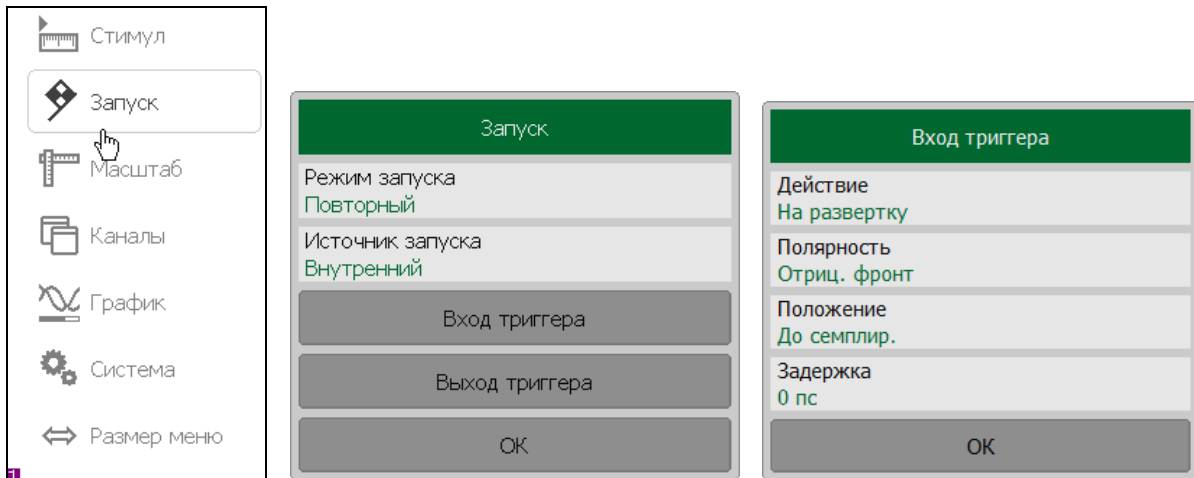
4.5.1.3 Положение внешнего запуска

Выбор положения внешнего запуска позволяет выбрать 2 варианта ожидания сигнала запуска:

- До семплирования, когда частота стимула уже установлена. Изменение частоты стимула начинается после семплирования (см. рисунок 4.7 а, в).
- До установки частоты и последующего измерения. Изменение частоты стимула начинается с момента поступления внешнего триггера (см. рисунок 4.7 б, г).

В зависимости от настроек действия внешнего запуска внешний триггер ожидается перед каждой точкой или перед первой точкой полного цикла развертки по частоте.

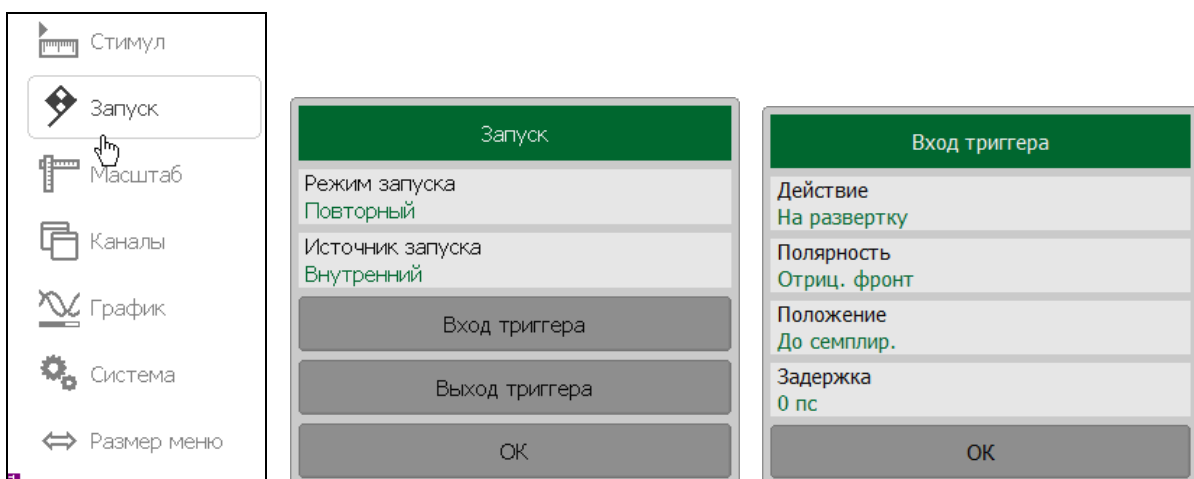
Чтобы выбрать положение внешнего запуска нажмите программные кнопки **Запуск > Вход триггера > Положение { До загрузки | До семплир. }**.



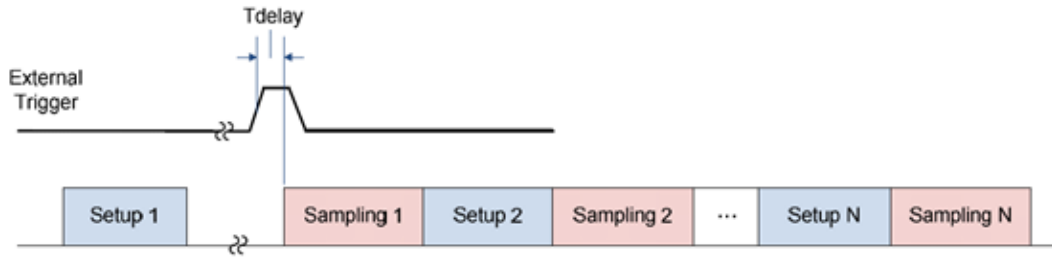
4.5.1.4 Задержка внешнего запуска

Задержка внешнего запуска устанавливает задержку срабатывания по отношению к внешнему сигналу запуска (см. рисунок 4.7). Диапазон задержки составляет от 0 до 100 секунд с разрешением 0.1 мкс.

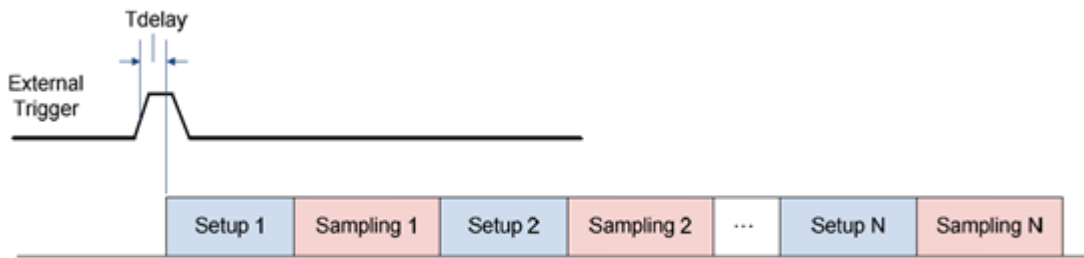
Чтобы установить величину задержки запуска нажмите программные кнопки **Запуск > Вход триггера > Задержка**.



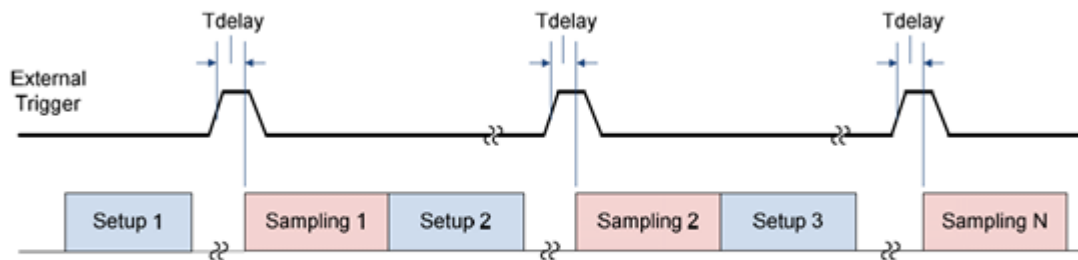
Задержка				
0				с
1	2	3	←	с
4	5	6		мс
7	8	9	±	мкс
0	.	<-	->	нс
Отмена		ОК		пс



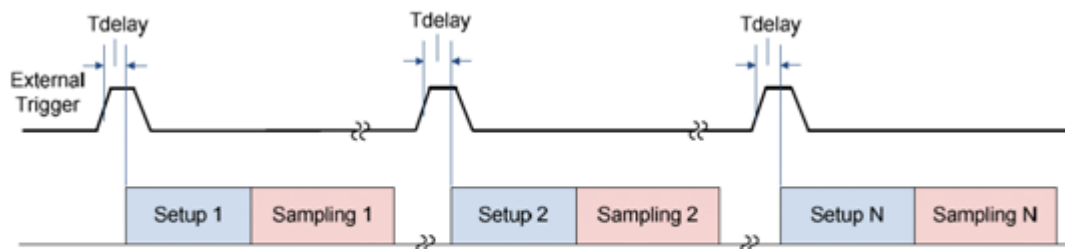
а. До семплирования. Функция «на точку» выключена



б. До загрузки. Функция «на точку» выключена



в. До семплирования. Функция «на точку» включена



г. До загрузки. Функция «на точку» включена

Рисунок 4.7 Внешний запуск

4.5.2 Выход триггера (кроме Caban R54/Caban R140)

Выход триггера генерирует сигналы в зависимости от выбранных настроек выхода триггера:

- До загрузки;
- До семплирования;
- После семплирования;
- Готов к триггеру;
- Измерение;
- Конец развертки;

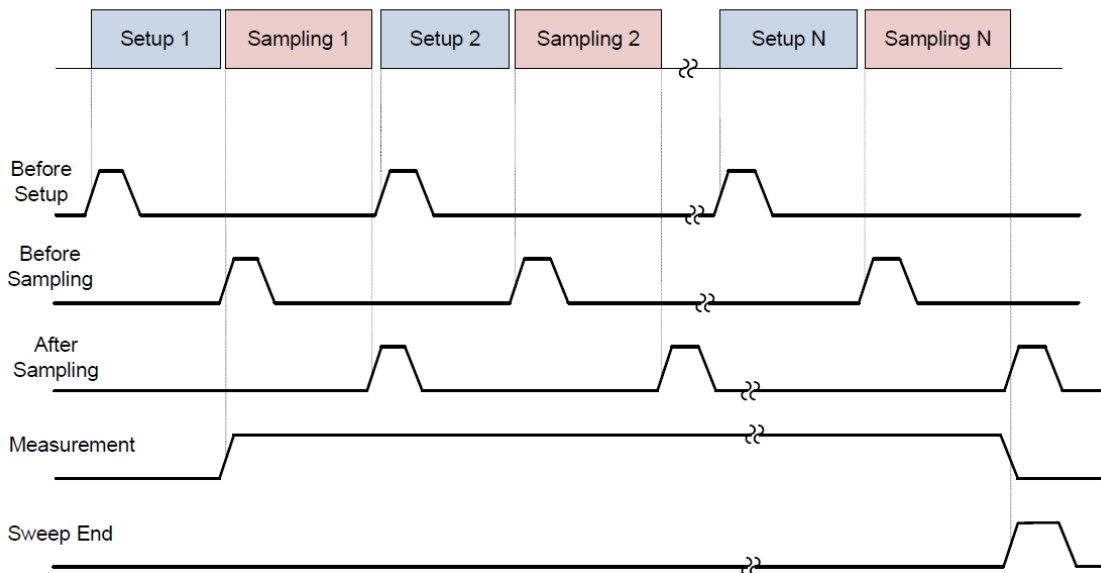


Рисунок 4.8 Выход триггера (кроме готовности к триггеру)

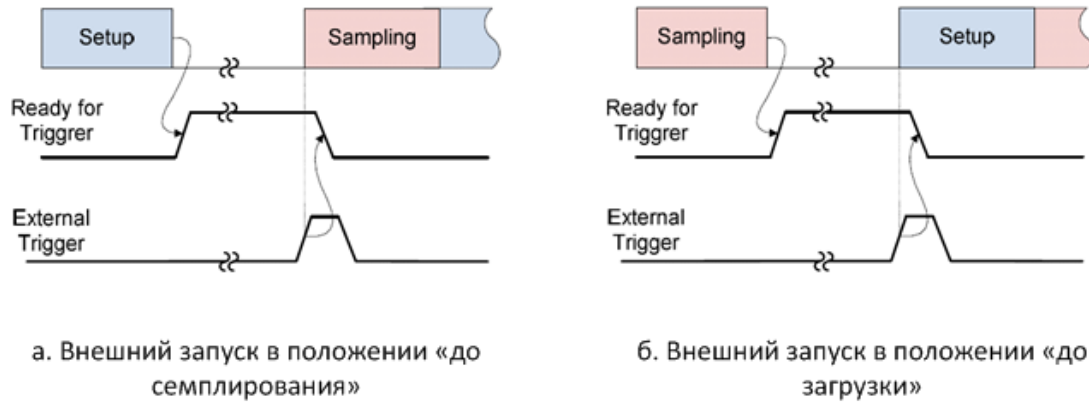


Рисунок 4.9 Выход триггера (готовность к триггеру)

4.5.2.1 Включение/отключение выхода триггера

Чтобы включить/выключить выход триггера нажмите программные кнопки **Запуск > Выход триггера > Разрешить выход.**

- Стимул
- Запуск
- Масштаб
- Каналы
- График
- Система
- Размер меню

Запуск

Режим запуска
Повторный

Источник запуска
Внутренний

Вход триггера

Выход триггера

ОК

Выход триггера

Разрешить выход
Откл.

Полярность
Отриц. фронт

Положение
До загрузки

ОК

Примечание

Когда выбрана функция Готовность к триггеру источник запуска должен быть переключен на внешний чтобы запустить триггер.

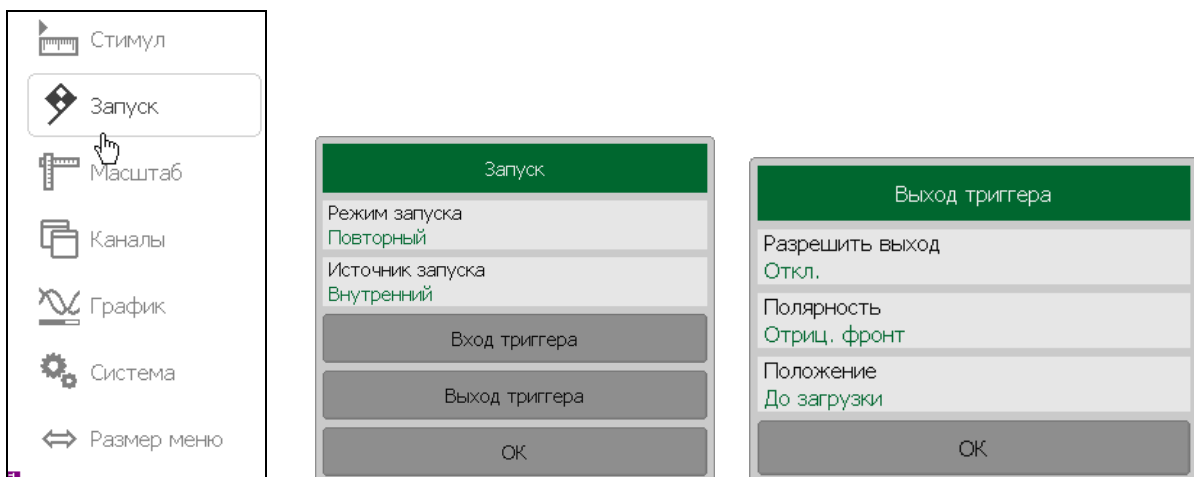
4.5.2.2 Полярность выхода триггера

Чтобы выбрать полярность выхода триггера нажмите программные кнопки **Запуск > Выход триггера > Полярность { Отриц. фронт | Положит. фронт }**.



4.5.2.3 Функция выхода триггера

Чтобы выбрать функцию выхода триггера (см. рисунок 4.8, 4.9) нажмите программные кнопки **Запуск > Выход триггера > Положение { До загрузки | До семплир | После семплир. | Готов к триггеру | Конец сканир. | Измерение }**.



Положение	
До загрузки	
До семплир.	
После семплир.	
Готов к триггеру	
Конец сканир.	
Измерение	
Отмена	ОК

4.6 Фильтрация

В разделе меню «Фильтрация» производится установка полосы ПЧ, усреднения и сглаживания измерений.

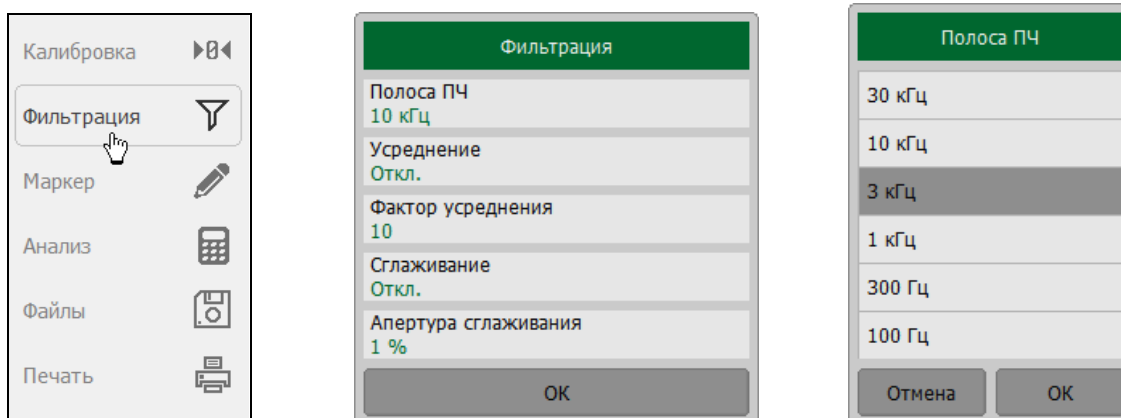
4.6.1 Установка полосы ПЧ

Полоса ПЧ определяет полосу пропускания измерительных приёмников. Ширина полосы ПЧ может принимать ряд следующих значений: 0.1, 0.3, 1, 3, 10 и 30 кГц.

Сужение полосы ПЧ позволяет снизить собственные шумы, и расширить динамический диапазон измерений, при этом увеличивается время измерения. Сужение полосы измерительного фильтра в 10 раз приводит к снижению уровня шума примерно на 10 дБ.

Полоса ПЧ задаётся для каждого канала отдельно. Перед заданием полосы ПЧ необходимо назначить активный канал.

Для установки полосы ПЧ нажмите на левой панели программных кнопок кнопку **Фильтрация**.



Чтобы установить полосу ПЧ щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Полоса ПЧ**. Выберите полосу ПЧ на диалоговой форме и нажмите на кнопку **ОК**.

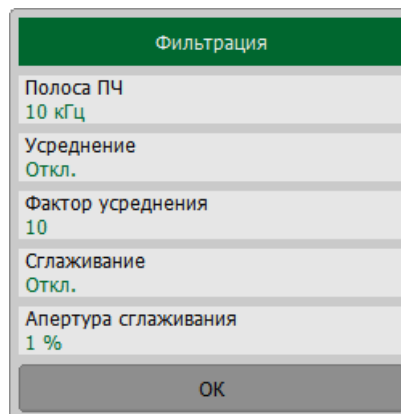
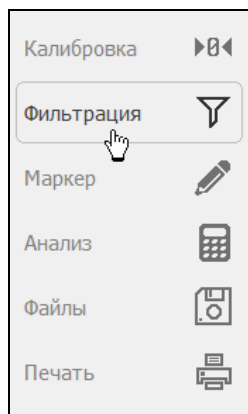
4.6.2 Установка усреднения

Установка усреднения действует аналогично сужению полосы ПЧ, она позволяет снизить собственные шумы, и расширить динамический диапазон измерений.

Усреднение в каждой измеряемой точке производится за несколько циклов сканирования методом экспоненциального окна.

Усреднение задаётся для каждого канала отдельно. Перед заданием усреднения необходимо назначить активный канал.

Для установки усреднения нажмите на левой панели программных кнопок кнопку **Фильтрация**.



Чтобы включить усреднение - щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Усреднение**.

Чтобы изменить фактор усреднения щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Фактор усреднения**. Введите значение с помощью цифровой клавиатуры.

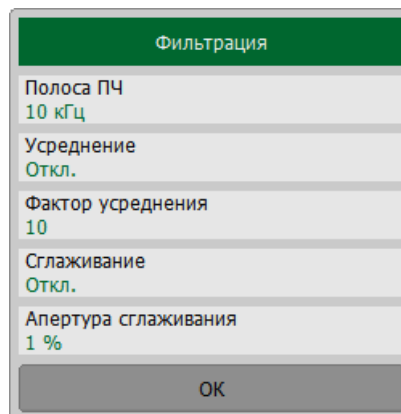
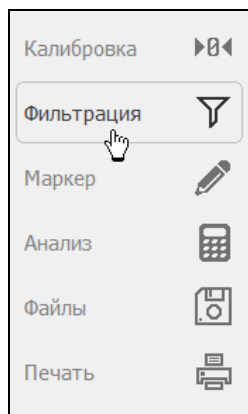
4.6.3 Установка сглаживания

Сглаживание осуществляется путём усреднения результатов измерений соседних точек графика скользящим окном. Ширина окна (апертура) задаётся пользователем в процентах от числа точек графика.

Сглаживание не увеличивает динамический диапазон измерения. Сглаживание сохраняет средний уровень графика, уменьшая шумовые выбросы.

Сглаживание задаётся для каждого графика отдельно. Перед заданием сглаживания необходимо назначить активный график.

Для установки сглаживания нажмите на левой панели программных кнопок кнопку **Фильтрация**.



Чтобы включить сглаживание щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Сглаживание**.

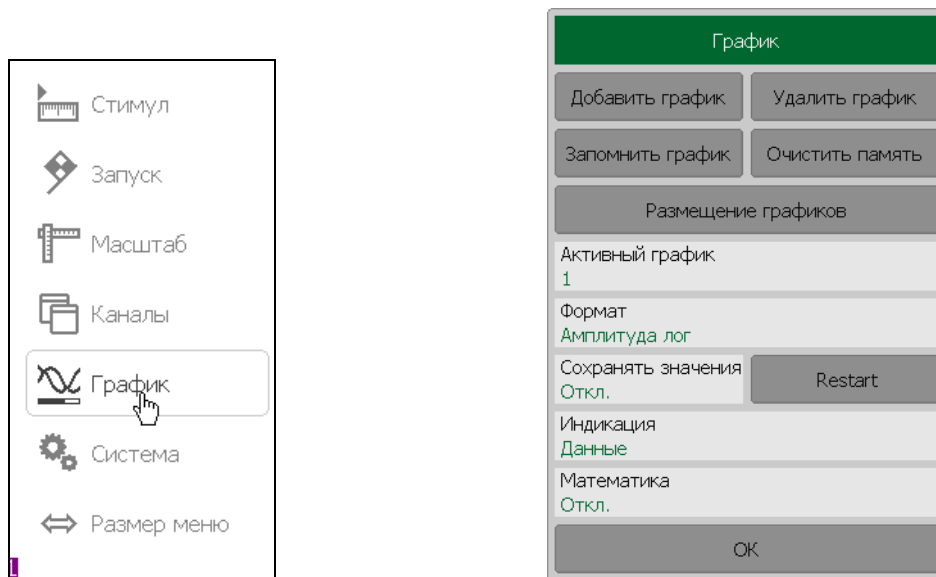
Чтобы изменить апертуру сглаживания щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Апертура сглаживания**. Введите значение с помощью цифровой клавиатуры.

4.6.4 Функция сохранения значения

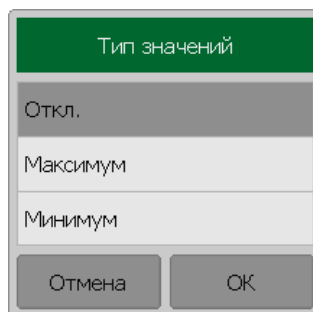
Включение функции сохранения значения позволяет запоминать максимальные или минимальные значения, полученные для текущего измерения. Запомненные значения отражаются в активном графике вместо данных реального времени.

Функция сохранения значения задаётся для каждого графика отдельно. Перед включением этой функции необходимо назначить активный график.

Для установки сохранения значения нажмите программные кнопки кнопку **График > Сохранять значения.**



Чтобы включить сохранение максимума/минимума щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Максимум | Минимум.**



4.7 Установка параметров кабеля

По умолчанию, потери в кабеле при DTF измерениях не компенсируются. Однако, чтобы сделать такие измерения более точными должны быть введены потери в кабеле и коэффициент замедления. Ввести эти параметры можно двумя методами:

- Выбрать тип кабеля из списка, в котором содержатся потери в кабеле в дБ/м и коэффициент замедления;
- Воспользоваться пользовательской установкой типа и параметров кабеля и ввести данные вручную.

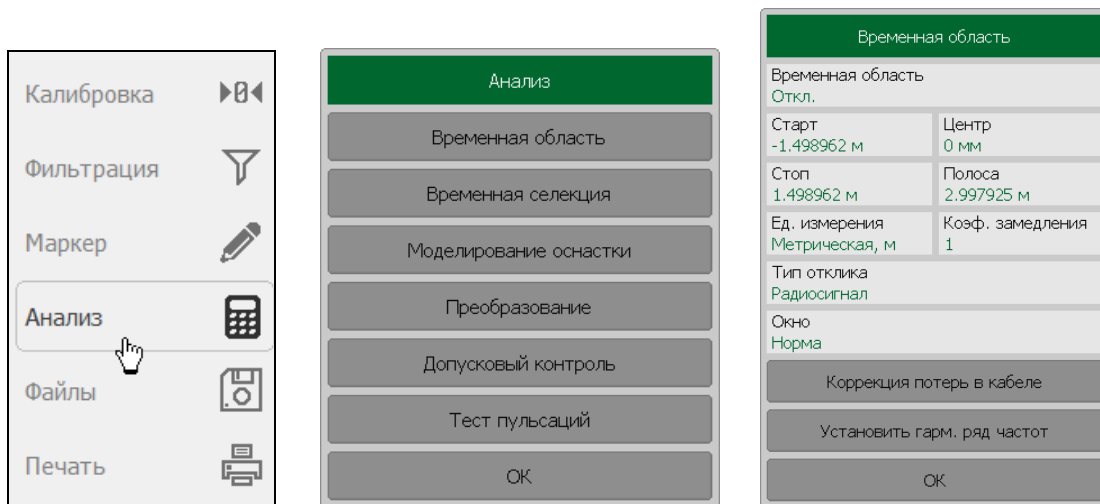
Коэффициент замедления – это физическое свойство материала кабеля. Коэффициент замедления, равный единице, соответствует скорости света в вакууме. Кабель с

полиэтиленовым изолятором имеет коэффициент замедления – 0,66, с тефлоновым изолятором – 0,7.

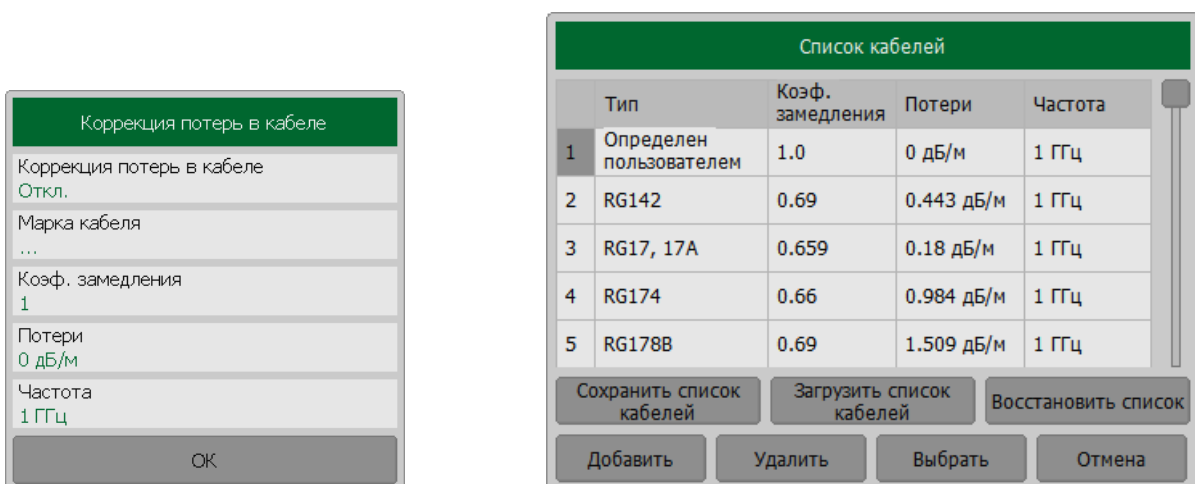
Потери в кабеле выражаются в дБ/м. Потери пропорциональны длине кабеля и частоте сигнала, который проходит через этот кабель.

4.7.1 Выбор типа кабеля

Для выбора типа кабеля из таблицы нажмите на программные кнопки **Анализ > Временная область > Коррекция потерь в кабеле > Марка кабеля.**



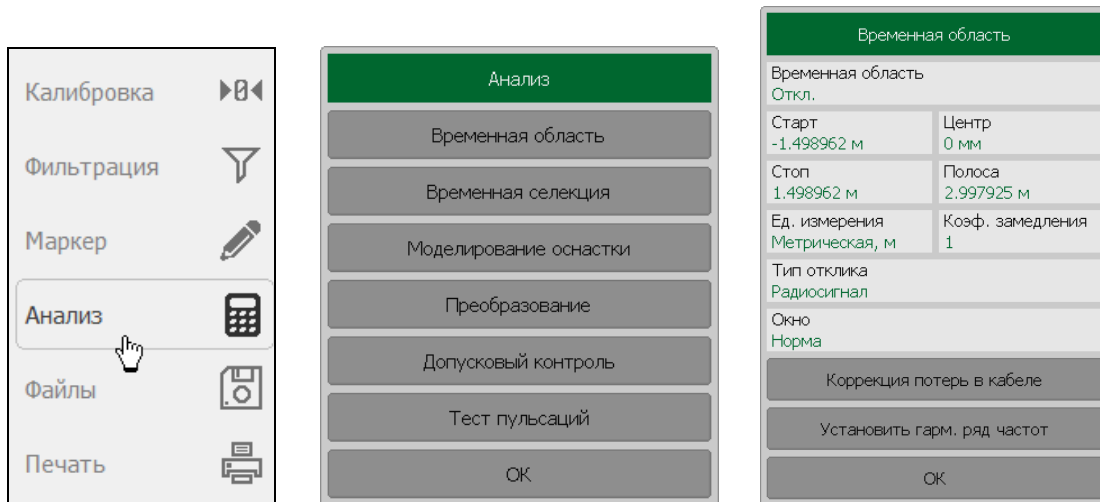
Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Марка кабеля.**



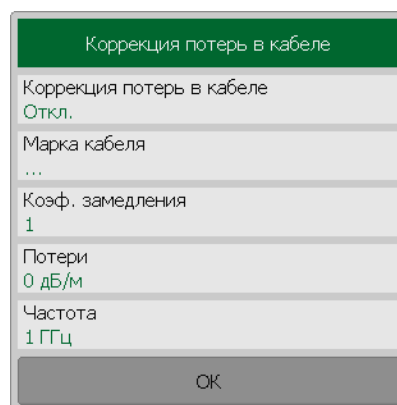
В диалоговой форме **Список кабелей** выберите нужную строку. Завершите ввод кнопкой **ОК.**

4.7.2 Пользовательская установка параметров кабеля

Для установки параметров кабеля нажмите на программные кнопки **Анализ** > **Временная область** > **Коррекция потерь в кабеле**.



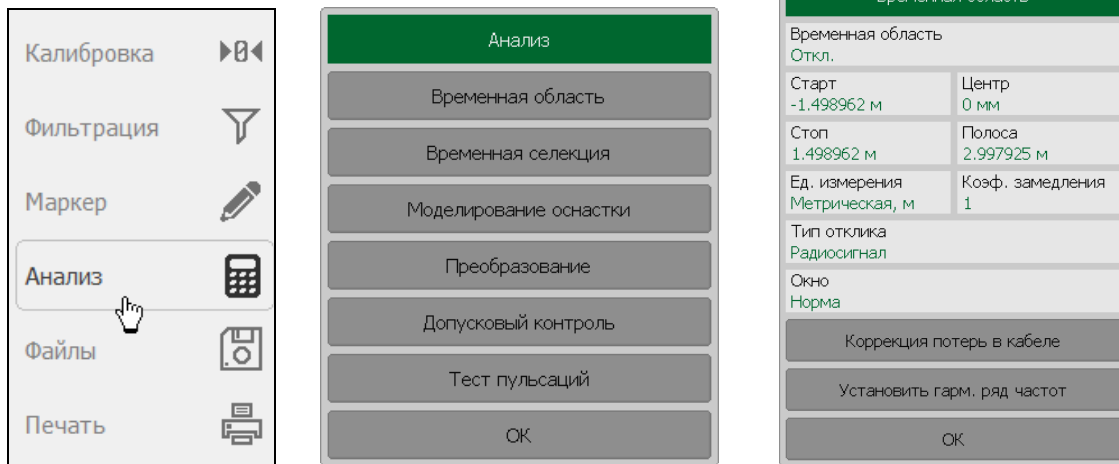
Чтобы ввести значение коэффициента замедления щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Коэф. замедления**. Введите значение с помощью цифровой клавиатуры.



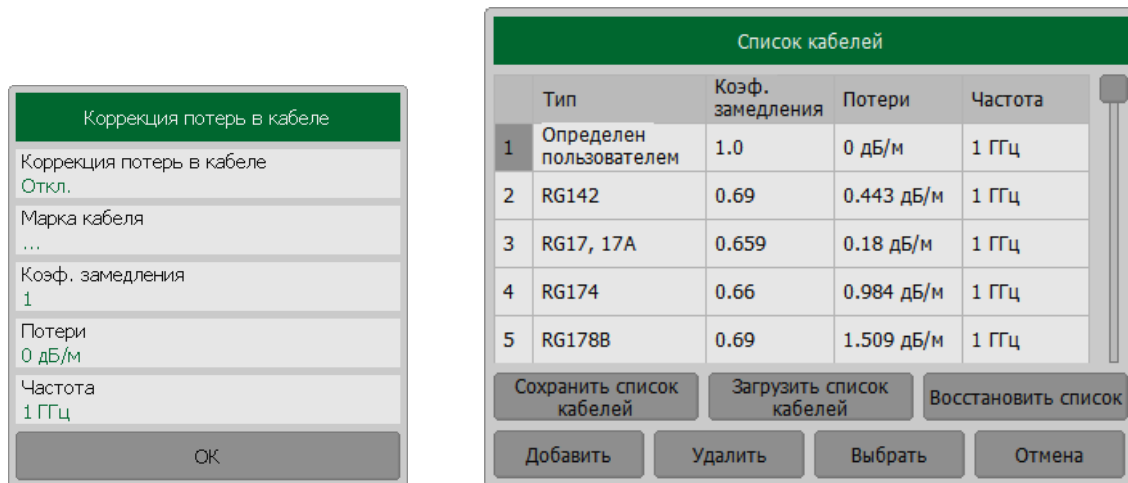
Чтобы ввести значение потерь в кабеле щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Потери**. Введите значение с помощью цифровой клавиатуры.

4.7.3 Редактирование таблицы кабелей

Для редактирования таблицы кабелей нажмите на программные кнопки **Анализ** > **Временная область** > **Коррекция потерь в кабеле**.



Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Марка кабеля**.



Для добавления/удаления строки в таблице нажмите кнопку **Добавить/Удалить**.

Двойным щелчком мыши по полям таблицы **Тип**, **Коэф. замедления**, **Потери**, **Частота** вызовите экранную клавиатуру и отредактируйте значения.

Для сохранения таблицы кабелей на диск нажмите кнопку **Сохранить список кабелей**.

Для восстановления таблицы кабелей с диска нажмите кнопку **Восстановить список кабелей**.

5 Калибровка рефлектометра

5.1 Общие сведения

5.1.1 Ошибки измерения

На результаты измерения S–параметров влияют различные ошибки измерения. Ошибки измерения можно разделить на две категории:

- систематические ошибки измерения;
- случайные ошибки измерения.

Случайные ошибки измерения – это шумовые флуктуации и температурные дрейфы в электронных компонентах, изменение механических размеров соединителей при изменении температуры, ошибки повторяемости при их повторном соединении. Случайные ошибки, в силу своей непредсказуемости, не могут быть заранее измерены и учтены. Для уменьшения случайных ошибок можно принимать определённые меры: правильный выбор мощности источника, сужение полосы ПЧ, поддержание постоянной температуры окружающей среды, соблюдение времени прогрева рефлектометра, осторожное обращение с соединителями, уменьшение изгибов кабелей после калибровки, использование ключа с калиброванным усилием при подключениях «вилка–розетка» коаксиальных СВЧ соединителей.

Случайные ошибки и методы их уменьшения не рассматриваются далее в данном разделе.

Систематические ошибки измерения – это ошибки, вызванные не идеальностью компонентов измерительной системы. Они повторяемы, их характеристики не изменяются со временем. Систематические ошибки можно вычислить, а затем уменьшить их величину путём введения поправок в результаты измерений математическим способом.

Процесс измерения параметров прецизионных физических устройств с известными параметрами с целью вычисления систематических ошибок измерения называется **калибровкой**, а такие физические устройства – называются **калибровочными мерами**. Наиболее распространены калибровочные меры короткого замыкания (КЗ), холостого хода (ХХ), согласованной нагрузки.

Процесс компенсации (уменьшения величины) систематических ошибок измерения в результатах измерений математическим способом называется – **коррекцией ошибок**.

5.1.2 Систематические ошибки измерения

В векторных анализаторах цепей, к которым относится рефлектометр, подразделяют следующие источники систематических ошибок измерения:

- Направленность;
- Согласование источника;

- Частотная неравномерность.

Значения систематических ошибок измерения до применения процедуры коррекции ошибок называются – **нескорректированными**.

Остаточные значения систематических ошибок измерения после применения процедуры коррекции называются – **эффективными**.

5.1.2.1 Направленность.

Направленность – это ошибка измерения, вызванная направленным ответителем в источнике сигнала, из-за неспособности последнего абсолютно разделить сигналы падающей и отражённой волны. При этом часть энергии сигнала падающей волны проникает в приёмник отражённого сигнала. Погрешность, вносимая направленностью, не зависит от характеристик ИУ и обычно оказывает наибольшее влияние при измерении отражения.

Для обозначения направленности далее используется – **Ed**.

5.1.2.2 Согласование источника

Ошибка измерения, вызванная не согласованием тестового порта – источника сигнала с входом ИУ. При этом часть сигнала, отражённого от входа ИУ, отражается от тестового порта и снова поступает на вход ИУ. При этом возникает ошибка при измерении отражённого сигнала, и при измерении переданного сигнала. Ошибка, вносимая согласованием источника, зависит от соотношения входного импеданса ИУ и импеданса тестового порта.

Ошибка согласования источника оказывает значительное влияние при измерении ИУ с плохим согласованием входа.

Для обозначения согласования источника далее используется – **Es**.

5.1.2.3 Частотная неравномерность отражения

Ошибка измерения, вызванная различием частотно-зависимых амплитудных и фазовых характеристик путей распространения отражённого и опорного сигнала в тестовом порте.

Для обозначения частотной неравномерности отражения далее используется – **Er**.

5.1.3 Модель ошибок измерения

Для анализа систематических ошибок используют модели ошибок в виде сигнальных (направленных) графов.

5.1.3.1 Однопортовая модель ошибок

При измерении коэффициента отражения ИУ используется измерительный порт рефлектометра. Сигнальный граф модели ошибок измерения для измерительного порта, показан на рисунке 5.1.

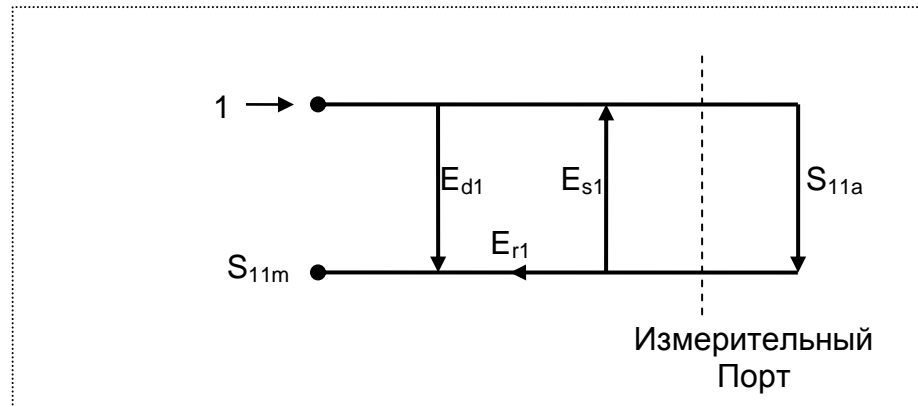


Рисунок 5.1 Однопортовая модель ошибок

Где:

- S_{11a} – истинное значение коэффициента отражения;
- S_{11m} – измеренное значения коэффициента отражения.

На результат измерения отражения в однопортовой модели влияют три систематических ошибки измерения:

- E_{d1} – направленность;
- E_{s1} – согласование источника;
- E_{r1} – частотная неравномерность отражения.

Значение стимулирующего сигнала принято равным 1 для нормировки. Значения всех величин в модели – комплексные.

Установив в процессе **полной однопортовой** калибровки все три ошибки E_{d1} , E_{s1} , E_{r1} для каждой измеряемой частоты можно получить истинное значение коэффициента отражения S_{11a} , математически устранив ошибки из измеряемой величины S_{11m} .

Существуют упрощённые методы калибровки, которые устраняют влияние только одной систематической ошибки из трёх.

5.1.4 Определение положения измерительного порта

Процесс калибровки определяет положение измерительного порта. Измерительным портом считается соединитель, к которому подключаются калибровочные меры в процессе калибровки.

Измерительным портом называется соединитель рефлектометра 50 Ω , тип N вилка, потому что к нему при калибровке подключаются калибровочные меры.

В некоторых случаях для проведения измерений необходимо подключить к соединителю адаптер или коаксиальный кабель для перехода к другому типу соединителя. В таких случаях в процессе калибровки калибровочные меры необходимо подключать к соединителю кабеля или адаптера.

На рисунке 5.2 приведены два случая определения положения измерительного порта при измерении ИУ. Использование кабелей и/или адаптеров не влияет на результат измерений, если они включены в процесс калибровки.

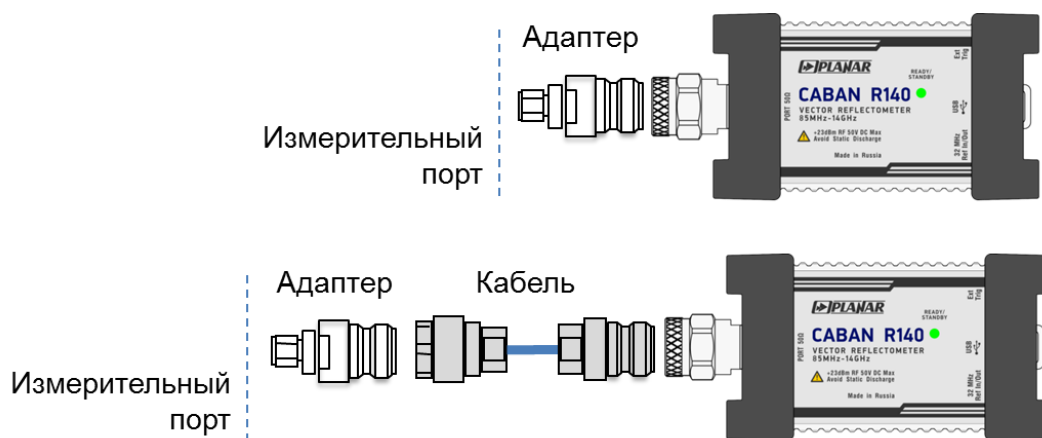


Рисунок 5.2 Примеры определения измерительного порта

В некоторых случаях используют термин **плоскость калибровки**, под которым понимают воображаемую плоскость, проходящую по срезу соединителя, к которому подключаются калибровочные меры.

5.1.5 Стадии процесса калибровки

Процесс калибровки включает в себя следующие стадии:

- Выбор комплекта калибровочных мер, соответствующих типу соединителя измерительного порта;
- Выбор метода калибровки, исходя из требуемой точности измерений. Метод калибровки определяет, какая часть ошибок (либо все ошибки) модели ошибок будет скомпенсирована;

- Измерение калибровочных мер в заданном диапазоне частот. Число измерений мер зависит от метода калибровки;
- Рефлектометр сравнивает измеренные параметры калибровочных мер с их заранее известными параметрами. Разница используется для вычисления калибровочных коэффициентов (систематических ошибок);
- Таблица калибровочных коэффициентов сохраняется в рефлектометре и используется для коррекции измерений;
- Калибровка применяется к рефлектометру в целом и влияет на все каналы индикации. Это означает, что одна таблица калибровки хранится для всех каналов.

5.1.6 Методы калибровки

Рефлектометр поддерживает несколько методов калибровки. Методы калибровки различаются количеством и типом используемых калибровочных мер, набором корректируемых систематических ошибок. В таблице 5.1 приведён обзор методов калибровки.

Таблица 5.1 Методы калибровки

Метод калибровки	Измеряемый параметр	Меры	Ошибки
Нормализация отражения	S_{11}	<ul style="list-style-type: none"> • КЗ или ХХ 	E_{r1}
Нормализация отражения расширенная	S_{11}	<ul style="list-style-type: none"> • КЗ или ХХ • Нагрузка 	E_{r1}, E_{d1}
Полная однопортовая калибровка	S_{11}	<ul style="list-style-type: none"> • КЗ • ХХ • Нагрузка 	E_{r1}, E_{d1}, E_{s1}

5.1.6.1 Нормализация

Нормализация – это простейший метод калибровки, так как он требует измерения только одной калибровочной меры для измеряемого S -параметра.

Измерение коэффициента отражения S_{11} калибруется с помощью меры КЗ или ХХ, давая оценку частотной неравномерности отражения – E_r .

Метод называется нормализацией, так как измеряемый S -параметр в каждой частотной точке делится на соответствующий S -параметр калибровочной меры (нормируется). Нормализация устраняет частотно зависимые ослабление и сдвиг фазы в цепи измерения, она не компенсирует ошибки направленности и согласования.

5.1.6.2 Нормализация расширенная

Расширенная нормализация требует подключения двух калибровочных мер к тестовому порту: КЗ или ХХ и Нагрузка. Измерение двух мер позволяет получить оценку частотной неравномерности отражения – E_r и оценку направленности – E_d .

5.1.6.3 Полная однопортовая калибровка

Полная однопортовая калибровка требует подключения трёх калибровочных мер к тестовому порту: КЗ, ХХ, нагрузка.

Измерение трёх мер позволяет компенсировать все три ошибки однопортовой модели – E_d , E_s , E_r .

5.1.6.4 Калибровка в волноводном тракте

Калибровка в волноводном тракте имеет следующие особенности:

Системное сопротивление анализатора Z_0 было установлено равным 1Ω . В определении волноводного набора калибровочных мер значения волнового сопротивления смещения и импеданс нагрузки также должны быть равными 1Ω .

В волноводной калибровке вместо пары мер XX и K3 используется пара смещенных мер K3, как правило $1/8\lambda_0$ и $3/8\lambda_0$, где λ_0 – длина волны в волноводе на средней частоте.

В волноводной калибровке в качестве меры XX должна быть назначена одна из смещенных мер K3. Поэтому на кнопке отвечающей за измерение XX находится наименование одной из мер K3.

Калибровка

Коррекция
Вкл.

Комплект мер
WR.229

XX [3/8 Смещ. K3]

K3 [1/8 Смещ. K3]

Нагрузка

Удлинение порта

Автокалибровка

Отмена Применить

5.1.7 Калибровочные меры и комплекты мер

Калибровочные меры – это прецизионные физические устройства, используемые для определения погрешностей в измерительной системе.

Комплект мер – это набор калибровочных мер с соединителями определённого типа, и с определённым волновым сопротивлением. Комплект включает в себя меры трёх различных типов: КЗ, ХХ, Согласованная нагрузка.

Характеристики реальных калибровочных мер имеют отклонения от идеальных значений. Так, идеальная мера КЗ должна иметь модуль коэффициента отражения 1.0 и фазу коэффициента отражения 180° во всем частотном диапазоне. Реальная мера КЗ имеет отклонения от данных величин, зависящие от частоты. Для учёта таких отклонений вводится **модель калибровочной меры** в виде эквивалентной цепи с определёнными параметрами.

Рефлектометр содержит определения комплектов калибровочных мер различных производителей. Работая с программным обеспечением к рефлектометру, пользователь может добавлять определения своих комплектов калибровочных мер или модифицировать predetermined. Порядок редактирования комплектов калибровочных мер описан в разделе 5.3.

Для обеспечения точности калибровки необходимо выбрать в программе используемый комплект калибровочных мер. Порядок выбора комплекта калибровочных мер описан в разделе 5.2.1.

5.1.7.1 Типы калибровочных мер

Тип калибровочной меры – это категория физических устройств, к которой относится мера, используемая для определения её параметров. Рефлектометр поддерживает следующие типы калибровочных мер:

- XX,
- КЗ,
- Нагрузка.

5.1.7.2 Модель калибровочных мер

Модель калибровочной меры, представленная в виде эквивалентной цепи, используется для вычисления её S-параметров. Модель используется для мер типа XX, КЗ, Нагрузка.

Для мер XX, КЗ, Нагрузка используется однопортовая модель, представленная на рисунке 5.3.

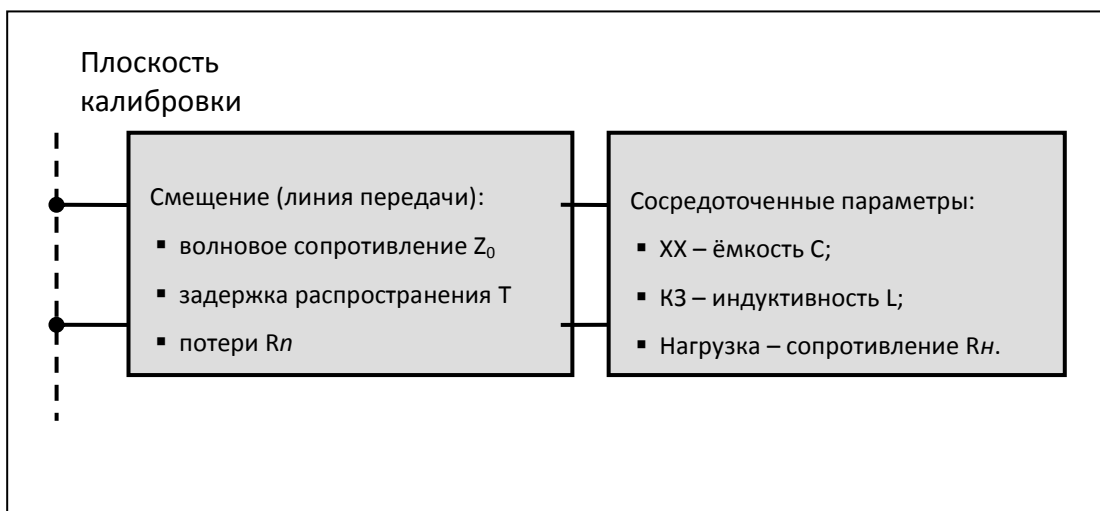


Рисунок 5.3 Модель однопортовой меры

Описание числовых параметров модели эквивалентной цепи калибровочных мер даны в таблице 5.2.

Таблица 5.2 Параметры модели эквивалентной цепи калибровочных мер.

Параметр (обозначение в программе)	Описание параметра
Z_0 (Offset Z0)	Волновое сопротивление смещения (линии передачи) от плоскости калибровки до цепи с сосредоточенными параметрами.
T (Offset Delay)	Задержка смещения. Определяется как время распространения сигнала в одну сторону (в секундах) от плоскости калибровки до цепи с сосредоточенными параметрами или до второй плоскости калибровки. Задержка может быть измерена или получена математически делением точно известной физической длины на скорость распространения сигнала в линии.
Rn (Offset Loss)	<p>Потери смещения за счёт скин – эффекта при распространении сигнала в одну сторону. Потери определяются в единицах [Ом/с] на частоте 1 ГГц. Потери в линии определяются путём измерения времени задержки T[с] и потерь L[дБ] на частоте 1 ГГц. Измеренные значения подставляются в формулу:</p> $Rn[\Omega / c] = \frac{L[\text{дБ}] \cdot Z_0[\Omega]}{4.3429[\text{дБ}] \cdot T[c]}$
C (C0, C1, C2, C3)	<p>Краевая ёмкость меры холостого хода, вызывающая сдвиг фазы коэффициента отражения на высоких частотах. Модель краевой ёмкости описывается функцией частоты, в виде полинома третьего порядка:</p> <p>$C = C_0 + C_1 f + C_2 f^2 + C_3 f^3$, где</p> <p>$f$: частота [Гц]</p> <p>$C_0 \dots C_3$ – коэффициенты полинома.</p> <p>Размерность: C_0[Ф], C_1[Ф/Гц], C_2[Ф/Гц²], C_3[Ф/Гц³]</p>
L (L0, L1, L2, L3)	<p>Паразитная индуктивность меры короткого замыкания, вызывающая сдвиг фазы коэффициента отражения на высоких частотах. Модель паразитной индуктивности описывается функцией частоты, в виде полинома третьего порядка:</p> <p>$L = L_0 + L_1 f + L_2 f^2 + L_3 f^3$, где</p> <p>$f$: частота [Гц]</p> <p>$L_0 \dots L_3$ – коэффициенты полинома.</p> <p>Размерность: L_0[Гн], L_1[Гн/Гц], L_2[Гн/Гц²], L_3[Гн/Гц³]</p>

5.2 Порядок выполнения калибровки

5.2.1 Выбор комплекта калибровочных мер

Рефлектометр содержит память на шестнадцать комплектов калибровочных мер. Первые две позиции – комплекты мер с неопределёнными параметрами. Следующие двенадцать позиций занимают predetermined комплекты калибровочных мер, с определёнными производителем параметрами. Оставшиеся две позиции – это шаблоны, предназначенные для ввода пользовательских комплектов калибровочных мер.

Predetermined комплекты мер включают комплекты фирм Rosenberger, Agilent и Планар (таблица 5.3).

Таблица 5.3 Комплекты калибровочных мер

N	Наименование	Описание
1	He опр 50 Ом	Комплект мер 50 Ом, с неопределёнными параметрами.
2	He опр 75 Ом	Комплект мер 75 Ом, с неопределёнными параметрами.
3	05СК10А-150 -F-	Комплект мер фирмы Rosenberger 05СК10А-150 -F- соединитель 50 Ω тип N розетка до 18 ГГц.
4	05СК10А-150 -M-	Комплект мер фирмы Rosenberger 05СК10А-150 -M- соединитель 50 Ω тип N вилка до 18 ГГц.
5	N1.1 Type-N -F-	Комплект мер фирмы Планар N1.1 Type-N -F- соединитель 50 Ω тип N розетка до 1,5 ГГц.
6	N1.1 Type-N -M-	Комплект мер фирмы Планар N1.1 Type-N -M- соединитель 50 Ω тип N вилка до 1,5 ГГц.
7	Agilent 85032B -F-	Комплект мер фирмы Agilent 85032B или 85032E, соединитель 50 Ω тип N розетка до 6 ГГц
8	Agilent 85032B -M-	Комплект мер фирмы Agilent 85032B или 85032E, соединитель 50 Ω тип N вилка до 6 ГГц
9	Agilent 85036B -F-	Комплект мер фирмы Agilent 85036B, соединитель тип N(75 Ω) розетка до 3 ГГц
10	Agilent 85036B -M-	Комплект мер фирмы Agilent 85036B, соединитель тип N(75 Ω) вилка до 3 ГГц

N	Наименование	Описание
11	Agilent 85032F -F-	Комплект мер фирмы Agilent 85032F, соединитель 50 Ω тип N розетка до 9 ГГц
12	Agilent 85032F -M-	Комплект мер фирмы Agilent 85032F, соединитель 50 Ω тип N вилка до 9 ГГц
13	N611 -F-	Комплект мер Copper Mountain Technologies N611
14	N612 -M-	Комплект мер Copper Mountain Technologies N612
15 – 16	Пусто	Шаблоны для ввода пользовательских комплектов калибровочных мер

Примечание

-M- или -F- в наименовании комплекта, обозначают соединитель калибровочной меры вилка или розетка соответственно.

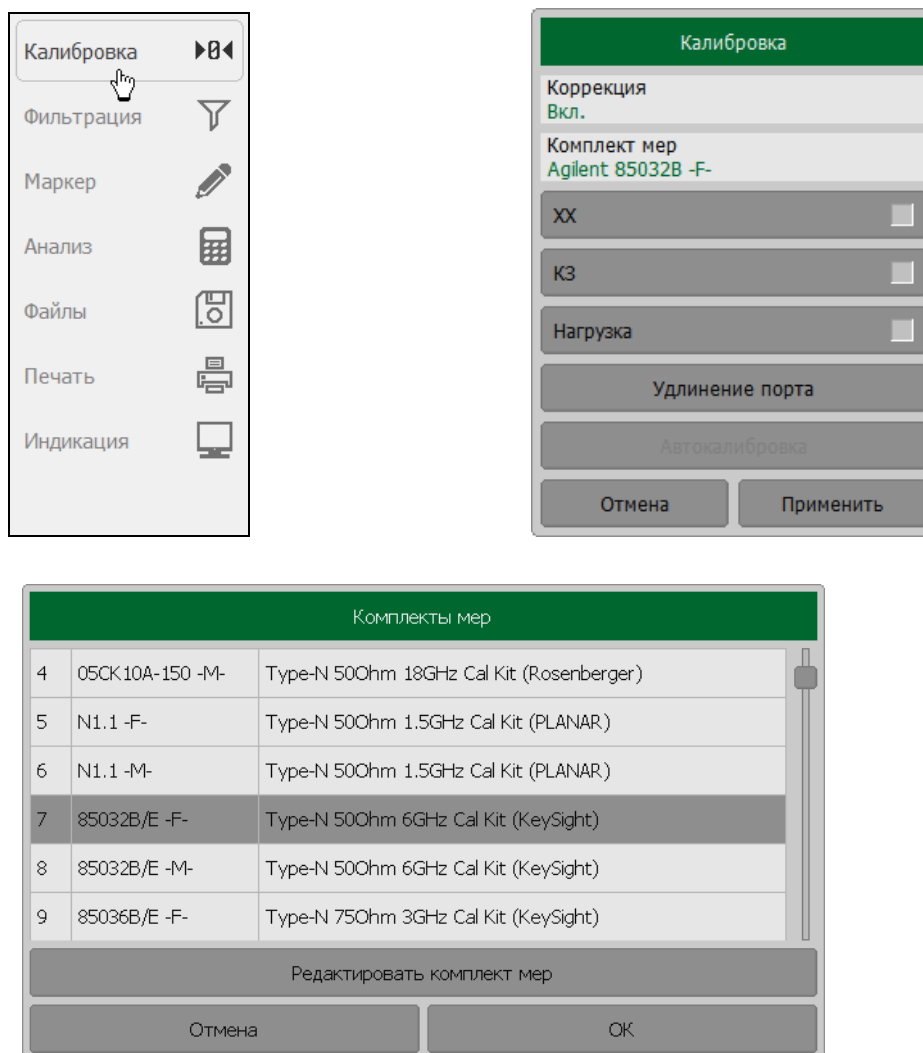
Для получения нормируемой точности измерений необходимо использовать при калибровке комплект калибровочных мер с известными характеристиками.

Перед калибровкой необходимо выбрать в программе используемый комплект калибровочных мер из числа определённых, либо создать пользовательский комплект мер.

Обязательно проверьте соответствие значений параметров ваших калибровочных мер со значениями, находящимися в памяти рефлектометра. В случае различия, внесите необходимые изменения.

Процедура ввода и корректировки параметров комплекта калибровочных мер приведена в разделе 5.3.

Для выбора комплекта калибровочных мер – нажмите на левой панели программных кнопок кнопку **Калибровка**.



Текущий выбранный комплект калибровочных мер индицируется в поле **Комплект мер**.

Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Комплект мер**.

В диалоговой форме **Комплекты мер** выберите нужный комплект мер и нажмите на кнопку **ОК**.

5.2.2 Калибровка нормализации отражения

Нормализация отражения – простейший метод калибровки для измерения коэффициента отражения S_{11} . Он требует измерения одной калибровочной меры КЗ или ХХ (рисунок 5.4).

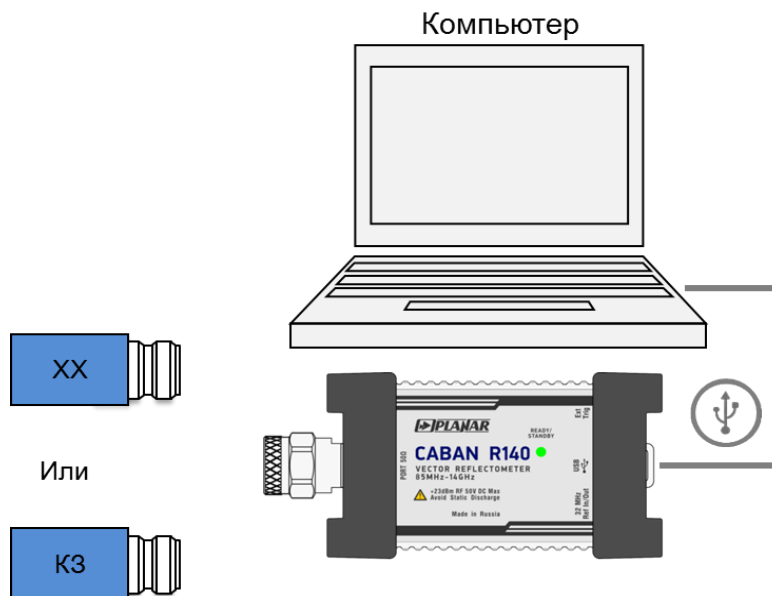
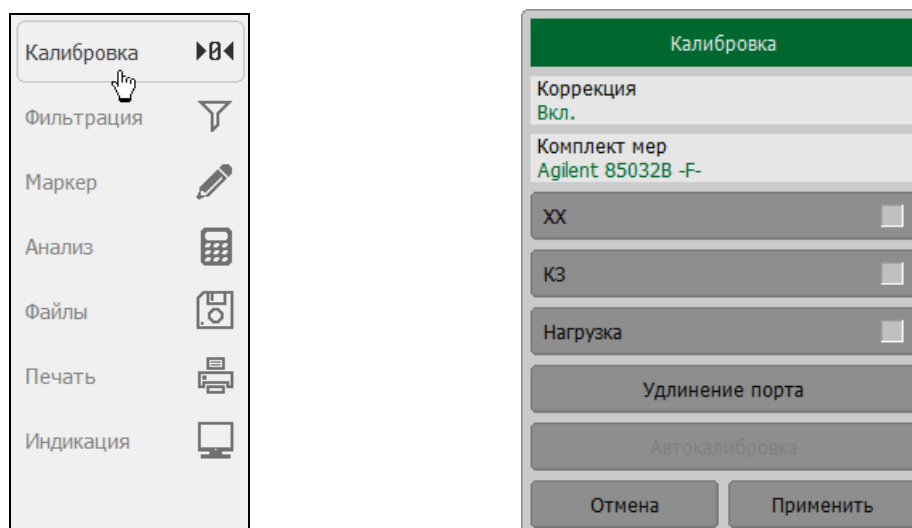


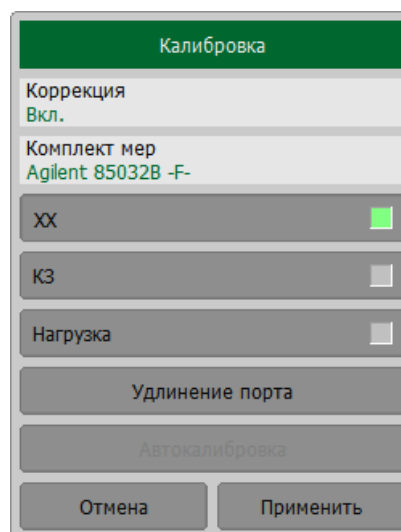
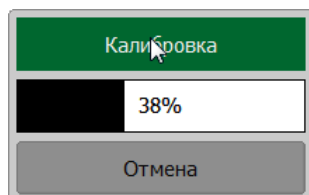
Рисунок 5.4 Калибровка нормализации отражения.

Перед калибровкой необходимо выполнить следующие предварительные установки рефлектометра: назначить активный канал, установить параметры канала (частотный диапазон, полосу ПЧ и другие), выбрать комплект калибровочных мер.

Для выполнения калибровки нормализации отражения нажмите на левой панели программных кнопок кнопку **Калибровка**.



Подключите к тестовому порту меру ХХ или КЗ как показано на рисунке 5.4. Нажмите кнопку с обозначением меры **ХХ** или **КЗ**, соответственно.



В окне канала рефлектометра во время измерения откроется окно с сообщением «**Калибровка**» и индикацией процесса выполнения калибровки. По завершению измерения в правой части кнопки с обозначением меры **ХХ** или **КЗ** появится цветовая индикация.

Для завершения калибровки - нажмите на программную кнопку **Применить**.

По нажатию кнопки **Применить** рассчитывается таблица калибровочных коэффициентов и сохраняется в памяти рефлектометра.

Если требуется отменить результаты измерения мер – нажмите программную кнопку **Отмена**.

Данная кнопка не отменяет существующую калибровку. Если требуется отменить существующую калибровку – отключите коррекцию ошибок (раздел 5.2.4).

Примечание

Проверить состояние калибровки можно в строке состояния графика (таблица 5.4).

5.2.3 Полная однопортовая калибровка

Полная однопортовая калибровка используется при измерении коэффициента отражения S_{11} . Она требует измерения трёх калибровочных мер КЗ, ХХ, нагрузка (рисунок 5.5).

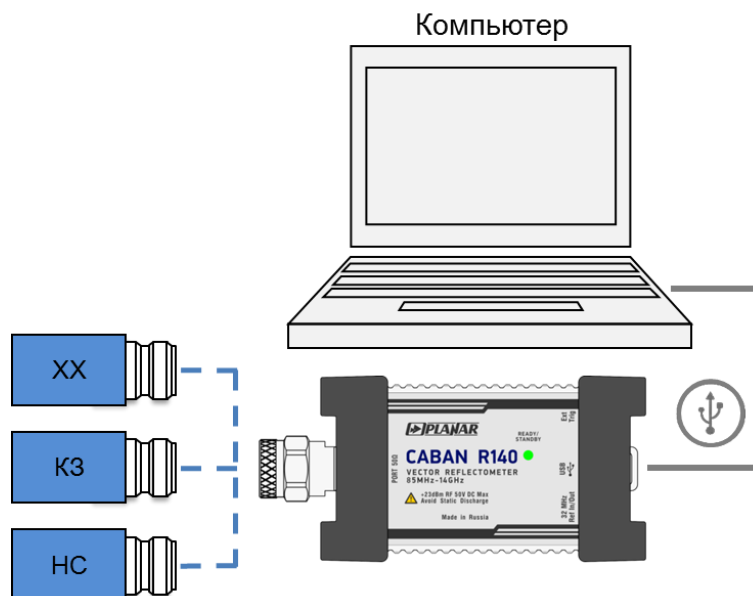
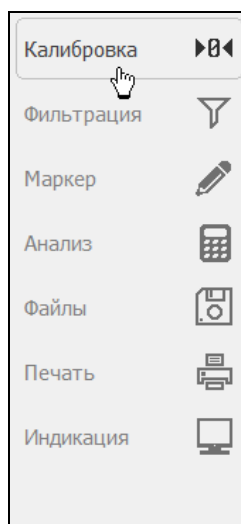


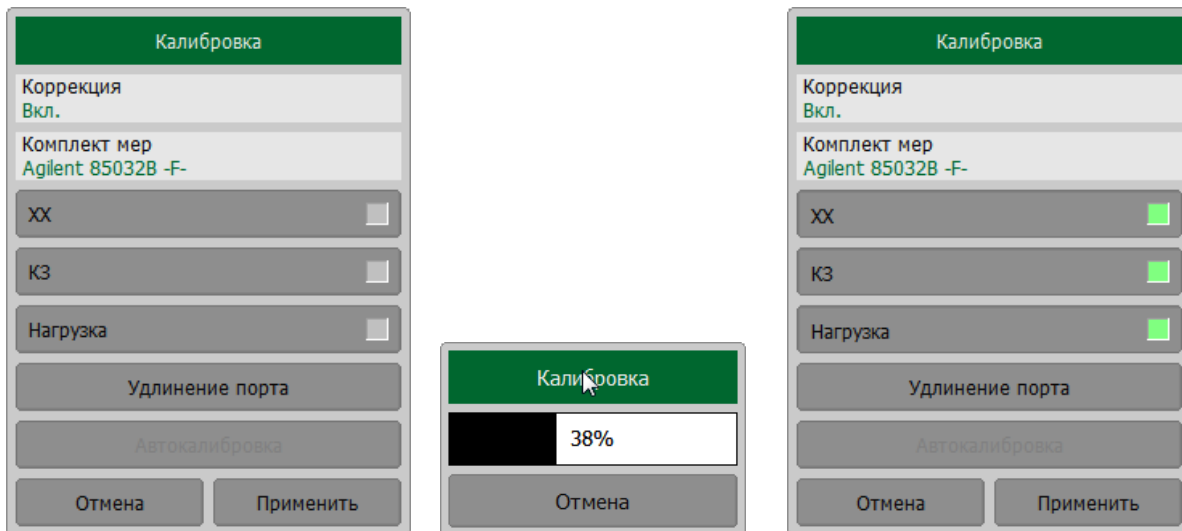
Рисунок 5.5 Полная однопортовая калибровка.

Перед калибровкой необходимо выполнить следующие предварительные установки рефлектометра: назначить активный канал, установить параметры канала (частотный диапазон, полосу ПЧ и другие), выбрать комплект калибровочных мер.

Для выполнения полной однопортовой калибровки нажмите на левой панели программных кнопок кнопку **Калибровка**.



Подключите к порту в любом порядке меры КЗ, ХХ, Нагрузки как показано на рисунке 5.5. Выполните измерение, нажав кнопку с обозначением меры **КЗ**, **ХХ** или **Нагрузка** соответственно.



В окне канала рефлектометра во время измерения откроется окно с сообщением «Калибровка» с индикацией процесса выполнения. По завершению измерения в правой части кнопки с обозначением меры **КЗ**, **ХХ** или **Нагрузка** появится цветовая индикация.

Для завершения калибровки – нажмите на программную кнопку **Применить**.

По нажатию кнопки рассчитывается таблица калибровочных коэффициентов и сохраняется в памяти рефлектометра.

Если требуется отменить результаты измерения мер – нажмите программную кнопку **Отмена**.

Данная кнопка не отменяет существующую калибровку. Если требуется отменить существующую калибровку – отключите коррекцию ошибок (раздел 5.2.4).

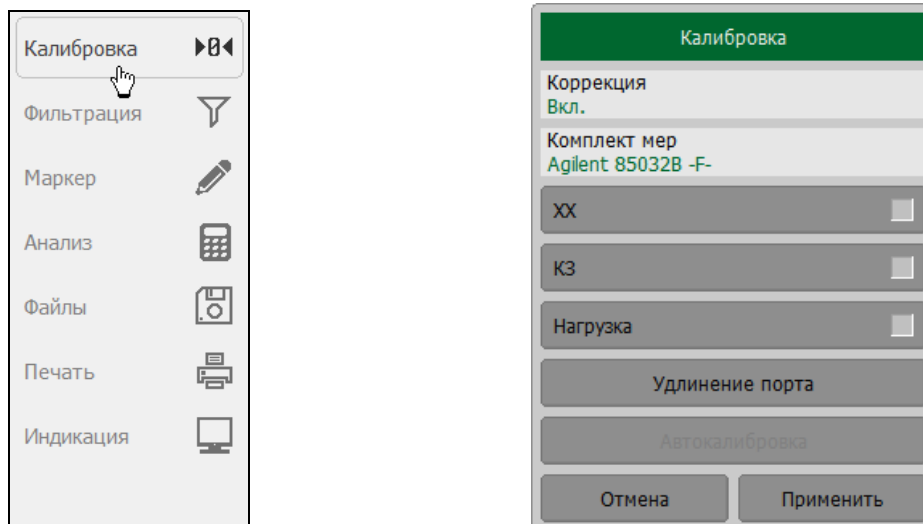
Примечание

Проверить состояние калибровки можно в строке состояния графика (таблица 5.4).

5.2.4 Отключение коррекции ошибок

Функция позволяет отключать коррекцию ошибок.

Для отключения и повторного включения коррекции ошибок нажмите на левой панели программных кнопок кнопку **Калибровка**.



Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Коррекция**. Параметр поменяет значение на противоположное.

Закройте диалоговую форму нажатием на программную кнопку **Применить**.

Примечание

Отключение коррекции ошибок отображается в строке состояния программы **Коррекция откл.**

5.2.5 Проверка состояния коррекции ошибок

Состояние коррекции ошибок для каждого графика в отдельности отражается в строке состояния графика (таблица 5.4). Описание строки состояния графика смотри в разделе 2.2.2.

Таблица 5.4 Статус коррекции ошибок графика.

Символы	Значение
RO	Нормализация отражения мерой XX
RS	Нормализация отражения мерой K3
F1	Полная однопортовая калибровка

5.2.6 Системное сопротивление Z_0

Системное сопротивление Z_0 – это волновое сопротивление измерительного тракта. Оно совпадает с волновым сопротивлением используемых при калибровке калибровочных мер. Величина Z_0 используется при расчёте калибровочных коэффициентов.

Примечание

Выбор комплекта калибровочных мер автоматически устанавливает величину Z_0 из определения комплекта.

5.2.7 Удлинение порта

Удлинение порта позволяет устранить влияние соединительных кабелей (с потерями или без) на результаты измерений. Эта функция практически перемещает плоскость калибровки измерительного порта к соединителю тестируемого устройства. Параметры соединителей определяются пользователем для порта индивидуально (см. рисунок 5.6).

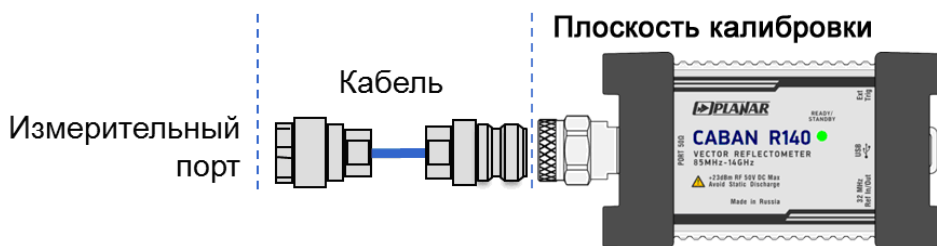


Рисунок 5.6 Удлинение порта

Фазовый набег, вызванный электрической задержкой, может быть компенсирован исключением цепи без потерь:

$$e^{j \cdot 2\pi \cdot f \cdot t}, \text{ где}$$

f - частота, Гц,

t - электрическая задержка, сек.

Возможность исключения устройства без потерь аналогична установлению электрической задержки для графика (см. раздел 4.3.7), но в отличие от неё применяется ко всем графикам канала индикации. При этом компенсируется электрическая длина цепи при измерении коэффициента передачи и удвоенная электрическая длина цепи при измерении коэффициента отражения.

Для исключения устройства с потерями, определёнными следующими методами (в одной, двух и трёх частотных точках) применяются выражения:

1. Частотно-независимые потери на постоянном токе - L_0

$$L(f) = L_0$$

2. Частотно-зависимые потери, определённые потерями в двух частотных точках: L_0 на постоянном токе, L_1 на частоте F_1

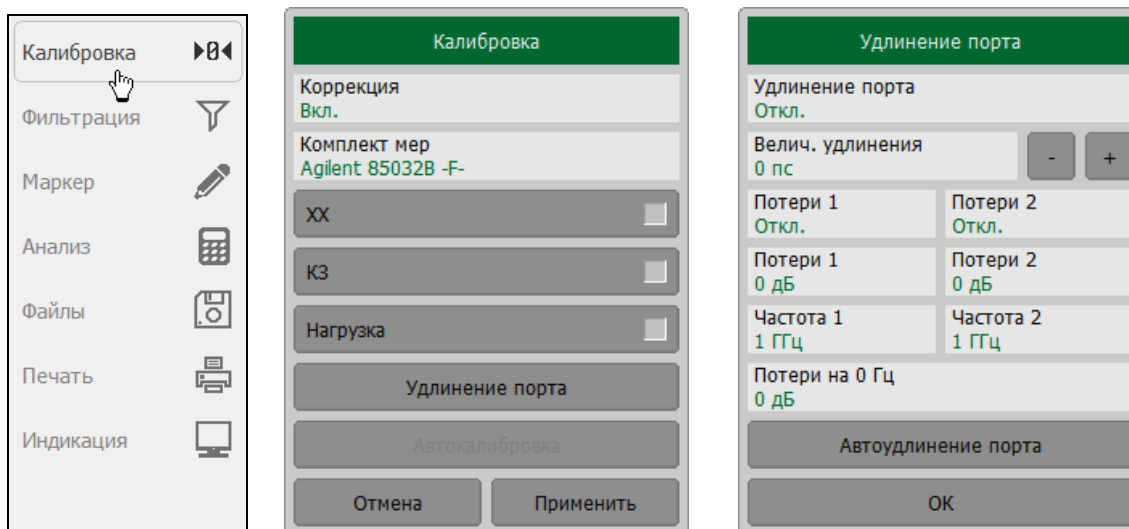
$$L(f) = L_0 + (L_1 - L_0) \cdot \sqrt{\frac{f}{F_1}}$$

3. Частотно-зависимые потери, определённые потерями в трёх частотных точках: L_0 на постоянном токе, L_1 на частоте F_1 , L_2 на частоте F_2

$$L(f) = L_0 + (L_1 - L_0) \cdot \left(\frac{f}{F_1}\right)^n,$$

$$n = \frac{\log \left| \frac{L_1}{L_2} \right|}{\log \left| \frac{F_1}{F_2} \right|}$$

Для установки удлинения порта используйте следующие программные кнопки **Калибровка > Удлинение порта**.



Для переключения между состояниями **Вкл/Выкл** щёлкните кнопкой мыши по полю **Удлинение порта**.

Щёлкните мышью по полю **Удлинение порта** и введите требуемое значение с помощью экранной клавиатуры.

Используйте **Потери на 0 Гц** для определения L_0 .

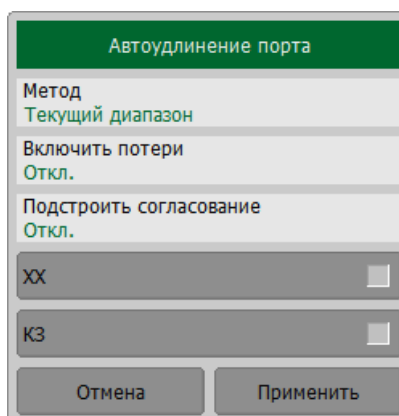
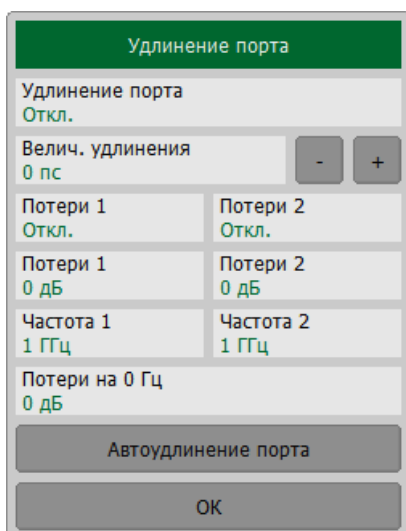
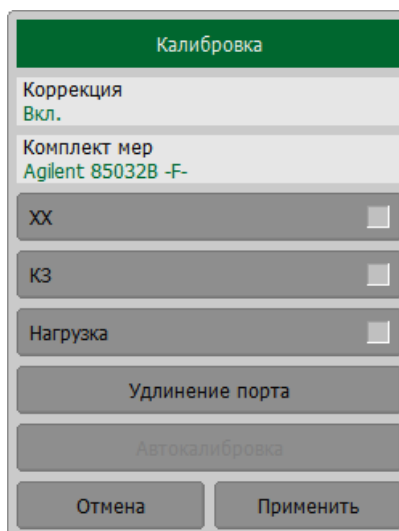
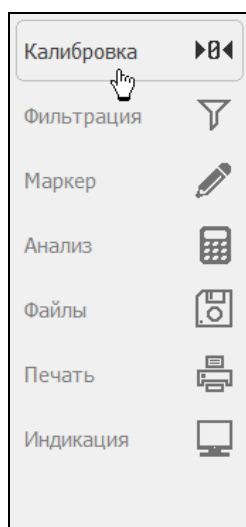
Используйте **Потери 1** и **Частота 1** для определения L_1 и F_1 .

Используйте **Потери 2** и **Частота 2** для определения L_2 и F_2 .

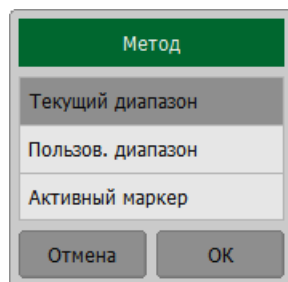
Закройте диалоговое окно, нажав кнопку **ОК**.

5.2.8 Автоматическое удлинение порта

Для использования автоматического удлинения порта используйте следующие программные кнопки **Калибровка > Удлинение порта > Автоудлинение порта**.



Для выбора метода вычисления удлинения (**Текущий диапазон**, **Пользов. диапазон** или **Активный маркер**) щёлкните мышкой по полю **Метод**.



Щёлкните по полю **Включить потери** или **Подстроить согласование**, чтобы переключить их состояние между **Вкл./Выкл.**

Используйте программные кнопки: **XX** или **КЗ** или **XX** и **КЗ**, чтобы выполнить измерения и вычислить удлинение порта.

Закройте диалоговое окно кнопкой **Применить**.

5.3 Редактирование комплектов мер

Данный раздел описывает, как вносить изменения в определение комплектов калибровочных мер.

Рефлектометр содержит память на шестнадцать различных комплектов калибровочных мер. Из них первые четырнадцать – это предопределённые комплекты калибровочных мер. Последние два – это пустые шаблоны для ввода параметров пользовательских комплектов мер.

Внесение изменений в предопределённые комплекты мер может потребоваться, в случае уточнения параметров мер, для повышения точности калибровки.

Ввод пользовательских комплектов мер необходим, в случае отсутствия комплекта калибровочных мер в списке предопределённых.

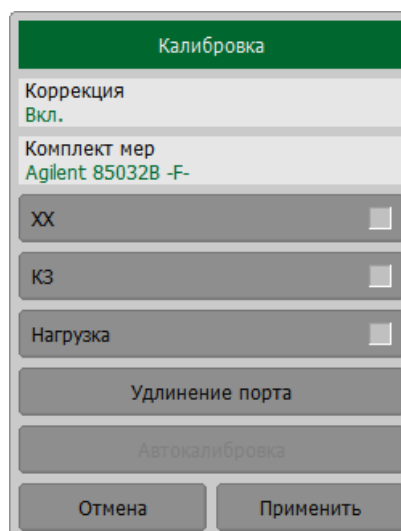
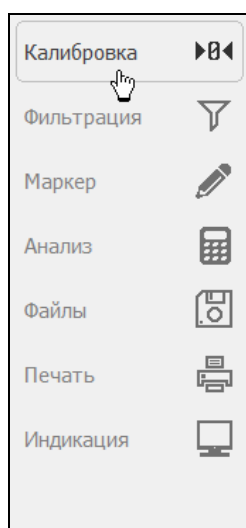
Внесённые пользователем изменения в определение комплекта мер сохраняются в файле конфигурации комплекта мер в рабочей папке программы. Для сохранения изменений не требуется дополнительных нажатий кнопок.

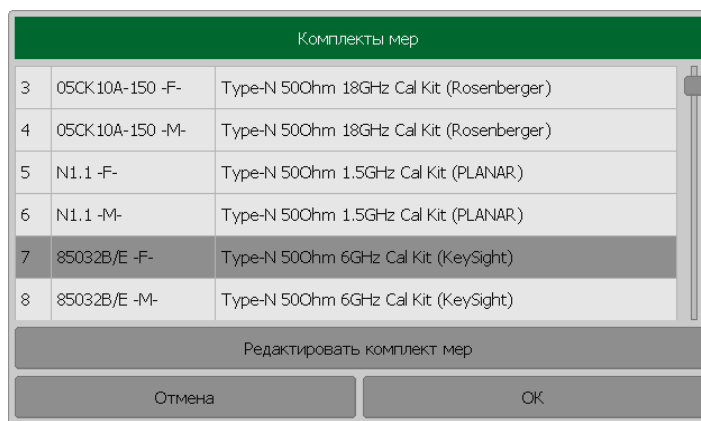
5.3.1 Выбор комплекта мер для редактирования

При редактировании используется текущий комплект мер, который выбран для калибровки. Активный комплект мер выбирается пользователем в соответствии с разделом 5.2.1.

5.3.2 Редактирование наименования комплекта мер.

Нажмите на левой панели программных кнопок кнопку **Калибровка**.

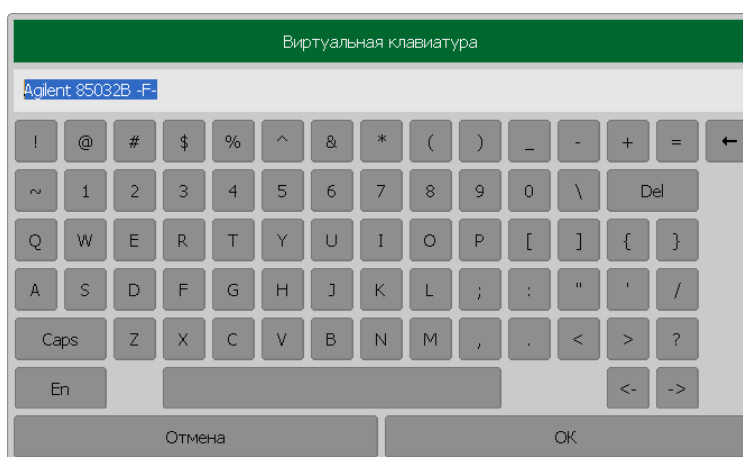
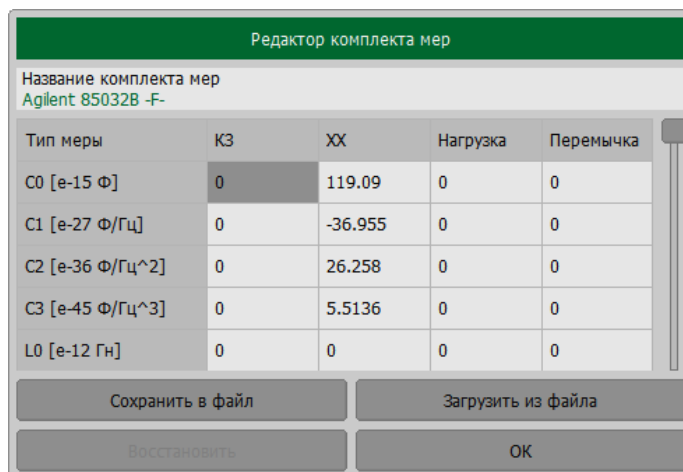




Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Комплект мер**.

В диалоговой форме **Комплект мер** выберите требуемый комплект и нажмите кнопку **Редактировать комплект мер**.

Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Название комплекта мер**, чтобы приступить к редактированию названия комплекта мер.

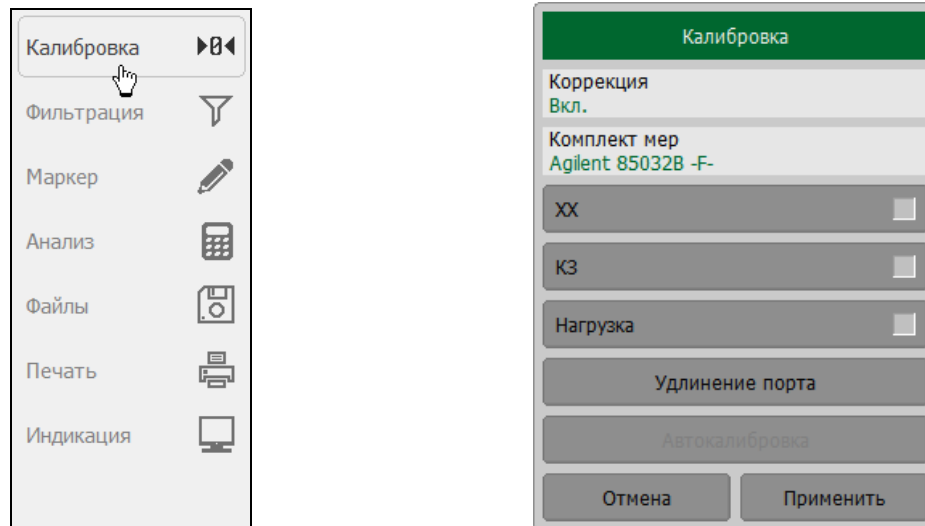


Введите новое название комплекта мер в диалоговой форме виртуальной клавиатуры.

Завершите ввод нажатием на программную кнопку **ОК**.

5.3.3 Отмена изменений predetermined комплектов мер

Нажмите на левой панели программных кнопок кнопку **Калибровка**.



Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Комплект мер**.

В диалоговой форме **Комплекты мер** выберите требуемый комплект и нажмите кнопку **Редактировать комплект мер**.

Если параметры комплекта мер отличаются от predetermined, то становится доступна программная кнопка **Восстановить**.

Редактор комплекта мер

Название комплекта мер
Agilent 85032B -F-

Тип меры	КЗ	ХХ	Нагрузка	Перемычка
C0 [e-15 Ф]	1	119.09	0	0
C1 [e-27 Ф/Гц]	0	-36.955	0	0
C2 [e-36 Ф/Гц^2]	0	26.258	0	0
C3 [e-45 Ф/Гц^3]	0	5.5136	0	0
L0 [e-12 Гн]	0	0	0	0

Сохранить в файл Загрузить из файла

Восстановить ОК

Чтобы отменить изменения, сделанные в комплекте мер, нажмите программную кнопку **Восстановить**.

Закройте диалоговую форму нажатием на программную кнопку **ОК**.

5.3.4 Редактирование параметров калибровочной меры

Для изменения параметров калибровочной меры нажмите на программные кнопки **Калибровка > Комплект мер > Редактировать комплект мер**.

Редактор комплекта мер

Название комплекта мер
Agilent 85032B -F-

Тип меры	КЗ	ХХ	Нагрузка	Перемычка
C0 [e-15 Ф]	1	119.09	0	0
C1 [e-27 Ф/Гц]	0	-36.955	0	0
C2 [e-36 Ф/Гц^2]	0	26.258	0	0
C3 [e-45 Ф/Гц^3]	0	5.5136	0	0
L0 [e-12 Гн]	0	0	0	0

Сохранить в файл Загрузить из файла

Восстановить ОК

Выберите в таблице ячейку с параметром калибровочной меры, которую необходимо изменить.

Двойным щелчком мыши по ячейке вызовите цифровую клавиатуру и введите требуемое значение.

C0 [e-15 Ф]
C1 [e-27 Ф/Гц]
C2 [e-36 Ф/Гц^2]
C3 [e-45 Ф/Гц^3]

Для меры ХХ указываются значения краевых ёмкостей модели ХХ. Модель краевой ёмкости описывается функцией частоты, в виде полинома третьего порядка:

$$C = C_0 + C_1 f + C_2 f^2 + C_3 f^3, \text{ где}$$

f : частота [Гц]

C₀...C₃ – коэффициенты полинома.

L0 [e-12 Гн]
L1 [e-24 Гн/Гц]
L2 [e-33 Гн/Гц^2]
L3 [e-42 Гн/Гц^3]

Для меры КЗ указываются значения паразитной индуктивности модели КЗ. Модель паразитной индуктивности описывается функцией частоты, в виде полинома третьего порядка:

$$L = L_0 + L_1 f + L_2 f^2 + L_3 f^3, \text{ где}$$

f : частота [Гц]

L₀...L₃ – коэффициенты полинома.

Offset Delay [пс]
Offset Z0 [Ом]
Offset Loss [ГОм/с]

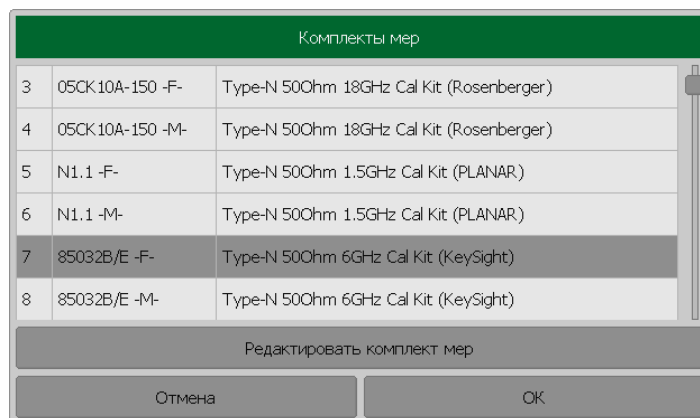
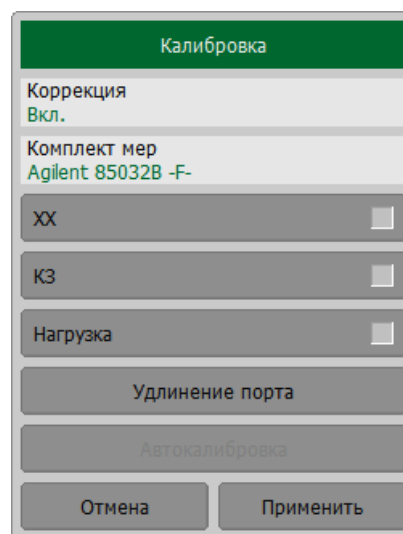
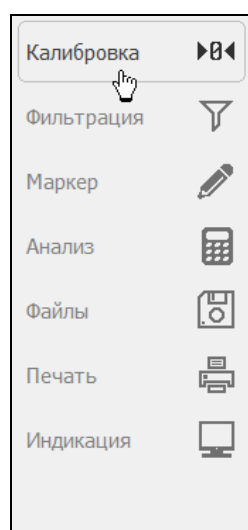
Для всех типов мер указываются параметры линии передачи модели:

- Значение задержки смещения в одном направлении (пс);
- Значение волнового сопротивления смещения (Ом);
- Значение потерь смещения (ГОм/с).

5.3.5 Определение параметров калибровочной меры с помощью файла S-параметров

Калибровочная мера может быть задана с помощью файла S-параметров в формате Touchstone.

Для определения параметров калибровочной меры с помощью файла S-параметров нажмите программные кнопки **Калибровка > Комплект мер > Редактировать комплект мер**.



На форме **Редактор комплекта мер** выберите двойным щелчком мыши тип калибровочной меры в строке **Файл Touchstone**, который нужно задать файлом S-параметров.

Редактор комплекта мер

Название комплекта мер
Не определен 50 Ом

L3 [e-42 Гн/Гц^3]	0	0	0	0
Offset Delay [нс]	0	0	0	0
Offset Z0 [Ом]	50	50	50	50
Offset Loss [ГОм/с]	0	0	0	0
Файл Touchstone	Short.s1p	Open.s1p	Load.s1p	
Использовать табличные данные	Вкл.	Откл.	Откл.	Откл.

Загрузить файл Touchstone

Путь
C:\VNA\RVNA\TouchStone

..

Load.s1p

Open.s1p

Short.s1p

Файл
Load.s1p

Выберите двойным щелчком мыши тип калибровочной меры в строке **Использовать табличные данные**, чтобы включить определение параметров калибровочной меры с помощью файла S-параметров. Значение параметра выбранной ячейки изменит состояние с **Откл.** на **Вкл.**

Закройте диалоговую форму, нажатием на кнопку **ОК**.

Примечание

Калибровочная мера может быть задана только с помощью файла S-параметров в формате Touchstone (*.s1p).

5.4 Автоматический калибровочный модуль

Автоматический калибровочный модуль (АКМ) - это специальное устройство, позволяющее автоматизировать процесс калибровки. АКМ показан на рисунке 5.7.



Рисунок 5.7 Автоматический калибровочный модуль

АКМ имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционной SOLT калибровкой, где используется набор механических калибровочных мер:

- Уменьшает количество подключений калибровочных мер;
- Уменьшает время калибровки;
- Уменьшает вероятность ошибки (человеческий фактор);
- Потенциально обеспечивает более высокую точность.

АКМ имеет два соединителя СВЧ и USB-разъем для управления. АКМ содержит электронные переключатели, которые переключаются между различными состояниями отражения и передачи, а также энергонезависимую память, в которой хранятся точные S-параметры этих состояний.

После того, как вы подключили АКМ к рефлектометру и запустили процедуру автоматической калибровки, программное обеспечение выполняет процедуру калибровки автоматически, т.е. переключается между различными состояниями, проводит измерения и вычисляет калибровочные коэффициенты, использует данные, хранящиеся в памяти АКМ.

5.4.1 Возможности автоматического калибровочного модуля

Типы калибровок:

АКМ позволяет выполнять полную однопортовую калибровку одним нажатием кнопки. Мы рекомендуем к неиспользуемому порту АКМ во время выполнения калибровки присоединять нагрузку.

Характеризация:

Характеризация - это таблица S-параметров всех состояний ключей АКМ, сохранённая в энергонезависимой памяти АКМ. Существует два типа характеристики: пользовательская и заводская. АКМ имеет две секции памяти. Первая защищена от записи и хранит заводскую характеристику. Вторая секция позволяет сохранять до трёх пользовательских характеристик. До калибровки необходимо выбрать заводскую или пользовательскую характеристику, сохранённую в памяти АКМ. Опция пользовательской характеристики служит для сохранения новых S-параметров АКМ с учётом присоединённого на порт АКМ адаптера.

Автоматическая ориентация:

Ориентация определяет порты АКМ относительно измерительного порта рефлектометра. Порт рефлектометра обозначается цифрой, порты АКМ обозначаются буквами А и В.

Ориентация определяется либо вручную пользователем, либо автоматически. Пользователь может выбрать ручной или автоматический метод ориентации. В случае выбора автоматической ориентации, программное обеспечение рефлектометра определяет ориентацию портов АКМ каждый раз перед калибровкой или характеристикой.

Температурная компенсация:

Большая точность калибровки может быть достигнута, если температура АКМ соответствует температуре, при которой проводилась характеристика. При изменении температуры параметры состояний АКМ меняются и начинают отличаться от сохранённых в памяти. Это влечёт за собой снижение точности калибровки.

Для снижения температурных ошибок АКМ имеет функцию температурной компенсации. Температурная компенсация - это программная функция коррекции S-параметров на основании известной зависимости от температуры и данных от датчика температуры внутри АКМ. Температурная зависимость каждого АКМ определяется при производстве и сохраняется в его памяти.

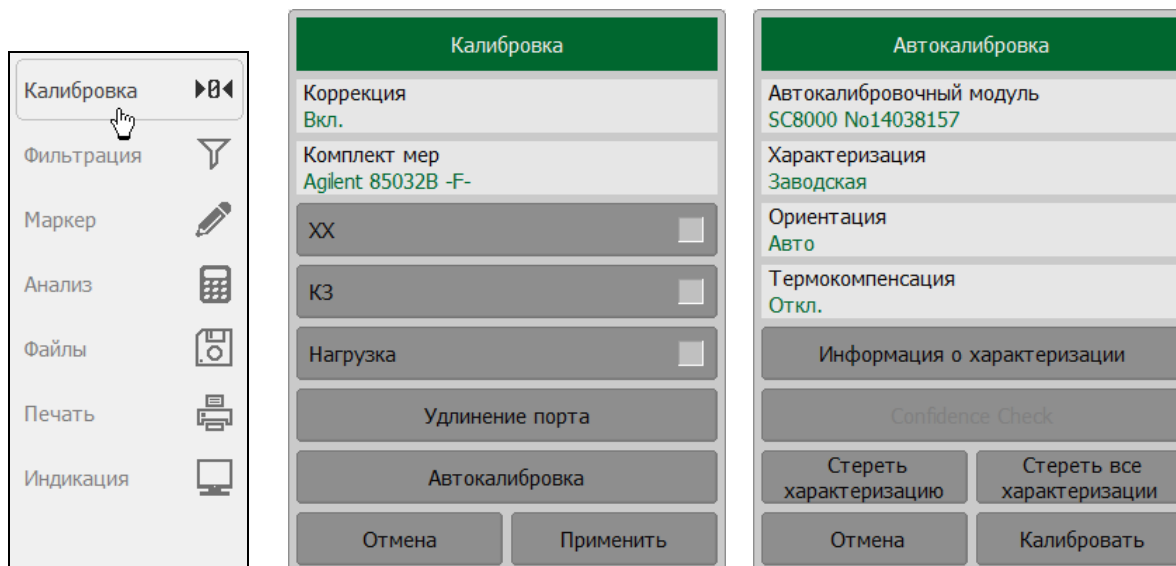
Функция температурной компенсации может быть включена или отключена пользователем.

5.4.2 Процедура автоматической калибровки

Перед калибровкой рефлектометра с помощью АКМ необходимо сделать некоторые настройки, такие как: активировать канал, установить параметры (диапазон частот, полоса измерительного фильтра и т.д.).

Присоедините АКМ к измерительному порту рефлектометра, подключите USB разъем АКМ к USB порту компьютера.

Для запуска автоматической калибровки используйте следующие программные кнопки **Калибровка > Автокалибровка-> Калибровать**.



Для выбора ручной или автоматической ориентации АКМ кликните левой кнопкой мыши по полю **Ориентация**. Мы рекомендуем использовать автоматическую ориентацию.

Для включения или выключения температурной компенсации используйте поле **Термокомпенсация**.

Для отображения детальной информации о характеристике используйте программную кнопку **Информация о характеристике**.

6 Анализ измерений

6.1 Маркеры

Маркеры – это инструмент для считывания числовых значений стимула и измеряемой величины на выбранных точках графика. Рефлектометр позволяет включать до 16 маркеров на каждый график. Вид графика с двумя маркерами показан на рисунке 6.1.

Маркеры позволяют решать следующие задачи:

- Считывание абсолютных значений измеряемой величины и стимула в конкретных точках графика;
- Считывание относительных значений измеряемой величины и стимула относительно опорного маркера;
- Поиск на графике минимума, максимума, пика и заданного значения;
- Вычисление различных параметров графика (статистика, полоса пропускания и др.).

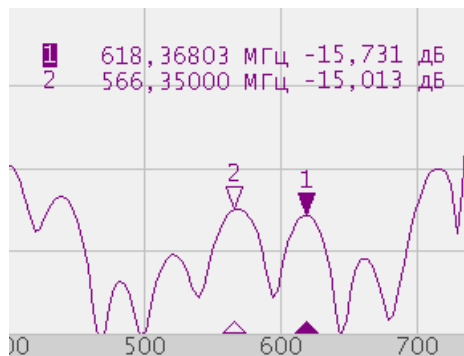


Рисунок 6.1 График с маркерами

Маркеры имеют следующие графические элементы:

- | | |
|--------|--|
| 1
▼ | Метка и номер активного маркера на графике, |
| 2
▽ | Метка и номер не активного маркера на графике, |
| ▲ | Метка на оси стимулов активного маркера, |
| △ | Метка на оси стимулов не активного маркера. |

Числовые данные содержат номер маркера, значение стимула, значение измеряемой величины. Номер активного маркера выделен инверсным цветом.

Значение измеряемой величины маркера различается в прямоугольных и полярных форматах.

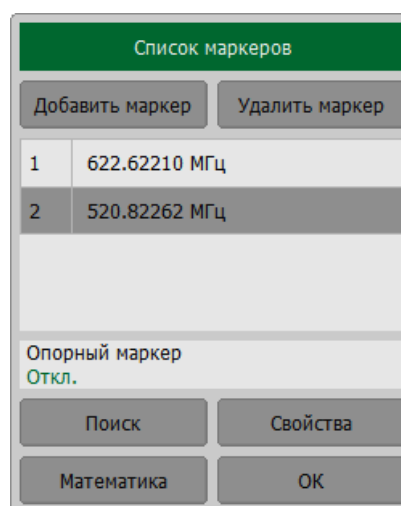
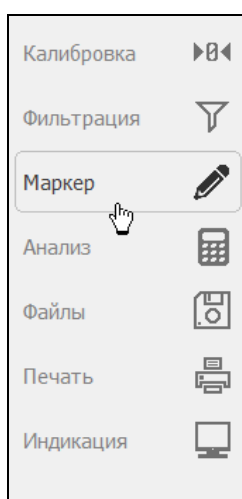
В прямоугольных координатах маркер показывает одно значение измеряемой величины по оси Y в текущем формате (таблица 4.3).

В круговых координатах, формат графика Smith (R+jX) маркер показывает:

- Активная часть сопротивления (Ω);
- Реактивная часть сопротивления (Ω);
- Эквивалентная ёмкость или индуктивность реактивной части (Ф/Гн).

6.1.1 Добавление маркера

Для установки нового маркера нажмите программные кнопки **Маркер > Добавить маркер**.

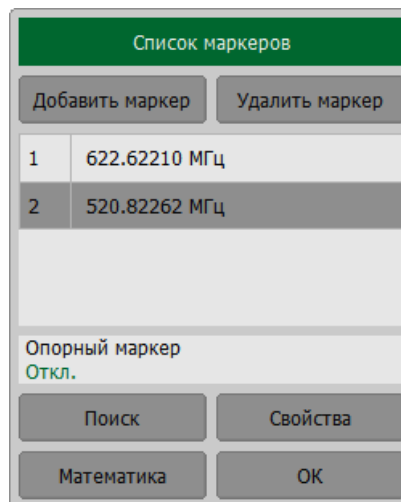
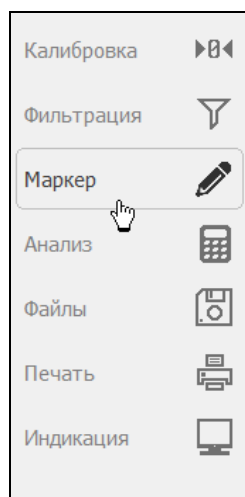


Примечание

Новый маркер устанавливается в центре оси стимула и назначается активным маркером.

6.1.2 Удаление маркера

Для удаления активного маркера нажмите программные кнопки **Маркер > Удалить маркер**.



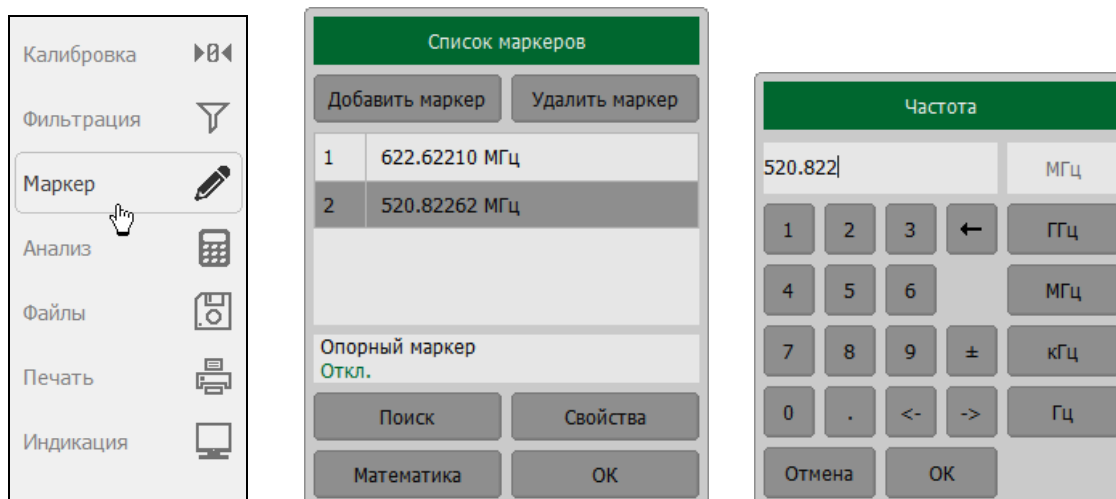
Примечание

В диалоговой форме **Список маркеров** активный маркер подсвечен в списке.

6.1.3 Установка значения стимула маркера

Перед установкой стимула необходимо назначить активный маркер. Установка стимула возможна путём ввода значения с клавиатуры или перемещения маркера мышью. Перемещение маркеров мышью описано в разделе 3.9.6.

Для установки значения стимула маркера нажмите программную кнопку **Маркер**.



Выберите в списке маркер, стимул которого нужно установить.

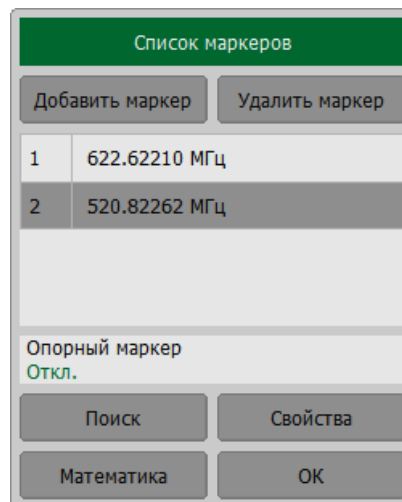
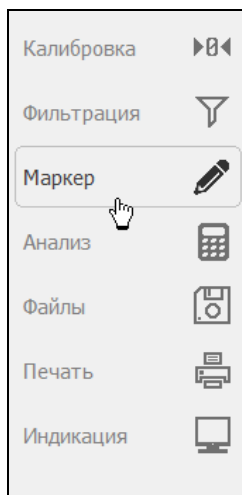
Двойным щелчком мыши по значению стимула маркера в таблице вызовите цифровую клавиатуру и введите значение стимула. Завершите ввод нажатием на кнопку **ОК**

Примечание

Для ввода числового значения стимула в строке данных маркера, щёлкните мышью по нему.

6.1.4 Выбор активного маркера

Для выбора активного маркера нажмите программную кнопку **Маркер**.



В диалоговой форме **Список маркеров** выделите в списке строку с маркером, который необходимо сделать активным.

Закройте диалоговую форму нажатием на кнопку **ОК**.

Примечание

Выбор активного маркера в окне канала индикации возможен щелчком мыши по нему.

6.1.5 Режим опорного маркера

Режим опорного маркера служит для получения относительных данных на маркерах. Данные маркеров считаются в приращениях относительно специального маркера, называемого опорным. Опорный маркер показывает абсолютные данные. Вместо номера опорный маркер обозначается символом Δ (рисунок 6.2). Включение опорного маркера переводит все остальные маркеры в режим относительных измерений.

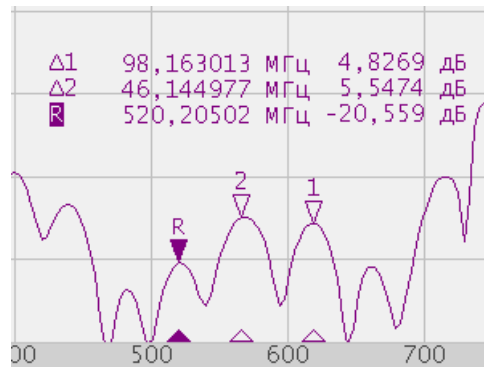


Рисунок 6.2 Использование опорного маркера

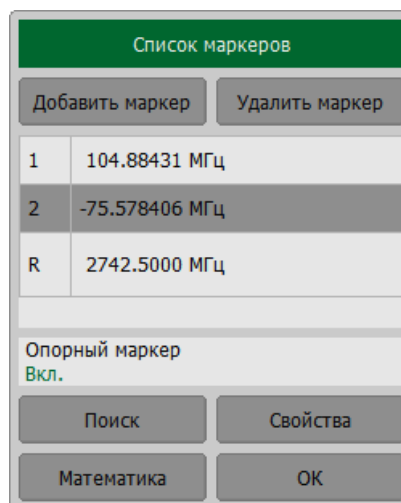
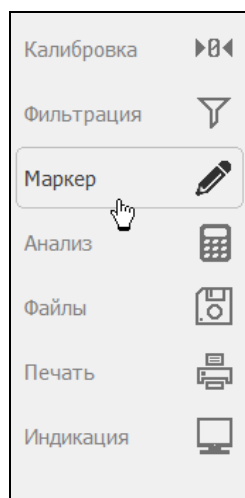
Обозначения опорного маркера на графике:

- | | |
|-----|---|
| R | |
| ▼ | Метка активного опорного маркера на графике, |
| R | |
| ▽ | Метка не активного опорного маркера на графике. |

Опорный маркер показывает абсолютные значения стимула и измеряемой величины. Все остальные маркеры показывают относительные значения:

- значение стимула – разность между абсолютными значениями стимула маркера и опорного маркера;
- значение измерения – разность между абсолютными значениями измерения маркера и опорного маркера.

Для включения / отключения режима опорного маркера нажмите программную кнопку **Маркер**.

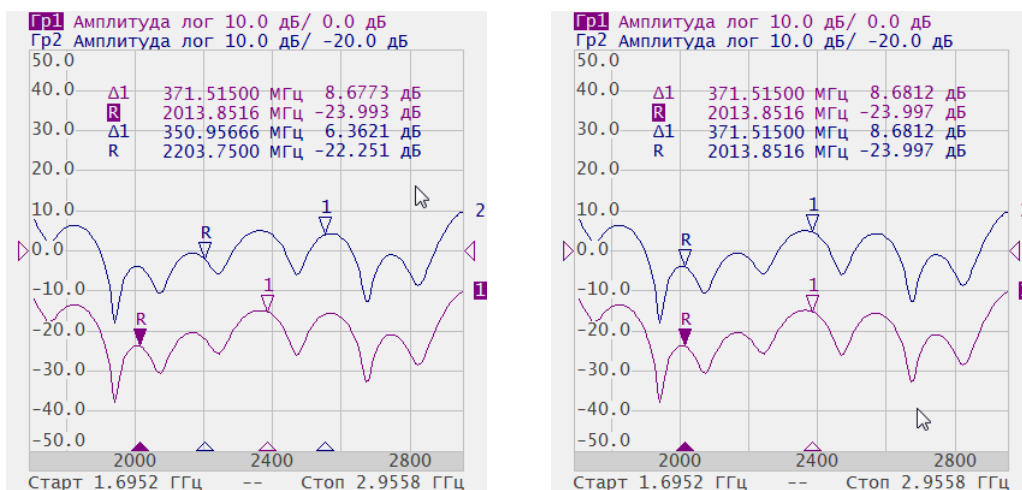


Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Опорный маркер**. Значение параметра изменится на **Вкл.** / **Откл.**. В список маркеров будет добавлен / убран опорный маркер.

6.1.6 Свойства маркеров

6.1.6.1 Режим связности маркеров

Режим связности маркеров служит для включения или отключения взаимозависимости одноименных маркеров для разных графиков канала. При включенном режиме связности – одноименные маркеры передвигаются вдоль оси X синхронно для всех графиков. При отключенном режиме связности – положения одноименных маркеров вдоль оси X независимы (рисунок 6.3).

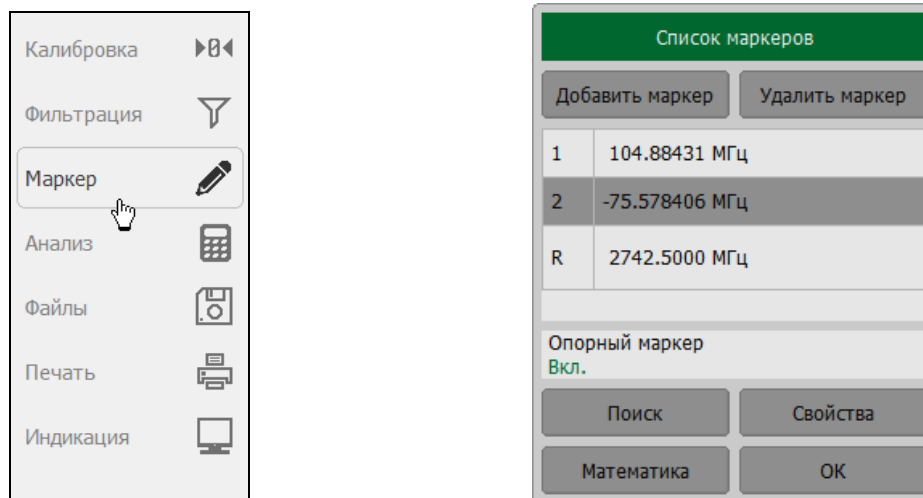


Связность: Вкл.

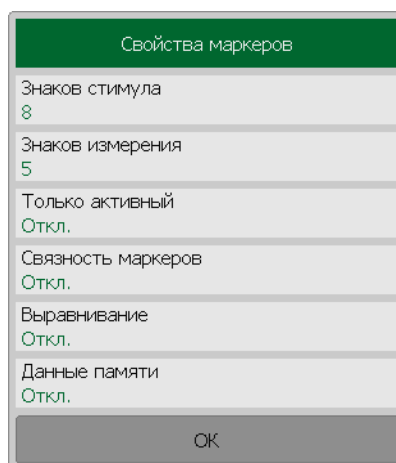
Связность: Откл.

Рисунок 6.3 Режим связности маркеров

Для включения / отключения режима связности маркеров нажмите программные кнопки **Маркер > Свойства**.



В диалоговой форме **Свойства маркеров** щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Связность маркеров**. Значение параметра изменится на **Вкл. / Откл.**

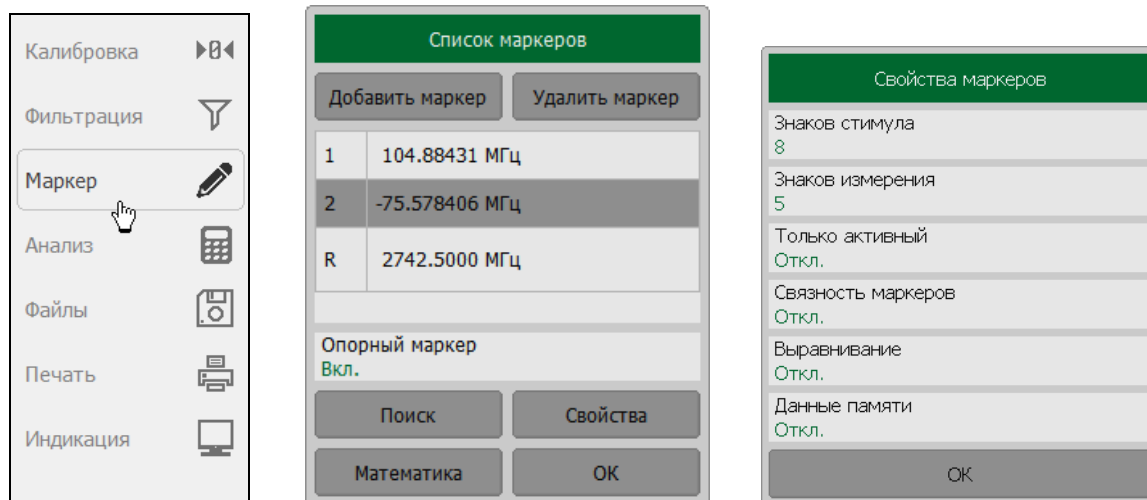


Закройте диалоговую форму нажатием на кнопку **ОК**.

6.1.6.2 Настройка точности представления маркеров

По умолчанию число десятичных знаков индикации данных маркеров составляет: 8 для стимула и 5 для измерения. Пользователь может изменить эти значения. Диапазон изменения количества знаков стимула составляет от 5 до 10 знаков, знаков измерения – от 3 до 8 знаков.

Для настройки точности представления числовых значений маркеров нажмите программные кнопки **Маркер > Свойства**.



Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Знаков стимула**, чтобы ввести число десятичных знаков стимула.

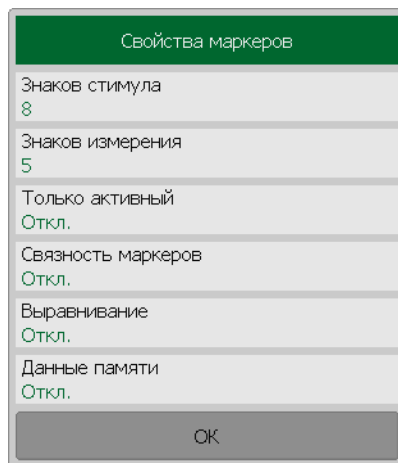
Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Знаков измерения**, чтобы ввести число десятичных знаков измерения.

Закройте диалоговую форму нажатием на кнопку **ОК**.

6.1.6.3 Групповая индикация данных маркеров

При выводе нескольких графиков в одном канале индикации, данные маркеров по умолчанию индицируются только для активного графика. Пользователь имеет возможность включить групповую индикацию маркеров всех графиков одновременно. Маркеры различных графиков различаются по цвету, каждый маркер имеет цвет своего графика.

Для включения / отключения групповой индикации маркеров нажмите программные кнопки **Маркер > Свойства**.



Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Только активный**. Значение параметра изменится на **Вкл. / Откл.**

Закройте диалоговую форму нажатием на кнопку **ОК**.

Примечание

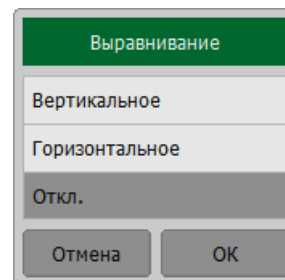
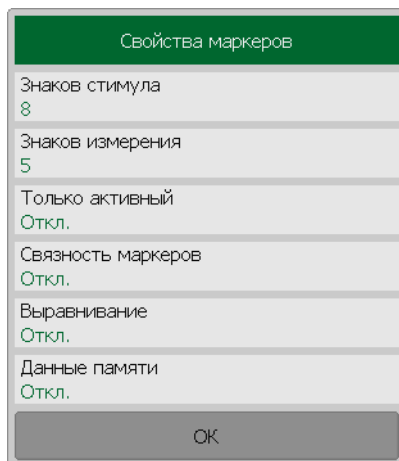
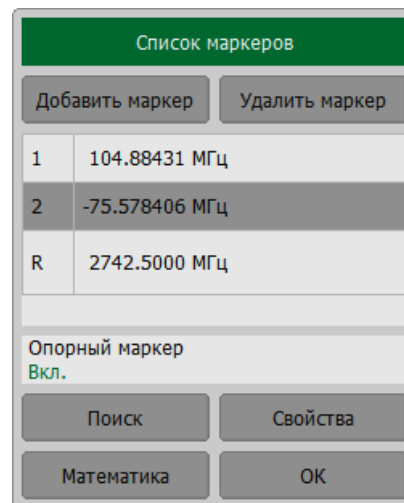
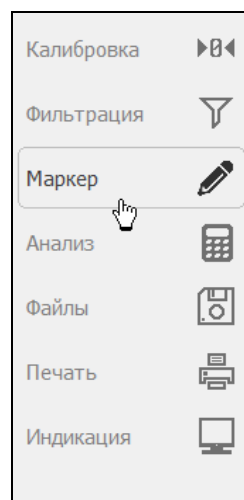
После включения групповой индикации пользователю необходимо разместить данные маркеров на экране во избежание их наложения.

6.1.6.4 Выравнивание положения данных маркеров на экране

Данные маркеров по умолчанию располагаются для каждого графика независимо. Пользователь имеет возможность включить выравнивание положения данных маркеров на экране. Выравнивание отменяет независимое расположение данных маркеров различных графиков. Данные маркеров всех следующих графиков выравниваются по отношению к первому графику. Выравнивание может быть двух типов:

- Вертикальное – данные маркеров различных графиков располагаются друг под другом;
- Горизонтальное – данные маркеров различных графиков располагаются в строчку.

Для включения выравнивания положения данных маркеров – нажмите программные кнопки **Маркер > Свойства**.



Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Выравнивание**.

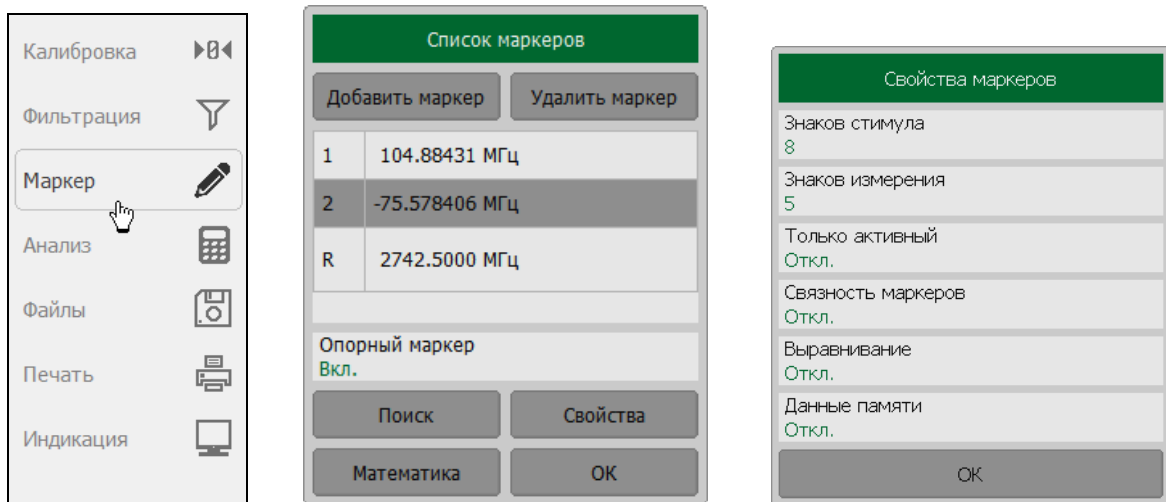
В диалоговой форме **Выравнивание** выберите двойным щелчком мыши тип выравнивания.

Закройте диалоговую форму **Свойства маркеров** нажатием на кнопку **ОК**.

6.1.6.5 Индикация значений памяти на маркерах

По умолчанию маркеры индицируют данные графиков измерений. Пользователь имеет возможность включить индикацию данных памяти, если имеется запомненный график.

Для включения/отключения данных графика памяти на маркерах – нажмите программные кнопки **Маркер > Свойства > Данные памяти**.



При включении индикации данных памяти для маркера, маркер индицирует запомненные данные одновременно с текущими. На графике памяти появляются указатели маркеров такие же как и на графике данных. Указатели маркеров интерактивны. Их можно перемещать с помощью мыши для отслеживания запомненных данных.

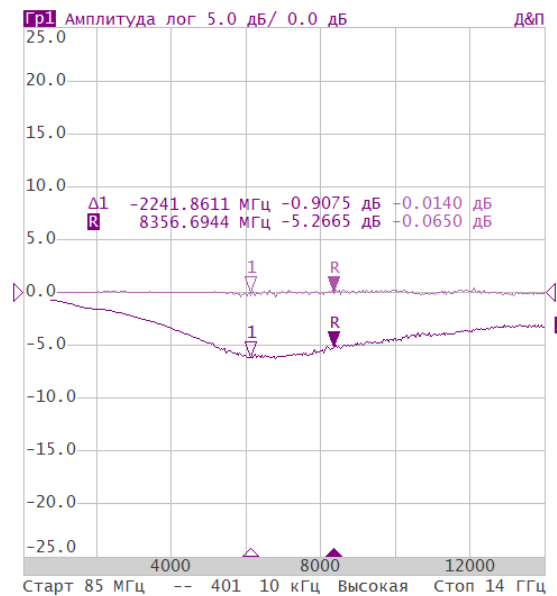


Рисунок 6.4 Индикация данных памяти с помощью маркеров

6.1.7 Функции поиска положения маркеров

Функции поиска положения маркера осуществляют поиск на графике:

- Максимального значения;
- Минимального значения;
- Пикового значения;
- Целевого уровня.

Примечание

Перед поиском должен быть назначен активный маркер.

6.1.7.1 Поиск максимума или минимума

Функции поиска максимума или минимума находят положение маркера, соответствующие наибольшему или наименьшему значению измеряемой величины (рисунок 6.5).

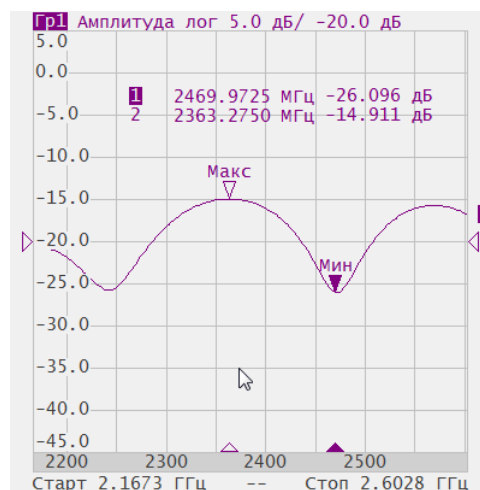
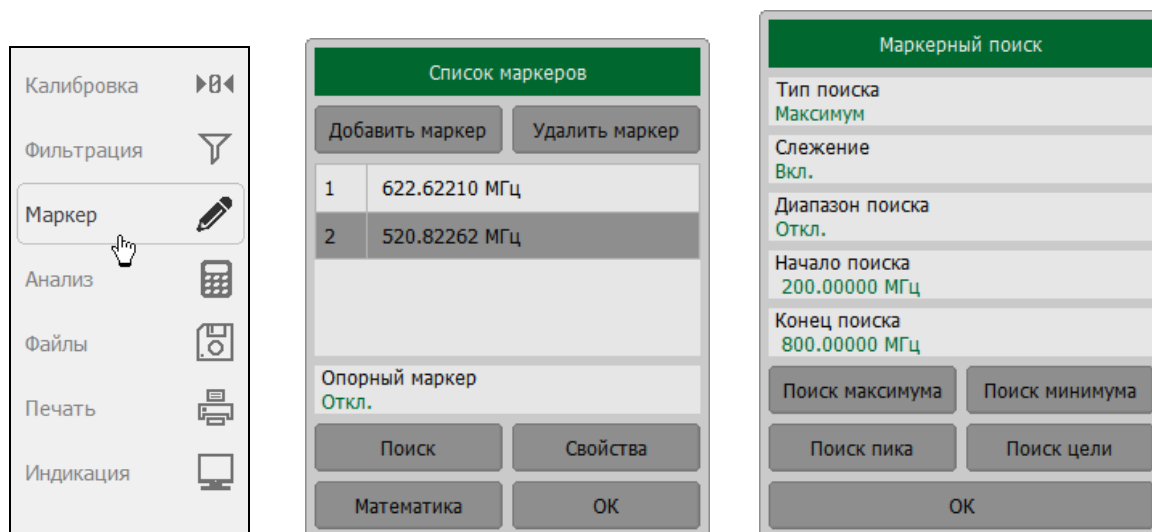


Рисунок 6.5 Поиск минимума или максимума

Для поиска минимума или максимума графика – нажмите программные кнопки **Маркер > Поиск > Поиск минимума /Маркер > Поиск > Поиск максимума**.



В диалоговой форме **Маркерный поиск** в поле значения **Тип поиска** отображается последний тип поиска, применённый к маркеру.

6.1.7.2 Поиск пикового значения

Функция поиска пика находит положение маркера, соответствующие пиковому значению измеряемой величины (рисунок 6.6).

Пик - это локальный экстремум функции.

Пик называется **положительным**, если значение в точке пика превышает значения в соседних точках.

Пик называется **отрицательным**, если значение в точке пика меньше, чем значения в соседних точках.

Пиковым отклонением называется наименьший модуль разности измеряемой величины между точкой пика и двумя соседними пиками противоположной полярности.

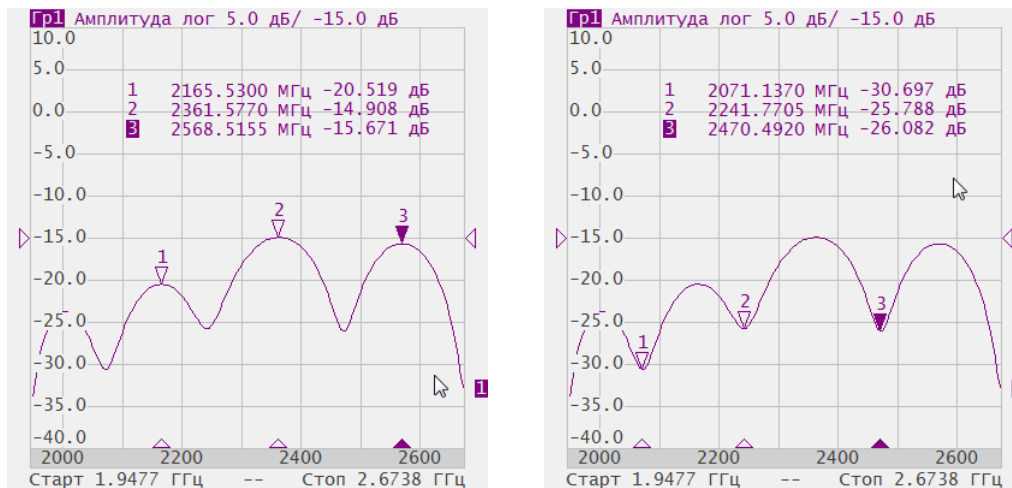


Рисунок 6.6 Положительные и отрицательные пики

В поиске участвуют не все пики, а только те, которые удовлетворяют двум критериям поиска:

- Пики должны иметь определённую пользователем полярность (положительную, отрицательную, или обе полярности);
- Пики должны иметь значение пикового отклонения, не менее заданного пользователем.

Возможны следующие варианты функции поиска пика:

- Поиск ближайшего пика;
- Поиск наибольшего пика;
- Поиск пика слева;
- Поиск пика справа.

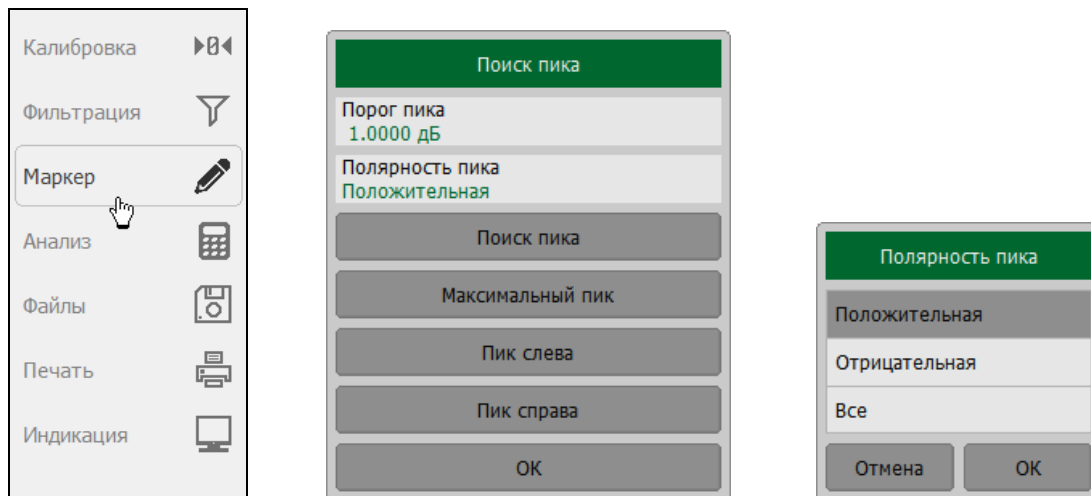
Ближайший пик – это самый близкий пик к текущему положению маркера вдоль оси стимулов.

Наибольший пик – это пик с максимальным или минимальным значением, в зависимости текущих установок полярности пика.

Примечание

Поиск наибольшего пика отличается от поиска минимума или максимума, так как пик не может быть обнаружен в крайних точках графика, если даже они имеют минимальное или максимальное значение.

Для поиска пикового значения нажмите программные кнопки **Маркер > Поиск > Поиск пика**.



В диалоговой форме **Поиск пика**, выберите нужный тип функции поиска, нажав одну из программных кнопок:

- **Поиск пика;**
- **Максимальный пик;**
- **Пик слева;**
- **Пик справа.**

Для ввода значения пикового отклонения щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Порог пика**.

Для выбора полярности пика щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Полярность пика**.

Закройте диалоговую форму **Полярность пика** нажатием на кнопку **ОК**.

6.1.7.3 Поиска целевого уровня

Функция поиска целевого уровня находит положение маркера, соответствующее заданному (целевому) уровню измеряемой величины (рисунок 6.7).

В точках пересечения целевого уровня график функции может иметь два типа перехода:

- положительный, если производная функции (наклон графика) в точке пересечения целевого уровня больше нуля;

- отрицательный, если производная функции (наклон графика) в точке пересечения целевого уровня меньше нуля.



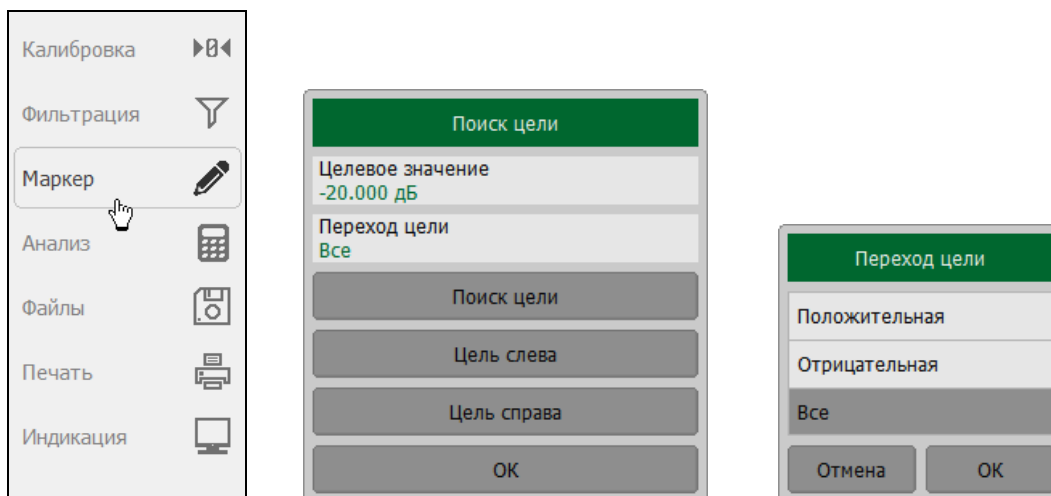
Рисунок 6.7 Поиск целевого уровня

В поиске участвуют не все точки пересечения графика с целевым уровнем, а только те, которые имеют определённую пользователем полярность перехода (положительную, отрицательную, или обе полярности).

Возможны следующие варианты функции поиска целевого уровня:

- Поиск ближайшей цели;
- Поиск цели слева;
- Поиск цели справа.

Для поиска целевого уровня нажмите программные кнопки **Маркер > Поиск > Поиск цели**.



В зависимости от варианта функции поиска, нажмите одну из программных кнопок:

- **Поиск цели;**
- **Цель слева;**
- **Цель справа.**

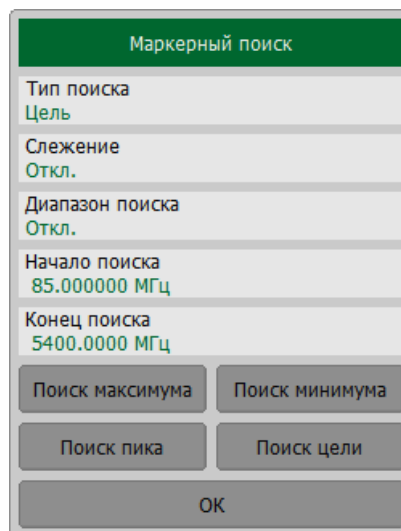
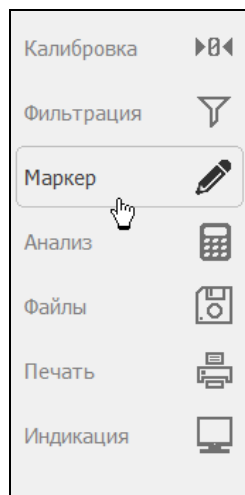
Для ввода величины целевого уровня щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Целевое значение** и введите значение с помощью цифровой клавиатуры.

Установите тип перехода, щёлкнув левой кнопкой мыши по полю **Переход цели**.

6.1.7.4 Режим слежения

По умолчанию осуществляется однократный поиск после нажатия на любую кнопку поиска. Режим слежения служит для непрерывного поиска положения маркера, пока данный режим не будет отключён.

Для включения / отключения режима слежения – нажмите программные кнопки **Маркер > Поиск**.

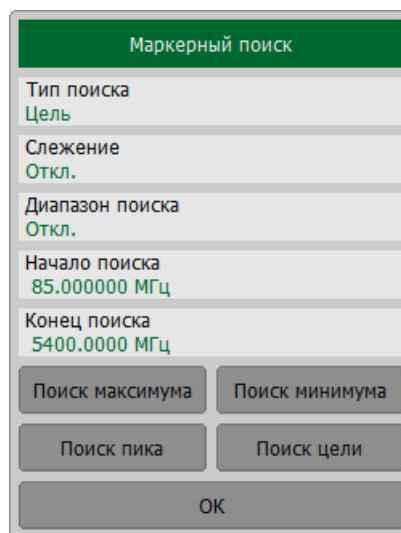
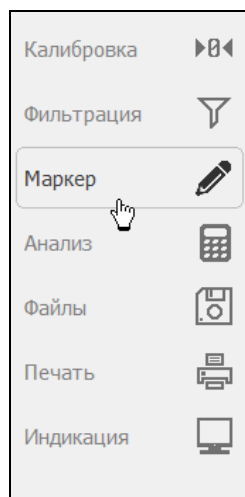


Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Слежение**, чтобы включить / выключить режим слежения. Значение параметра **Слежения** изменится на **Вкл. / Откл.**

6.1.7.5 Ограничение диапазона поиска

При осуществлении поиска положения маркера можно ограничить диапазон поиска заданными границами стимула.

Для включения / отключения диапазона поиска нажмите программные кнопки **Маркер > Поиск**.



Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Диапазон поиска**, чтобы включить / выключить ограничение диапазона поиска. Значение параметра **Диапазон поиска** изменится на **Вкл. / Откл.**

Для ввода границ диапазона поиска щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Начало поиска** или **Конец поиска** соответственно. Ведите значения стимула с помощью цифровой клавиатуры.

6.1.8 Маркерные вычисления

Маркерные вычисления – это функции, использующие маркеры для вычисления различных характеристик графика. В маркерные вычисления входят четыре функции:

- Статистика;
- Неравномерность;
- Поиск полосы;
- Полосовой фильтр.

6.1.8.1 Статистика

Функция *статистики* вычисляет и индицирует следующие параметры графика: среднее значение, стандартное отклонение, фактор пик-пик. Диапазон вычисления может быть ограничен, для ограничения используются два маркера (рисунок 6.8).

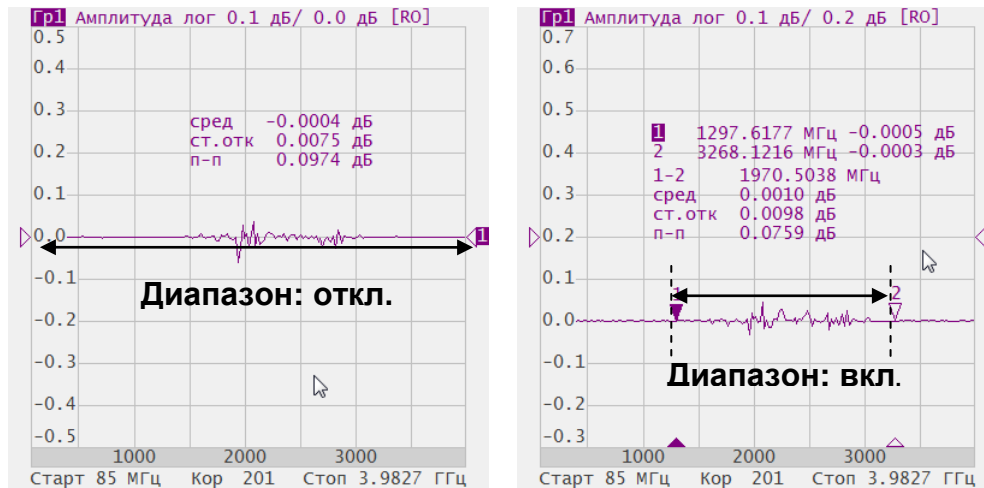
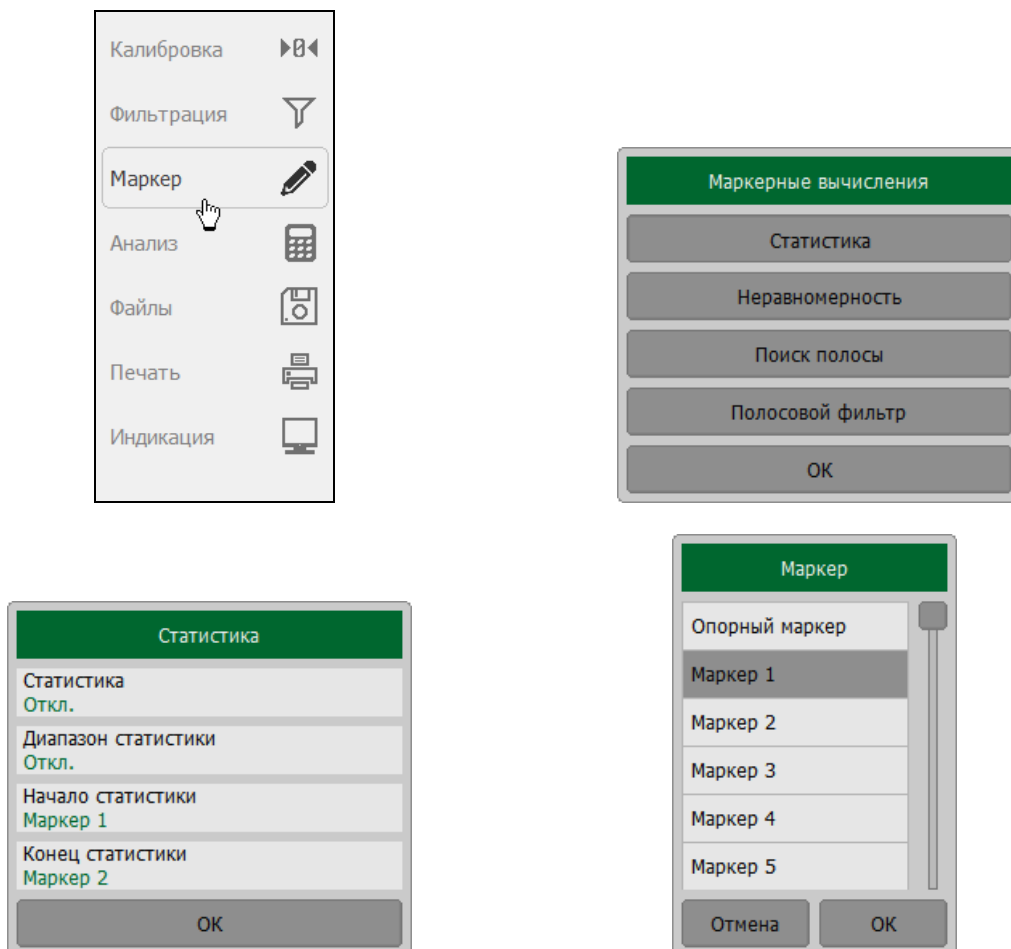


Рисунок 6.8 Статистика

Таблица 6.1 Определение статистических параметров

Обозначение	Определение	Формула
сред	Среднее арифметическое	$M = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_i$
ст.отк	Стандартное отклонение	$\sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - M)^2}$
п-п	Фактор пик-пик: разность между максимальным и минимальным значением	Макс - Мин

Для включения / отключения статистики – нажмите программные кнопки **Маркер > Статистика**.



Выберите вкладку **Статистика** и щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Статистика**. Значение параметра **Статистика** изменится на **Вкл. / Откл.**

Для включения / отключения ограничения диапазона статистики щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Диапазон статистики**. Значение параметра **Диапазон статистики** изменится на **Вкл. / Откл.**

Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Начало статистики** и **Конец статистики**. Выберите номера маркеров из списка, которые будут задавать границы диапазона статистики.

6.1.8.2 Неравномерность

Функция *неравномерности* вычисляет и индицирует следующие параметры графика: усиление, наклон, *неравномерность*. Функция *неравномерности* использует два маркера для задания диапазона расчёта параметров (рисунок 6.9).

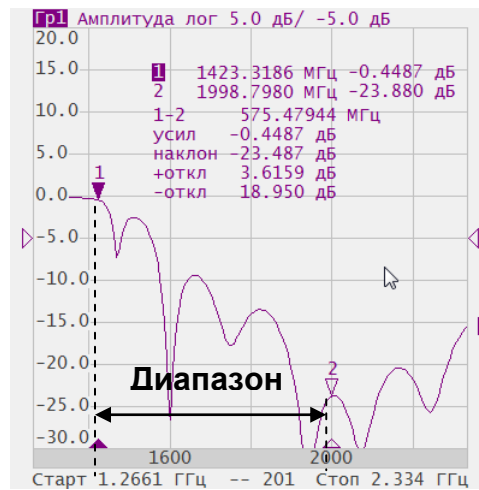


Рисунок 6.9 Функция неравномерности

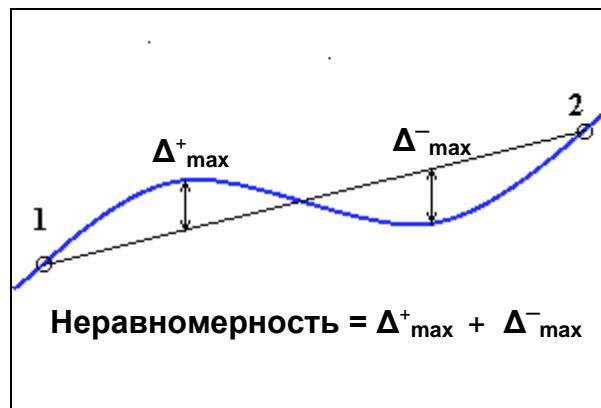
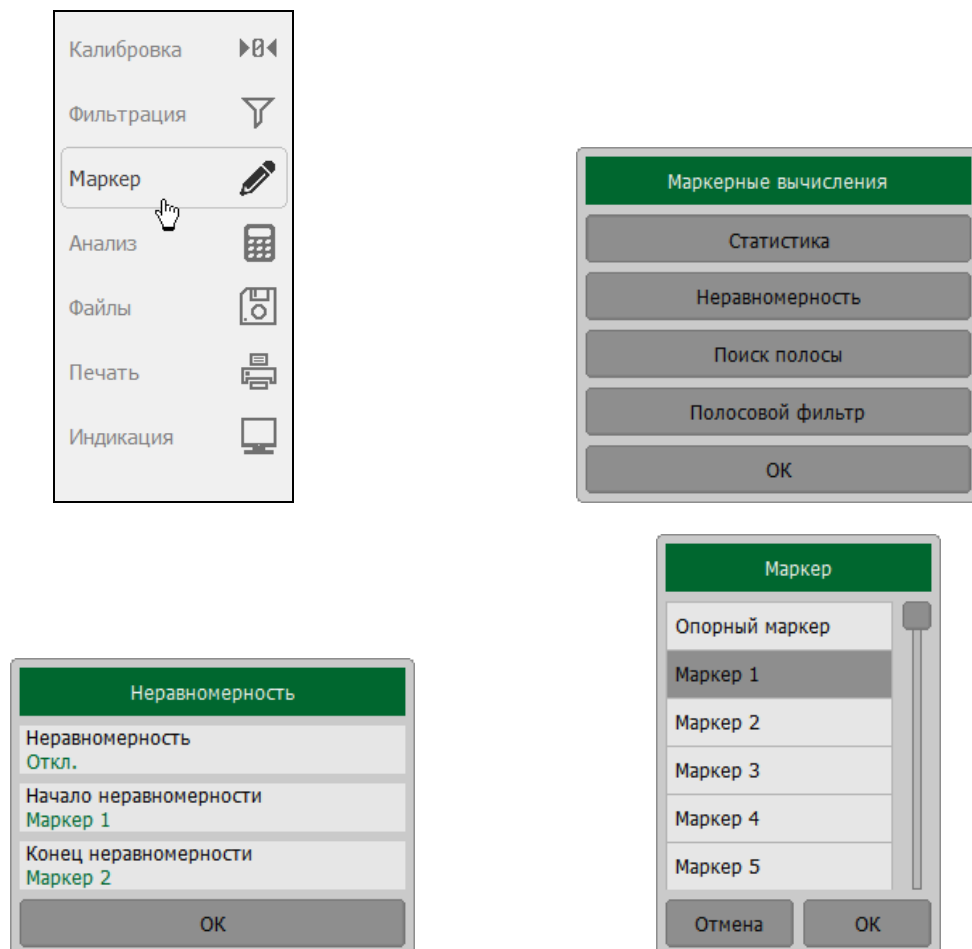


Рисунок 6.10 Определение неравномерности

Таблица 6.2 Определение параметров функции неравномерности

Наименование	Обозначение	Определение
Усиление	усил	Значение маркера 1
Наклон	наклон	Разность между значениями маркера 2 и маркера 1
Неравномерность	+откл -откл	Находятся максимумы отклонений в "плюс" и в "минус" от прямой линии, соединяющей маркеры 1 и 2. Неравномерность определяется как их сумма (рисунок 6.10).

Для включения / отключения функции неравномерности нажмите программные кнопки **Маркер > Неравномерность**.



Выберите вкладку **Неравномерность** щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Неравномерность**. Значение параметра **Неравномерность** изменится на **Вкл. / Откл.**

Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Начало неравномерности** и **Конец неравномерности**.

Выберите номера маркеров из списка, которые будут задавать границы диапазона неравномерности.

6.1.8.3 Поиск полосы

Функция осуществляет поиск полосы пропускания или заграждения и индицирует следующие параметры полосы: ширина полосы, центр, нижняя и верхняя частота среза, добротность, потери (рисунок 6.11). Символами F1 и F2 на рисунке обозначены верхняя и нижняя частота среза, соответственно.

Поиск полосы производится относительно опорной точки. Опорной точкой служит либо максимум графика, либо активный маркер, по выбору пользователя. Относительно значения графика в опорной точке определяются верхняя и нижняя

частоты среза, в которых значение графика уменьшается на заданный пользователем уровень поиска полосы (обычно -3 дБ).

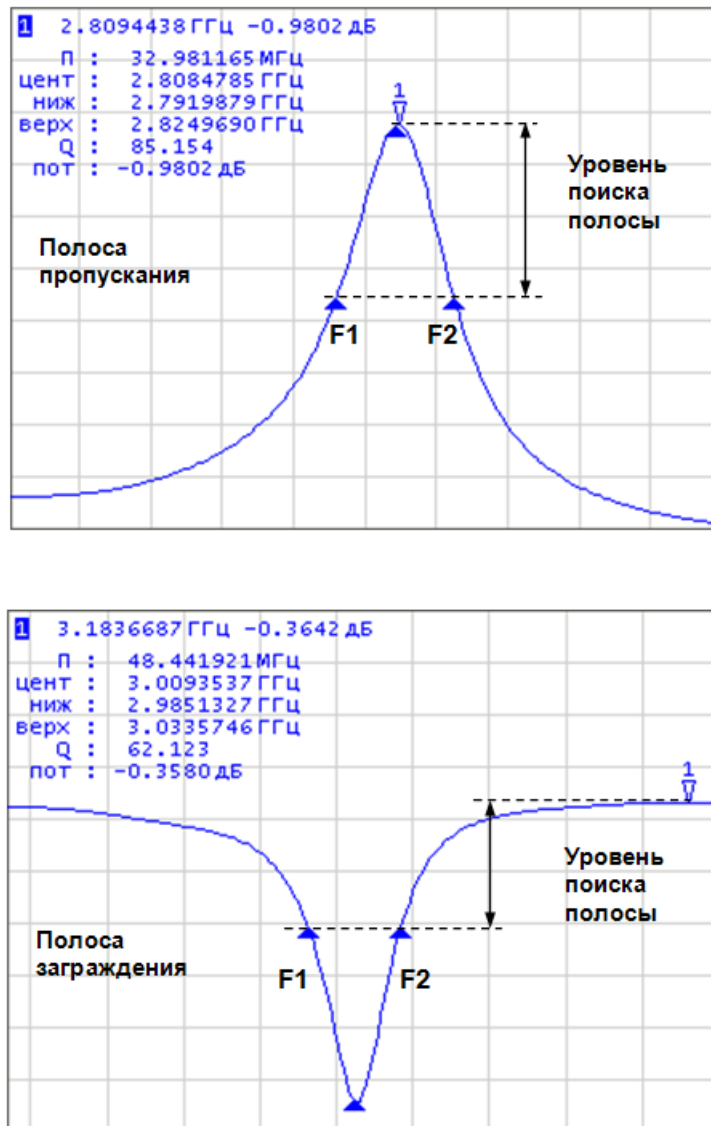


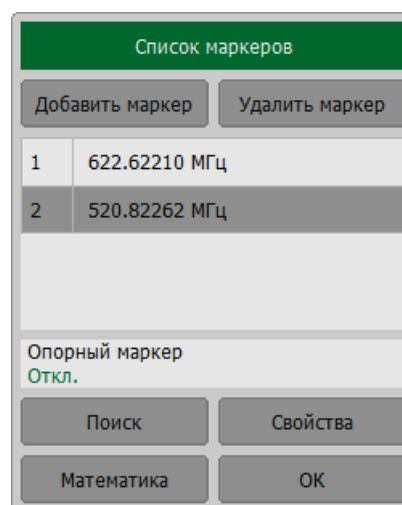
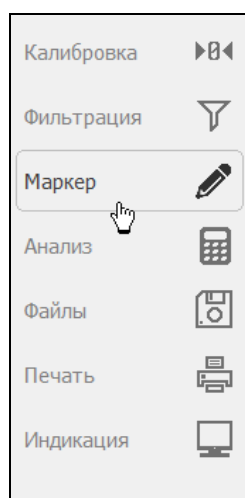
Рисунок 6.11 Поиск полосы.

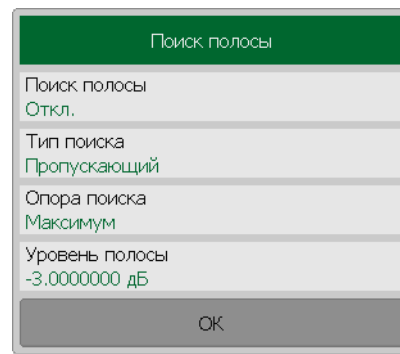
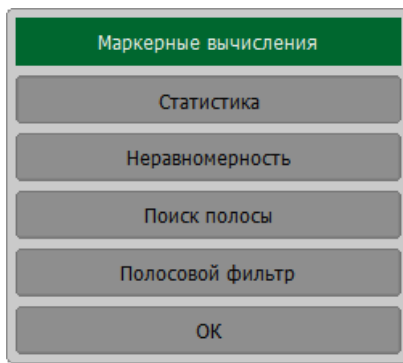
Таблица 6.3 Определение параметров полосы

Наименование параметра	Обозначение	Определение	Формулы
Полоса пропускания	П	Разность между верхней и нижней частотой среза	$F2 - F1$
Центральная частота полосы пропускания	цент	Среднее значение между верхней и нижней частотой среза	$(F1 + F2) / 2$

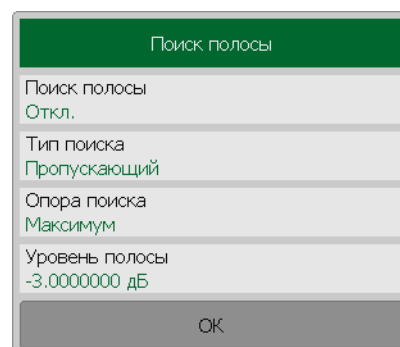
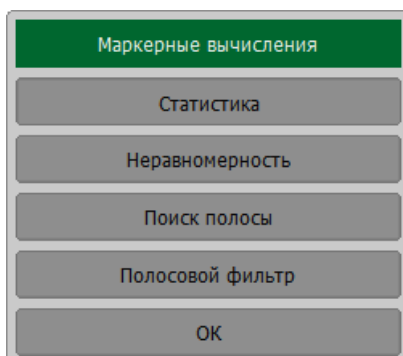
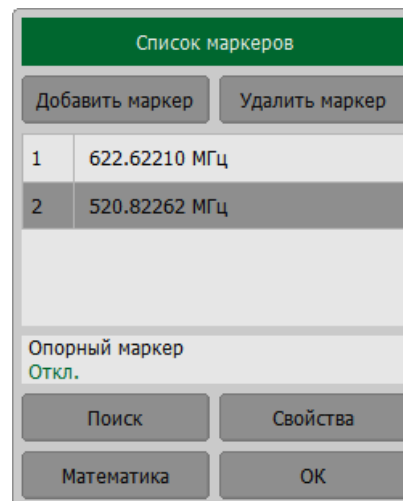
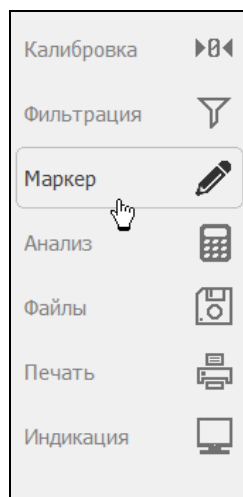
Наименование параметра	Обозначение	Определение	Формулы
Нижняя частота среза	ниж	Нижняя частота пересечения графика и уровня определения полосы пропускания	F1
Верхняя частота среза	верх	Верхняя частота пересечения графика и уровня определения полосы пропускания	F2
Добротность	Q	Отношение центральной частоты к полосе пропускания	цент / П
Потери	пот	Значение графика в опорной точке поиска полосы	–

Для включения / отключения функции поиска полосы – нажмите программные кнопки: **Маркер > Математика > Поиск полосы > Поиск полосы.**



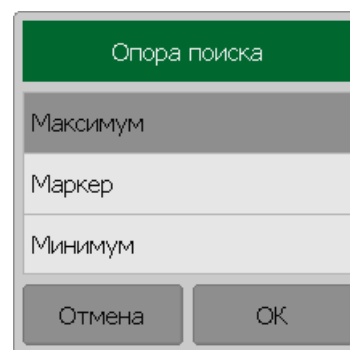
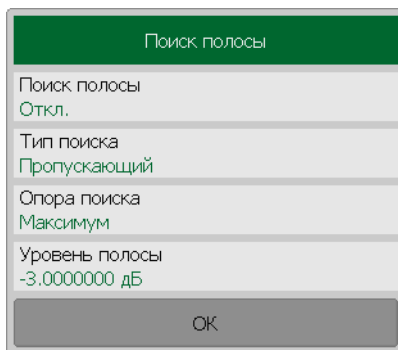


Задайте тип полосы программными кнопками: **Маркер > Математика > Поиск полосы > Тип поиска.**



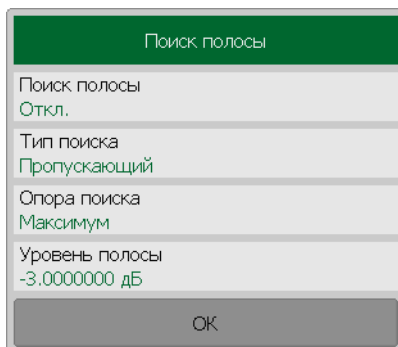
Тип и надпись на кнопке переключается между состояниями **Пропускающий** и **Заграждающий**.

Задайте опору поиска программными кнопками: **Маркер > Математика > Поиск полосы > Опора поиска.**



Тип и надпись на кнопке переключается между состояниями **Максимум, Маркер и Минимум.**

Для ввода значения уровня определения полосы – нажмите программные кнопки: **Маркер > Математика > Поиск полосы > Уровень полосы.**



6.1.8.4 Полосовой фильтр

Функция *полосовой фильтр* вычисляет и индицирует следующие параметры фильтра: потери, фактор пик-пик в полосе пропускания, величину заграждения в полосе заграждения. Границы полосы пропускания задаются первой парой маркеров, границы полосы задержания задаются второй парой маркеров (рисунок 6.12).

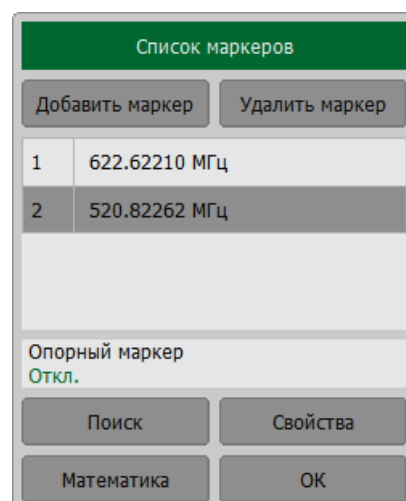
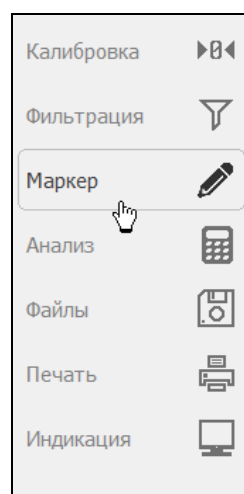


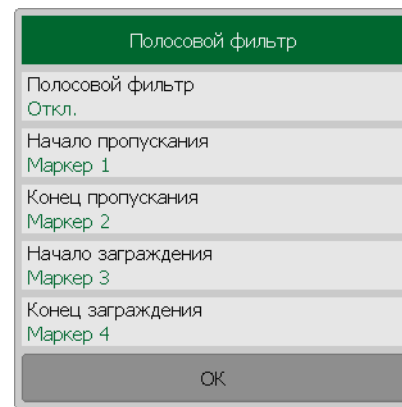
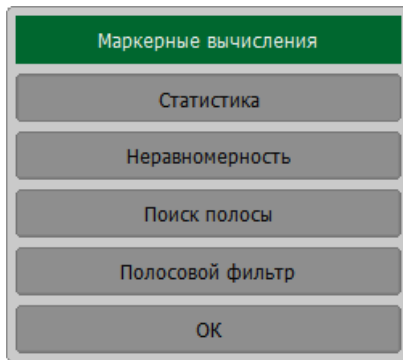
Рисунок 6.12 Функция полосовой фильтр.

Таблица 6.4 Определение параметров функции полосовой фильтр

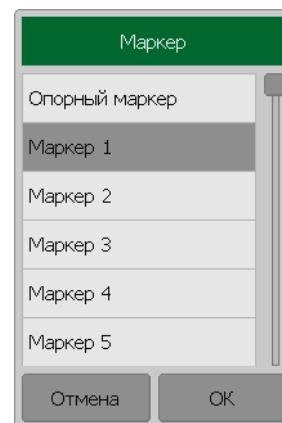
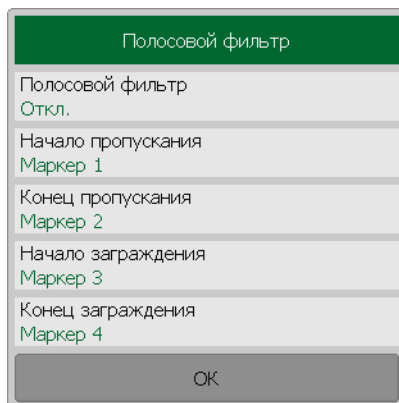
Наименование	Обозначение	Определение
Потери в полосе пропускания	потер	Минимальное значение в полосе пропускания
Фактор пик-пик в полосе пропускания	п-п	Разность между максимумом и минимумом в полосе пропускания
Заграждение	загр	Разность между максимумом в полосе заграждения и минимумом в полосе пропускания

Для включения / отключения функции полосовой фильтр – нажмите программные кнопки: **Маркер > Математика > Полосовой фильтр > Полосовой фильтр.**

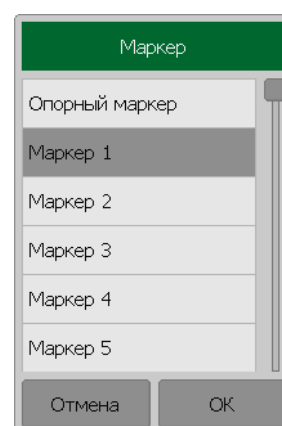
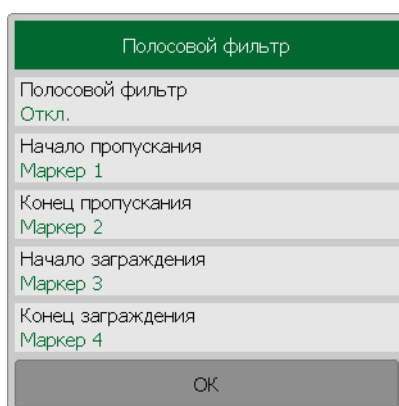




Для изменения номеров маркеров, которые служат границами полосы пропускания – нажмите программные кнопки: **Маркер > Математика > Полосовой фильтр > Начало пропускания | Конец пропускания**.



Для изменения номеров маркеров, которые служат границами полосы заграждения – нажмите программные кнопки: **Маркер > Математика > Полосовой фильтр > Начало заграждения | Конец заграждения**.



6.2 Функция памяти графиков

Для каждого графика измеряемых данных, который отображается на экране, предусмотрена функция запоминания. Данные каждого графика могут быть запомнены. При отображении графика запомненных данных используется тот же цвет, который имеет график данных, но его яркость уменьшена.

Данные графика запоминаются из текущего измерения, после нажатия кнопки запоминания графика. После запоминания, в окне канала отображаются одновременно график данных и память графика данных. Пользователь имеет возможность настроить индикацию графиков. Строка состояния графика отображает данную настройку:

- **Дан** – индицируется только график данных;
- **Пам** – индицируется только график памяти;
- **Д&П** – индицируются оба графика данных и памяти;
- **Откл** – индикация отключена для обоих графиков.

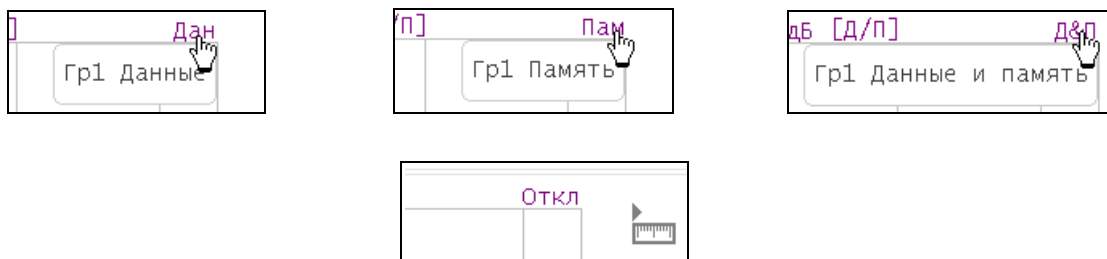


График памяти наследует следующие установки графика данных:

- диапазон частот;
- число точек;
- тип сканирования.

График памяти использует общие установки с графиком данных, изменение которых действуют на оба графика:

- формат;
- масштаб;
- сглаживание;
- электрическая задержка.

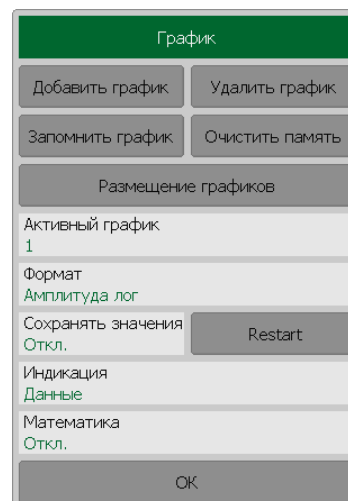
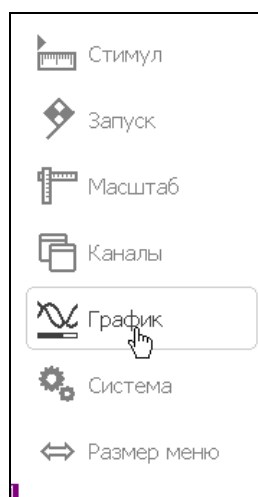
На график памяти не влияют следующие установки графика данных, произведенные после запоминания:

- изменение мощности при сканировании частоты;
- полоса ПЧ;
- усреднение;
- калибровка.

6.2.1 Порядок запоминания графиков

Функция памяти графиков данных применима к отдельным графикам канала. Перед использованием данной функции выберите активный график.

Нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **График**.

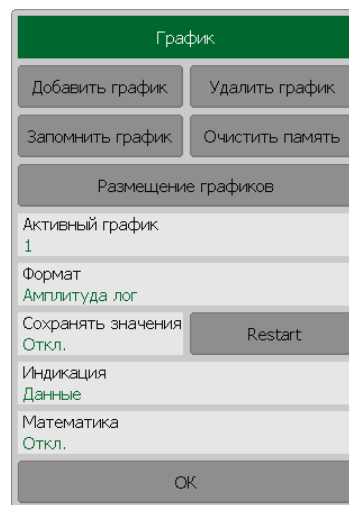
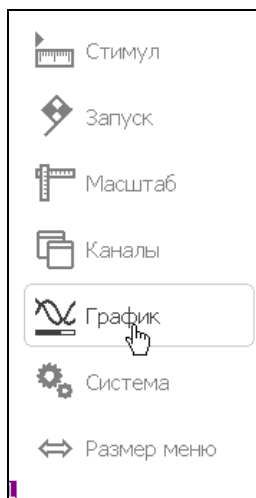


Для запоминания данных графика щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Память графика**. Параметр **Память графика** примет значение **Вкл.**

6.2.2 Порядок удаления памяти графиков

Функция удаления памяти графиков данных применима к отдельным графикам канала. Перед использованием этой функции выберите активный график.

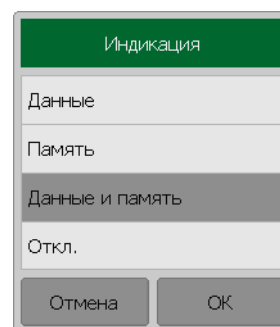
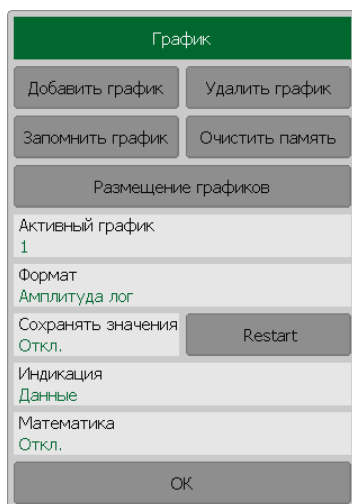
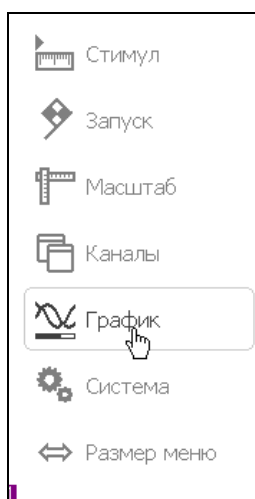
Нажмите на правой панели программных кнопок кнопку **График**.



Для удаления памяти графика данных щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Память графика**. Значение параметра **Память графика** изменится на **Откл.**

6.2.3 Настройка индикации графиков

Для выбора графиков для индикации нажмите программные кнопки **График > Индикация > Данные | Память | Данные и память | Откл.**



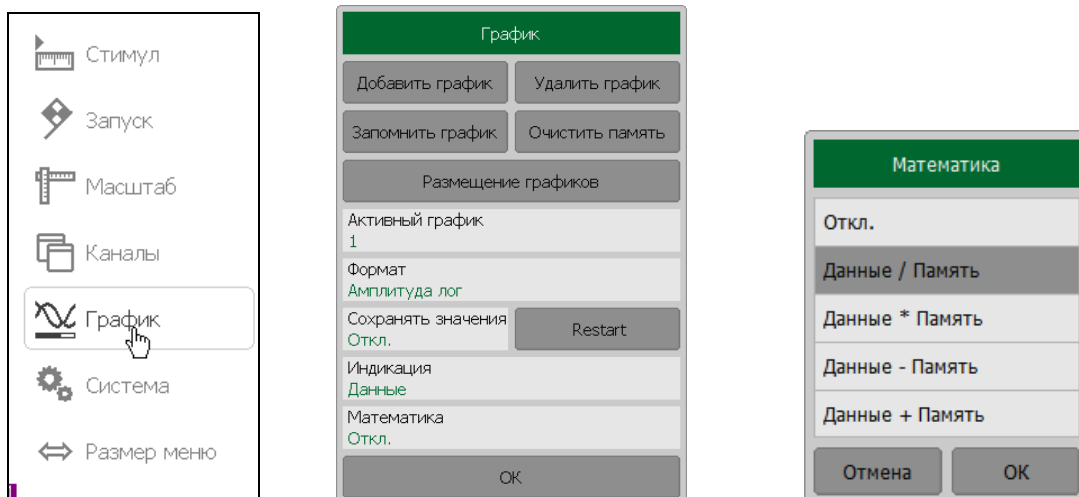
6.2.4 Математические операции с памятью графиков

График памяти можно использовать для осуществления математических операций между ним и графиком данных. При этом результат математической операции замещает график данных. Математические операции над памятью и данными осуществляются как над комплексными числами. Предусмотрены четыре математические операции:

Данные / Память	Деление измеряемых данных на память. Строка состояния графика содержит: Д/П.
Данные * Память	Умножение измеряемых данных на память. Строка состояния графика содержит: Д*П.
Данные – Память	Вычитание памяти из измеряемых данных. Строка состояния графика содержит: Д–П.
Данные + Память	Сложение измеряемых данных и памяти. Строка состояния графика содержит: Д+П.

Функция памяти графиков данных применима к отдельным графикам канала. Перед использованием данной функции выберите активный график.

Для выполнения математических операций нажмите на программные кнопки **График > Математика**.



Выберите в диалоговой форме **Математика** тип математической операции.

Закройте диалоговую форму **Математика** нажатием на кнопку **ОК**.

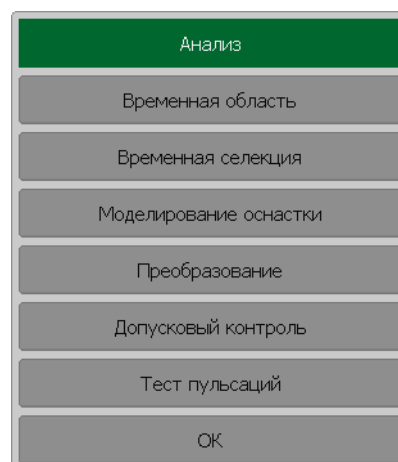
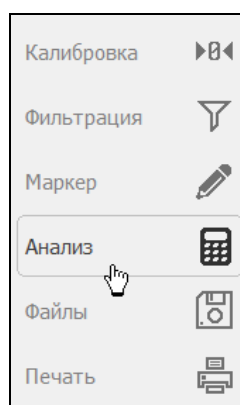
6.3 Моделирование оснастки

Моделирование оснастки – это программная функция моделирования условий измерения, которые отличаются от реальных условий измерения. Она включает моделирование следующих условий:

- Преобразование импеданса порта;
- Исключение цепи;
- Встраивание цепи.

Перед моделированием оснастки выберите активный канал. Функции моделирования оснастки действуют для всех графиков канала.

Для перехода к функциям моделирования оснастки – нажмите программные кнопки **Анализ > Моделирование оснастки**.



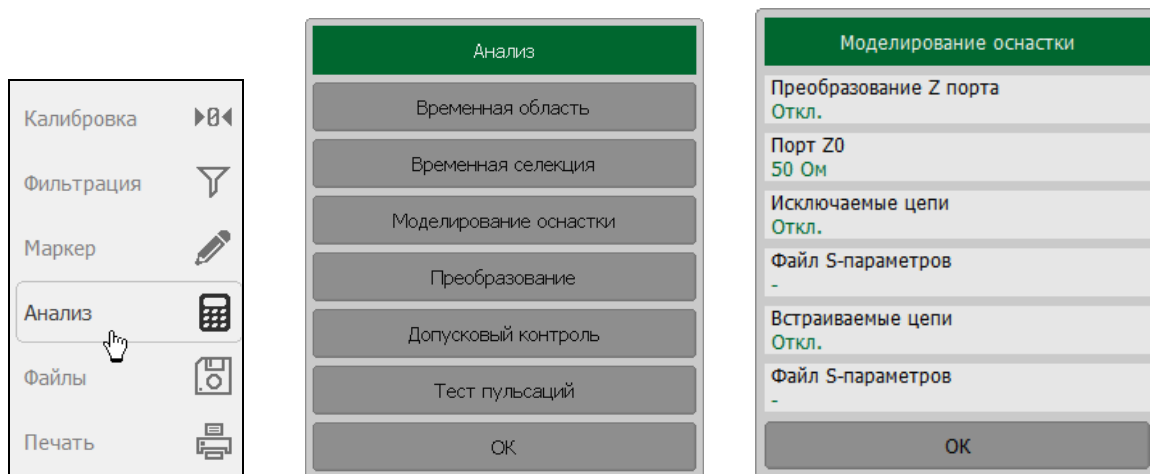
6.3.1 Преобразование импеданса порта

Преобразование импеданса порта – это функция преобразования S-параметров при моделировании изменения волнового сопротивления портов.

Примечание

Значение импеданса измерительного порта определяется в процессе калибровки. Оно определяется значением волнового сопротивления используемого комплекта калибровочных мер.

Для включения / отключения функции преобразования импеданса порта нажмите программные кнопки **Анализ > Моделирование оснастки**.



Затем щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Преобразование Z порта**.

Для ввода значения моделируемого импеданса порта щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Порт Z0**.

Введите требуемое значение с помощью цифровой клавиатуры.

6.3.2 Исключение цепи

Исключение цепи – это функция преобразования S-параметров при исключении из результатов измерений влияния некоторой цепи.

Исключаемая цепь должна быть определена своими S-параметрами в файле данных. Исключаемая цепь должна быть определена как четырёхполюсник в файле формата Touchstone (расширение .s2p), который содержит таблицу S- параметров: S_{11} , S_{21} , S_{12} , S_{22} для ряда частот.

Функция исключения цепи позволяет математически исключить влияние на результат измерения оснастки, которая включена между плоскостью калибровки и исследуемым устройством. Оснастка используется для подключения устройств, которые не могут быть непосредственно подключены к измерительному порту.

Функция исключения цепи смещает плоскость калибровки в направлении исследуемого устройства так, как если бы калибровка была проведена с учётом этой исключаемой цепи (рисунок 6.13).

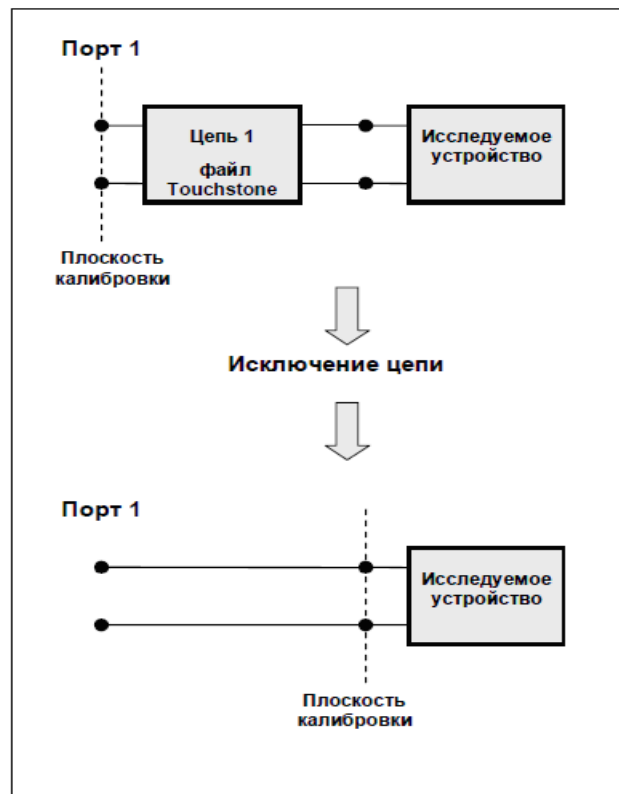
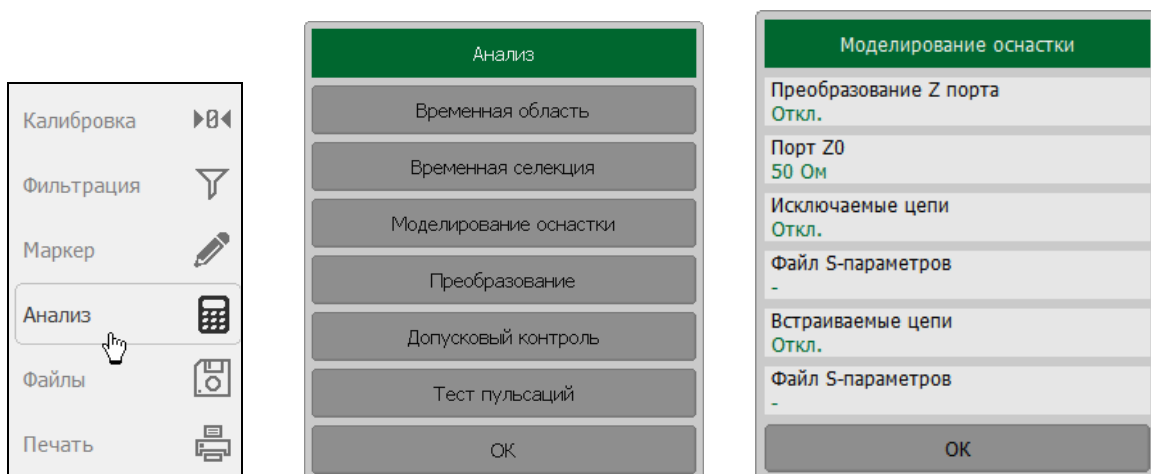


Рисунок 6.13 Исключение цепи

Для включения / отключения функции исключения цепи нажмите программные кнопки **Анализ > Моделирование оснастки**.



Затем, щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Исключаемые цепи**.

Для ввода имени файла S-параметров исключаемой цепи для порта щёлкните левой кнопкой мыши над полем **Файл S-параметров**.

Примечание

Если файл S-параметров для порта не указан – соответствующее поле включения данной функции не доступно.

6.3.3 Встраивание цепи

Встраивание цепи – это функция преобразования S-параметров при моделировании добавления некоторой цепи (рисунок 6.14). Функция встраивания цепи является обратной по отношению к функции исключения цепи.

Встраиваемая цепь должна быть определена через файл данных, содержащий S-параметры этой цепи. Цепь должна быть определена как четырёхполюсник в файле формата Touchstone (расширение .s2p), который содержит таблицу S- параметров: S_{11} , S_{21} , S_{12} , S_{22} для ряда частот.

Функция встраивания цепи позволяет математически смоделировать параметры устройства после добавления согласующих цепей.

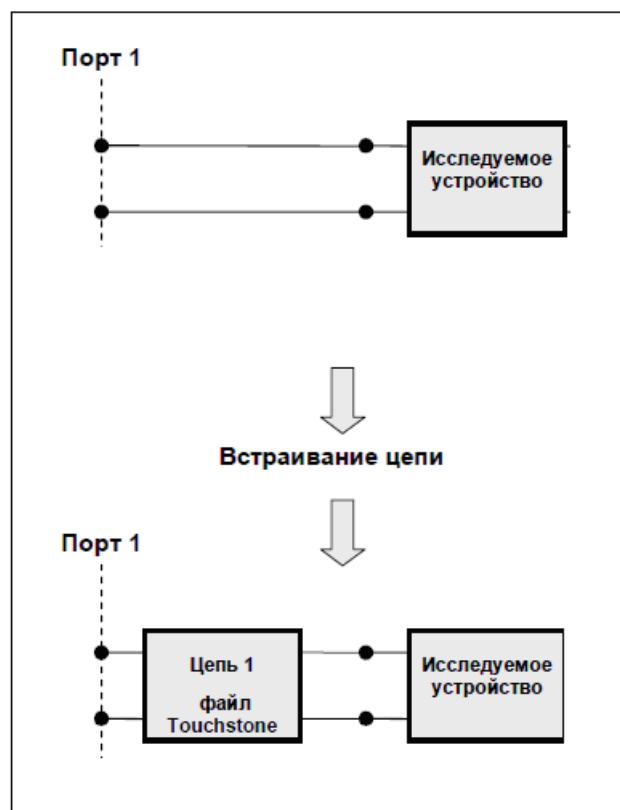
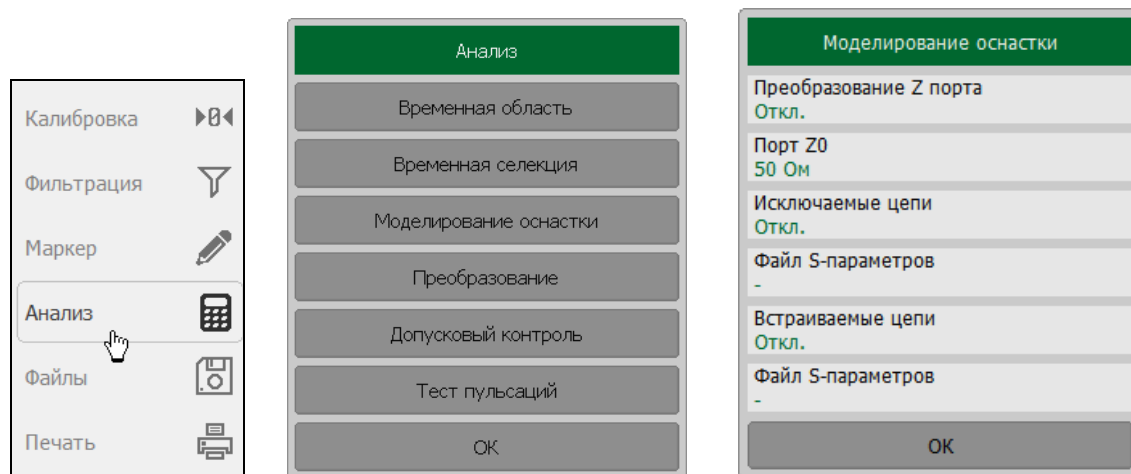


Рисунок 6.14 Встраивание цепи

Для включения / отключения функции встраивания цепи для порта нажмите программные кнопки **Анализ > Моделирование оснастки**.



Затем, щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Встраиваемые цепи**.

Для ввода имени файла S-параметров встраиваемой цепи для порта щёлкните левой кнопкой мыши над полем: **Файл S-параметров**.

Примечание

Если файл S-параметров для порта не указан – соответствующее поле включения данной функции не доступно.

6.4 Временная область

Временная область – это функция преобразования измеряемых характеристик цепи в частотной области в отклик цепи во временной области.

Для преобразования во временную область используется Z – преобразование частотных данных предварительно умноженных на функцию окна.

Функция применяется к отдельным графикам канала. Частотная характеристика устройства, отображаемая на графике (S_{11}) преобразуется во временную область.

Примечание

В канале могут одновременно присутствовать графики в частотной и временной области. Оцифровка оси стимулов даётся для активного графика – в единицах частоты или времени.

Функция преобразования позволяет устанавливать диапазон измерения во временной области в пределах периода однозначности Z – преобразования. Период однозначности ΔT определяется шагом измерения в частотной области:

$$\Delta T = \frac{1}{\Delta F}; \quad \Delta F = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{N - 1}$$

Функция временной области позволяет выбрать тип преобразования:

- **Режим радиосигнала** – моделирует отклик цепи на импульсный радиосигнал. Позволяет получать временной отклик цепей, не пропускающих постоянный ток. В этом режиме диапазон частот может выбираться произвольно. Разрешающая способность во временной области в два раза ниже, чем в следующем режиме;
- **Режим видеосигнала** – моделирует отклик цепи на видеоимпульс или видеоперепад. Подходит для цепей, пропускающих постоянный ток, при этом значение постоянной составляющей (в точке $F = 0$ Гц) интерполируется исходя из измерения в начальной частоте диапазона с частотой F_{\min} . В этом режиме диапазон частот должен представлять собой гармонический ряд – частоты в точках измерения должны быть кратны начальной частоте диапазона F_{\min} . Разрешающая способность во временной области в два раза выше, чем в предыдущем режиме.

Функция временной области использует окно Кайзера для предварительной обработки данных в частотной области. Использование окна позволяет уменьшить паразитные биения (боковые лепестки) во временной области, вызванные резким изменением данных на границах диапазона частотной области. Платой за уменьшение боковых лепестков является расширение длительности главного лепестка отклика на импульсный сигнал или увеличение длительности фронта реакции на видеоперепад.

Окно Кайзера имеет числовой параметр β , который плавно регулирует форму окна от минимальной (прямоугольной) до максимальной. Пользователь имеет возможность плавной регулировки формы окна с помощью числового параметра β , либо он может выбрать одно из трёх фиксированных типов окон:

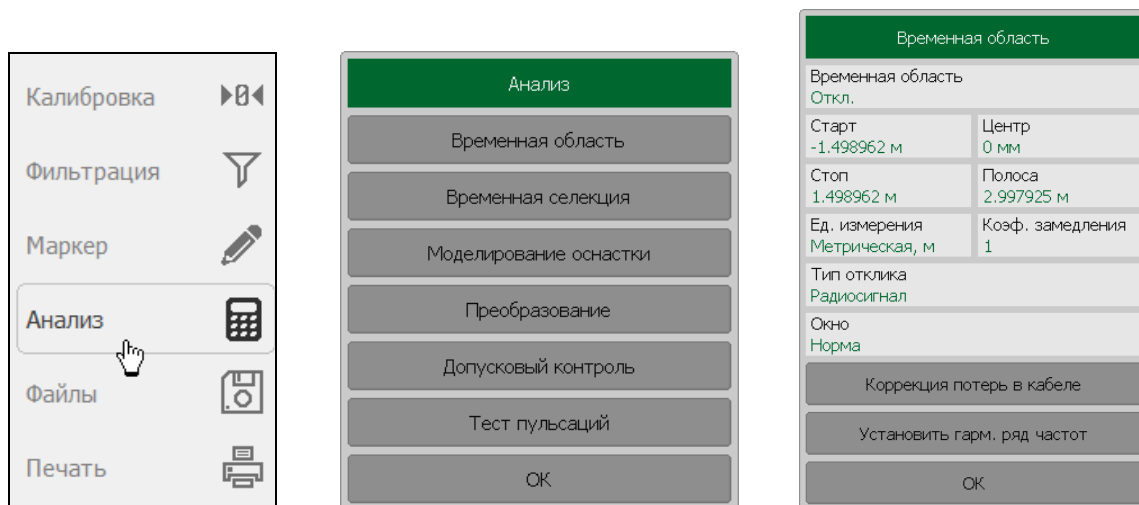
- **Минимальное** (прямоугольное);
- **Нормальное**;
- **Максимальное**.

Таблица 6.5 Характеристики фиксированных видов окон

Окно	Видеоимпульс		Видеоперепад	
	Уровень боковых лепестков	Длительность импульса ¹	Уровень боковых лепестков	Длительность фронта
Минимальное	- 13 dB	$\frac{0.6}{F_{\max} - F_{\min}}$	- 21 dB	$\frac{0.45}{F_{\max} - F_{\min}}$
Нормальное	- 44 dB	$\frac{0.98}{F_{\max} - F_{\min}}$	- 60 dB	$\frac{0.99}{F_{\max} - F_{\min}}$
Максимальное	- 75 dB	$\frac{1.39}{F_{\max} - F_{\min}}$	- 70 dB	$\frac{1.48}{F_{\max} - F_{\min}}$

6.4.1 Включение преобразования временной области

Для включения / отключения преобразования временной области – нажмите программные кнопки: **Анализ > Временная область > Временная область.**



Примечание

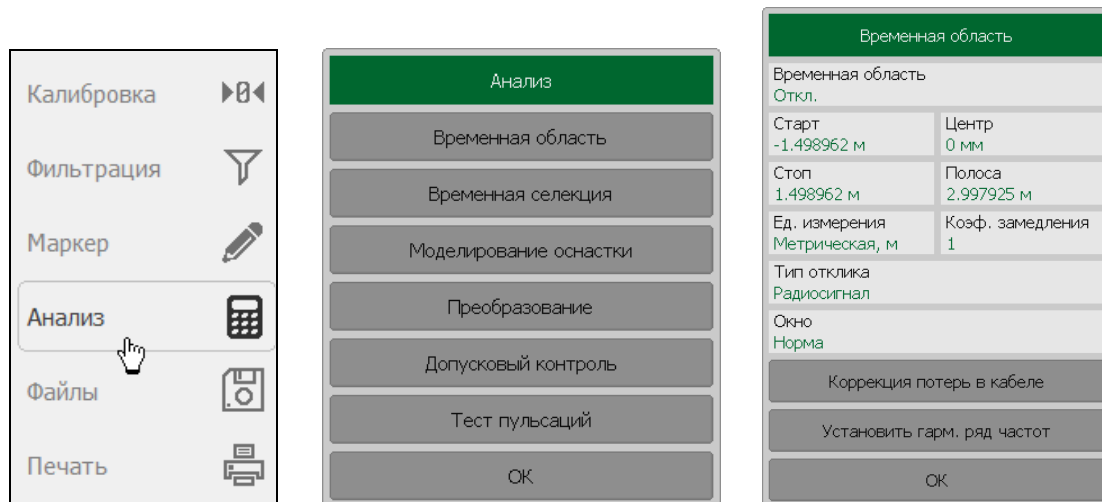
Функция временной области доступна только для линейного режима сканирования частоты.

¹ Длительность в режиме радиоимпульса в 2 раза превышает значение в режиме видеоимпульса

6.4.2 Установка диапазона преобразования

При установке диапазона преобразования во временной области нужно указать нижнюю и верхнюю границу, либо указать центр и полосу диапазона.

Для указания верхней или нижней границы временной области нажмите программные кнопки **Анализ > Временная область > Старт | Стоп**.

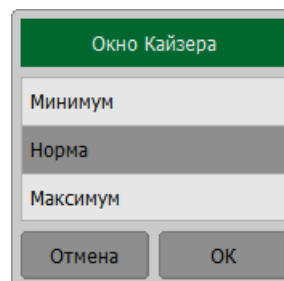
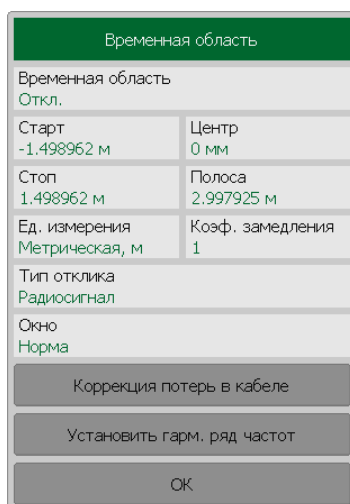
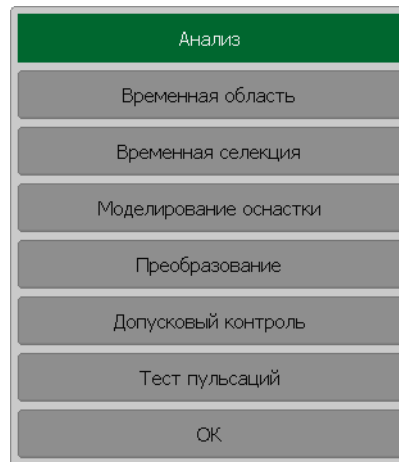
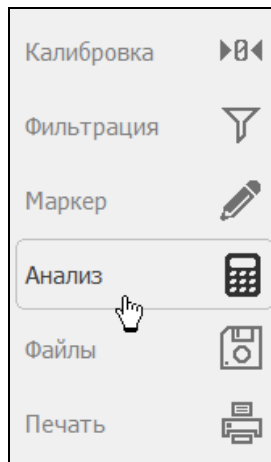


Введите в помощью цифровой клавиатуры требуемое значение.

Для указания центра и полосы диапазона временной области нажмите программные кнопки **Анализ > Временная область > Центр | Полоса**.

6.4.3 Установка вида окна

Для установки типа окна – нажмите программные кнопки **Анализ > Временная область**.



Затем, щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Окно**.

Выберите в диалоговой форме **Окно Кайзера** требуемый тип окна и нажмите кнопку **ОК**.

6.5 Селекция во временной области

Селекция во временной области – это функция математического устранения нежелательных откликов во временной области. Функция использует преобразование во временную область, вырезает заданную пользователем часть временной области, и использует обратное преобразование для возврата в частотную область. Функция позволяет устранить из частотной характеристики устройства паразитные влияния

устройств подключения, если полезный сигнал и паразитный сигнал во временной области разделены.

Примечание

Используйте функцию временной области для принятия решения о локализации во временной области полезного и паразитного отклика. Затем включите временную селекцию и установите границы временного окна для наилучшего устранения паразитного отклика. В результате будет получена частотная характеристика устройства без паразитных влияний.

Функция использует два типа окна временной селекции:

- **полосовой** – удаляет отклик за пределами временного окна;
- **режекторный** – удаляет отклик внутри временного окна.

Окно прямоугольной формы приводит к появлению паразитных осцилляций (боковых лепестков) в частотной области из – за резких изменений сигнала на границах окна. Для уменьшения боковых лепестков применяются различные формы окна:

- **максимальная;**
- **широкая;**
- **нормальная;**
- **минимальная.**

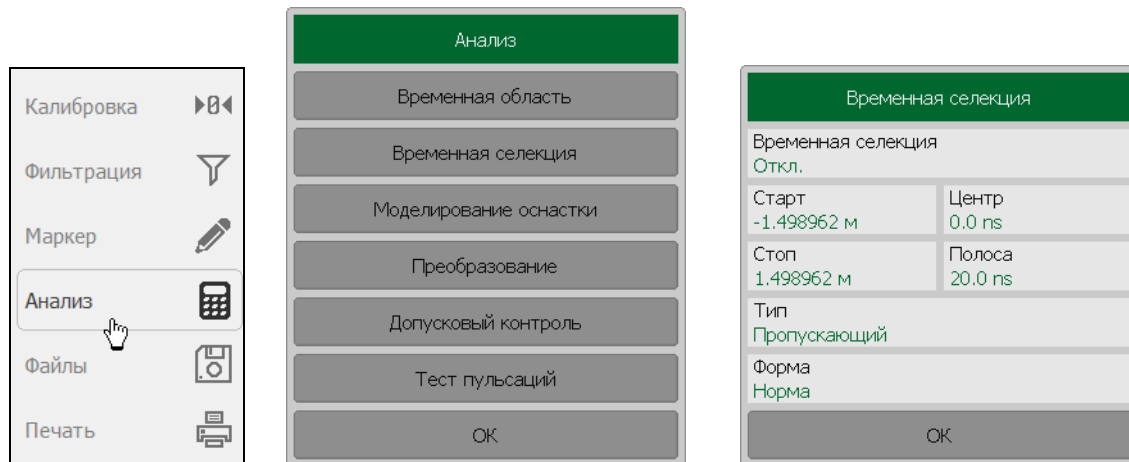
Минимальное окно имеет форму приближенную к прямоугольной, – максимальное наиболее сглаженное по форме окно. При движении от минимального окна к максимальному – уменьшается уровень боковых лепестков, и одновременно падает разрешающая способность окна. Выбор формы окна – всегда является компромиссом между разрешающей способностью и уровнем паразитных боковых лепестков. Характеристики различных форм окон, применяемых в функции временной селекции приведены в таблице 6.6.

Таблица 6.6 Характеристики окон временной селекции

Форма окна	Видеоимпульс Уровень боковых лепестков	Разрешающая способность (минимальная длительность окна)
Минимальное	– 48 дБ	$\frac{2.8}{F_{\max} - F_{\min}}$
Нормальное	– 68 дБ	$\frac{5.6}{F_{\max} - F_{\min}}$
Широкое	– 57 дБ	$\frac{8.8}{F_{\max} - F_{\min}}$
Максимальное	– 70 дБ	$\frac{25.4}{F_{\max} - F_{\min}}$

6.5.1 Включение временной селекции

Для включения / отключения преобразования временной области – нажмите программные кнопки **Анализ > Временная селекция**.



Затем щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Временная селекция**.

Примечание

Функция временной селекции доступна только при линейном режиме сканирования частоты.

6.5.2 Установка границ окна временной селекции

При установке границ окна временной селекции, возможно указать верхнюю и нижнюю границы, либо указать центр и полосу окна.

Для указания нижней и верхней границы окна временной селекции – нажмите программные кнопки **Анализ > Временная селекция**.



Затем, щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Старт** или **Стоп**.

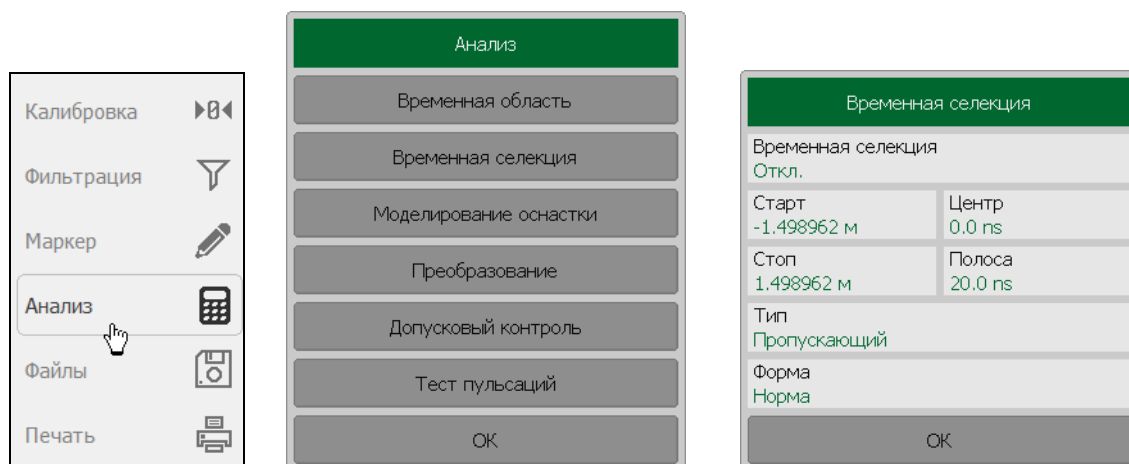
Для указания центра и полосы окна временной селекции - щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Центр** или **Полоса**.

Примечание

Единица измерения для временной области выбирается из списка: секунды, метры или футы и может быть задана в окне **Временная область**.

6.5.3 Установка типа окна временной селекции

Для выбора типа окна временной селекции – нажмите программные кнопки **Анализ > Временная селекция**.

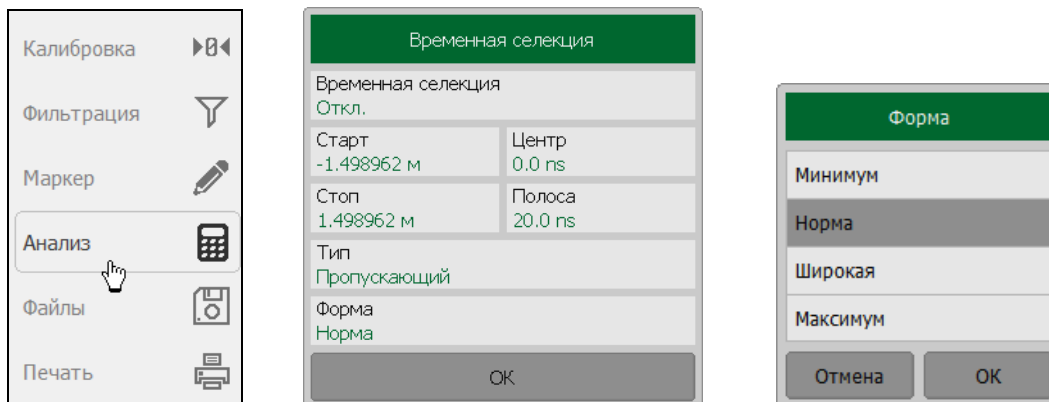


Затем щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Тип**.

Тип переключается между состояниями **Пропускающий** и **Заграждающий**.

6.5.4 Установка формы окна временной селекции

Для установки формы окна временной селекции – нажмите программные кнопки **Анализ > Временная селекция**.



Затем щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Форма**.

Выберите в диалоговой форме **Форма** форму окна: **Минимум** | **Норма** | **Широкая** | **Максимум**.

Закройте диалоговую форму **Форма** нажатием на кнопку **ОК**.

6.6 Преобразования S-параметров

Данный раздел описывает следующие виды преобразований измеряемых S-параметров:

- Эквивалентный импеданс (Z_r) и эквивалентная проводимость (Y_r) при измерении отражения:

$$Z_r = Z_0 \cdot \frac{1 + S_{11}}{1 - S_{11}}, \quad Y_r = \frac{1}{Z_r}$$

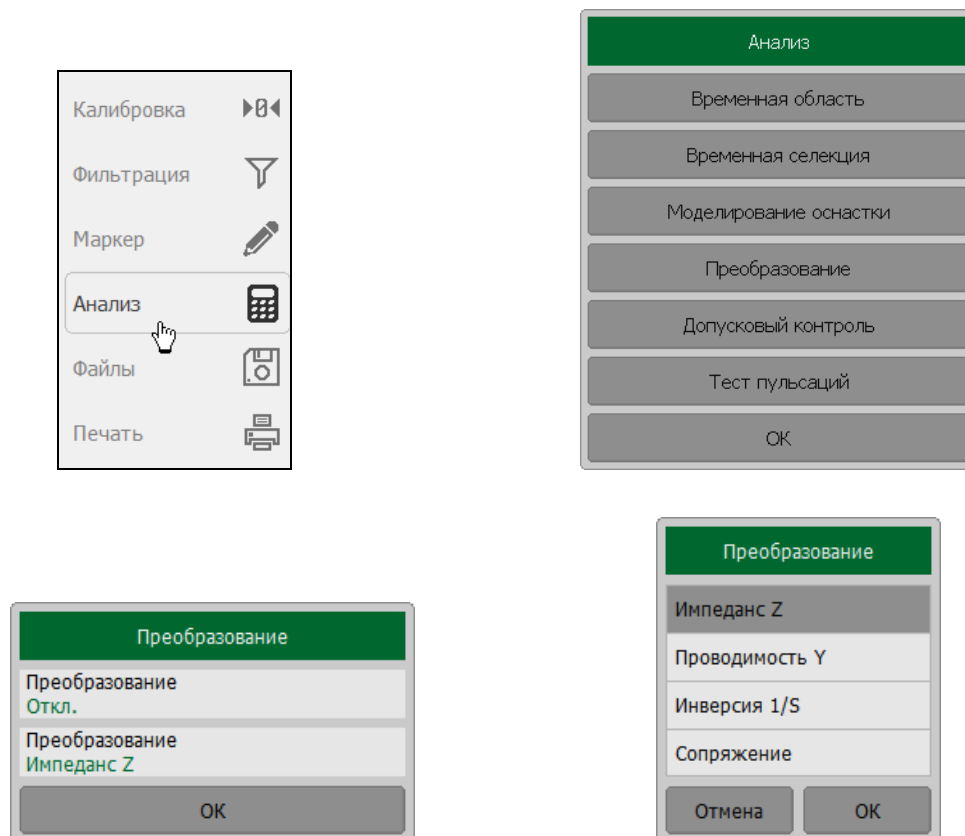
- Обратный S-параметр ($1/S$) при измерении отражения:

$$\frac{1}{S_{11}}$$

- Комплексное сопряжение S-параметра.

Функция преобразования применима к отдельным графикам канала. Перед использованием данной функции выберите активный график.

Для включения / отключения преобразования нажмите программные кнопки **Анализ > Преобразование**.



На вкладке **Преобразование** щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Преобразование**. Значение параметра **Преобразование** изменится на **Вкл. / Откл.**

При включении функции преобразования формат активного графика будет преобразован в тип «**Амплитуда лин**».

На вкладке **Преобразование** выберите тип преобразования. Для этого щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Преобразование**.

В диалоговой форме **Преобразование** выберите тип преобразования и нажмите кнопку **ОК**.

Примечание

Вид преобразования индицируется в строке состояния графика, если он включён.

6.7 Допусковый контроль

Допусковый контроль – это функция автоматического определения критерия «годен / брак» для графика измеряемых данных. Критерий основан на сравнении графика измеряемой величины с линией пределов.

Линия пределов состоит из одного или нескольких отрезков (рисунок 6.15). Каждый отрезок контролирует выход измеряемой величины за верхний или нижний предел. Отрезок задаётся координатами начала (X0, Y0) и конца (X1, Y1) и типом. Тип предела MAX или MIN, определяет контроль выхода за верхний или нижний предел, соответственно.

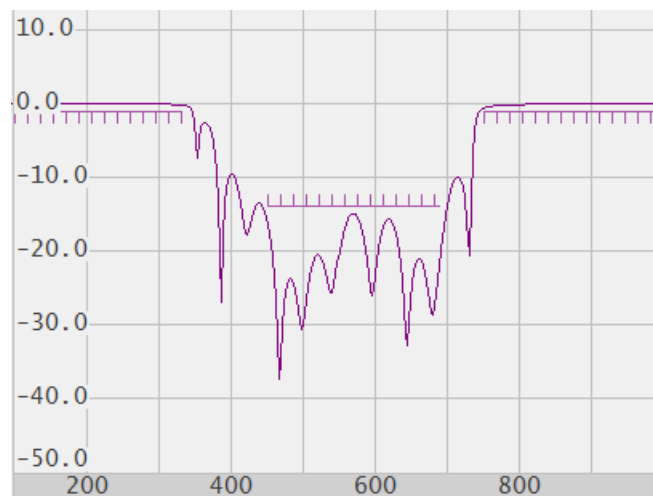


Рисунок 6.15 Линия пределов

Линия пределов задаётся пользователем в виде таблицы пределов. Каждая строка таблицы пределов определяет один отрезок. Редактирование таблицы пределов описано ниже. Таблица может быть сохранена на диске в файле *.lim, и затем загружена с диска.

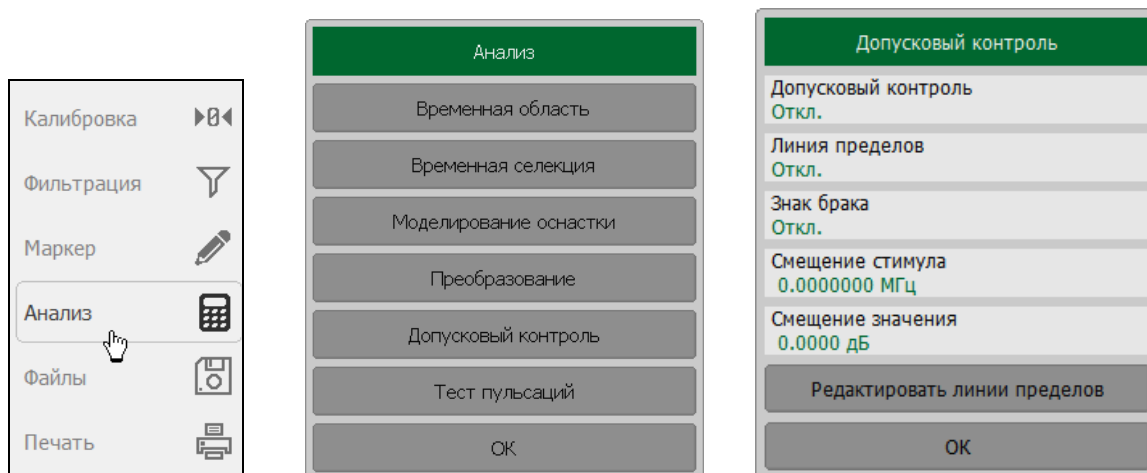
Индикация линии пределов может быть включена либо отключена, независимо от состояния функции допускового контроля.

Результат допускового контроля индицируется по центру графика.

В случае положительного результата испытания индицируется зелёным цветом знак «Норма». В случае отрицательного результата – красным цветом знак «Брак».

6.7.1 Редактирование таблицы пределов

Для перехода к редактированию таблицы пределов нажмите программные кнопки **Анализ > Допусковый контроль > Редактировать линии пределов**.



Диалоговая форма редактирования таблицы пределов показана на рисунке 6.16.

Редактировать линии пределов					
	Начало стимула	Конец стимула	Начальное значение	Конечное значение	Тип
1	200.0 МГц	800.0 МГц	-2.0 дБ	-2.0 дБ	Макс
2	1200.0 МГц	1600.0 МГц	10.0 дБ	10.0 дБ	Мин

Buttons: Добавить, Удалить, Очистить таблицу пределов, Сохранить таблицу пределов, Загрузить таблицу пределов, ОК

Рисунок 6.16 Редактирование линии пределов

Для добавления новой строки - нажмите программную кнопку **Добавить**. Новая строка добавляется после выделенной строки таблицы.

Для удаления строки - нажмите программную кнопку **Удалить**. Удаляется выделенная строка.

Для очистки всей таблицы нажмите программную кнопку **Очистить таблицу пределов**.

Для сохранения таблицы на диске в файле *.lim – нажмите программную кнопку **Сохранить таблицу пределов**.

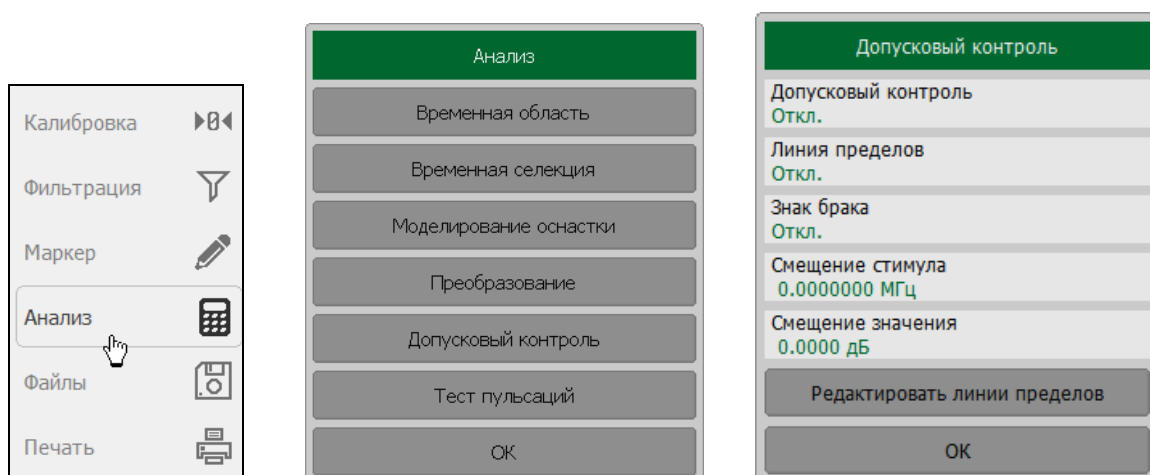
Чтобы загрузить таблицу с диска из файла *.lim – нажмите программную кнопку **Загрузить таблицу пределов**.

Перемещаясь по таблице с помощью мыши или клавиш навигации, введите значения параметров отрезка как показано ниже:

Тип	Выбирает тип отрезка из следующих вариантов: <ul style="list-style-type: none"> • Макс – верхний предел; • Мин – нижний предел; • Откл – отключён.
Начало стимула	Значение стимула начальной точки отрезка
Конец стимула	Значение стимула конечной точки отрезка
Начальное значение	Значение измеряемой величины начальной точки отрезка
Конечное значение	Значение измеряемой величины конечной точки отрезка

6.7.2 Порядок включения допускового контроля

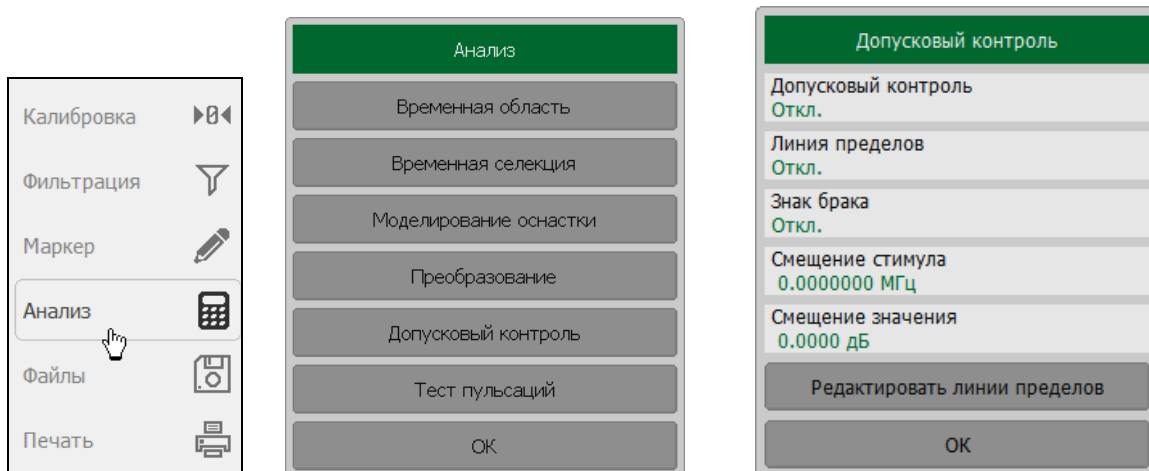
Для включения / отключения функции допускового контроля – нажмите программные кнопки **Анализ > Допусковый контроль**.



Затем щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Допусковый контроль**.

6.7.3 Настройка индикации допускового контроля

Для включения / отключения индикации линии пределов нажмите программные кнопки **Анализ > Допусковый контроль**.

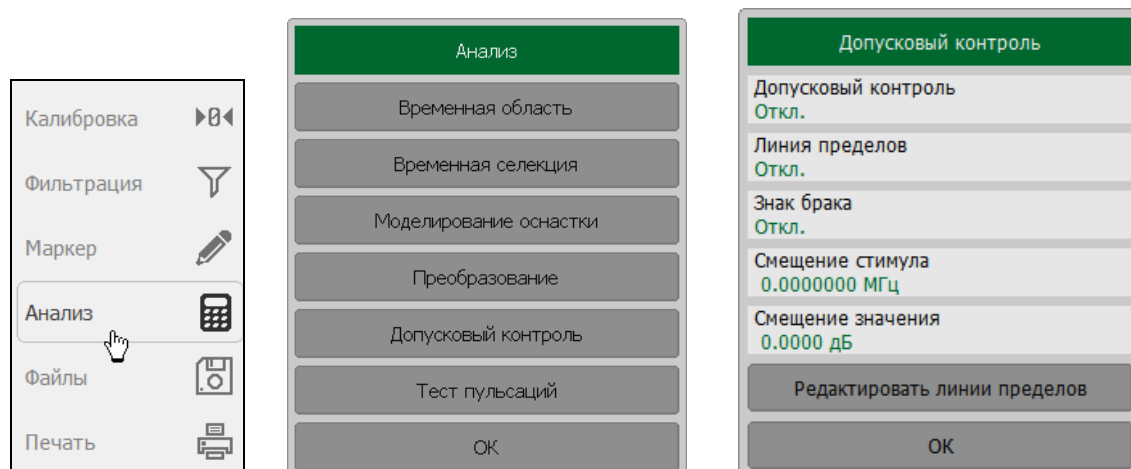


Затем щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Знак брака**.

6.7.4 Смещение линии пределов

Функция смещения линии пределов позволяет смещать все сегменты линии пределов одновременно на заданную величину по оси стимула и оси значений.

Для добавления смещения линии пределов по оси стимула – нажмите программные кнопки **Анализ > Допусковый контроль**.



Затем щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Смещение стимула** или **Смещение значения**, соответственно.

Введите данные с помощью цифровой клавиатуры.

6.8 Тест пульсаций

Тест пульсаций – это функция автоматического определения критерия «годен / брак» для графика измеряемых данных. Критерий основан на проверке величины пульсаций графика с помощью заданных пользователем пределов пульсаций. Пульсации определяются как разность между максимальным и минимальным значением графика в полосе частот.

Предел пульсаций состоит из одного или нескольких сегментов (рисунок 6.17), каждый из которых контролирует превышение уровня пульсаций в своей полосе частот. Сегмент задаётся полосой частот и предельным уровнем пульсаций.

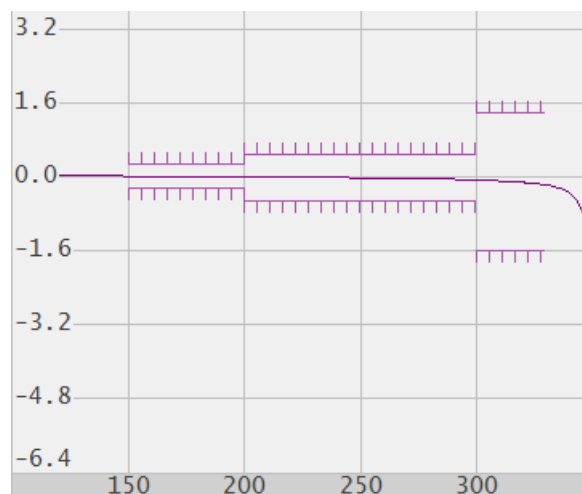


Рисунок 6.17 Пределы пульсаций

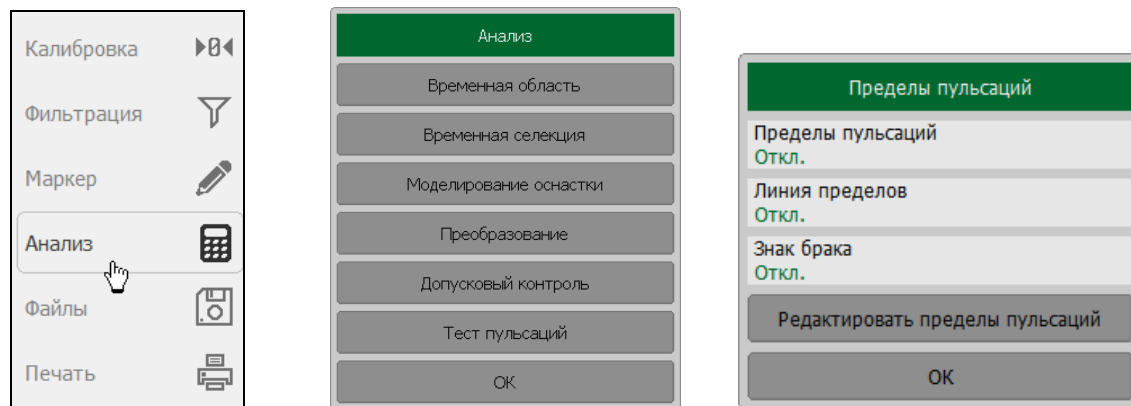
Предел пульсаций задаётся пользователем в виде таблицы. Каждая строка таблицы содержит полосу частот и предельный уровень пульсаций. Редактирование таблицы пределов описано ниже. Таблица может быть сохранена на диске в файле *.rlm, и затем загружена с диска.

Индикация линий пределов пульсаций может быть отключена пользователем.

Результат теста пульсаций индицируется по центру графика. В случае положительного результата испытания индицируется знак «Норма» зелёного цвета, в случае отрицательного результата знак «Брак» красного цвета.

6.8.1 Редактирование таблицы пределов пульсаций

Для перехода к редактированию таблицы пределов пульсаций – нажмите программные кнопки **Анализ > Пределы пульсации > Редактировать пределы пульсаций**.



Диалоговая форма редактирования пределов пульсаций показана на рисунке 6.18.

Редактировать пределы пульсаций				
	Начало стимула	Конец стимула	Пределы пульсаций	Тип
1	200.0 МГц	800.0 МГц	1.0 дБ	Вкл.
2	1200.0 МГц	1600.0 МГц	3.0 дБ	Вкл.

Добавить Удалить Очистить таблицу пределов
 Сохранить таблицу пределов Загрузить таблицу пределов ОК

Рисунок 6.18 Редактирование таблицы пределов пульсаций

Для добавления новой строки – нажмите программную кнопку **Добавить**. Новая строка добавляется после выделенной строки.

Для удаления текущей строки – нажмите программную кнопку **Удалить**.

Для очистки всей таблицы – нажмите программную кнопку **Очистить таблицу пределов**.

Для сохранения таблицы на диске в файле *.rlm – нажмите программную кнопку **Сохранить таблицу пределов**.

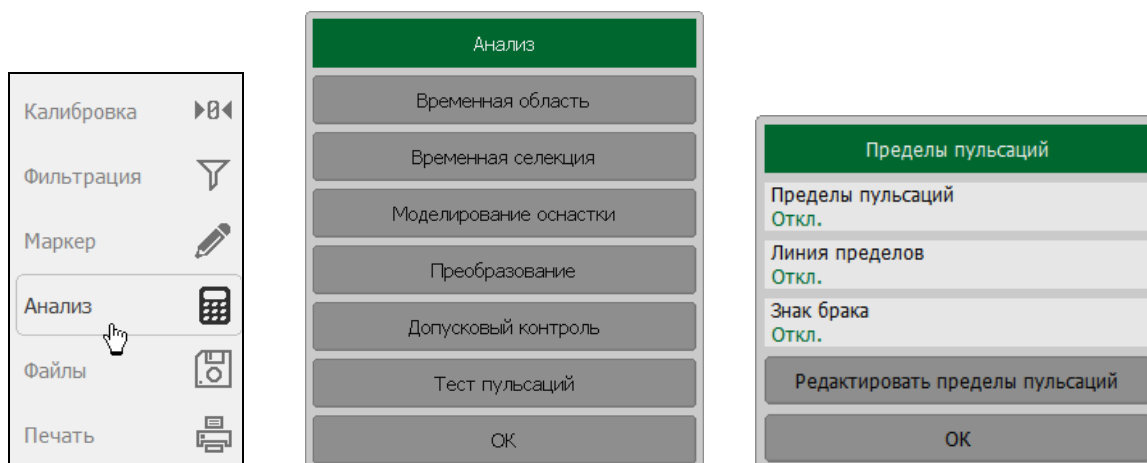
Чтобы загрузить таблицу с диска из файла *.rlm – нажмите программную кнопку **Загрузить таблицу пределов**.

Перемещаясь по таблице с помощью мыши или клавиш навигации, введите значения параметров отрезка как показано ниже:

Тип	Выбирает тип сегмента: Вкл – включен Откл - отключен
Начало стимула	Значение стимула начальной точки отрезка
Конец стимула	Значение стимула конечной точки отрезка
Пределы пульсаций	Значение предельной величины пульсаций

6.8.2 Порядок включения теста пульсаций

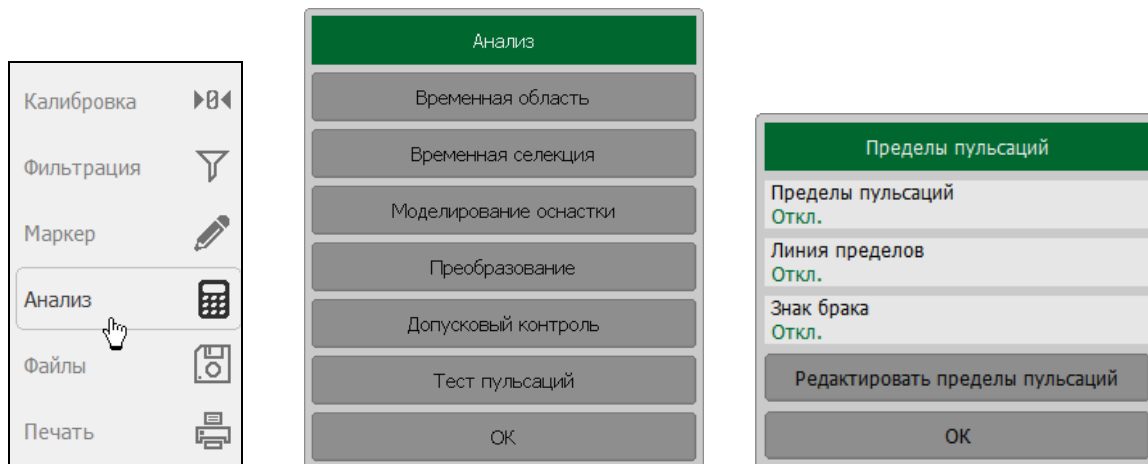
Для включения / отключения теста пульсаций нажмите программные кнопки **Анализ > Пределы пульсаций**.



Затем щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Пределы пульсаций**.

6.8.3 Настройка индикации теста пульсаций

Для включения / отключения индикации линии пределов пульсаций – нажмите программные кнопки **Анализ > Пределы пульсаций**.



Для включения / отключения индикации знака «Брак» в центре окна – щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Знак брака**.

7 Измерение потерь в кабеле

Все кабели имеют неотъемлемые потери. Свойства кабеля могут ухудшаться из-за погодных условий или с течением времени. Это приводит к тому, что все больше энергии будет поглощено кабелем и все меньше энергии передано.

Методом измерений расстояния до повреждения (DTF), как правило, могут быть выявлены очевидные и драматические проблемы в кабеле. Измерение потерь в кабеле необходимо для оценки накопленных потерь по всей протяжённости кабеля.

В условиях высоких потерь измерение потерь в кабеле может быть затруднено, так как тестовый сигнал становится неразличим на фоне шумов. Это может случиться при измерении очень длинного кабеля или если для измерения используются относительно высокие частоты. Помочь в этой ситуации может использование высокого уровня выходной мощности и включение режима усреднения.

7.1 Методика измерения потерь в кабеле

Для проведения измерения потерь в кабеле выполните следующую последовательность действий:

- Приведите рефлектометр в начальное состояние с помощью кнопок **Система** -> **Начальная установка**;
- Выберите для текущего графика тип измерения **Потери в кабеле**;
- Установите начальную и конечную частоту измерения;
- Выполните полную однопортовую калибровку для измерительного порта устройства;
- Присоедините кабель, который должен быть измерен;
- Присоедините меру **Нагрузка** к концу измеряемого кабеля;
- Сохраните данные графика в памяти с помощью кнопок **График** -> **Память графика**;
- Отсоедините меру **Нагрузка** от конца измеряемого кабеля и оставьте его открытым, либо присоедините меру **XX**;
- Нажмите кнопки **График**-> **Математика** -> **Данные – Память**. Это позволит убрать из измерения Потерь в кабеле мешающие пульсации из-за отражения от неоднородностей;
- Включите усреднение с помощью кнопок **Фильтрация** -> **Усреднение**, чтобы удалить случайный шум при измерениях с высокими потерями.

На графике будут отражены потери в кабеле в одном направлении.

Пример измерения потерь для 30-ти метрового отрезка коаксиального кабеля с параметрами потерь 0,397 дБ/м на частоте 1 ГГц (см. рисунок 7.1).

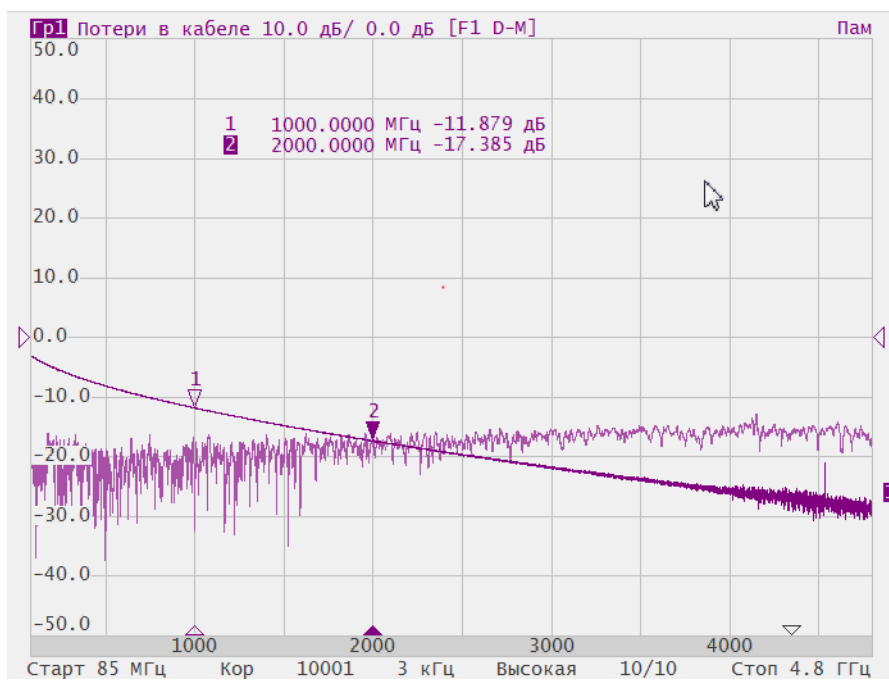


Рисунок 7.1 Измерение потерь в кабеле

8 Сохранение состояния и данных

8.1 Сохранение состояния рефлектометра

Установленные параметры рефлектометра, калибровка и память данных могут быть сохранены в файле состояния, и затем повторно загружены.

Возможны следующие типы сохранения состояний:

Состояние	Параметры рефлектометра
Состояние и калибровка	Параметры рефлектометра и таблицы калибровочных коэффициентов
Состояние и трассы	Параметры рефлектометра и данные графиков
Всё	Параметры рефлектометра, таблицы калибровочных коэффициентов и данные графиков

Параметры рефлектометра, сохраняемые в файле состояния – это параметры, которые могут быть установлены из следующих разделов меню программных кнопок:

- Все параметры раздела **Стимул**;
- Все параметры раздела **Масштаб**;
- Все параметры раздела **Каналы**;
- Все параметры раздела **График**;
- Все параметры раздела **Система**;
- Все параметры раздела **Фильтрация**;
- Все параметры раздела **Маркер**;
- Параметры раздела **Анализ**.

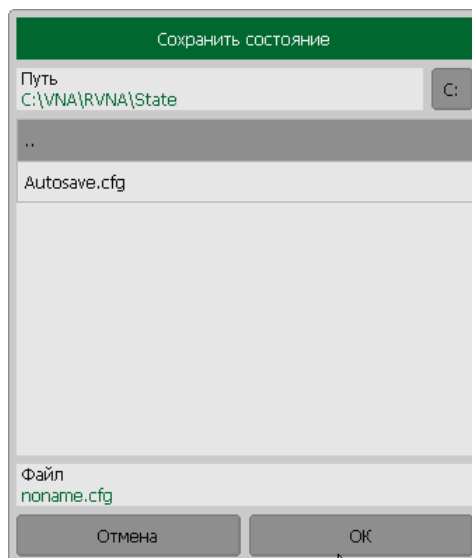
Для автоматического восстановления состояния после запуска рефлектометра служит специальный файл с наименованием "*Autosave.cfg*". Чтобы использовать данную возможность пользователь должен включить опцию **Автосохранение**.

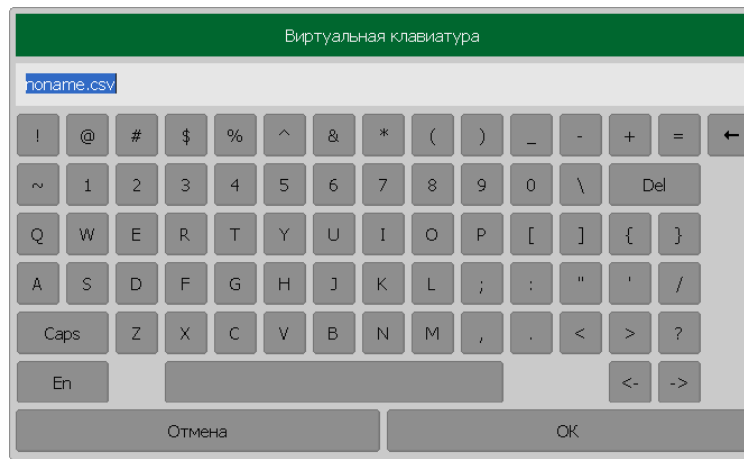
8.1.1 Порядок сохранения состояния

Для сохранения состояния нажмите программные кнопки **Файлы > Состояние > Сохранить состояние**.



В открывшемся файловом диалоге **«Сохранить состояние»** выберите путь и введите имя файла.





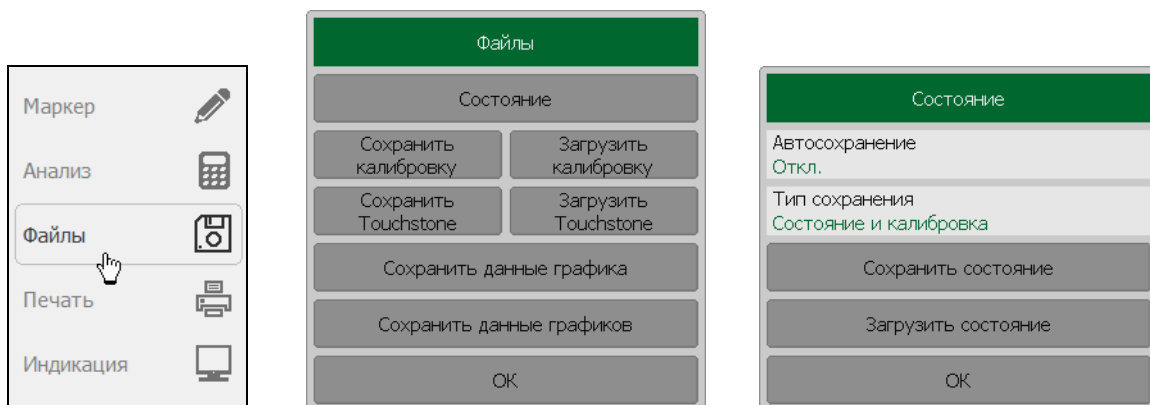
Выбор каталога осуществляется двойным щелчком левой кнопки мыши по названию каталога.

Для выбора диска, нажмите программную кнопку с обозначением буквы диска.

Для редактирования имени файла щёлкните двойным щелчком мыши по полю **Файл**. Введите имя файла в диалоговой форме и завершите ввод нажатием на кнопку **ОК**.

Для завершения сохранения файла состояния нажмите в диалоговой форме **Сохранить состояние** кнопку **ОК**.

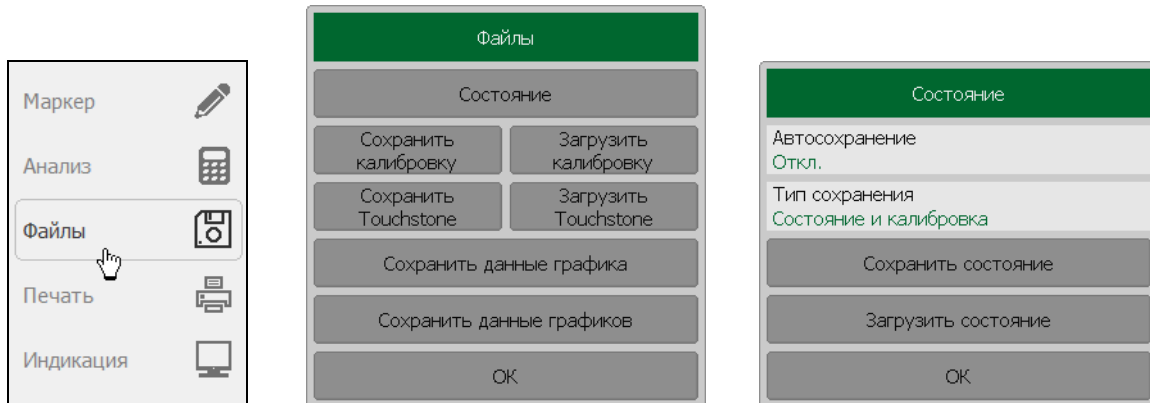
Для сохранения состояния, которое будет автоматически восстановлено после запуска рефлектометра, нажмите программные кнопки **Файлы > Состояние**.



Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Автосохранение**. Значение параметра изменится на **Вкл**.

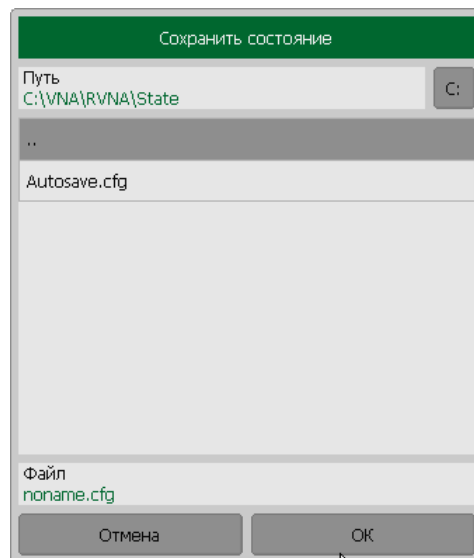
8.1.2 Порядок восстановления состояния

Для восстановления из файла состояния рефлектометра нажмите программные кнопки **Файлы > Состояние > Загрузить состояние**.



В открывшемся файловом диалоге **Загрузить состояние** выберите нужный файл.

Выбор каталога осуществляется двойным щелчком левой кнопки мыши по названию каталога.



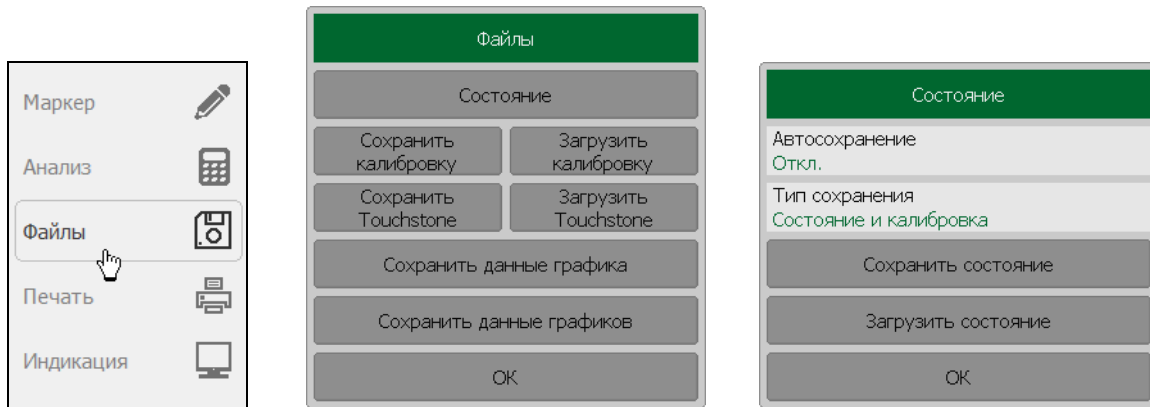
Для выбора диска нажмите программную кнопку с обозначением буквы диска.

Имя выбранного файла состояния отображается в поле **Файл**.

Для восстановления состояния из выбранного файла нажмите кнопку **ОК**.

8.1.3 Автосохранение и автовосстановление состояния

Чтобы включить режим автоматического сохранения и автоматической загрузки состояния рефлектометра нажмите программные кнопки **Файлы > Состояние**.



Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Автосохранение**. Значение параметра должно измениться на **Вкл.**

При завершении работы программы параметры рефлектометра будут сохранены, а при следующем запуске программы восстановлены.

8.2 Состояние канала

Состояние канала может быть сохранено в оперативной памяти. Процедура сохранения состояния канала аналогична процедуре сохранения состояния рефлектометра. Тип сохранения канала выбирается и применяется так же как и тип сохранения состояния рефлектометра, как описано в разделе 8.1.

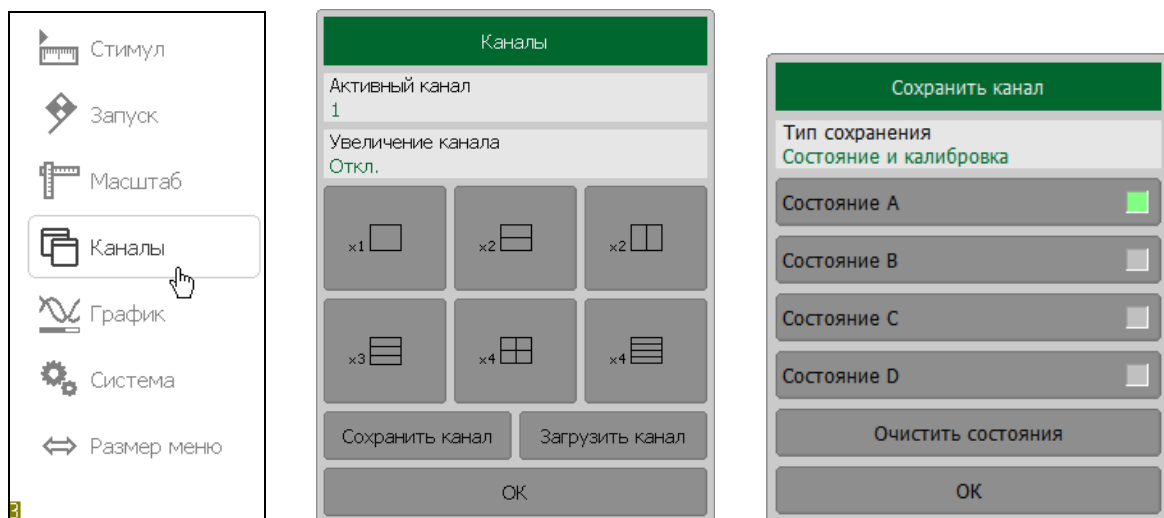
В отличие от сохранения состояния рефлектометра, состояние канала сохраняется в оперативной памяти (а не на жёстком диске) и очищается при завершения программы.

Для сохранения состояний каналов предусмотрены четыре регистра памяти, обозначенные А, В, С, D.

Сохранение состояния канала позволяет пользователю легко копировать настройки, калибровки и данные трассы из одного канала в другой.

8.2.1 Сохранение состояния канала

Для сохранения состояния канала используйте следующие программные кнопки **Каналы > Сохранить канал**.



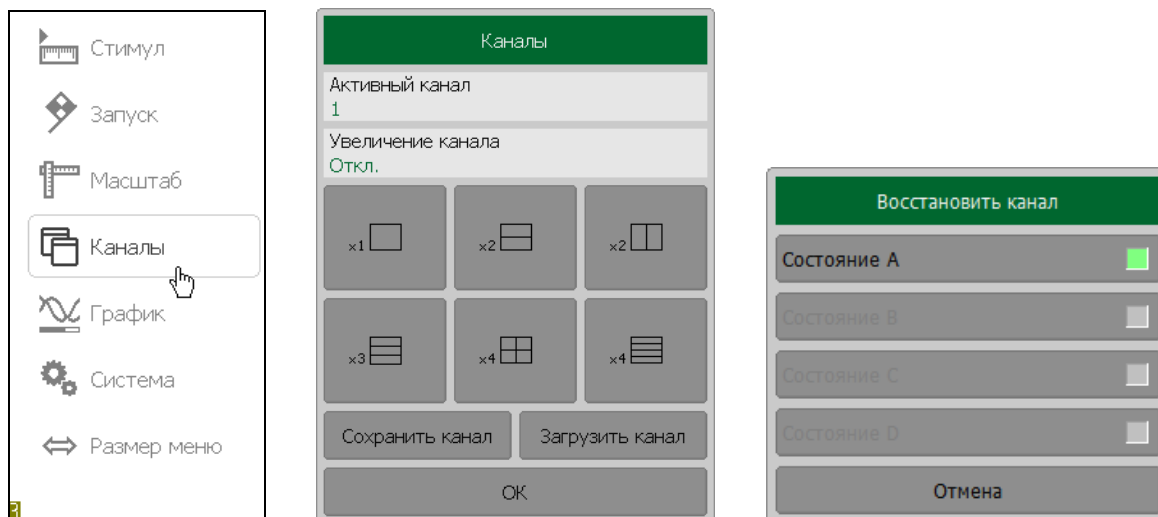
Затем используйте кнопки **Состояние А | Состояние В | Состояние С | Состояние D** на диалоговой форме **Сохранить канал**.

Для выбора типа сохранения кликните левой кнопкой мыши над полем **Тип сохранения**.

Для очистки всех сохранённых состояний нажмите кнопку **Очистить состояния**.

8.2.2 Восстановление состояния канала

Для восстановления состояния канала используйте следующие программные кнопки **Каналы > Загрузить канал**.



Нажмите требуемую программную кнопку **Состояние А | Состояние В | Состояние С | Состояние D**.

Если состояние с определённым номером не сохранено, то соответствующая программная кнопка будет неактивна.

8.3 Сохранение данных графика

Рефлектометр позволяет сохранять данные отдельных графиков в файле типа *.CSV (comma separated values). Файлы формата *.CSV содержат цифровые данные, разделённые запятыми. Рефлектометр сохраняет в файле *.CSV значения стимула графика и измеряемой величины в текущем формате.

В файле сохраняются измерения одного (активного) графика.

Рефлектометр сохраняет данные графика в файле *.CSV в следующем формате:

F[0]	,	Data1	,	Data2
F[1]	,	Data1	,	Data2
		. . .		
F[N]	,	Data1	,	Data2

где:

F[n] – частота измерения в точке n;

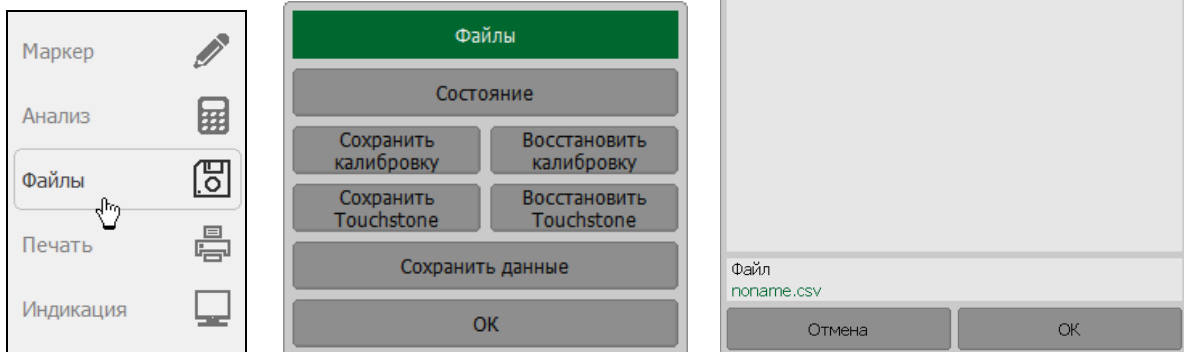
Data1 – значение графика в прямоугольных форматах, реальная часть в формате Вольперта-Смита и полярном;

Data2 – нуль в прямоугольных форматах, мнимая часть в формате Вольперта-Смита и полярном.

8.3.1 Порядок сохранения данных графика

Перед сохранением данных графика выберите активный график.

Для сохранения данных графика нажмите программные кнопки **Файлы > Сохранить данные**.



В открывшемся файловом диалоге **Сохранить данные** выберите путь и введите имя файла.

Выбор каталога осуществляется двойным щелчком левой кнопки мыши по нему.

Для выбора диска нажмите программную кнопку с обозначением буквы диска.

Для редактирования имени файла щёлкните двойным щелчком мыши по полю **Файл**.

Введите имя файла и завершите ввод нажатием на кнопку **OK**.

Для завершения сохранения файла состояния нажмите в диалоговой форме **Сохранить данные** кнопку **OK**.

8.4 Сохранение файлов данных формата Touchstone

Рефлектометр позволяет сохранить S-параметры устройства в файле типа Touchstone. Файл формата Touchstone содержит значения частот и S-параметров. Файлы этого формата являются стандартными для многих программных пакетов моделирования.

Рефлектометр позволяет сохранять файлы с расширением *.s1p, используемые для однопортовых устройств и файлы *.s2p для двухпортовых устройств.

В файле сохраняются измерения одного активного канала.

Файл типа Touchstone состоит из комментариев, заголовка и строк данных. Комментарии начинаются с символа «!». Заголовок начинается с символа «#».

Формат файла типа Touchstone для однопортовых измерений *.s1p:

! Comments		
# Hz S FMT R Z0		
F[1]	{S₁₁'}	{S₁₁''}
F[2]	{S₁₁'}	{S₁₁''}
	...	
F[N]	{S₁₁'}	{S₁₁''}

Формат файла типа Touchstone для двухпортовых измерений *.s2p:

! Comments								
# Hz S FMT R Z0								
F[1]	{S₁₁'}	{S₁₁''}	{S₂₁'}	{S₂₁''}	{S₁₂'}	{S₁₂''}	{S₂₂'}	{S₂₂''}
F[2]	{S₁₁'}	{S₁₁''}	{S₂₁'}	{S₂₁''}	{S₁₂'}	{S₁₂''}	{S₂₂'}	{S₂₂''}
	
F[N]	{S₁₁'}	{S₁₁''}	{S₂₁'}	{S₂₁''}	{S₁₂'}	{S₁₂''}	{S₂₂'}	{S₂₂''}

, где:

Hz – единицы измерения частоты (**kHz**, **MHz**, **GHz**)

FMT – формат данных:

- **RI** – действительная и мнимая часть,
- **MA** – линейная амплитуда и фаза в градусах,
- **DB** – логарифмическая амплитуда в децибелах и фаза в градусах.

Z0 – числовое значение системного сопротивления

F [n] – частота измерения в точке n

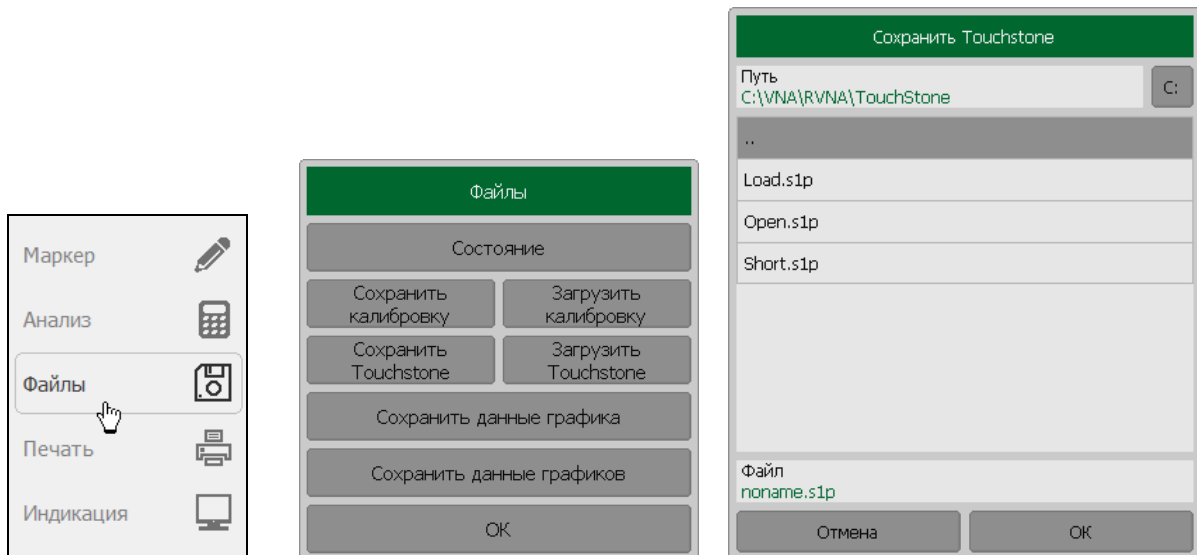
{...}' – {реальная часть (RI) | линейная амплитуда (MA) | логарифм. амплитуда (DB)}

{...}'' – {мнимая часть (RI) | фаза в градусах (MA) | фаза в градусах (DB)}

Функция сохранения файлов данных в формате Touchstone применима к отдельным каналам. Перед использованием данной функции выберите активный канал.

8.4.1 Порядок сохранения файлов данных формата Touchstone

Для сохранения данных графика нажмите программные кнопки **Файлы > Сохранить Touchstone**.



В открывшемся файловом диалоге **Сохранить Touchstone** выберите путь и введите имя файла.

Выбор каталога осуществляется двойным щелчком левой кнопки мыши по нему.

Для выбора диска нажмите программную кнопку с обозначением буквы диска.

Для редактирования имени файла щёлкните мышью по полю **Файл**. Введите имя файла и завершите ввод нажатием на кнопку **ОК**.

Для завершения сохранения файла данных формата Touchstone нажмите на диалоговой форме **Сохранить Touchstone** кнопку **ОК**.

Для выбора формата сохраняемого файла Touchstone в диалоговой форме **Сохранить Touchstone** щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Формат Touchstone**.



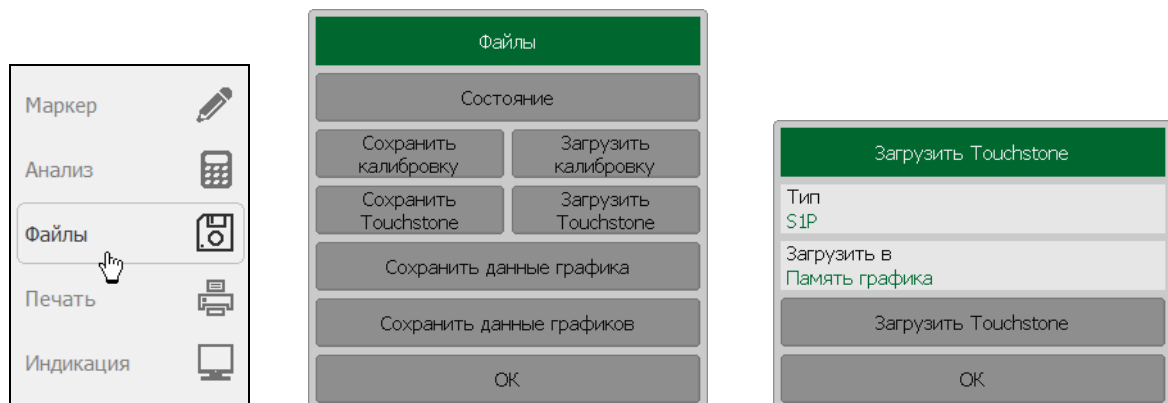
Выберите формат из списка в диалоговой форме **Формат Touchstone** и нажмите на кнопку **ОК**.

Для выбора типа файла Touchstone (S1P, S2P), щёлкните мышью по полю **Тип**.

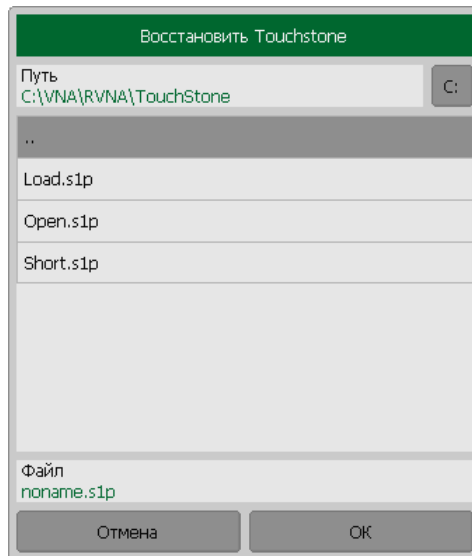
Для значений S11 используются данные измерений. S21, S12, S22 имеют нулевые значения.

8.4.2 Восстановление файлов данных формата Touchstone

Для восстановления данных графиков используйте следующие программные кнопки **Файлы > Загрузить Touchstone**.



В открывшемся файловом диалоге **Загрузить Touchstone** выберите путь и введите имя файла.



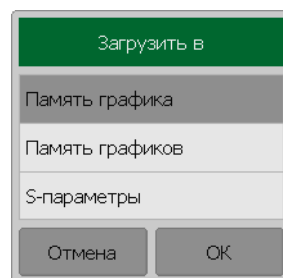
Выбор каталога осуществляется двойным щелчком левой кнопки мыши по нему.

Для выбора диска нажмите программную кнопку с обозначением буквы диска.

Щелчком мыши по имени файла выберите его. Завершите ввод нажатием на кнопку **ОК**.

Вы можете загрузить данные в память активного графика, в память всех графиков или в измеряемые S-параметры.

Для выбора варианта восстановления щёлкните мышью по полю **Загрузить в**.



Завершите выбор нажатием кнопки **ОК**.

Примечание

После загрузки файла в формате Touchstone в измеряемые S-параметры сканирование по частоте останавливается. Это необходимо для того, чтобы не затереть загруженные данные.

8.5 Печать графиков

Данный раздел описывает процедуру распечатки и сохранения в файле графических данных.

Предусмотрена возможность распечатки графиков через три различных программы – агента печати:

- Программа MS Word;
- Программа просмотра изображений ОС «WINDOWS»;
- Быстрое сохранение изображения экрана (Снимок экрана) программы в *.png формате, используя программное меню.

Примечание Программа MS Word должна быть установлена в ОС «WINDOWS».

Предусмотрены следующие варианты преобразования цвета перед передачей изображения программе – агенту печати:

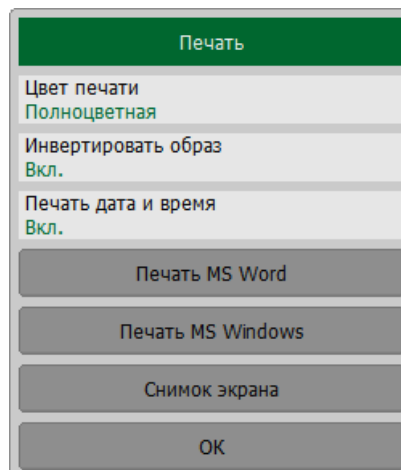
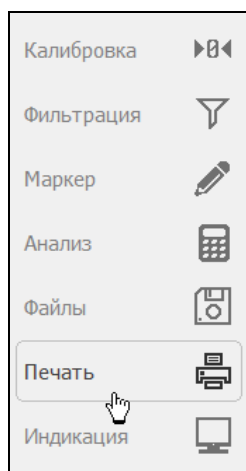
- Нет преобразования (печать в цвете);
- Преобразование в градации серого цвета;
- Преобразование в черно – белый цвет.

Предусмотрена возможность инвертирования изображения перед передачей изображения программе – агенту печати.

Предусмотрена возможность добавления текущей даты и времени в изображение перед передачей изображения программе – агенту.

8.5.1 Процедура печати графиков

Для печати графической области каналов индикации используйте следующие программные кнопки **Печать > Печать MS Word | Печать MS Window**.



Для выбора варианта цветового решения щёлкните мышкой по полю **Цвет печати**.

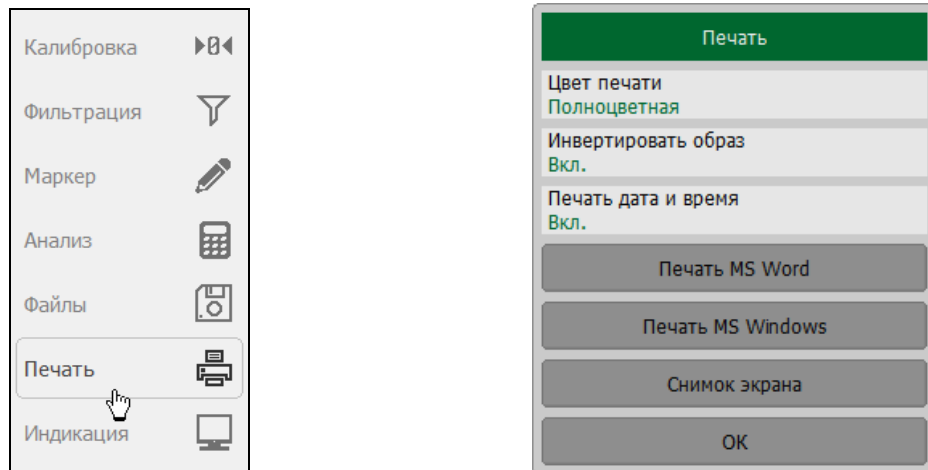
При необходимости, инvertируйте изображение, щёлкнув мышью по полю **Инvertировать образ**.

При необходимости, выберите вариант печати даты и времени на изображении, щёлкнув мышкой по полю **Печать дата и время**.

Закройте диалог печати, нажав на кнопку **ОК**.

8.5.2 Быстрое сохранение снимка экрана

Для быстрого сохранения снимка экрана нажмите на левой панели программных кнопок кнопку **Печать**.



Затем, в диалоговой форме **Печать**, кнопку **Снимок экрана**.

Сохраняемые файлы автоматически размещаются в папке *Image*, находящейся в рабочей папке программы и им автоматически присваивается имя:

scrXXXXX.png, где *XXXXX* – автоматически инкрементируемый порядковый номер.

Примечание

Процесс сохранения отображается в строке состояния рефлектометра.

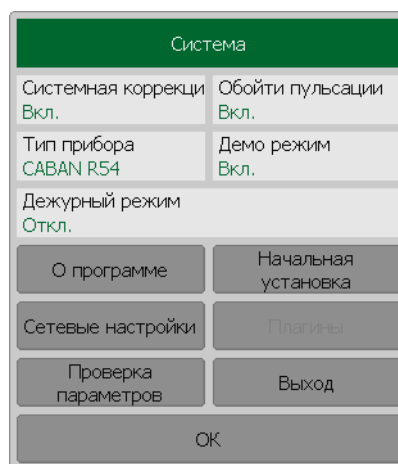
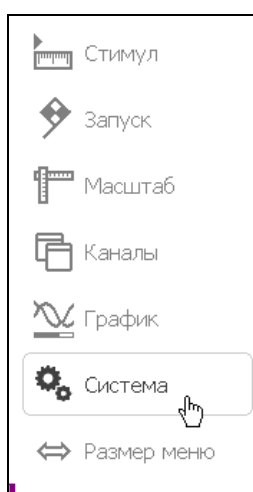
9 Системные установки

9.1 Начальная установка

Начальная установка служит для приведения рефлектометра в известное (начальное) состояние.

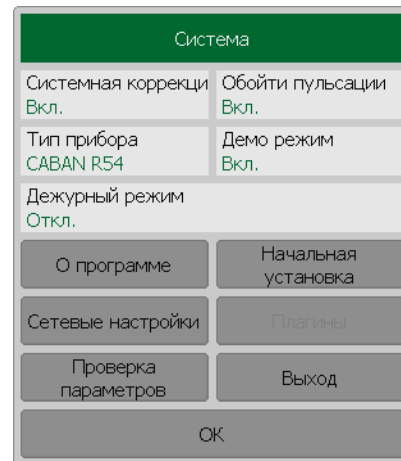
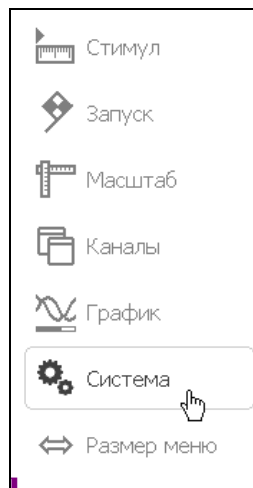
Значения параметров рефлектометра, устанавливаемые в процедуре начальной установки приведены в приложении А.

Для приведения рефлектометра в начальное состояние нажмите программные кнопки: **Система > Начальная установка**.



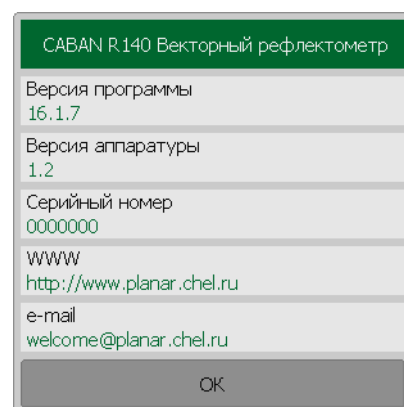
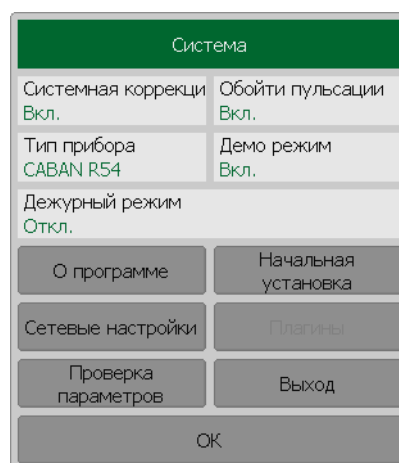
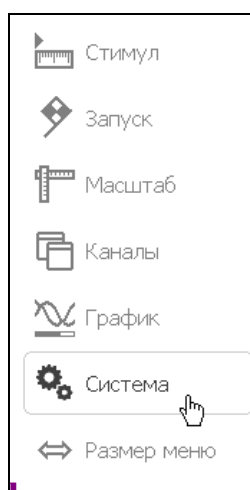
9.2 Завершение работы программы

Для завершения работы программы нажмите программные кнопки **Система > Выход**.



9.3 Информация о версии программы и серийном номере прибора

Чтобы получить информация о версии программного обеспечения и серийном номере рефлектометра нажмите программные кнопки **Система > О программе**.



9.4 Отключение системной калибровки

При выпуске с предприятия-изготовителя рефлектометр калибруется и калибровочные коэффициенты сохраняются в его постоянной памяти. По умолчанию рефлектометр осуществляет начальную коррекцию измеряемых S-параметров на основании заводской калибровки. Такая калибровка называется системной калибровкой, а коррекция ошибок – системной коррекцией.

Системная коррекция обеспечивает начальное значение измеряемых S-параметров до проведения калибровки рефлектометра пользователем. Системная калибровка осуществляется по плоскости соединителя измерительного порта и не может учитывать соединительные кабели и другие цепи, используемые для подключения исследуемого устройства. Погрешность измерений без калибровки рефлектометра и измерительной установки, производимой пользователем, не нормируется.

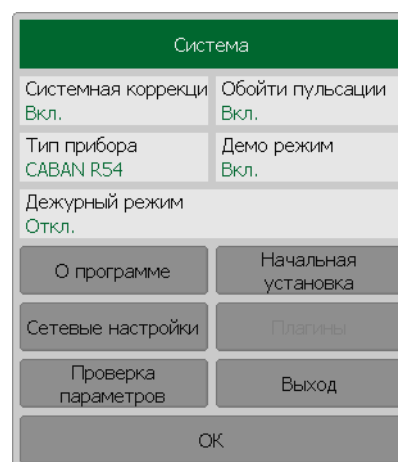
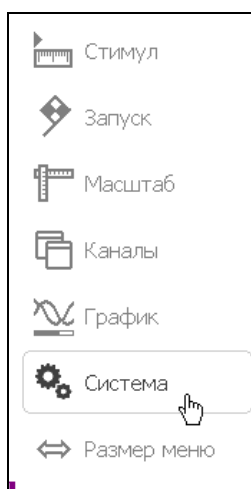
Обычно системная коррекция **не требует** отключения при осуществлении калибровки и последующих измерений.

Системная коррекция может быть отключена пользователем при условии проведения пользователем надлежащей калибровки. При этом погрешность измерений определяется калибровкой пользователя и не зависит от состояния системной коррекции. Единственное правило, которое необходимо соблюдать – это отключение/включение системной коррекции до проведения калибровки пользователем с тем, чтобы калибровка и последующие измерения осуществлялись в одинаковых условиях.

При отключении системной коррекции пользователем, индицируется соответствующее предупреждение в строке состояния рефлектометра:

Системная коррекция откл

Для отключения / включения системной калибровки – нажмите программную кнопку **Система**.



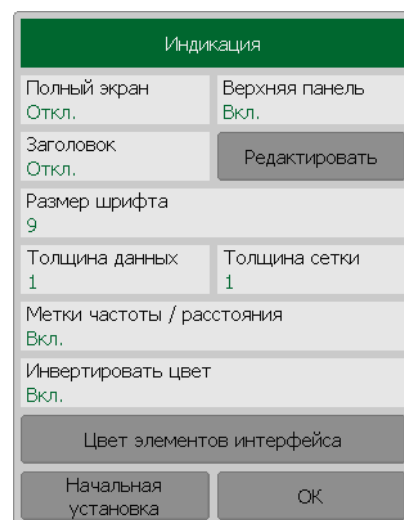
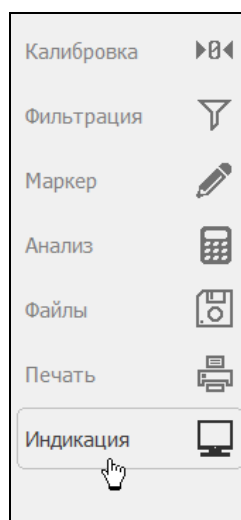
Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Системная коррекция**.

9.5 Настройка интерфейса

Предусмотрены следующие настройки интерфейса пользователя:

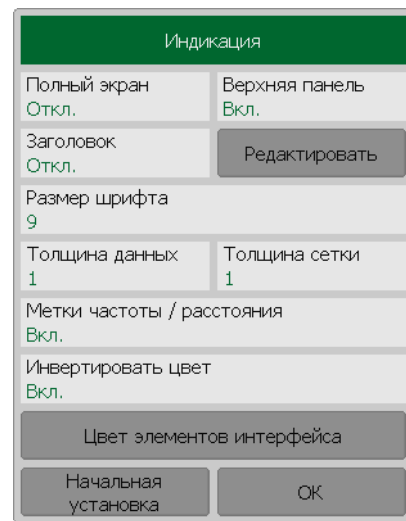
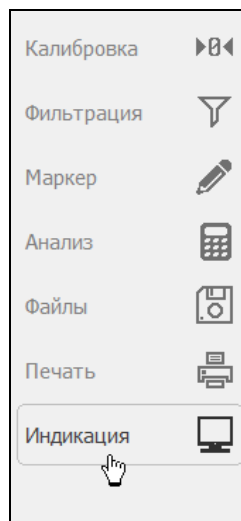
- Переключение полноэкранного или оконного режима индикации;
- Толщина данных и толщина сетки графиков;
- Размер шрифта;
- Окна канала;
- Инверсия цвета;
- Включение строки заголовка канала индикации.

Для переключения между полноэкранным и оконным режимами работы нажмите программные кнопку **Индикация**.



Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Полный экран**. Значение параметра изменится на **Вкл. / Откл**

Для изменения толщины данных и толщины сетки графиков нажмите программную кнопку **Индикация**.



Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Толщина данных**. В диалоговой форме цифровой клавиатуры введите требуемое значение толщины данных графиков.

Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Толщина сетки**. В диалоговой форме цифровой клавиатуры введите требуемое значение толщины сетки графиков.

Толщина данных и толщина сетки изменяется от 1 до 4.

Изменение толщины данных и толщины сетки влияет на все каналы индикации.

Для изменения размера шрифта в окне канала – нажмите программные кнопку **Индикация**.

Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Размер шрифта**. В диалоговой форме цифровой клавиатуры введите требуемое значение размера шрифта.

Размера шрифта изменяется от 8 до 24.

Для инвертирования цвета графической области нажмите программную кнопку **Индикация**.

Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Инвертировать цвет**. Значение параметра изменится на **Вкл.**

Для включения / выключения строки заголовка канала индикации нажмите программные кнопку **Индикация**.

Щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Заголовок**. Значение параметра изменится на **Вкл. / Откл.**

Для восстановления заводских настроек интерфейса программы нажмите программные кнопки **Индикация > Начальная установка**.

10 Особенности работы с двумя и более рефлектометрами

Дополнительное программное обеспечение позволяет использовать в работе одновременно до восьми рефлектометров. Это расширяет перечень измеряемых параметров скалярными коэффициентами передачи. Измерять скалярный коэффициент передачи можно в двух направлениях, например $|S_{21}|$ и $|S_{12}|$.

Единовременно источником сигнала может быть только один рефлектометр (активный). Остальные рефлектометры (пассивные) будут работать приёмниками сигнала. Активный имеет зелёный цвет индикатора READY/STANDBY, расположенного на верхней крышке. У пассивного одновременно горят и красный и зелёный светодиоды индикатора.

Активный назначается в зависимости от измеряемых в канале индикации S-параметров. Например, при измерении параметров S_{11} и S_{21} активным будет первый рефлектометр, при измерении S_{12} и S_{22} – второй. Если в канале индикации указан перечень S-параметров, программа сделает несколько запусков сканирования, где рефлектометры будут меняться своими ролями.

10.1 Установка дополнительного программного обеспечения

Для одновременной работы с несколькими рефлектометрами необходима отдельная программа RVNAx8.exe. Программа установки дополнительного программного обеспечения называется Setup_RVNAx8.exe_vX.X.exe, где X.X – версия программного обеспечения. Процедура установки аналогична описанной в пункте 1.

10.2 Подключение рефлектометров к интерфейсу USB

При работе программного обеспечения с несколькими приборами каждому из них присваивается номер порта в порядке их подключения к персональному компьютеру. Если до запуска программы рефлектометры были подключены в USB интерфейсам компьютера, то нумерация портов будет идти согласно внутренней нумерации интерфейсов USB хоста.

Важно! Если при работе устройств предполагается использовать режим синхронизации работы по шине USB, то все рефлектометры должны быть подключены к USB интерфейсам, которые обслуживаются одним контроллером. Обычно, это рядом расположенные USB порты персонального компьютера. Если, при использовании синхронизации по шине USB, рефлектометры подключить к разным USB контроллерам в пределах одного компьютера, то синхронизировать работу устройств не удастся. Хорошим решением будет использовать внешний USB HUB (концентратор) с собственным блоком питания.

10.3 Синхронизация работы рефлектометров

Для выполнения измерения коэффициентов передачи между приборами необходимо синхронизировать их работу. Если задачи измерения коэффициентов передачи не ставится и измеряются независимые цепи, где источник сигнала одного устройства не

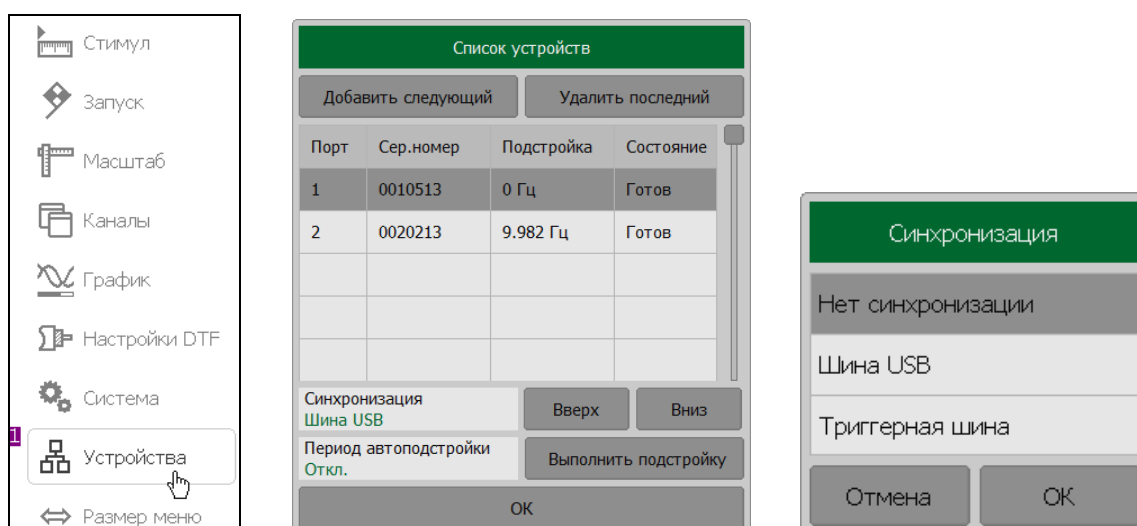
может быть помехой в работе другому рефлектометру, то можно использовать режим независимой работы устройств, то есть работать без синхронизации.

Программное обеспечение позволяет выбрать следующие варианты работы устройств:

- Без синхронизации;
- Синхронизация по шине USB;
- Синхронизация по триггерной шине.

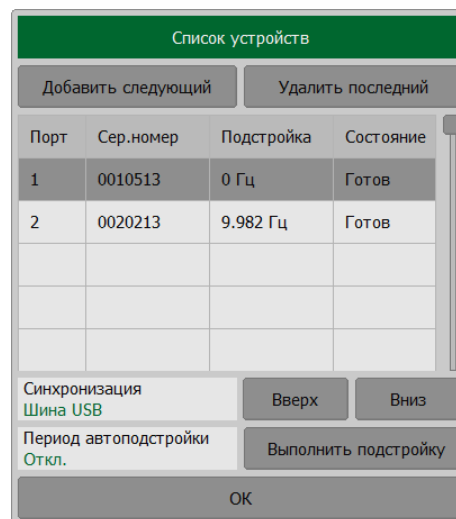
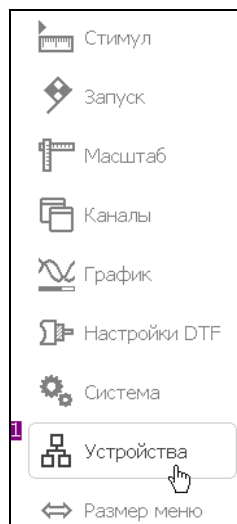
Для синхронизации работы по триггерной шине необходимо соединить входы/выходы внешнего триггера каждого устройства друг с другом коаксиальным кабелем.

Для выбора нужного типа синхронизации нажмите программные кнопки **Устройства > Синхронизация > Нет синхронизации | Шина USB | Триггерная шина.**



10.4 Добавление / удаление устройств

Чтобы подключить или отключить устройство нажмите программные кнопки **Устройства > Добавить следующий | Удалить последний**.



10.5 Подстройка частоты внутренних генераторов

Внутренние опорные генераторы рефлектометров имеют конечную точность установления частоты. При работе с несколькими рефлектометрами необходимо подстроить выходную частоту каждого из них относительно первого в списке устройств. Это делается для того, чтобы устранить ошибку при измерении модулей коэффициентов передачи, связанную со смещением частоты одного из рефлектометров и непопаданием в полосу пропускания фильтра ПЧ другого.

В программном обеспечении присутствует функционал автоматической подстройки частоты. Функция автоматической подстройки частоты и периодичность её выполнения могут быть заданы пользователем.

При выполнении подстройки частоты порты рефлектометров должны быть соединены между собой. Необходимо обеспечить ослабление сигнала между портами не более 50 дБ.

Программа осуществляет автоподстройку по центральной частоте в том диапазоне рабочих частот, который используется в активном канале индикации.

Перед использованием рефлектометры следует прогреть, чтобы минимизировать температурный дрейф опорных генераторов.

Подстройка частоты необходима в том случае, если каждое устройство имеет собственный источник опорной частоты.

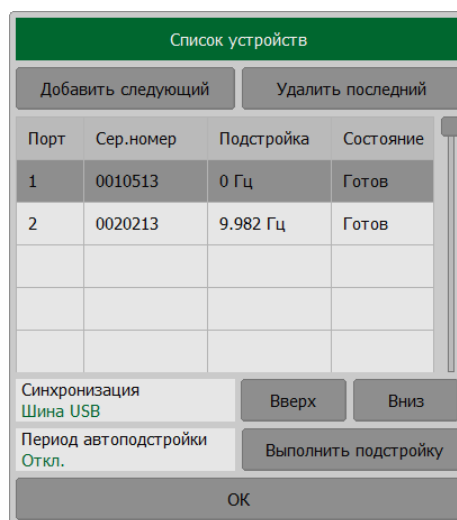
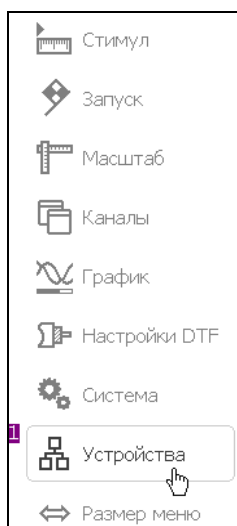
При выборе источника опорной частоты **Связанный** устройство использует общую шину опорной частоты, в этом случае первое устройство является источником, остальные – приемниками.

Примечание

При условии соединения входов опорной частоты двух рефлектометров между собой коаксиальным кабелем и выборе источника опорной частоты **Внешний** или **Связанный** подстройка частоты не требуется. Величина подстройки частоты в этом случае принимается нулевой.

10.5.1 Ручная подстройка частоты

Для выполнения ручной подстройки частоты нажмите программные кнопки: **Устройства > Выполнить подстройку**.

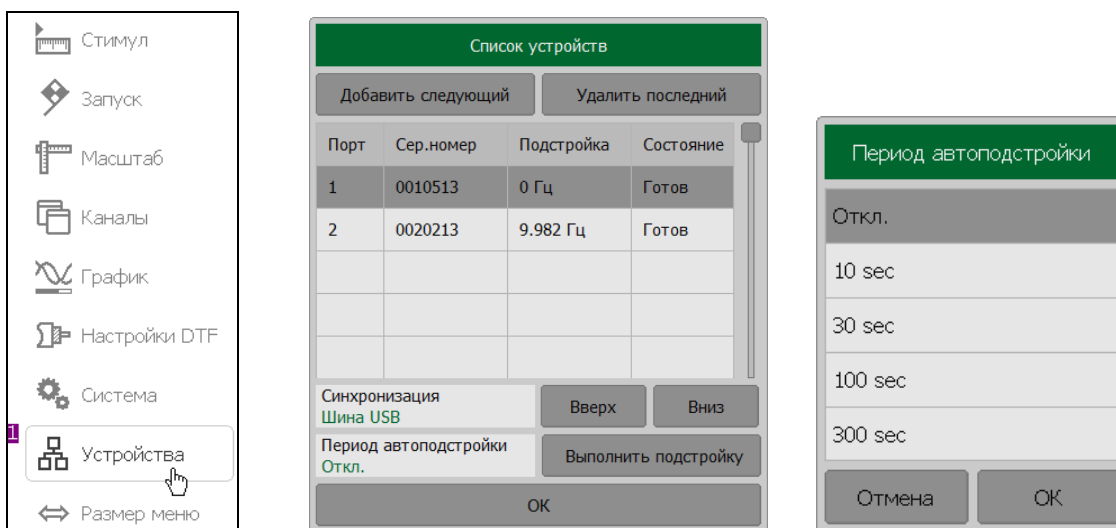


После выполнения подстройки в поле **Подстройка** диалоговой формы **Список устройств** будет показана величина коррекции частоты опорного генератора второго рефлектометра.

10.5.2 Автоматическая подстройка частоты

В режиме автоматической подстройки частоты программа выполняет подстройку через заданный временной интервал. Проверка времени выполняется после завершения сканирования в каналах индикации, поэтому реальный интервал подстройки может быть больше заданного.

Для выполнения автоматической подстройки частоты нажмите программную кнопку **Устройства**.



Щёлкните кнопкой мыши по полю **Период автоподстройки**.

В диалоговой форме **Период автоподстройки** выберите требуемый временной интервал и нажмите кнопку **ОК**.

10.6 Особенности калибровки рефлектометров

Процедура калибровки, описанная в пункте 5, расширена возможностью выбора комбинации портов, задействованных в измерении, и возможностью калибровки модуля коэффициента передачи.

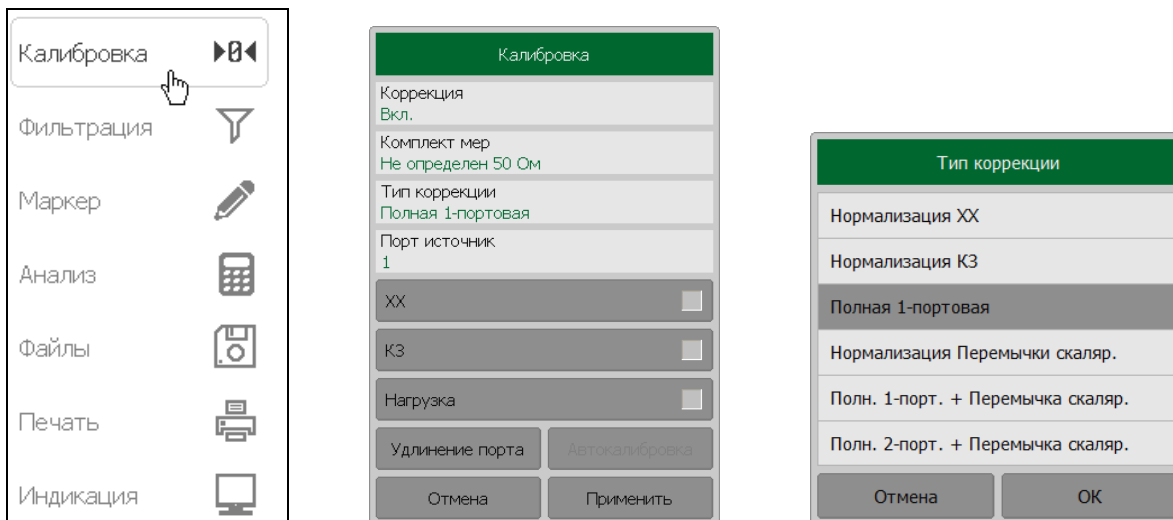
Перед выполнением калибровки меры **Перемычка** будет принудительно выполнена подстройка частоты генераторов.

Таблица 10.1 Статус коррекции ошибок графика с калибровкой меры **Перемычка**.

Символы	Значение
ST	Нормализация модуля коэффициента передачи
F1ST	Полная однопортовая калибровка с нормализацией модуля коэффициента передачи
F2ST	Полная двухпортовая калибровка с нормализацией модуля коэффициента передачи
MATH	Эквивалент калибровки F2ST, полученный математическим методом.

10.6.1 Выбор типа коррекции

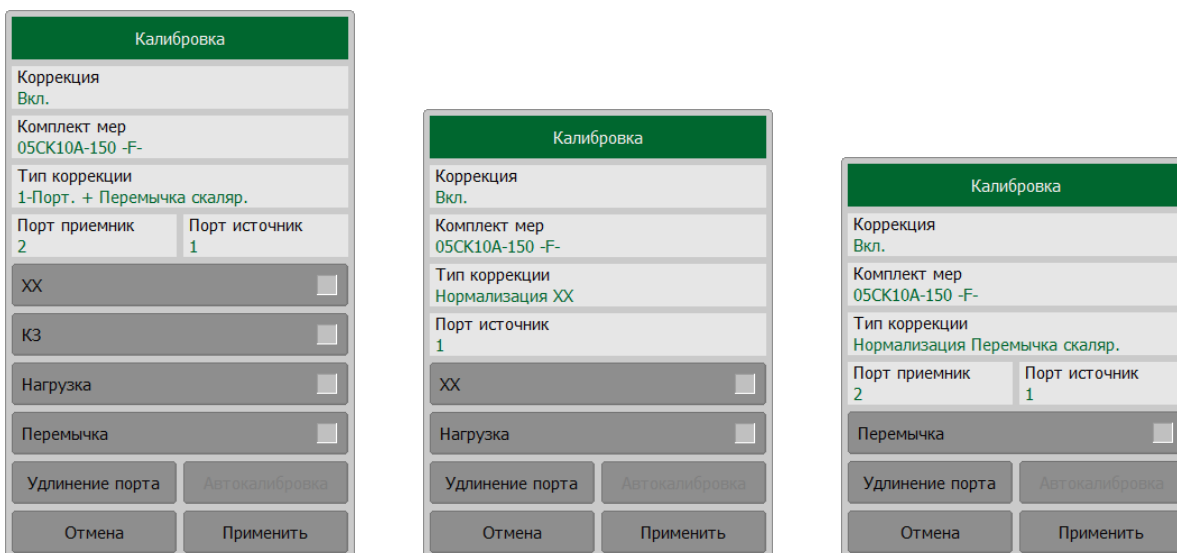
Для выбора комбинации портов нажмите программную кнопку **Калибровка**.



Выберите номер порта источника щелкнув кнопкой мыши по полю **Порт источник**.

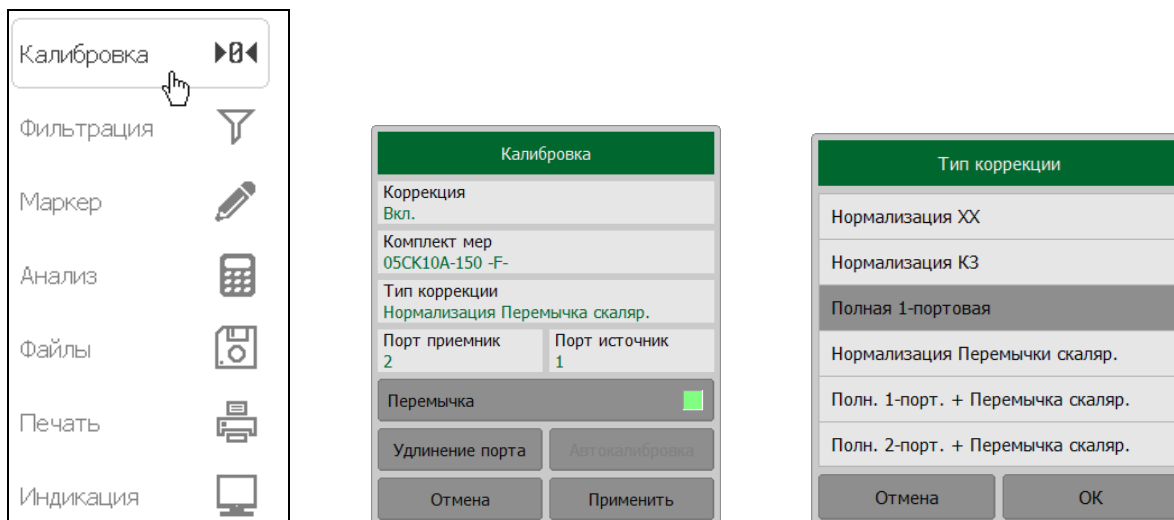
Затем щёлкните левой кнопкой мыши по полю **Тип коррекции**.

В зависимости от типа коррекции будет доступен выбор порта источника либо порта источника и порта приемника сигнала.



10.6.2 Нормализация модуля коэффициента передачи

Для выполнения нормализации модуля коэффициента передачи нажмите программную кнопку **Калибровка**.



Затем, щёлкните кнопкой мыши по полю **Тип коррекции**.

В диалоговой форме **Тип коррекции** выберите **Нормализация Перемычка скаляр.** и нажмите кнопку **ОК**.

В диалоговой форме **Калибровка** назначьте порт источник сигнала и порт приемник сигнала.

Соедините порты рефлектометров мерой **Перемычка**.

Нажмите программную кнопку **Перемычка** и дождитесь завершения измерений.

Нажмите программную кнопку **Применить**.

По нажатию кнопки рассчитывается таблица калибровочных коэффициентов и сохраняется в памяти рефлектометра. Автоматически включается функция коррекции ошибок.

Если требуется отменить результаты измерения меры – нажмите программную кнопку **Отмена**.

Примечание

Проверить состояние калибровки можно в строке состояния графика.

10.6.3 Расширенная нормализация

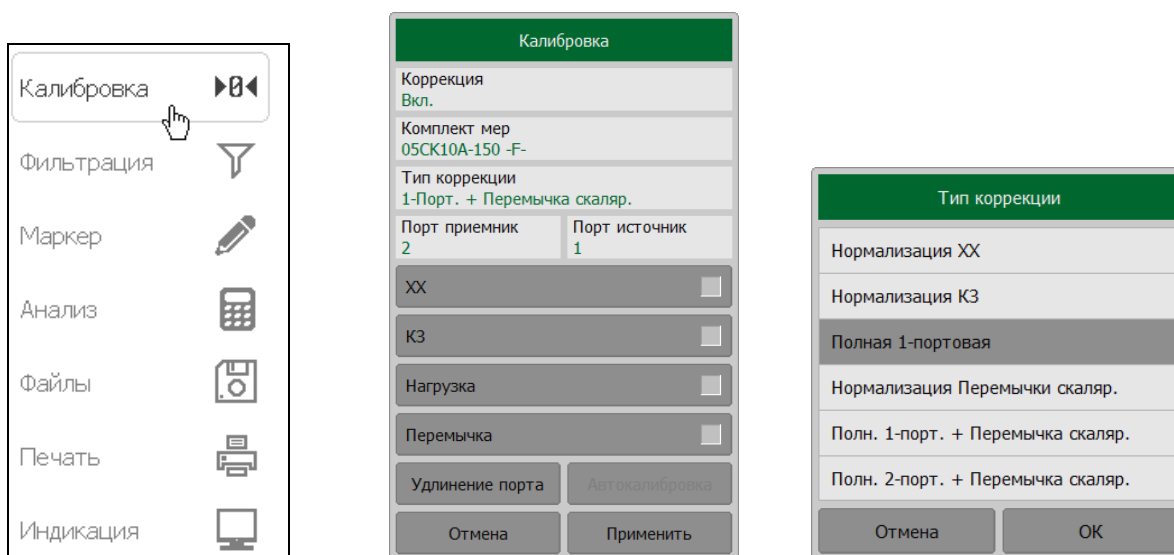
Расширенная нормализация модуля коэффициента передачи отличается наличием полной однопортовой калибровки порта источника сигнала или полных однопортовых калибровок источника и приемника сигналов. Это позволяет увеличить

точность измерений коэффициента передачи за счет учета согласования источника сигнала или источника и приемника сигнала с измеряемым устройством.

В описании процедуры калибровки ниже напишем о выборе F1ST - полная однопортовая калибровка с нормализацией модуля коэффициента передачи или F2ST - полная двухпортовая калибровка с нормализацией модуля коэффициента передачи

Перед калибровкой необходимо выполнить следующие предварительные установки рефлектометра: назначить активный канал, установить параметры канала (частотный диапазон, полосу ПЧ и другие), выбрать комплект калибровочных мер.

Для выполнения расширенной нормализации модуля коэффициента передачи F1ST нажмите программную кнопку **Калибровка**.



Затем, щёлкните кнопкой мыши по полю **Тип коррекции**.

В диалоговой форме **Тип коррекции** выберите **Полн. 1-Порт. + Перемычка скаляр.** и нажмите кнопку **ОК**.

В диалоговой форме **Калибровка** назначьте порт источник сигнала и порт приемник сигнала.

Соедините порты рефлектометров мерой **Перемычка**.

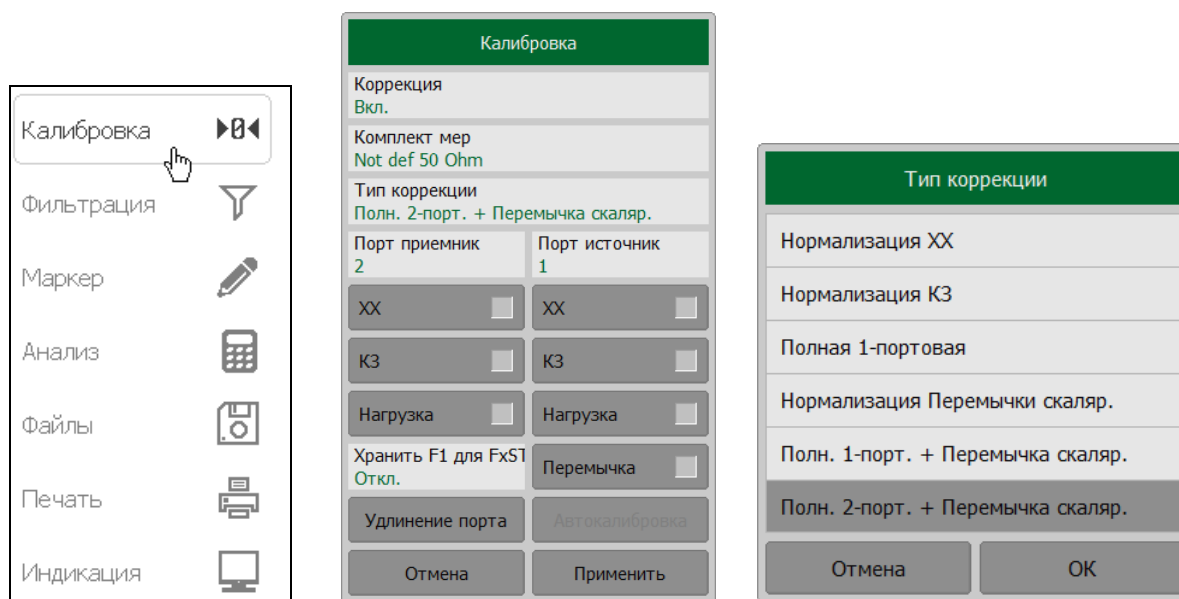
Нажмите программную кнопку **Перемычка** и дождитесь завершения измерений.

Подключите к порту источника сигнала в любом порядке меры КЗ, XX, Нагрузка. Выполните измерения, нажав кнопку с обозначением меры **КЗ**, **XX** или **Нагрузка** соответственно.

Нажмите программную кнопку **Применить**.

Если требуется отменить результаты измерения меры – нажмите программную кнопку **Отмена**.

Для выполнения расширенной нормализации модуля коэффициента передачи F2ST нажмите программную кнопку **Калибровка**.



Затем, щёлкните кнопкой мыши по полю **Тип коррекции**.

В диалоговой форме **Тип коррекции** выберите **Полн. 2-Порт. + Перемычка скаляр.** и нажмите кнопку **ОК**.

В диалоговой форме **Калибровка** назначьте порт источник сигнала и порт приемник сигнала.

Соедините порты рефлектометров мерой **Перемычка**.

Нажмите программную кнопку **Перемычка** и дождитесь завершения измерений.

Подключите к порту источника сигнала в любом порядке меры K3, XX, Нагрузка. Выполните измерения, нажав кнопку с обозначением меры **K3**, **XX** или **Нагрузка** соответственно.

Подключите к порту приемника сигнала в любом порядке меры K3, XX, Нагрузка. Выполните измерения, нажав кнопку с обозначением меры **K3**, **XX** или **Нагрузка** соответственно.

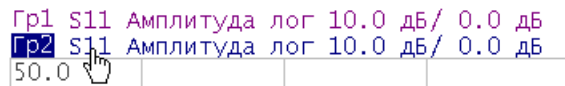
Нажмите программную кнопку **Применить**.

Если требуется отменить результаты измерения меры – нажмите программную кнопку **Отмена**.

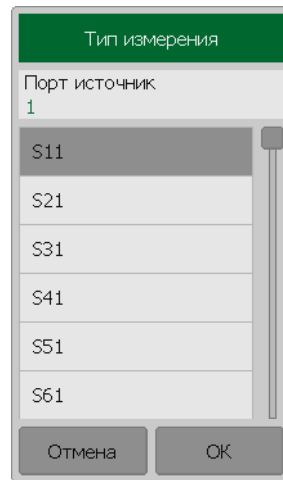
10.7 Выбор измеряемых S-параметров

Измеряемый параметр S_{11} , S_{21} , S_{31} и т.д. устанавливается для каждого графика. Перед установкой измеряемого параметра необходимо назначить активный график.

Для установки измеряемого параметра – щёлкните левой кнопкой мыши по названию измеряемого S-параметра в строке состояния графика.



```
Гр1 S11 Амплитуда лог 10.0 дБ/ 0.0 дБ
Гр2 S11 Амплитуда лог 10.0 дБ/ 0.0 дБ
50.0
```



В диалоговой форме **Тип измерения** выберите строку с требуемым параметром и нажмите кнопку **ОК**.

Приложение А (справочное)

Список параметров рефлектометра, устанавливаемых по умолчанию

Наименование параметра	Значение по умолчанию	Объект ¹⁾
Формат данных Touchstone	RI – реальная и мнимая часть	Изм
Число каналов индикации	1	Изм
Номер активного канала	1	Изм
Знаков стимула на маркерах	8 знаков	Изм
Знаков измерения на маркерах	5 знаков	Изм
Число вертикальных делений	10	Кан
Индикация заголовка канала	Выключено	Кан
Значение заголовка канала	Пусто	Кан
Число графиков канала	1	Кан
Номер активного графика	1	Кан
Закон сканирования	Линейный	Кан
Точек	201	Кан
Начальная частота	85 МГц	Кан
Конечная частота	14 ГГц	Кан
Уровень выходной мощности	Высокий	Изм
Полоса ПЧ	10 кГц	Кан
Задержка измерения	0 с	Кан
Режим задания диапазон	Старт / Стоп	Кан
Число сегментов	1	Кан
Точек в сегменте	2	Кан
Начальная частота сегмента	85 МГц	Кан

Наименование параметра	Значение по умолчанию	Объект ¹⁾
Конечная частота сегмента	85 МГц	Кан
Полоса ПЧ сегмента	10 кГц	Кан
Полоса ПЧ сегментов таблично	Выключено	Кан
Задержка измерения сегментов таблично	Выключено	Кан
Режим запуска	Повторный	Изм
Таблица калибровочных коэффициентов	Пусто	Изм
Коррекция ошибок	Включено	Изм
Масштаб графика	10 дБ/Дел	Гр
Значение опорной линии	0 дБ	Гр
Положение опорной линии	5 деление	Гр
Смещение фазы	0°	Гр
Электрическая задержка	0 с	Гр
Формат	Возвратные потери (дБ)	Гр
Максимальное расстояние	1,49 м	Гр
Окно Кайзера окна преобразования временной области	Нормальное	Кан
Число маркеров	0	Гр

¹⁾ Объект установки параметра (Изм - рефлектометр, Кан - канал, Гр – график)