NF

Измерение коэффициента шума

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Версия 26.1.1 08.06.26

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА

ОПЦИЯ NF

ДЛЯ

ВЕКТОРНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ ЦЕПЕЙ

C1209, C2209, C1220, C2220, C4209, C4220

C1409, C2409, C1420, C2420, C4409, C4420

ПРЕДУСИЛИТЕЙ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА

AMP-20-LSU

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Июнь 2026 г

Содержание

Введение **8**

Требования безопасности **9**

Описание и принцип работы **12**

Назначение и область применения 12

Состав 13

Общие схемы измерений, общие рекомендации и ограничения метода 16

Технические характеристики 18

Характеристики анализаторов цепей векторных с опцией NF 18

Общие сведения 20

Необходимость измерений коэффициента шума 20

Коэффициент шума 22

Анализаторы цепей векторные 28

Малошумящие усилители 31

Генераторы шума 34

Методы измерений 35

Метод Y-фактор 38

Первый этап 42

Второй этап 45

Функциональные возможности программы NF 49

Подготовка к работе **53**

Распаковывание и повторное упаковывание 53

Распаковывание 53

Упаковывание 54

Установка программного обеспечения **56**

Настройка подключения к ПО анализатора **64**

Порядок работы **67**

Общие рекомендации при выполнении измерений 67

Предусилители для измерения коэффициента шума 68

Подготовка к проведению измерений 73

Порядок проведения измерений 76

Содержание

Подготовка к работе ГШ 80

Температура окружающей среды 81

Определение параметров пассивных устройств 81

Проверка собственного КШ 81

Подключение и отключение устройств 82

Последовательность выключения 83

Интерфейс программы 84

Боковая панель 87

Панель быстрого доступа 89

Окно канала 91

Менеджер графиков 93

Диаграмма 97

Маркеры 98

Строка состояния канала 99

Строка состояния программы 101

Установка параметров 104

Установка метода измерений 106

Установка порта приёмника анализатора 107

Установка параметров ИУ 108

Установка параметров анализатора 110

Установка частотно-зависимых параметров приёмника 112

Установка диапазона сканирования 112

Установка количества точек или шага частоты 114

Установка графиков и диаграмм 116

Размещение графиков и диаграмм 117

Выбор активной диаграммы и графика 123

Установка измеряемых параметров 125

Установка формата 128

Установка масштаба графика 131

Функция автомасштабирования 133

Содержание

Увеличение фрагмента диаграммы 135

Настройки триггера 137

Фильтрация 139

Установка усреднения 139

Установка сглаживания 142

Калибровка 143

Мастер калибровки 145

Вкладка Старт 149

Вкладка Параметры 152

Вкладка Калибровка приёмника 153

Вкладка S-параметры ИУ 159

Вкладка Применение результатов 162

Блоки коррекции 163

Исключение цепи 166

Анализ данных измерений 169

Маркеры 170

Свойства маркеров 179

Режим связности маркеров 180

Перемещение легенды маркеров на диаграмме 181

Индикация легенды маркеров активного графика 182

Вид метки маркера 184

Функция памяти графиков 185

Математические операции 187

Статистика 189

Допусковый контроль 191

Сохранение состояния и данных 200

Сохранение состояния 201

Сохранение данных графика 203

Системные установки 206

Начальная установка 206

Содержание

Управление лицензиями 207

Сетевые настройки 210

Автоматизация 212

Библиотека генератора шума 214

Настройка МШУ 221

Установка температуры окружающей среды 222

Установка задержки перед измерением 223

Отображение индикатора развертки 224

Отображение индикатора питания ГШ 225

Отображения списка ГШ в панели быстрого доступа 226

О программе 227

Руководство по программированию 228

Установление соединения (SCPI) 229

Настройка программы 230

Настройка клиента 231

Библиотека VISA 232

Введение в SCPI 233

Сообщения 233

Дерево команд 233

Подсистемы 234

Необязательные подсистемы 234

Полный и сокращенный формат 235

Нечувствительность к регистру 235

Параметры 236

Числовые параметры 236

Приставки Множители 237

Системы счисления 238

Логические параметры 238

Строковые параметры 239

Команды запроса 239

Содержание

Числовые суффиксы 240

Составные команды 240

Общие команды IEEE488.2 241

Справочник команд 242

Общие команды IEEE488.2 243

*OPC? 244

Noise Figure 245

NF:CALC:DATA:FDAT 246

NF:CALC:DATA:SDAT 247

NF:SCAN:STAT 249

NF:SENS:FREQ:STAR 250

NF:SENS:FREQ:STOP 251

NF:SENS:SWE:POIN 252

NF:SYST:STAT:LOAD 253

NF:SYST:STAT:SAVE 254

NF:SYST:VNA:CON 255

Техническое обслуживание 256

Порядок проведения технического обслуживания 256

Внешний осмотр 258

Чистка соединителей 259

Проверка присоединительных размеров 260

Текущий ремонт 262

Хранение 262

Транспортирование 263

Сокращения 264

Приложение А Таблица настроек по умолчанию 266

Введение

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для изучения работы, принципа действия, правил использования решения для измерений коэффициента шума усилительных и приёмных устройств без преобразования частоты с помощью анализаторов цепей векторных и предусилителя для измерения коэффициента шума производства ООО «ПЛАНАР».

В руководстве содержаться общие сведения о решении (далее опция NF), приведены технические характеристики его компонентов, указаны их составы, условия эксплуатации, транспортирования и хранения, также приведены инструкции по установке и настройке программного обеспечения для измерения коэффициента шума (далее программа NF), дано описание программы NF, представлен порядок проведения измерений.

Перед работой необходимо ознакомиться с руководством по эксплуатации на анализаторы цепей векторные.

ВНИМАНИЕ!	Документ является результатом творческого труда и интеллектуальной деятельности сотрудников ООО «ПЛАНАР». 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 оборудования для измерений коэффициента шума, нарушения правил безопасности и несоблюдения прочих необходимых мер предосторожности.

Требования безопасности

Требования безопасности указаны в руководстве по эксплуатации на анализаторы цепей векторные серии Кобальт.

Далее отмечены основные моменты, относящиеся к совместному использованию анализатора цепей векторного и МШУ.

При эксплуатации анализаторов совместно с МШУ необходимо соблюдать требования: «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также общие меры безопасности, относящиеся к аппаратуре, работающей от электросети ~ 220 В, 50 Гц.

Для исключения сбоев в работе измерения необходимо производить при отсутствии резких перепадов напряжения питания сети, вызываемых включением и выключением мощных потребителей электроэнергии и мощных импульсных помех.

Заземление МШУ производится через сетевой шнур.

	К работе с МШУ могут быть допущены лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с электро- и радиоизмерительными приборами.
ВНИМАНИЕ!	Превышение максимальной входной мощности радиочастотного сигнала или максимального постоянного напряжения, указанных на корпусе МШУ, может привести к выходу его из строя.

Перед включением МШУ следует визуально проверить исправность блока питания. Использование других блоков питания не из комплекта поставки может привести к повреждению МШУ.

ВНИМАНИЕ!

Разрыв линии защитного заземления может сделать работу с прибором опасной.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ производить соединение или разъединение кабеля управления МШУ при включенном анализаторе.

ВНИМАНИЕ!	ЗАПРЕЩАЕТСЯ нарушать защитные пломбы, производить самостоятельный ремонт МШУ и его частей.

Защита от электростатического разряда

На рабочем месте должны быть приняты меры по обеспечению защиты от воздействия статического электричества.

Статическое электричество может накопиться на вашем теле и при разряде повредить чувствительные элементы внутренних цепей анализатора или подключенного к нему МШУ. Для предотвращения повреждения необходимо соблюдать следующее:

ВНИМАНИЕ!

- всегда снимать накопленный на теле заряд статического электричества до прикосновения к МШУ и другим чувствительным к статическому электричеству устройствам;
- всегда использовать заземленный проводящий настольный коврик;
- всегда надевать на руку заземленный антистатический браслет, подсоединенный к заземленному проводящему настольному коврику через последовательно подключенный резистор 1 Мом.

Описание и принцип работы

Назначение и область применения

Решение (опция NF) предназначено для измерений коэффициента шума усилительных и приёмных устройств с помощью измерительного приёмника векторных анализаторов цепей.

Решение включает следующие компоненты:

- измерительный приёмник, в качестве которого применяется анализатор цепей векторный;
- малошумящий усилитель, далее МШУ (предусилитель для измерения коэффициента шума);
- генератор шума;
- программное обеспечение для измерения коэффициента шума (далее программа NF).

Анализатор совместно с подключенным МШУ образуют единое средство для определения мощности шумового сигнала. Описание компонентов системы приведено далее.

В тексте настоящего описания программная часть опции будет называться программа NF. Подробное описание функциональных возможностей программы NF см. в п. Функциональные возможности программы NF.

ПРИМЕЧАНИЕ	Функциональные возможности, связанные с проведением измерений шумовых параметров исследуемых устройств (ИУ) и градуировки генераторов шума (ГШ), будут реализованы позднее. Текущее описание ориентировано на измерение коэффициента шума (КШ).

Состав

В таблице 1 приведен список устройств для проведения измерения коэффициента шума.

Таблица 1 — Список устройств для проведения измерения коэффициента шума

Наименование	Обозначение
Анализатор цепей векторный [1]	C1209 или C2209 или C4209 C1220 или C2220 или C4220 C1409 или C2409 или C4409 C1420 или C2420 или C4420
Предусилитель для измерения коэффициента шума [1]	AMP-20-LSU
Программное обеспечение для измерения коэффициента шума	NF
Кабели, переходы, наборы мер [2]	—
Тарированные ключи [2]	—

ПРИМЕЧАНИЯ:

1 Конкретные модель анализатора цепей векторного, предусилителя определяются при заказе. Типовой комплект поставки анализатора и усилителя приведен в таблицах 2 и 3. Устройства могут быть приобретены совместно или отдельно для доукомплектования имеющегося в наличии анализатора.

2 Принадлежности, к которым относятся измерительные кабели и переходы, а также средства калибровки, поставляются по отдельному заказу.

Таблица 2 — Типовой комплект поставки анализаторов цепей векторных

Наименование	Обозначение	Количество, шт.
Анализатор цепей векторный	C1209 или C2209 или C4209 C1220 или C2220 или C4220 C1409 или C2409 или C4409 C1420 или C2420 или C4420	1
Кабель USB	—	1
Кабель питания	—	1
USB flash накопитель, содержащий: Программное обеспечение Руководство по эксплуатации Методику поверки	— S2VNA или S4VNA — —	1
Формуляр	—	1
ПРИМЕЧАНИЕ — Конкретные модель анализатора цепей векторного определяется при заказе.		

Таблица 3 — Типовой комплект поставки предусилителей для измерения коэффициента шума

Наименование	Обозначение	Количество, шт.
Предусилитель для измерения коэффициента шума	AMP-20-LSU	1
Ножки	—	3
Блок питания	AMA40DC1120033Y-12V, 3.3A-Aimtec	1
Сетевой шнур	SCZ-1	1
Кабель USB	AR001-E0120004R_USB-C(m)_to_A(m)_USB2.0	1
Соединительный кабель	HB-B100	1
Датчик температуры	B57703-M 103-G	1
Паспорт	—	1

ПРИМЕЧАНИЯ:

1 Конкретные модель предусилителя определяются при заказе. Типы соединителей портов предусилителя уточняются при заказе. Устройство может быть приобретено совместно с новым прибором или отдельно для доукомплектования имеющегося в наличии анализатора.

2 Генераторы шума NC346B, NC346C, USB хаб, тарированные ключи не входит в комплект поставки и поставляется по отдельному заказу.

Общие схемы измерений, общие рекомендации и ограничения метода

Основные схемы измерений приведены на рисунках 1 и 2.

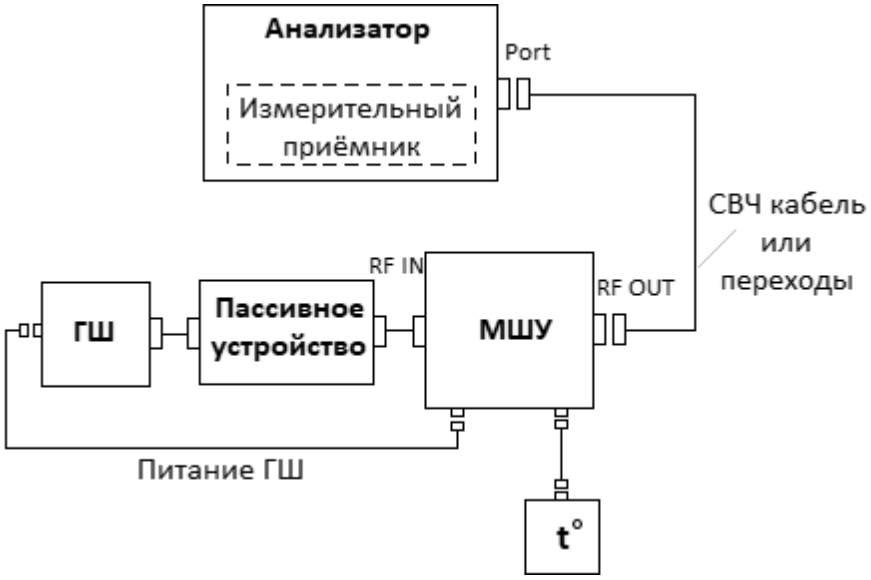


Рисунок 1 – Схема измерений коэффициента шума приёмника

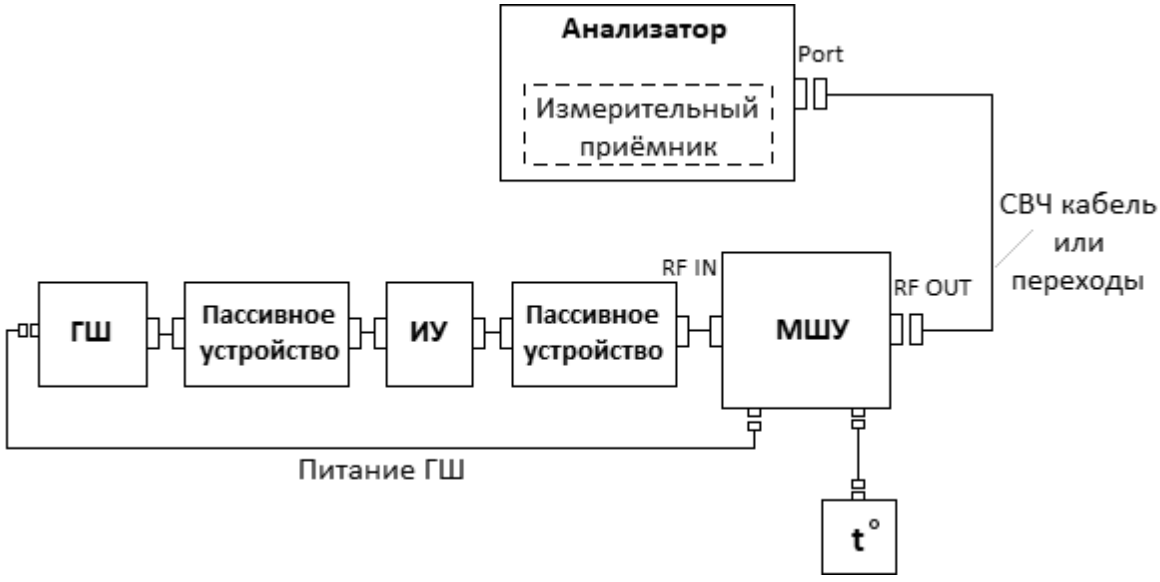


Рисунок 2 – Схема измерений коэффициента шума каскадного соединения устройства и приёмника

Общие рекомендации для лучшей компенсации приёмника (ИУ: КШ < 2 дБ, КУ ≈ 10 дБ)

- Усилитель может подключаться к порту анализатора с помощью кабеля. Потери между выходом усилителя и портом анализатора не должны

приводить к ухудшению собственного шума приёмника, превышающем 12 дБ.

- ИОШТ генератора шума должна быть по крайней мере на 3 дБ выше собственного шума приёмника.

Ограничения метода

- Измерение КШ в Z_0 тракте. Шумовые параметры не определяются.
- Не учитывается изменение F_{rec} при изменении входного импеданса, хотя $\Gamma_{\text{H}} \cong \Gamma_{\text{C}}$ отличается от Γ_{OUT}: $F_{REC}(\Gamma_H) \cong F_{REC}(\Gamma_C) \cong F_{REC}(\Gamma_{OUT})$.
- При калибровке и измерении $\Gamma_H \cong \Gamma_C$, $F(\Gamma_H) \cong F(\Gamma_C)$
- Использование G_{INS} вместо G_A при расчете КШ каскадного соединения.

Технические характеристики

Характеристики анализаторов цепей векторных с опцией NF

Таблица 4 – Характеристики анализаторов совместно с МШУ

Параметр	Значение
Диапазон рабочих частот, Мгц: AMP-20-LSU	 от 1000 до 20000
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты внутреннего опорного генератора	±2·10-6
Номинальная ширина полосы пропускания фильтра ПЧ, Мгц	1
Максимальная ширина полосы пропускания фильтра ПЧ, Мгц	2
Верхняя граница линейности амплитудной характеристики измерительных приёмников, дБм	-2
Собственный коэффициент шума, дБ, не более: AMP-20-LSU	 12 (10 тип.)
Диапазон измерений коэффициента шума, дБ: при ИОШТ генератора шума от 4 до 7 дБ при ИОШТ генератора шума от 12 до 17 дБ при ИОШТ генератора шума от 20 до 22 дБ	 от 0 до 10 от 0 до 20 от 0 до 25
Диапазон измерений коэффициента передачи при использовании ГШ с номинальным значением ИОШТ 15 дБ, дБ: Ступень 2 МШУ Ступень 3 МШУ	 от 20 до 35 от -10 до 20

Параметр	Значение
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения коэффициента шума и коэффициента передачи из-за нелинейности измерительного тракта, дБ	±0,10
Среднее квадратическое отклонение результата измерения мощности шума, дБ	0,05
Коэффициент отражения входа, дБ, не более	-10

ПРИМЕЧАНИЯ:

1 Собственный коэффициент шума определяется при максимальном коэффициенте усиления МШУ и вносимом ослаблении между выходом МШУ и входом анализатора не более 4 дБ.

2 Динамический диапазон измерений коэффициента передачи с помощью анализатора цепей не менее 100 дБ. Погрешность измерений приведена в руководстве по эксплуатации на конкретную модель.

3 Среднее квадратическое отклонение результата измерения мощности шума определяется при максимальном коэффициенте усиления МШУ и шумовом усреднении не менее 50.

ПРИМЕЧАНИЕ Технические характеристики анализатора цепей векторного приведены в его руководстве по эксплуатации.

Общие сведения

Необходимость измерений коэффициента шума

Усилительные и приемные устройства играют важную роль в обработке радиосигналов. Эти устройства могут использоваться в беспроводных сетях, радиосвязи, спутниковой связи и других радиотехнических устройствах. Одним из этапов проектирования, тестирования и эксплуатации таких устройств является измерение и оценка КШ.

Важность измерений коэффициента шума в радиотехнике

Эффективность приема	Коэффициент шума усилителя или приёмника указывает на то, насколько этот усилитель способен усилить полезный сигнал по сравнению с внутренними шумами и искажениями. Низкий коэффициент шума позволяет более эффективно и четко получать и обрабатывать слабые радиосигналы, особенно в условиях высокого отношения сигнал/шум.
Чувствительность и дальность приема	Низкий коэффициент шума позволяет увеличить чувствительность приёмника и расширить дальность его приема. Это важно, например, для радиосвязи, радиолокации и спутниковых систем, где слабые сигналы могут передаваться на большие расстояния.
Качество и четкость сигнала	Низкий уровень шума помогает сохранить качество и четкость сигнала, особенно при приеме аналоговых сигналов, таких как аудио и видео. Это важно, например, в радиовещании и телевидении.
Спектральная чистота	Высокий коэффициент шума усилителя может способствовать спектральным искажениям сигнала. Измерение коэффициента шума позволяет контролировать и минимизировать такие искажения, что важно в приёмниках, работающих в плотных радиочастотных диапазонах.
Экономия энергии	Усилители и приёмники с более низким коэффициентом шума обычно потребляют меньше энергии. Это важно в мобильных устройствах, беспроводных коммуникациях и других

	приложениях, где эффективное использование энергии играет важную роль.
Соответствие стандартам	В некоторых случаях существуют стандарты и нормативы, которым должны соответствовать устройства радиосвязи и радиолокации. Измерение и документирование коэффициента шума помогает подтвердить соответствие этим стандартам.

Коэффициент шума

Основным требованием, предъявляемым к приемным устройствам, является способность приема слабых сигналов.

Многочисленные исследования посвящены уточнению критериев и определению параметров, характеризующих чувствительность — способность устройств обнаруживать полезные сигналы на фоне собственных шумов. Понятие «чувствительность» до сих пор трактуется неоднозначно в литературе. В одних случаях его ассоциируют с усилением приёмника, необходимым для получения на выходе сигнала заданного уровня, в то время как в других случаях связывают с пределом различимости сигнала, определяемым собственным шумом приемного тракта.

Коэффициент шума (далее – КШ) является одним из ключевых параметров, характеризующих чувствительность. Этот параметр уникален тем, что применим не только для описания всей приемной системы, но также для оценки ее отдельных компонентов.

Основные термины и определения приведены в источниках:

- Friis H.T. Noise Figures of Radio Receivers // Proc. of the IRE, July, 1944.
- IEEE

ПРИМЕЧАНИЕ Теоретические основы измерений КШ приведены в источниках:

- Алмазов-Долженко К.И. Коэффициент шума и его измерение на СВЧ. – М.: «Научный мир», 2000.
- Белоусов А.П., Каменецкий Ю.А. Коэффициент шума. – М.: «Радио и связь», 1981.

Определение КШ, предложенное Фриисом

КШ – это число, показывающее, во сколько изменяется (уменьшается) отношение сигнал/шум на выходе четырехполюсника по сравнению с отношением сигнал/шум на его входе:

$$F = \frac{S_{IN}/N_{IN}}{S_{OUT}/N_{OUT}},$$

где S_{IN}/N_{IN} – отношение сигнал/шум на входе четырехполюсника;

S_{OUT}/N_{OUT} – отношение сигнал/шум на выходе четырехполюсника;

S и N – номинальные мощности сигнала и шума, Вт.

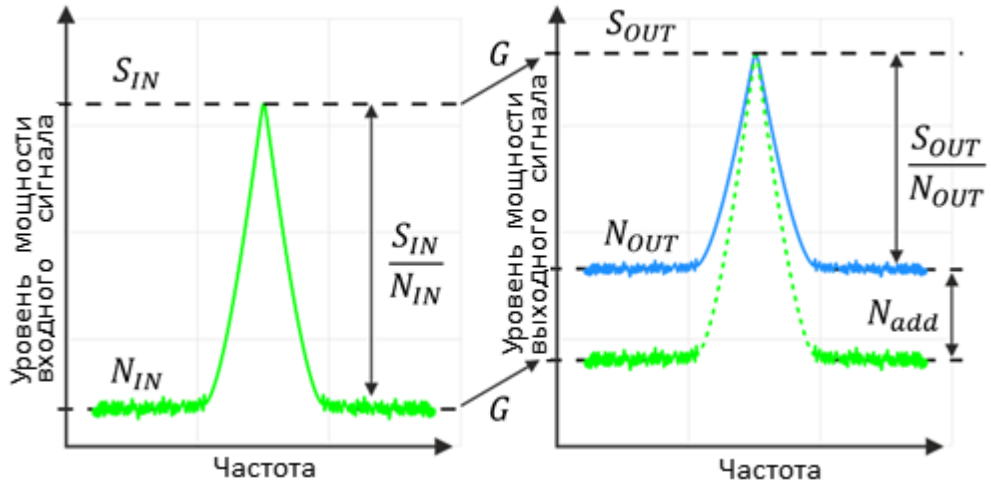


Рисунок 3 – Отношение сигнал/шум на входе и выходе четырехполюсника

Чем больше собственных шумов вносит четырехполюсник, тем больше его КШ. Для идеального четырехполюсника, не имеющего собственных шумов, КШ принимает минимально возможное значение, равное единице.

КШ может быть выражен в дБ:

$$NF = 10log(F)$$

В электронных приборах имеется большое разнообразие источников шумовых сигналов. Существуют шумы тепловые, дробовые, токораспределения, генерационно-рекомбинационные, шумы газового разряда и другие. Для единообразия подхода часто выделяют наиболее распространённые – тепловые шумы, а все остальные виды эквивалентно сводят к тепловым. Далее в настоящем описании предполагается, что шумы являются тепловыми, и применяется соответствующий математический аппарат для их описания.

Деградацию сигнал/шум можно записать в другой форме:

$$F = \frac{S_{IN}/N_{IN}}{S_{OUT} \cdot G/N_{OUT}} = \frac{1}{G}\frac{N_{OUT}}{N_{IN}} = \frac{kTBG + N_{add}}{kTBG} = 1 + \frac{N_{add}}{kTBG},$$

где $N_{IN} = kTB$ – номинальная мощность источника тепловых шумов, выведенная Найквистом, Вт. Формула является фундаментальной и определяет закон передачи шумовой мощности в нагрузку при условии согласования. N_{IN} зависит от температуры T и не является функцией от импеданса нагрузки.

G – номинальный коэффициент усиления четырехполюсника;

$N_{add} = kT_eBG$ – добавочная мощность шума, возникающего в цепях устройства, Вт;

$N_{OUT} = kTBG + N_{add}$ – полная выходная шумовая мощность, Вт;

k – постоянная Больцмана, Дж/К;

B – полоса частот, Гц.

Институт инженеров электротехники и электроники стандартизировал температуру, при которой должен определяться коэффициент шума. Это температура называется стандартной и равна 290 К, обозначение T_0. Согласно отечественным стандартам T_0 составляет 293 К. Стоит обратить внимание, что в приведенном ниже выражении КШ определяется как отношение мощностей шума:

$$F = \frac{kT_0BG + N_{add}}{kT_0BG} = 1 + \frac{kT_eBG}{kT_0BG} = 1 + \frac{T_e}{T_0},$$

$$T_e = (F - 1)T_0,$$

где T_e – эквивалентная шумовая температура, К (определение приведено ниже).

Данное определение КШ предполагает, что на входе помимо источника со стандартной температурой T_0 находится дополнительный источник теплового шума с эквивалентной температурой T_e.

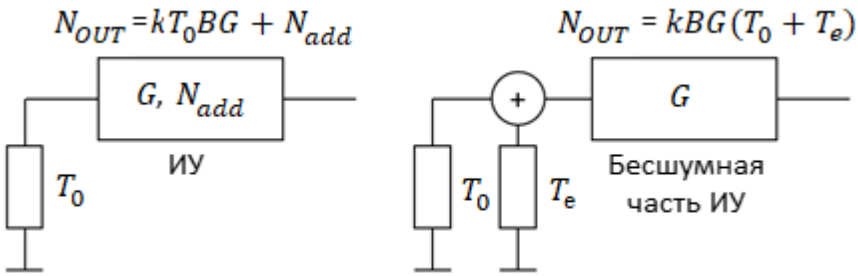


Рисунок 4 – Графическая интерпретация входной шумовой температуры

КШ, как правило, является функцией частоты и обычно не зависит от полосы (при условии, что полоса измерения достаточно узкая по сравнению с вариациями по частоте).

Альтернативное определение КШ

Полная входная шумовая мощность с учетом того, что входной шум и добавочный, пересчитанный ко входу, являются некоррелированными:

$$N_{add,IN} = kT_0B(F-1)$$

$$N_{full,IN} = kT_0B + N_{add,IN} = kT_0BF$$

Полная мощность на входе бесшумной части устройства увеличивается относительно kT_0B в F раз.

КШ – это число, показывающее во сколько раз увеличивается входная шумовая мощность.

Ниже приведем определения параметров, используемых при измерении КШ.

Спектральная плотность мощности шума представляет собой мощность, приходящую на единицу полосы частот при равномерном спектральном распределении шума в этой полосе:

$$\rho_N = \frac{P_N}{B} = \frac{kTB}{B} = kT,$$

где P_N – номинальная мощность источника тепловых шумов, Вт;

ρ_N – спектральная плотность мощности шума (СПМШ), Вт/Гц.

Также используется безразмерная величина, которая называется относительной СПМШ, и представляет собой СПМШ, выраженную в единицах kT_0:

$$\rho'_N = \frac{\rho_N}{kT_0},$$

где ρ'_N – относительная СПМШ, отн. ед.

На практике часто используется не весь сигнал шумового генератора, а лишь его часть, превышающая по СПМШ уровень kT_0. Это величина называется избыточной СПМШ и выражается формулой:

$$\rho''_N = \frac{\rho_N - kT_0}{kT_0},$$

где ρ''_N – избыточная СПМШ, отн. ед.

Как видно, СПМШ теплового излучателя является величиной, зависящей только от температуры. Имея это в виду, можно говорить не только о мощности шума и СПМШ, но также о шумовой температуре любых источников шума. При этом под шумовой температурой следует понимать либо реальную (физическую) температуру тепловых шумовых источников, либо эквивалентную температуру для источников другого происхождения.

Эквивалентная шумовая температура источника шума T_e на определённой частоте – это температура равномерно нагретого резистора, СПМШ которого равна СПМШ рассматриваемого источника.

Относительная шумовая температура равна отношению шумовой температуры рассматриваемого источника к шумовой температуре теплового источника, находящегося при стандартной температуре в той же полосе частот:

$$t = \frac{T_e}{T_0}$$

Используется также понятие «избыточная относительная шумовая температура» (ИОШТ), описывающее шум источника над уровнем шума, соответствующим стандартной температуре:

$$t' = \frac{T_e - T_0}{T_0}$$

Относительная СПМШ и относительная избыточная СПМШ численно соответственно равны относительной шумовой температуре и относительной избыточной шумовой температуре.

Параметры СПМШ и шумовая температура, также, как и мощность шума, могут рассматриваться при различных условиях согласования. При выполнении условий полной передачи мощности в нагрузку СПМШ и шумовая температура носят название номинальных.

Результат измерений M, полученный приёмником анализатора, представляет собой комплексный отсчет:

$$M = X + iY,$$

где X, Y – при измерении шума – это независимые гауссовские случайные величины, имеющие нулевые математические ожидания m и одинаковые дисперсии σ^2. На рисунке 5 зеленые кривые, отображающие реальную и мнимую часть, имеют средние значения, стремящиеся к нулю, и СКО, приблизительно равные $5{,}4 \cdot 10^{-3}$.

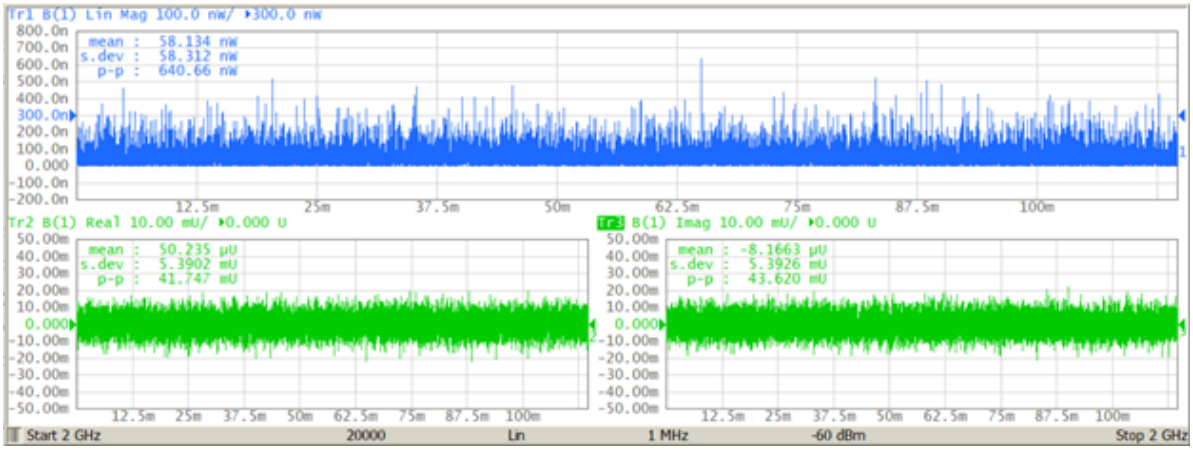


Рисунок 5 – Пример измерений мощности на частоте 2 Ггц

При вычислении мощности шума используется выражение:

$$Z = X^2 + Y^2$$

Амплитудная флуктуация Z имеет экспоненциальное распределение, которое обладает практичным статистическим свойством. Математическое ожидание M и среднее квадратическое отклонение STD данного распределения равны между собой. Для оценки можно использовать:

$$M(Z) = STD(Z) \sim 2 \cdot \sigma^2$$

Программа NF определяет оба этих значения. В случае нарушения равенства моментов случайной величины Z программа выдает предупреждения, которое можно рассматривать, как рекомендацию к проверке схемы измерений. Нарушение равенства может быть связано с перегрузкой приемного тракта или интерференцией сигналов на входе приёмника из-за слабых изоляционных свойств исследуемого устройства. Примером может быть случай, когда сигналы сотовой связи или беспроводных технологий передачи информации попадают на вход устройства, усиливаются и блокируют приёмник.

Анализаторы цепей векторные

Измерение коэффициента шума, а именно мощности шумового сигнала, выполняется с помощью измерительного приёмника векторных анализаторов цепей производства ООО «ПЛАНАР». В тексте настоящего описания под термином «стандартный анализатор» или «стандартный приёмник» следует понимать измерительный прибор или его часть, разработанные и адаптированные под измерение S-параметров радиотехнических устройств.

Стандартный приёмник выполнен по супергетеродинной схеме без преселектора. Его входная цепь – это группа выделения сигналов, представляющая собой пассивное устройство с потерями, приблизительно равными 15…20 дБ. Распределение усиления в тракте приёмника выбрано так, чтобы обеспечить прием сигналов в широком динамическом диапазоне, значительно превышающем 100 дБ. Уровень собственного шума составляется порядка -135 … -140 дБм/Гц в зависимости от модели анализатора. Если говорить в терминах КШ, то получается, что КШ стандартного приёмника близок к 40 дБ.

Используя ранее указанную формулу (см. п. Коэффициент шума), вычислим мощность шума, приведенную к входу приёмника в полосе 1 Мгц (см. рисунок ниже):

$$N_{IN} = kT_0BF \approx -74 \text{ дБм}$$

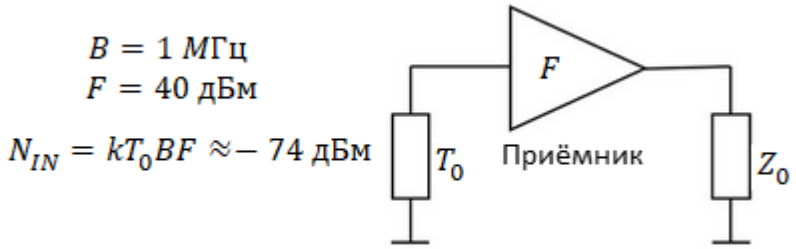


Рисунок 6 – Входная мощность шума стандартного приёмника в полосе 1 Мгц

Входная мощность шума стандартного приёмника получается слишком высокой для прямого определения КШ устройств. К примеру, в той же полосе частот мощность на выходе усилителя с коэффициентом 10 дБ и температуре $T_{\text{Н}}$ будет составлять порядка -90 дБм, практически на 20 дБ меньше уровня собственных шумов приёмника.

Для увеличения чувствительности анализатора опция NF включает в себя и аппаратную часть – внешний малошумящий усилитель (см. п. Малошумящие усилители).

Сравнительная таблица параметров измерителя коэффициента шума со специализированным шумовым приёмником и векторного анализатора цепей со стандартным приёмником позволяет проанализировать, какие параметры соответствуют требованиям, а какие не позволяют измерять КШ только с помощью анализатора, а также что необходимо добавить для проведения измерений КШ.

Таблица 5 – Сравнение измерителя КШ и векторного анализатора цепей

Измеритель коэффициента шума Шумовой приёмник	**Векторный анализатор цепей Стандартный приёмник**	**Примечание**
Высокая чувствительность	Низкая чувствительность	Аппаратная часть NF: МШУ с переключаемыми ступенями усиления.
Возможность измерения мощности шума	Возможность измерения мощности шума	Соответствует
Стабильный приёмник: Стабильный результат измерений мощности шума во времени	Стабильный приёмник: Стабильный результат измерений мощности шума во времени	Соответствует
Линейная динамическая характеристика приёмника	Линейная динамическая характеристика приёмника	Соответствует
Наличие преселектора	Отсутствие преселектора	Аппаратная часть NF: МШУ с банком фильтров Программная часть NF: Математический аппарат вычисления коэффициента усиления разными способами

Измеритель коэффициента шума Шумовой приёмник	Векторный анализатор цепей Стандартный приёмник	Примечание
Управление генератором шума	Отсутствие управления генератором шума	Аппаратная часть NF: МШУ с выходом для управления ГШ
Метод Y-фактор	Метод не реализован	Программная часть NF: Математический аппарат вычисления КШ
Встроенные переключаемые аттенюаторы для регулировки усиления в приемном тракте	Дополнительные внешние устройства	Программная часть NF: Учет параметров внешних пассивных устройств
Возможность измерения температуры окружающей среды	Отсутствие возможности измерения температуры окружающей среды	Аппаратная часть NF: МШУ со входом для подключения датчика температуры

Малошумящие усилители

МШУ предназначены для увеличения чувствительности анализаторов цепей векторных и выполняют функцию предварительных усилителей.

Расширение нижней границы динамической характеристики анализаторов путем увеличения чувствительности предоставляет возможность измерения коэффициента шума.

Упрощенная структурная схема МШУ приведена на рисунке ниже. В зависимости от модели структура и внешний вид могут незначительно отличаться. Описание моделей МШУ см. в п. Предусилители для измерения коэффициента шума.

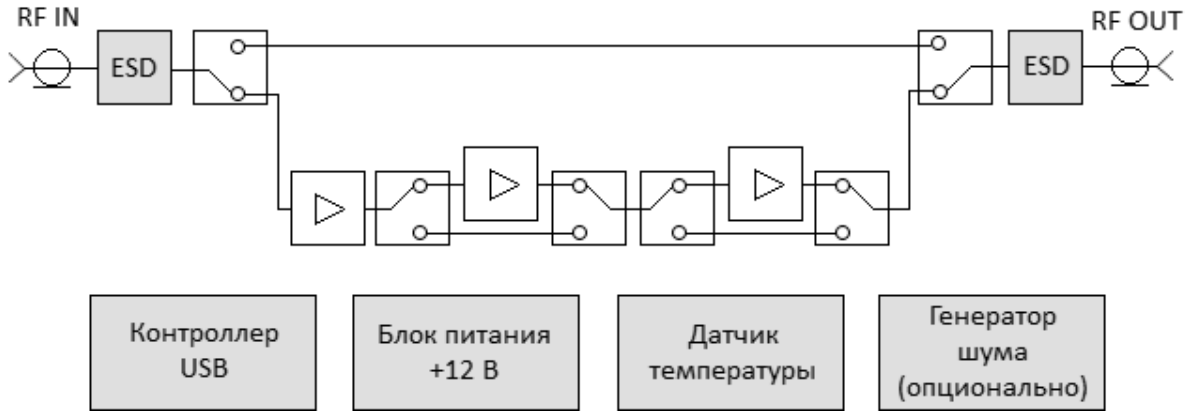


Рисунок 7 – Структурная схема AMP-20-LSU

На входе и выходе МШУ установлена схема защиты от электростатических разрядов. Устройства имеют встроенный переключатель, обеспечивающий выбор между подключением усилителей мощности и работой «на проход». Описание режимов работы представлено в методах измерений (см. п. Методы измерений). МШУ имеют несколько ступеней усиления и банк фильтров (зависит от модели) для преселекции входных сигналов.

Питание МШУ осуществляется от внешнего источника постоянного тока. Для связи с персональным компьютером и управления используется интерфейс USB.

МШУ подключается к измерительному порту анализатора напрямую, с помощью кабеля СВЧ или перехода с соответствующими типами соединителей. Выбор ступени усиления выполняется в зависимости от параметров исследуемого устройства. МШУ оснащен соединителем для подключения внешнего датчика температуры. МШУ имеет встроенный модулятор 28 В для управления ГШ по заданному в программе NF алгоритму. Допускается подключение усилителей к перемычкам прямого доступа, размещенным на передней панели анализатора. Однако, в этом случае, следует уделять особое внимание предотвращению перегрузки приёмника. В общем, КУ усилителей

подобран так, чтобы обеспечить уровень собственного шума системы менее 10 дБ и гарантировать приемлемый уровень флуктуации результата измерений.

Далее по тексту под приёмником будем понимать каскадное соединение анализатора и МШУ, работающие как единое средство для определения мощности шумового сигнала.

Стандартный приёмник не выполняет преселекцию входных сигналов. Это означает, что прием будет выполняться на частотах, равноудаленных от гармоник гетеродина на промежуточную частоту IF.

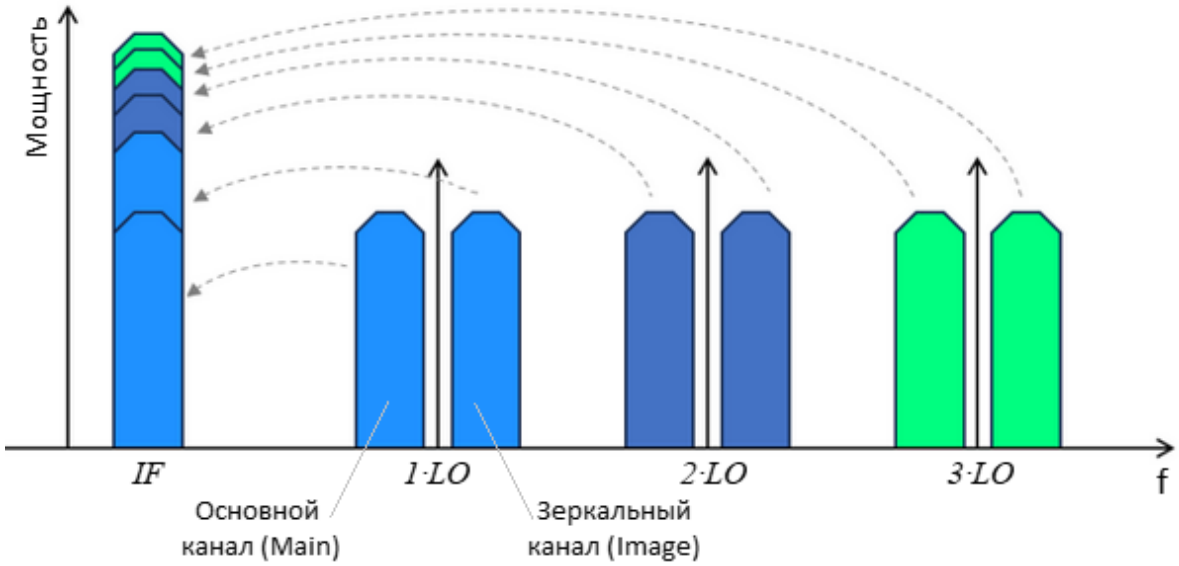


Рисунок 8 – Схематичное представление приема шумовых сигналов

На промежуточную частоту перенесутся сигналы, находящиеся в основном и зеркальном каналах приема для каждой гармоники гетеродина.

Банк фильтров предназначен для фильтрации сигналов только на гармониках. Компенсация зеркального канала не происходит.

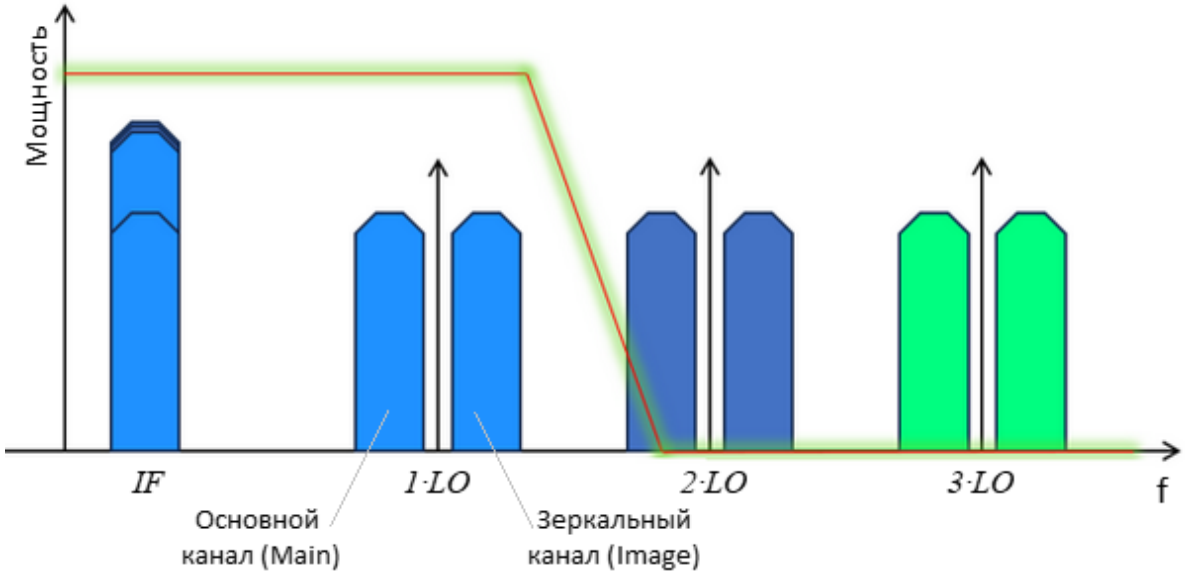


Рисунок 9 – Схематичное представление приема шумовых сигналов с преселекцией

После преселекции мощность шума, регистрируемая приёмником, будет представлять собой сумму основного B_{Main} и зеркального B_{Image} каналов, а также частично из побочных каналов B_{Harm}.

$$N_{OUT} = kG(T_0 + T_e)\sum_i B_i$$

$$\sum_i B_i = B_{Main} + B_{Image} + \sum_i B_{Harm} \cong 2B_{Main}$$

Следует отметить, что анализаторы в отличие от классических измерителей коэффициента шума способны измерять S-параметры используемых устройств. Это открывает ряд преимуществ:

- появляется возможность измерения мощности шума с учетом эффекта рассогласования в тракте;
- коэффициент усиления может быть определен по результатам измерений S-параметров;
- появляется возможность вычисления номинального и вносимого коэффициента усиления для коррекции по формуле Фрииса (см. п. Определение КШ, предложенное Фриисом);
- могут быть определены шумовые параметры, а не только КШ.

Генераторы шума

При измерении необходимо использовать источник шума, который имеет два температурных состояния: высокотемпературное состояние T_H и низкотемпературное состояние T_C.

В качестве требуемого источника шума рекомендуется применять полупроводниковые ГШ. Управление ГШ в опции NF, т.е. включение и выключение, осуществляется с МШУ.

Как средства измерений, полупроводниковые ГШ предназначены для использования в качестве меры перепада спектральной плотности мощности шумового радиоизлучения. Устройства используются совместно с приборами, обеспечивающими режим измерений коэффициента шума.

По результатам градуировки ГШ заполняется таблица частотной зависимости избыточной относительной шумовой температуры (ИОШТ, или ENR).

Методы измерений

Методы, реализованные в программе NF приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Методы в программе NF

Методы	**Источник шумового сигнала**
Y-фактор	ГШ
Y-фактор с учётом эффекта рассогласования	ГШ

Метод Y-фактор

Последовательность действий
Измерение собственного коэффициента шума приёмника
Измерение коэффициента шума каскадного соединения «Исследуемое устройство + приёмник»
Вычисление коэффициента шума устройства

Нужно знать
ИОШТ генератора шума совместно со стандартной температурой
Температуру окружающей среды
S-параметры используемых переходов для подключения генератора шума и исследуемого устройства
Коэффициенты отражения генератора шума во включенном и выключенном состояниях (для Y-фактор с коррекцией)
Коэффициент отражения входа приёмника (для Y-фактор с коррекцией)

Основные схемы измерений приведены на рисунках 10 и 11.

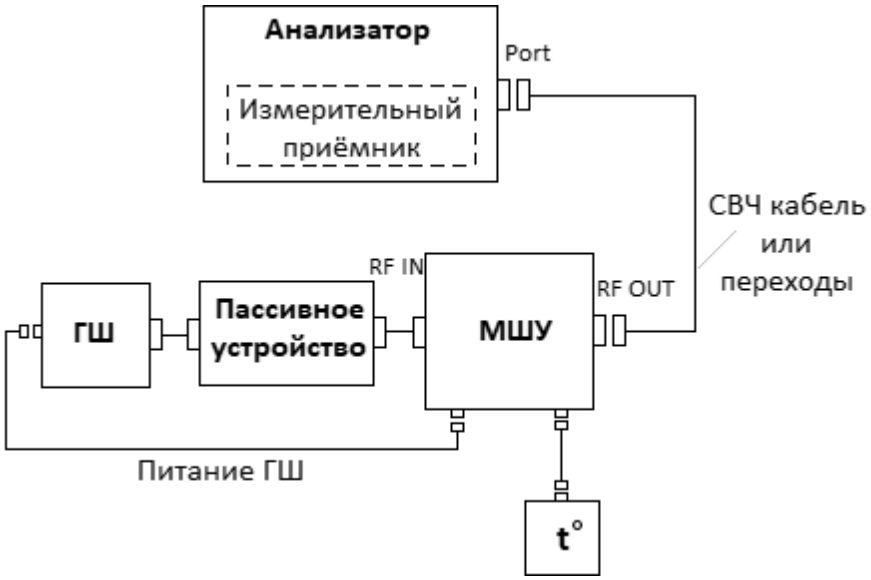


Рисунок 10 – Схема измерений коэффициента шума приёмника

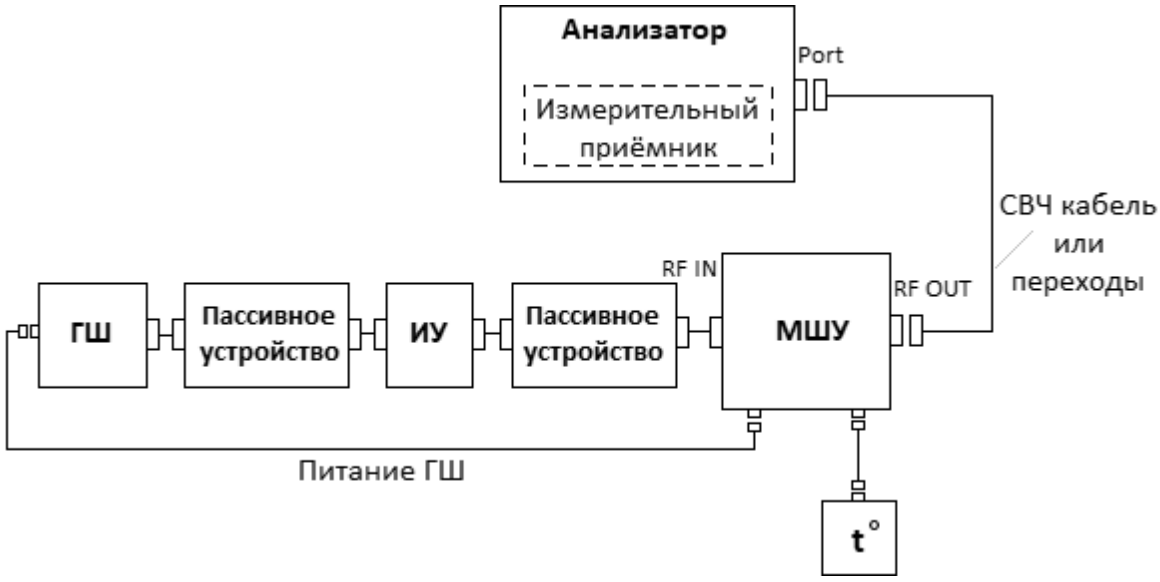


Рисунок 11 – Схема измерений коэффициента шума каскадного соединения устройства и приёмника

Общие рекомендации для лучшей компенсации приёмника (ИУ: КШ < 2 дБ, КУ ≈ 10 дБ)

- Усилитель может подключаться к порту анализатора с помощью кабеля. Потери между выходом усилителя и портом анализатора не должны приводить к ухудшению собственного шума приёмника, превышающем 12 дБ.
- ИОШТ генератора шума должна быть по крайней мере на 3 дБ выше собственного шума приёмника.

Ограничения метода

- Измерение КШ в Z_0 тракте. Шумовые параметры не определяются.
- Не учитывается изменение F_{rec} при изменении входного импеданса, хотя $\Gamma_{\text{H}} \cong \Gamma_{\text{C}}$ отличается от Γ_{OUT}: $F_{REC}(\Gamma_H) \cong F_{REC}(\Gamma_C) \cong F_{REC}(\Gamma_{OUT})$.
- При калибровке и измерении $\Gamma_H \cong \Gamma_C$, $F(\Gamma_H) \cong F(\Gamma_C)$
- Использование G_{INS} вместо G_A при расчете КШ каскадного соединения.

Метод Y-фактор

Для реализации метода Y-фактор необходимо использовать источник шума, который имеет два температурных состояния: высокотемпературное состояние T_H и низкотемпературное состояние T_C.

В качестве требуемого источника шума рекомендуется применять полупроводниковые ГШ (см. п. Генераторы шума).

Принцип действия полупроводниковых ГШ основан на возникновении СВЧ шумового сигнала при электрическом пробое p-n перехода твердотельного лавинно-пролетного диода (ЛПД). Конструктивно такие ГШ состоят из стабилизатора тока, генераторной секции и аттенюатора. Стабилизатор тока обеспечивает режим работы ЛПД – основного элемента генераторной секции. Аттенюатор предназначен для уменьшения мощности шума до заданного уровня и улучшения согласования выхода СВЧ генератора.

Полупроводниковые ГШ нашли широкое применение благодаря стабильности параметров во времени, приемлемому уровню выходного согласования, простоте эксплуатации, малогабаритности и электропотреблению. Управление ГШ в опции NF, т.е. включение и выключение, осуществляется с МШУ.

Как средства измерений, полупроводниковые ГШ предназначены для использования в качестве меры перепада спектральной плотности мощности шумового радиоизлучения при работе с приборами, обеспечивающими режим измерений коэффициента шума.

По результатам градуировки ГШ заполняется таблица частотной зависимости избыточной СПМШ или ИОШТ (ENR - excess noise ratio), что в целом одно и тоже, но с некоторым изменением расчетной формулы:

$$ENR[lin] = \frac{T_H - T_C}{T_0},$$

$$ENR[dB] = 10 \cdot log\left(\frac{T_H - T_C}{T_0}\right),$$

где T_H – высокотемпературное состояние, когда ГШ включен, К;

T_C – низкотемпературное состояние, когда ГШ выключен, К;

T_0 – стандартная температура, К.

Температура T_H при известном ENR может быть вычислена по формуле:

$$T_H = ENR \cdot T_0 + T_C$$

В тексте настоящего описания температура T_C будет равна температуре окружающей среды – единой температуре, при которой выполняется измерение КШ. Программа NF не подразумевает использование других температур, связанных с приёмником анализатора или отдельными точками на корпусе исследуемого устройства. Определение КШ выполняется при заданных T_C и T_0 .

Программа NF позволяет учитывать температуру окружающей среды и допускает проведение измерений КШ в этих условиях. Но стоит обратить внимание, что согласно определению института инженеров электротехники и электроники, КШ должен быть определен при стандартной температуре. Температурная коррекция лишь математически отражает изменение КШ исследуемого устройства, физически, тем более для активных устройств, компенсация будет выполнена с погрешностью. Следует использовать данный режим измерений при определении рабочего КШ.

Суть метода Y-фактор заключается в измерении отношения мощности шума на выходе исследуемого устройства, когда ГШ включен, к измеренной мощности шума на выходе устройства, когда ГШ выключен. Включение и выключение ГШ осуществляется автоматически в каждой частотной точке.

Приведем выражение для расчета мощности шума на выходе исследуемого устройства при подключении на вход источника шума с температурой T :

$$P_T = kB \cdot \{T + T_e\} \cdot G \cdot MM,$$

$$MM = \frac{1 - |\Gamma_S|^2}{|1 - \Gamma_{IN}\Gamma_S|^2},\ \Gamma_{IN} = S_{11} + \frac{S_{21}S_{12} \cdot \Gamma_{rec}}{1 - S_{22} \cdot \Gamma_{rec}}$$

где G – коэффициент усиления ИУ по мощности;

T_e – эквивалентная шумовая температура ИУ, К;

Γ_S – коэффициент отражения источника шума;

Γ_{IN} – коэффициент отражения входа ИУ, подключённого к приёмнику;

Γ_{rec} – коэффициент отражения приёмника.

Мощность шума определяется с помощью измерительного приёмника анализатора цепей в контексте характеристического импеданса Z_0, равного 50

Ом. Составляющая MM компенсирует эффект рассогласования в плоскости подключения источника шума к исследуемому устройству.

Полагая, что эквивалентная шумовая температура связана с КШ формулой:

$$T_e = (F - 1)T_0$$

можно переписать выражение:

$$P_{OUT}(T) = kB \cdot \{T + (F - 1)T_0\} \cdot G \cdot MM$$

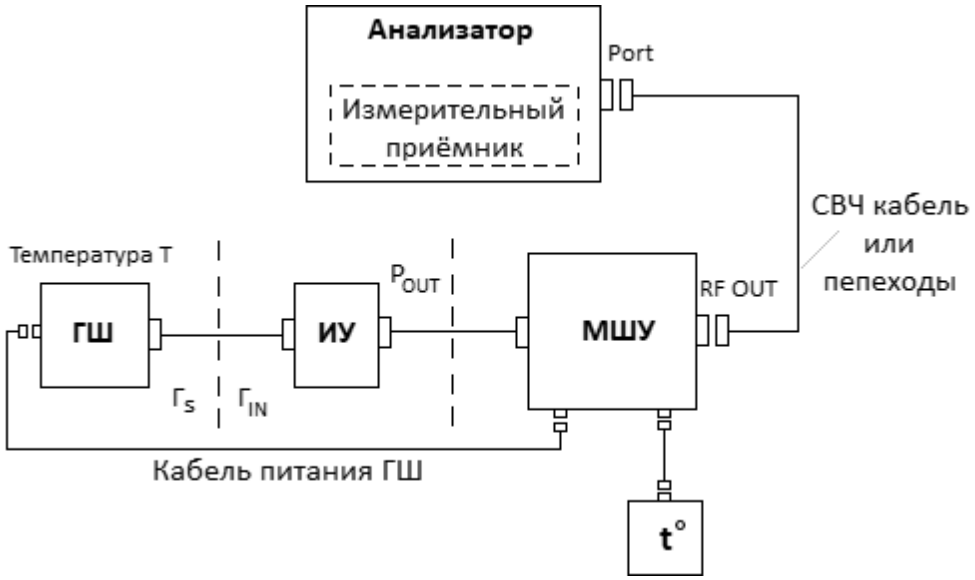
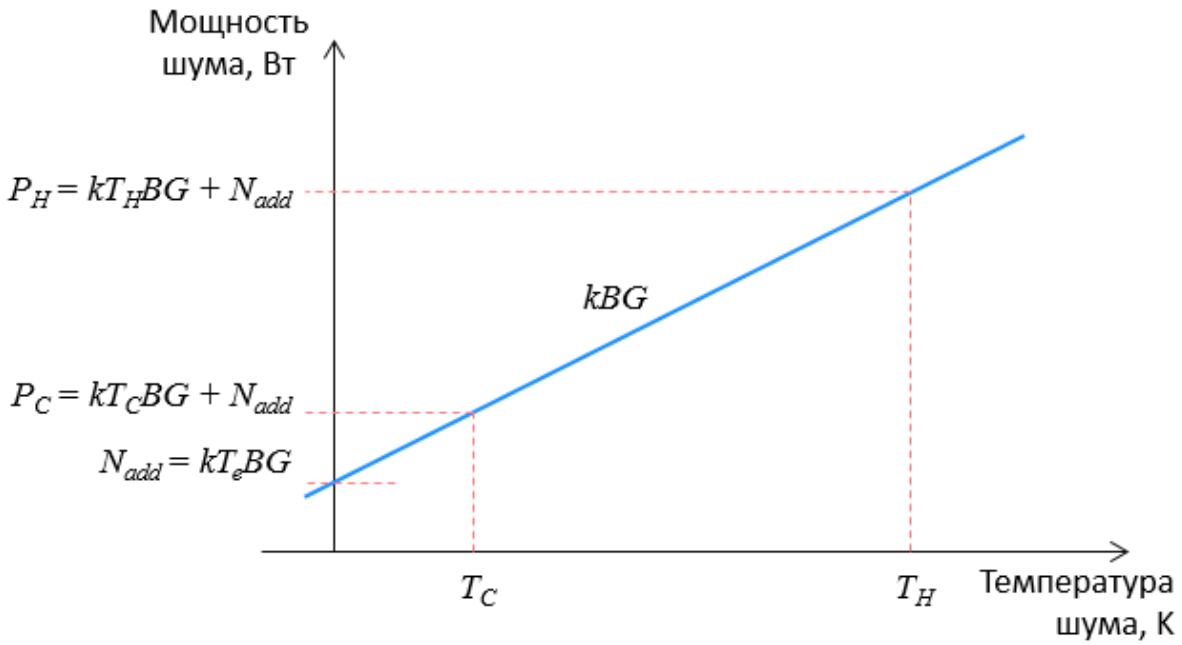


Рисунок 12 – Схема измерений мощности шума

Мы получили базовое выражение для расчета мощности шума $P_{OUT}(T)$ с учетом эффекта рассогласования в тракте с характеристическим импедансом Z_0 и ввели основное определение ENR.

Для реализации метода Y-фактора необходимо измерить отношение $Y = P_{\text{Н}}/P_{\text{С}}$ и, зная исходный перепад мощностей на входе устройства, который задает ГШ, определить коэффициент шума данного устройства.



Зависимость мощности шума от температуры определяется крутизной, равной kBG

Рисунок 13 – Графическое представление мощностей при включенном ГШ $P_{\text{Н}}$, выключенном ГШ $P_{\text{С}}$ и добавочной мощности шума N_{Add}

Последовательность измерений состоит из двух основных этапов:

- **Первый этап** – определение параметров приёмника (см. п. Первый этап);
- **Второй этап** – измерение КШ каскадного соединения устройства плюс приёмник и расчет КШ устройства по формуле Фрииса (см. п. Второй этап).

В качестве промежуточного этапа можно считать процесс измерений S-параметров используемых пассивных устройств для подключения генератора шума и исследуемого устройства, а также коэффициентов отражения ГШ и приёмника для учета эффекта рассогласования.

Программа NF имеет два отдельных режима измерений КШ методом Y-фактор:

- без учета погрешности рассогласования при определении мощностей $P_{\text{Н}}$ и $P_{\text{С}}$;
- с учетом данного эффекта.

В зависимости от выбранного режима мастер проведения измерений будет предлагать разный набор измерений S-параметров используемых устройств.

Первый этап

Первый этап, который часто называют калибровкой – это измерение коэффициента шума приёмника. Схема измерений приведена на рисунке 14.

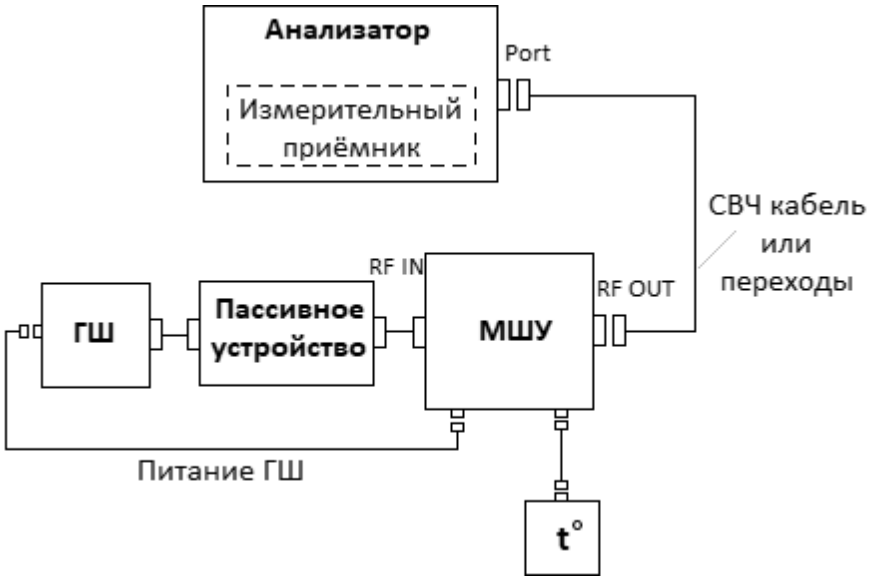


Рисунок 14 – Схема измерений коэффициента шума приёмника

Для выполнения калибровки необходимо подключить ГШ к входу приёмника. На каждой частотной точке ГШ будет включаться и выключаться, устанавливая высокотемпературное состояние T_H и низкотемпературное – T_C (см. рисунок ниже). Для подключения ГШ к приёмнику могут потребоваться переходы, кабели СВЧ, переключатели, аттенюаторы или другое пассивное устройство, обеспечивающее соединение. Программа NF позволяет учитывать S-параметры данного устройства, автоматически пересчитывая ENR ГШ и его коэффициенты отражения при включенном и выключенном состоянии.

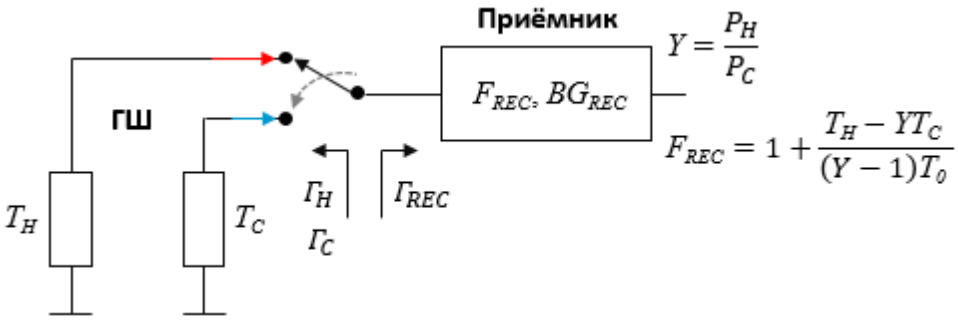


Рисунок 15 – Графическое представление калибровки приёмника

Выражения для расчета мощности шума при двух состояниях ГШ:

$$P_H = kB \cdot \{[F-1] \cdot T_0 + T_H\} \cdot G_{REC} \cdot \frac{1 - |\Gamma_H|^2}{|1 - \Gamma_{REC}\Gamma_H|^2},$$

Здесь использованы следующие обозначения: коэффициент усиления приёмника G_{REC}, коэффициент отражения его входа Γ_{REC}, а также коэффициент отражения ГШ в двух состояниях Γ_{H} и Γ_{C} .

Следует отметить и то, что не использовано. Речь идет об изменении КШ приёмника при разных импедансах нагрузки, подключенной ко входу. Более правильно поставить $F(\Gamma_{\text{H}})$ и $F(\Gamma_C)$. Однако при отсутствии возможности оценивания всех шумовых параметров приёмника решить задачу можно только в предположении примерного равенства:

$$F(\Gamma_{\text{H}}) \cong F(\Gamma_{\text{C}})$$

Это можно обеспечить двумя способами: или стремиться к равенству $\Gamma_{\text{H}} \cong \Gamma_{\text{C}}$, или использовать приёмник с малым значением шумового параметра R_n.

Повлиять на свойства уже разработанного приёмника с помощью подключения внешних устройств довольно сложно, поэтому на практике используют ГШ, у которого $\Gamma_{\text{H}} \cong \Gamma_{\text{C}}$. Это обеспечивается внутренним выходным аттенюатором согласно структурной схеме полупроводниковых ГШ. В некоторых случаях добавляют внешний согласующий аттенюатор, чтобы добиться более точного равенства.

Итак, получив измерения P_H и P_{C}, найдем их отношение в терминах эквивалентной шумовой температуры и КШ:

$$Y = \frac{P_H}{P_C} \cdot \frac{(1 - |\Gamma_{\text{C}}|^2) \cdot |1 - \Gamma_{REC}\Gamma_H|^2}{(1 - |\Gamma_H|^2) \cdot |1 - \Gamma_{REC}\Gamma_C|^2}$$

$$Y = \frac{T_e + T_H}{T_e + T_C}$$

$$Y = \frac{[F-1] \cdot T_0 + T_H}{[F-1] \cdot T_0 + T_C} = \frac{[F-1] \cdot T_0 + ENR \cdot T_0 + T_C}{[F-1] \cdot T_0 + T_C}$$

$$F(T_C) = \frac{T_H - YT_C}{Y - 1}$$

$$F(T_C) = 1 + \frac{T_e(T_C)}{T_0} = \frac{ENR}{Y-1} + (1 - \frac{T_C}{T_0})$$

$$F(T_C = T_0) = \frac{ENR}{Y-1}$$

Используя приведенное выражение для $F(T_C)$, на этапе калибровки определяется КШ приёмника F_{REC}.

Далее рассмотрим алгоритм определения коэффициент усиления. Основой данного алгоритма является анализ разности мощностей:

$$\frac{P_H - P_C}{kB} = \{[F-1] \cdot T_0 + T_H\} \cdot G_{REC} \cdot M_H - \{[F-1] \cdot T_0 + T_H\} \cdot G_{REC} \cdot M_C,$$

где $M_H = \frac{(1 - |\Gamma_H|^2)}{|1 - \Gamma_{REC}\Gamma_H|^2}$, $M_C = \frac{(1 - |\Gamma_C|^2)}{|1 - \Gamma_{REC}\Gamma_C|^2}$

В итоге получаем следующее выражение для оценки коэффициента усиления:

$$G_{REC} = \frac{P_H - P_C}{kB \cdot (\{[F-1] \cdot T_0 + T_H\} \cdot M_H - \{[F-1] \cdot T_0 + T_C\} \cdot M_C)}$$

При $M_H = M_C = 1$, т.е. без учета эффекта рассогласования, выражение существенно упрощается:

$$BG_{REC} = \frac{P_H - P_C}{k \cdot (T_H - T_C)}$$

Выходными данными первого этапа являются F_{REC} и BG_{REC}.

Второй этап

Второй этап – это измерение коэффициента шума каскадного соединения исследуемого устройства и приёмника. Схема измерений приведена на рисунке 16.

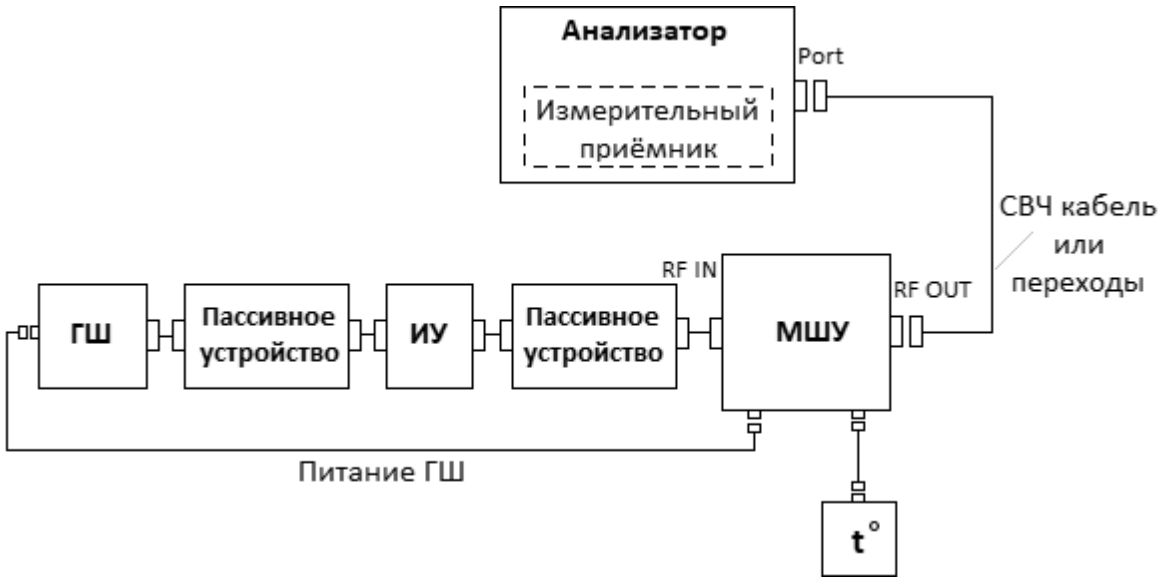


Рисунок 16 – Схема измерений коэффициента шума каскадного соединения устройства и приёмника

Для подключения устройств могут потребоваться переходы, кабели СВЧ, переключатели, аттенюаторы или другое пассивное устройство, обеспечивающее соединение. Программа NF позволяет учитывать их S-параметры, корректируя коэффициент шума и коэффициент усиления исследуемого устройства.

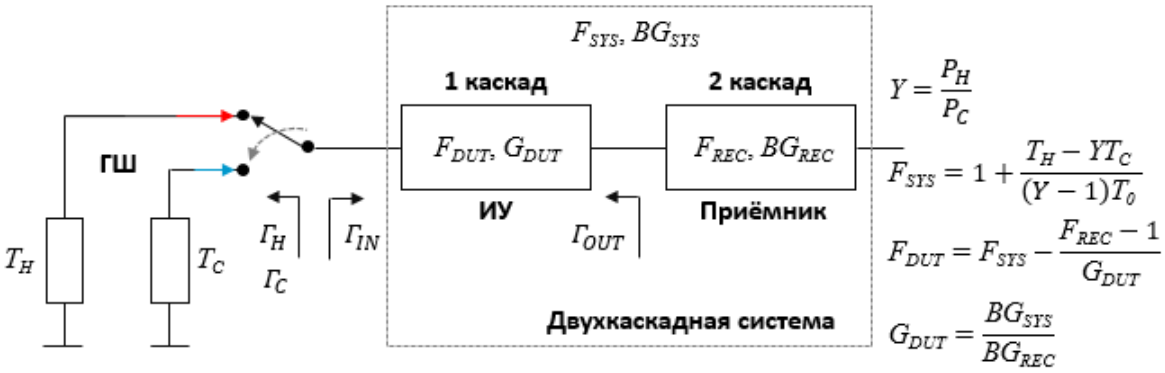


Рисунок 17 – Графическое представление измерений коэффициента шума

На этом этапе также измеряются мощности P_H и P_C и выполняется расчет:

$$Y = \frac{P_H}{P_C} \cdot \frac{(1 - |\Gamma_C|^2) \cdot |1 - \Gamma_{IN}\Gamma_H|^2}{(1 - |\Gamma_H|^2) \cdot |1 - \Gamma_{IN}\Gamma_C|^2},$$

$$\Gamma_{REC} \to \Gamma_{IN} = S_{11} + \frac{S_{21}S_{12} \cdot \Gamma_{REC}}{1 - S_{22} \cdot \Gamma_{REC}},$$

где S_{ij} – S-параметры исследуемого устройства.

F_{SYS} и BG_{SYS} определяются по аналогичным для F_{REC} и BG_{REC} формулам.

Далее выполняется расчет коэффициента усиления устройства G_{DUT} и его коэффициент шума F_{DUT}:

$$G_{DUT} = \frac{BG_{SYS}}{BG_{REC}}$$

$$F_{DUT} = F_{SYS} = \frac{F_{REC} - 1}{G_{DUT}}$$

Стоит обратить внимание, что G_{DUT} корректно вычисляется, если шумовая полоса B при калибровке и измерении не меняется. Если исследуемое устройство ограничивает полосу, то это может привести к значительному ухудшению качества оценки G_{DUT} и увеличению погрешности при компенсации второго каскада. Коэффициент шума, как отмечалось ранее, F_{DUT} (F_{SYS} или F_{REC}) не зависит от шумовой полосы B.

Полоса при измерении мощности шума приблизительно равна $2B_{Main}$ Это может привести к двум ограничениям:

- ухудшению качества оценки G_{DUT};
- снижению качества компенсации эффекта рассогласования.

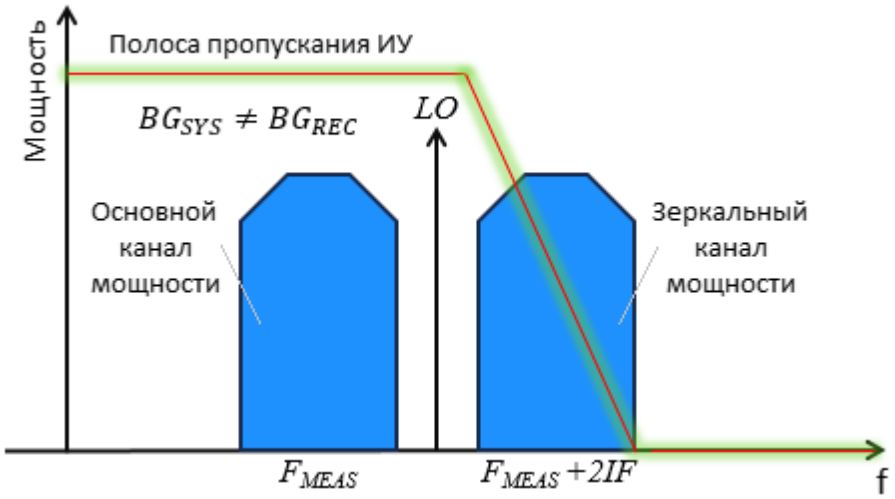


Рисунок 18 – Схематичное представление ограничения полосы устройством (ухудшение качества оценки G_{DUT} из-за $BG_{SYS} \neq BG_{REC}$ на некоторой частоте измерений)

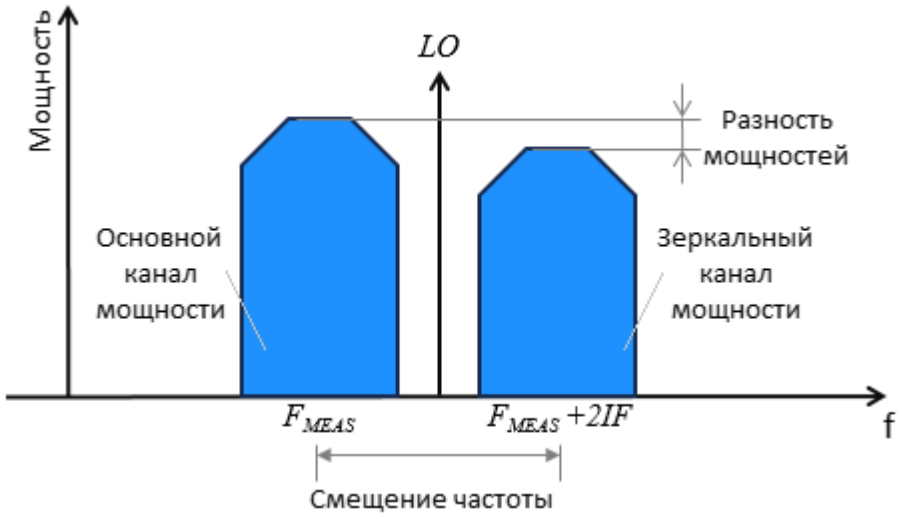


Рисунок 19 – Схематичное представление мощности в основном и зеркальном каналах приема (снижение качества компенсации эффекта рассогласования)

Расчет мощности с учетом эффекта рассогласования выполняется на частоте основного канала приема. При наличии зеркального канала, мы вынуждены ввести два допущения:

- мощности в основном и зеркальном каналах одинаковые и распределены строго пополам;
- отстройка по частоте на $2 \cdot IF$ не вызывает дополнительных пульсаций мощности, превышающих погрешность измерений коэффициента шума.

Программа NF позволяет вычислять G_{DUT} на основе предварительных измерений S-параметров и использовать при коррекции. В этом случае исключается влияние полосы B.

Приведем ограничение метода, связанное с коэффициентом усиления G_{DUT}. В формуле Фрииса для каскадного соединения, указан номинальный коэффициент усиления G_A, т.е.:

$$F_{DUT} = F_{SYS} - \frac{F_{REC} - 1}{G_A},$$

$$G_A = \frac{|S_{21}|^2(1 - |\Gamma_C|^2)}{|1 - S_{11}\Gamma_C|^2(1 - |\Gamma_{OUT}|^2)},$$

$$\Gamma_{OUT} = S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_C}{1 - S_{11}\Gamma_C}$$

Математический аппарат метода Y-фактор устроен так, что он работает только в предположении неизменности коэффициента шума приёмника от импеданса на его входе – будет это генератор шума или выход исследуемого устройства:

$$F_{REC}(\Gamma_H) \cong F_{REC}(\Gamma_C) \cong F_{REC}(\Gamma_{OUT})$$

При отсутствии информации об изменении F_{REC} как функции импеданса, мы не можем скорректировать измеряемую мощность $P_H(F_{REC}(\Gamma))$ или $P_C(F_{REC}(\Gamma))$ так, чтобы отразить суть передачи максимальной (номинальной) мощности в нагрузку за счет вариации F_{REC}. В этих условиях единственно верным решением остается использование вносимого коэффициента усиления G_{INS}. Так устроен метод.

При использовании ГШ для вычисления вносимого коэффициента усиления, следует использовать формулу:

$$G_{INS} = G_{DUT} = \frac{BG_{SYS}}{BG_{REC}}$$

При использовании измеренных S-параметров с помощью анализатора можно выполнить расчет:

$$G_{INS} = \frac{|S_{21}|^2}{|1 - S_{22} \cdot \Gamma_{REC}|^2}$$

Дальнейшие попытки улучшения точности Y-фактора приводят к тому, что нужно знать шумовые параметры приёмника.

Функциональные возможности программы NF

Исследуемые устройства		Усилительные и приемные устройства без преобразования частоты
Метод измерений	Методика	Измерение коэффициента шума
	Основа	Измерение мощности шумового сигнала
	Средство	приёмник, источник шума с известной ИОШТ, измеритель температуры
Измеряемые параметры	P_h	Мощность шума при включенном ГШ
	P_C	Мощность шума при выключенном ГШ
	NF	Коэффициент шума
	Y	Отношение мощностей (для метода Y-фактор)
	T_e	Эквивалентная шумовая температура
	G	Вносимый коэффициент усиления по мощности
	G_p	Коэффициент усиления по мощности $\lvert S_{21}\rvert^2$ (для метода Y-фактор с учетом эффекта рассогласования в тракте распространения шумового сигнала)
Каналы		Каждый метод, реализованный в программе, использует уникальный канал: • Канал 1 – Метод Y-фактор • Канал 2 – Метод Y-фактор с учетом эффекта рассогласования в тракте распространения шумового сигнала Программа поддерживает только один одновременно работающий канал. При смене метода меняется канал. Канал представлен на экране в виде отдельного окна с индивидуальными параметрами.
Параметры канала		Начальная частота, конечная частота. Количество точек по частоте.

	Усреднение приёмника: полоса фильтра ПЧ и шумовое усреднение. Уровень выходной мощности при измерении S-параметров. Канальное усреднение (усреднение всех графиков от развертки к развертке).
Сканирование по частоте	Линейное сканирование в частотном диапазоне с заданным количество точек.
Триггер	Запуск развертки в канале: повторно, однократно, стоп.
Окно канала	Окно канала предназначено для отображения результатов измерений в виде графиков и числовых значений. Одновременно в канале может отображаться одна или две диаграммы с графиками.
Число графиков	Число графиков неограниченно. Графики могут отображаться в двух диаграммах, имеющих разный масштаб по вертикали. Выбор и установка параметров осуществляется с менеджера графиков. Для оперативного доступа к функциям графика предусмотрено контекстное меню.
Форматы графиков	Результат измерений в логарифмическом или линейном масштабе: • мощность: дБм, Вт • коэффициент шума: дБ, отн.ед. • коэффициент усиления: дБ, отн.ед. • температура: К
Управление	Управление параметрами измерений и требуемыми функциями выполняется через

	меню, панель быстрого доступа и строку состояния канала.
Память	При сохранении результата измерений в память создается отдельный график с возможностью анализа данных и сохранения в файл.
Математика	Доступные математические операции: деление, вычитание, расчет статистических данных выбранного графика, сглаживание.
Масштабирование	Автоматический выбор минимального и максимального значения вертикальной оси для наиболее наглядного отображения графика.
Маркеры	Для каждого графика доступно 20 маркеров. В зависимости от настроек маркеры могут отображать значения на произвольной частоте вдоль графика или на тех частотах, на которых производилось измерение.
Допусковый контроль	Функция графика для автоматического определения соответствия установленному допуску. Критерий основан на сравнении результата измерений с ограничительными линиями.
Устройства	Для проведения измерений программа NF управляет МШУ, выполняющим функцию предварительного усилителя. МШУ оснащены соединителем для подключения внешнего датчика температуры и имеют встроенный модулятор 28 В. Программа отображает результат измерений температуры, имеет индикатор состояния МШУ и индикатор питания ГШ. Для выхода на режим ГШ требуется некоторое время, которое варьируется в зависимости от модели и производителя. Программа позволяет

	ввести значение задержки перед измерением, чтобы обеспечить установившейся режим ГШ.
Калибровка	Калибровочные коэффициенты используются для компенсации эффекта рассогласования в тракте распространения шумового сигнала и влияния приёмника. Для проведения калибровки реализован отдельный мастер со всеми необходимыми инструкциями и схемами измерений. В программе есть библиотека для хранения описаний доступных ГШ.
Исключение цепи	Функция исключения пассивных устройств, подключенных на входе и выходе ИУ, из результата измерений коэффициента шума и усиления.
Сохранение	• Сохранение и загрузка установленных параметров, результатов проведенной калибровки, конфигурации окон и графиков в файл состояний (state file, файл *.INI). • Сохранение и загрузка выбранных графиков (файл *.CSV). • Сохранение и загрузка S-параметров соединительных устройств, подключенных к входу и выходу ИУ (файл *.S2P). • Сохранение и загрузка коэффициента отражения приёмника (файл *.S1P). • Сохранение и загрузка описаний ГШ. • Сохранение и загрузка ограничительных линий.
Удаленное управление	Дистанционное управление с помощью команд SCPI.

Подготовка к работе

Распакуйте анализатор и МШУ, если они находились в упаковке или транспортной таре. Пункты раздела распаковывание и повторное упаковывание относятся непосредственно к МШУ. Аналогичная информация об анализаторе представлена в его руководстве по эксплуатации.

Площадь поверхности рабочего стола должна быть достаточной для размещения на ней МШУ, анализатора, требуемого комплекта аксессуаров и исследуемых устройств.

Установите анализатор совместно с МШУ на ровную поверхность рабочего стола так, чтобы обеспечивался свободный доступ к соединителям и выключателю питания. Устройства, подключаемые к МШУ и анализатору, должны располагаться на рабочей поверхности стола.

На рабочем месте должны быть приняты меры по обеспечению защиты от воздействия статического электричества.

Проведите внешний осмотр МШУ совместно с используемым комплектом аксессуаров (см. п. Внешний осмотр).

Распаковывание и повторное упаковывание

Упаковка МШУ обеспечивает защиту от климатических и механических повреждений при погрузочно-разгрузочных работах, транспортировании и хранении.

Для упаковывания МШУ используется индивидуальная потребительская тара.

В качестве индивидуальной потребительской тары используются коробка из гофрированного картона и пакеты из полиэтиленовой пленки.

Распаковывание

Распаковывание МШУ проводить в указанной последовательности:

- расположите коробку в соответствии с манипуляционными знаками;
- откройте коробку, ознакомьтесь с сопроводительной документацией, аккуратно извлеките МШУ, пакеты с датчиком температуры, генератором шума (при наличии), кабеля USB, блока питания и эксплуатационной документацией;
- снимите пакеты и проведите внешний осмотр:

1 проверьте отсутствие глубоких царапин и вмятин на корпусе МШУ, датчика температуры, генератора шума (при наличии), следов коррозии металлических деталей и следов воздействия жидкостей или агрессивных паров, целостность лакокрасочных покрытий, сохранность маркировки;

2 проверите наличие и целостность пломб предприятия-изготовителя;

3 проведите визуальный контроль целостности соединителей;

4 проверьте целостность кабеля USB, блока питания.

ПРИМЕЧАНИЕ — После распаковывания рекомендуется картонную коробку совместно с амортизационным материалом и транспортной тарой сохранить для возможного дальнейшего использования (постановки на хранение или отправки на ремонт).

Упаковывание

Упаковывание МШУ должно производиться в закрытом помещении с температурой воздуха не ниже 15 °С и относительной влажностью до 80 %.

Если к МШУ были присоединены кабели – отсоедините их (см. п. Подключение и отключение устройств).

Перед упаковыванием необходимо провести внешний осмотр:

- проверить наличие и целостность пломб предприятия-изготовителя;
- если упаковывание проводится перед хранением, проверьте отсутствие глубоких царапин и вмятин на корпусе модуля, следов коррозии металлических деталей и следов воздействия жидкостей или агрессивных паров, целостность лакокрасочных покрытий, сохранность маркировки;
- проведите визуальный контроль целостности соединителей;
- проверьте целостность кабеля USB и блока питания.

Упаковывание МШУ проводить в следующей последовательности:

- открутите ножки от МШУ, если они были прикручены;
- поместите датчик температуры, генератор шума (при наличии), кабель USB, блок питания, ножки в полиэтиленовые пакеты соответствующего размера;
- вложите датчик температуры, генератор шума (при наличии), кабель USB, блок питания и эксплуатационную документацию в коробку;

- поместите МШУ в коробку;
- добавьте в коробку пакетики с мелкопористым силикагелем массой приблизительно 10 г;
- вложите эксплуатационную документацию;
- заполните необходимую сопроводительную документацию и поместите ее в полиэтиленовый пакет (прозрачный файл или мультифору);
- вложите сопроводительную документацию в коробку;
- закройте коробку крышкой и зафиксируйте крышку скотчем (клейкой лентой) с четырех сторон;
- нанесите на коробку маркировку:

  1 наименование предприятия-изготовителя;

  2 наименование и серийный номер модуля;

  3 манипуляционные знаки «Хрупкое. Осторожно!», «Беречь от влаги» и «Верх», если используется не оригинальная индивидуальная потребительская тара.

Установка программного обеспечения

Анализатор и МШУ работают под управлением программного обеспечения, устанавливаемого пользователем на внешний компьютер. Связь между анализатором, МШУ и компьютером осуществляется по USB интерфейсу. Внешний компьютер, работающий под управлением ОС Windows или ОС Linux, не входит в комплект поставки.

Минимальные технические требования к персональному компьютеру	ПК на процессоре с архитектурой x86. Процессор 1,5 Ггц. Оперативная память 4 Гбайт. USB 2.0 High Speed. ОС Windows 10 и выше. ОС Linux (Ubuntu).

Для работы с опцией NF требуется последовательно установить:

- программное обеспечение анализатора S2VNA или S4VNA;
- программу NF.

Для установки программного обеспечения пользователь компьютера должен обладать правами администратора.

1. Установка программного обеспечения S2VNA или S4VNA

Информация об установке программного обеспечения анализатора S2VNA или S4VNA представлена в его руководстве по эксплуатации. При необходимости ПО возможно загрузить с сайта www.planarchel.ru.

Файл	Анализатор
Setup_S2VNA_vX.X.X.exe	C1209, C2209, C4209, C1220, C2220, C4220
Setup_S4VNA_vX.X.X.exe	C1409, C2409, C4409, C1420, C2420, C4420

2. Установка программы NF

Найдите установочный файл программы NF PLANAR-NF-setup-X.X.X.exe на прилагаемом к опции USB flash-накопителе или загрузите его с сайта www.planarchel.ru.

1. Запустите установочный файл PLANAR-NF-setup-X.X.X.exe. На экране появится мастер установки программы. Для продолжения установки нажмите кнопку **Далее**.

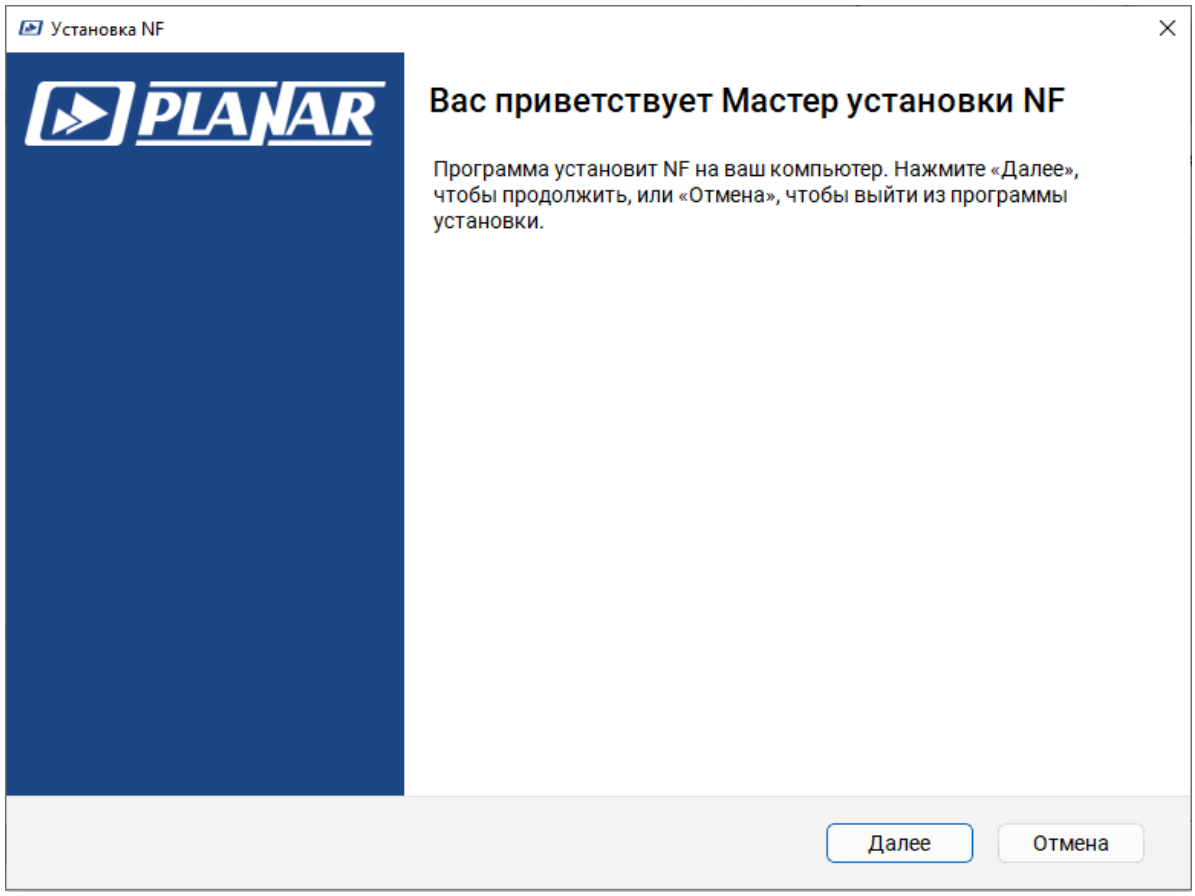


Рисунок 20 — Мастер установки SNVNA

2. Далее Вам будет предложено ознакомиться с текстом лицензионного соглашения. Внимательно ознакомьтесь с данной информацией перед продолжением установки. Если Вы принимаете условия данного соглашения, установите флажок **Я принимаю условия соглашения**. Для продолжения установки нажмите кнопку **Далее**.

ВНИМАНИЕ!	Если флажок не установлен, кнопка **Далее** не активна. Дальнейшая установка будет не невозможна.

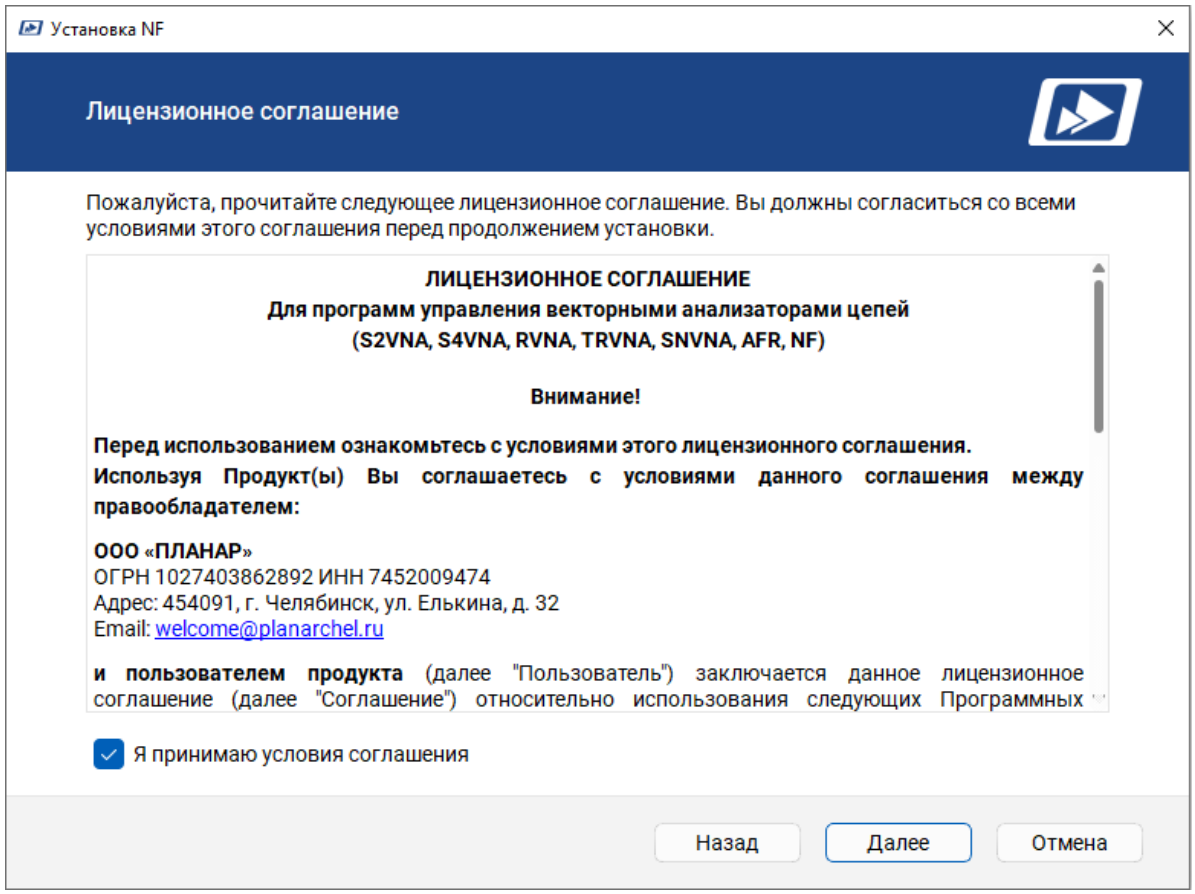


Рисунок 21 — Лицензионное соглашение

3. Если необходимо изменить путь установки, нажмите кнопку **Обзор** и выберите пусть установки. Для продолжения установки нажмите кнопку **Далее**.

ПРИМЕЧАНИЕ	По умолчанию путь установки программного обеспечения C:\VNA\NF.

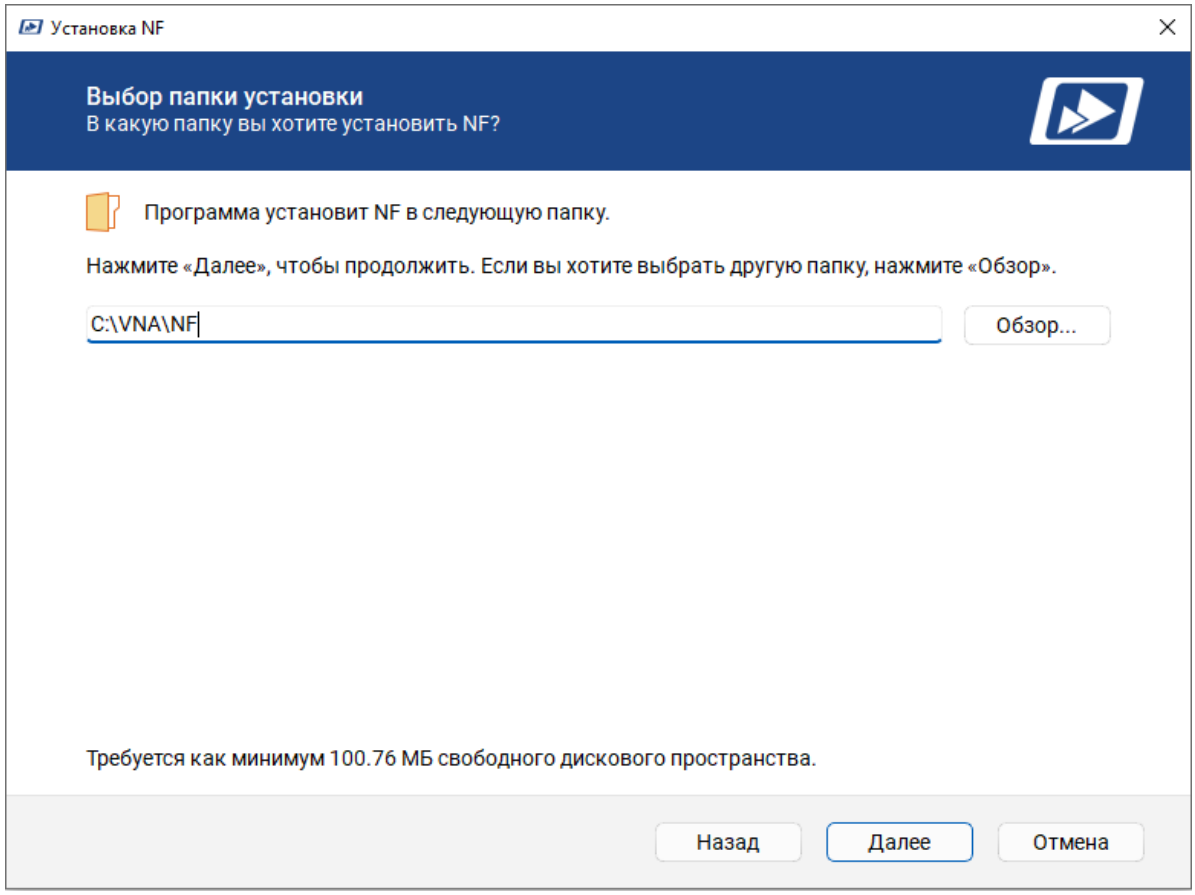


Рисунок 22 — Выбор папки установки

4. На экране появится окно выбора создания ярлыка на рабочем столе и папки в меню Пуск для запуска программы. При необходимости установите флажки **Создать значок на Рабочем столе** и(или) **Создать папку в меню Пуск**. Для продолжения установки нажмите кнопку **Далее**.

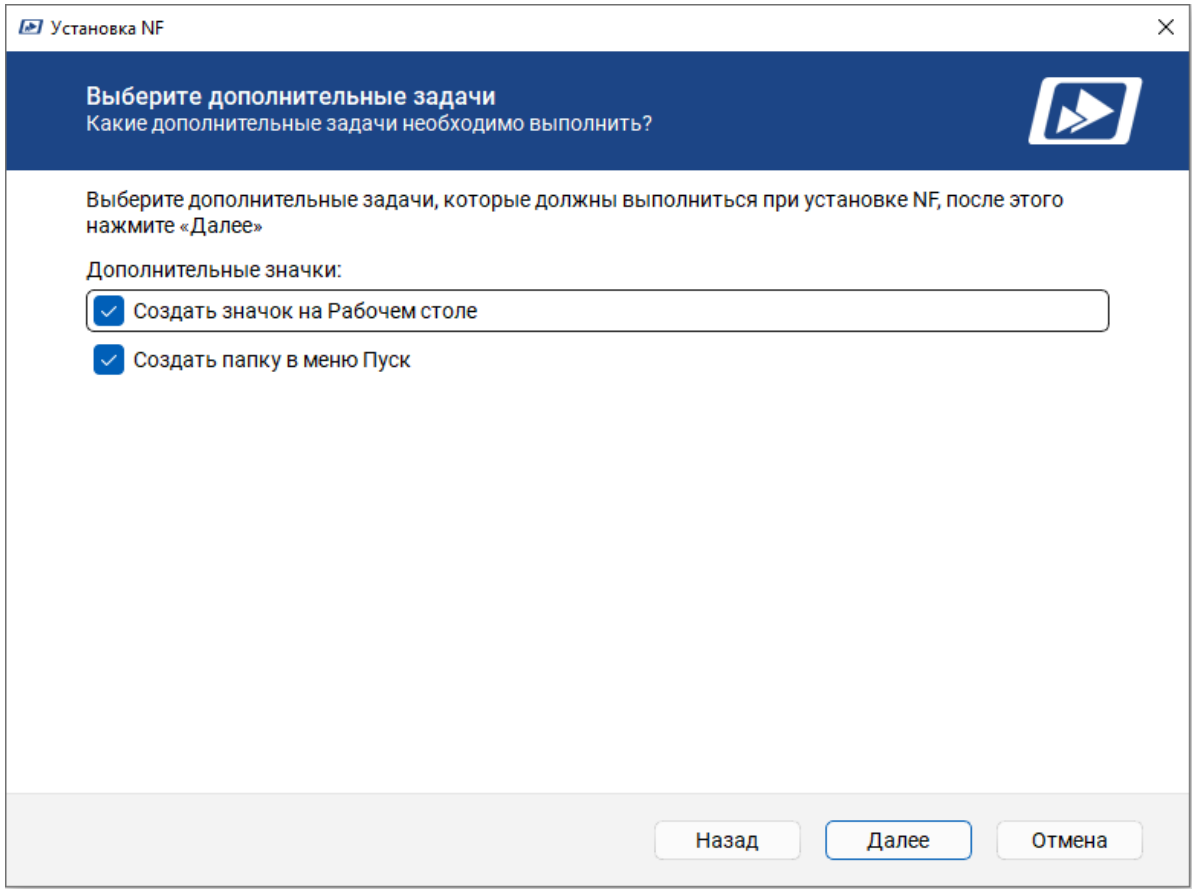


Рисунок 23 — Выбор создания ярлыка на рабочем столе и папки в меню Пуск

5. В случае, если флажок **Создать папку в меню Пуск** установлен, выберите папку в меню Пуск для создания ярлыка программы. Если необходимо изменить папку, нажмите кнопку **Обзор** и выберите необходимую папку. Для продолжения установки нажмите кнопку **Далее**.

ПРИМЕЧАНИЕ По умолчанию папка PLANAR/NF.

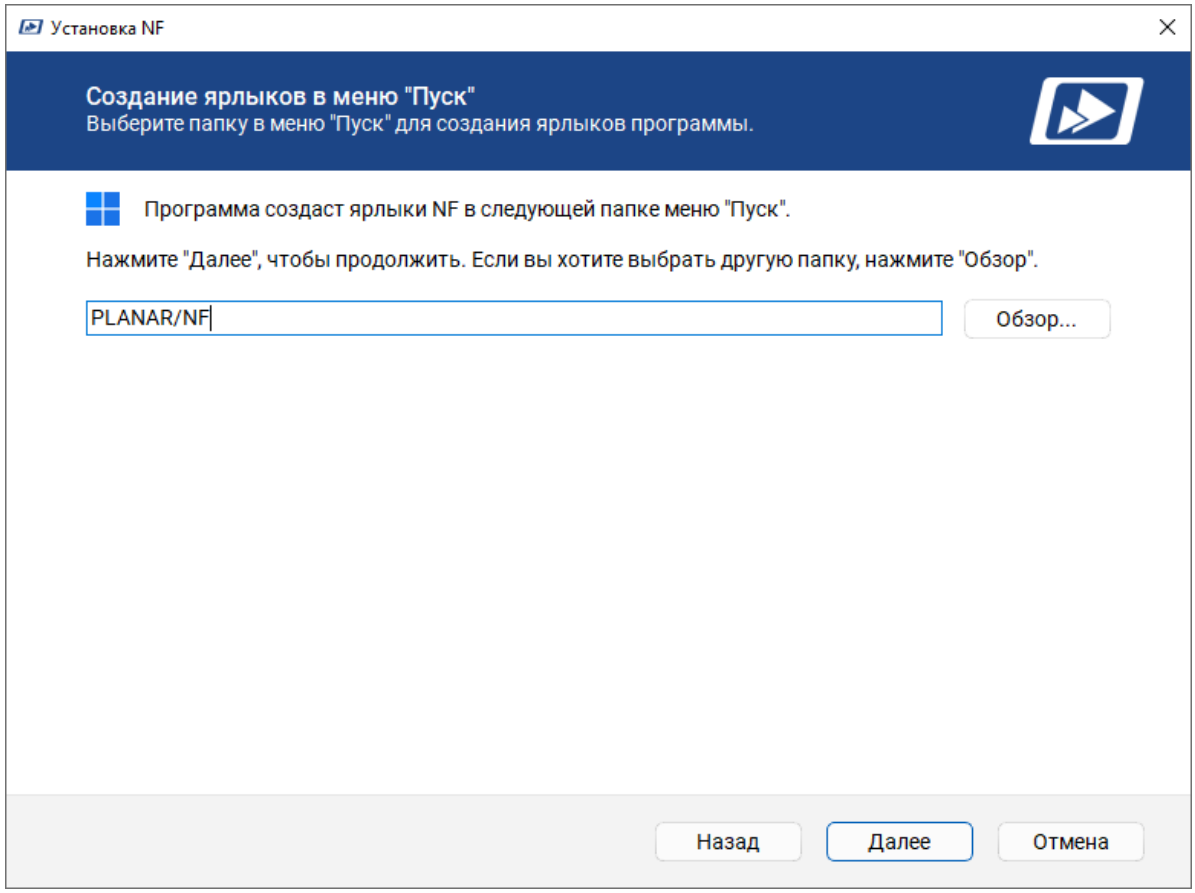


Рисунок 24 — Выбор папки для создания ярлыка SNVNA в меню Пуск

6. Для запуска установки нажмите кнопку **Установить**. Дождитесь окончания установки.

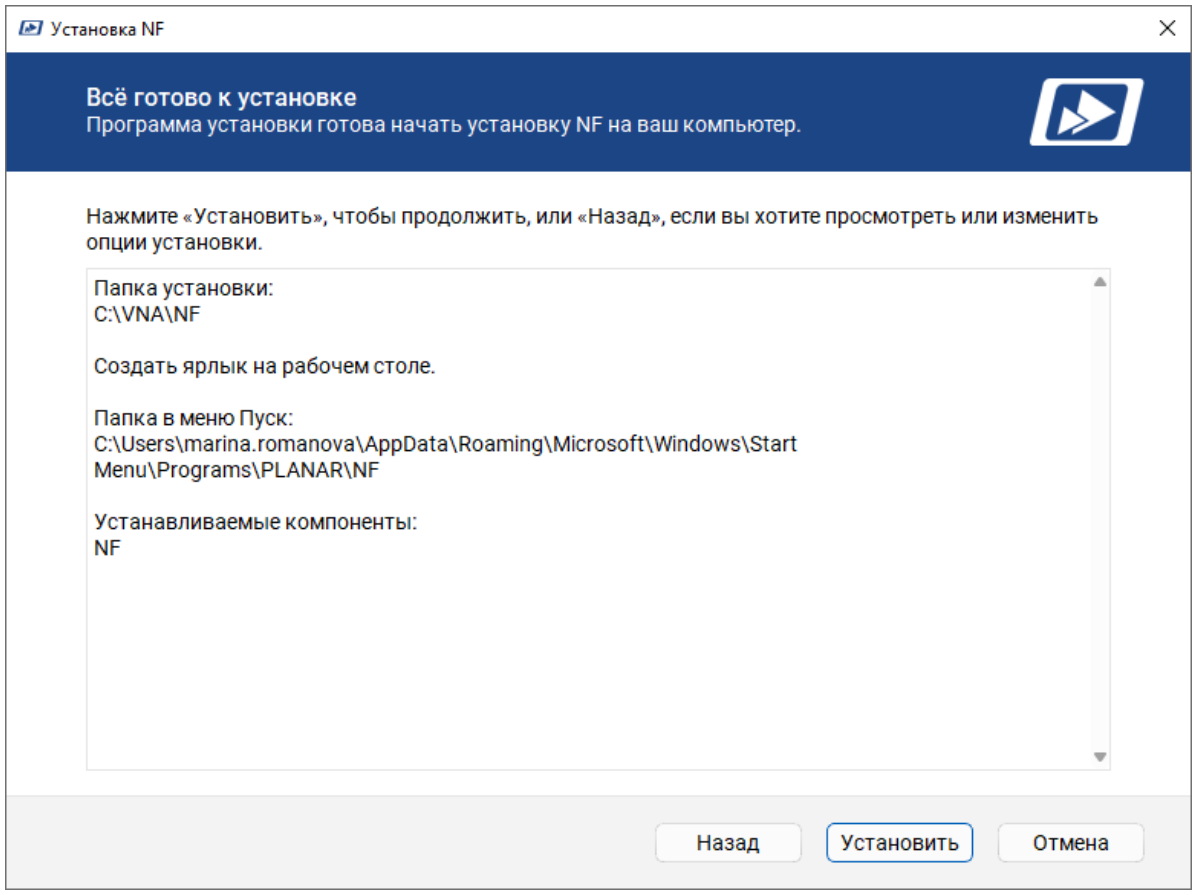


Рисунок 25 — Запуск установки программы

7. После завершения установки установите флажок **Запустить NF**. Для выхода из мастера установки нажмите кнопку **Завершить**.

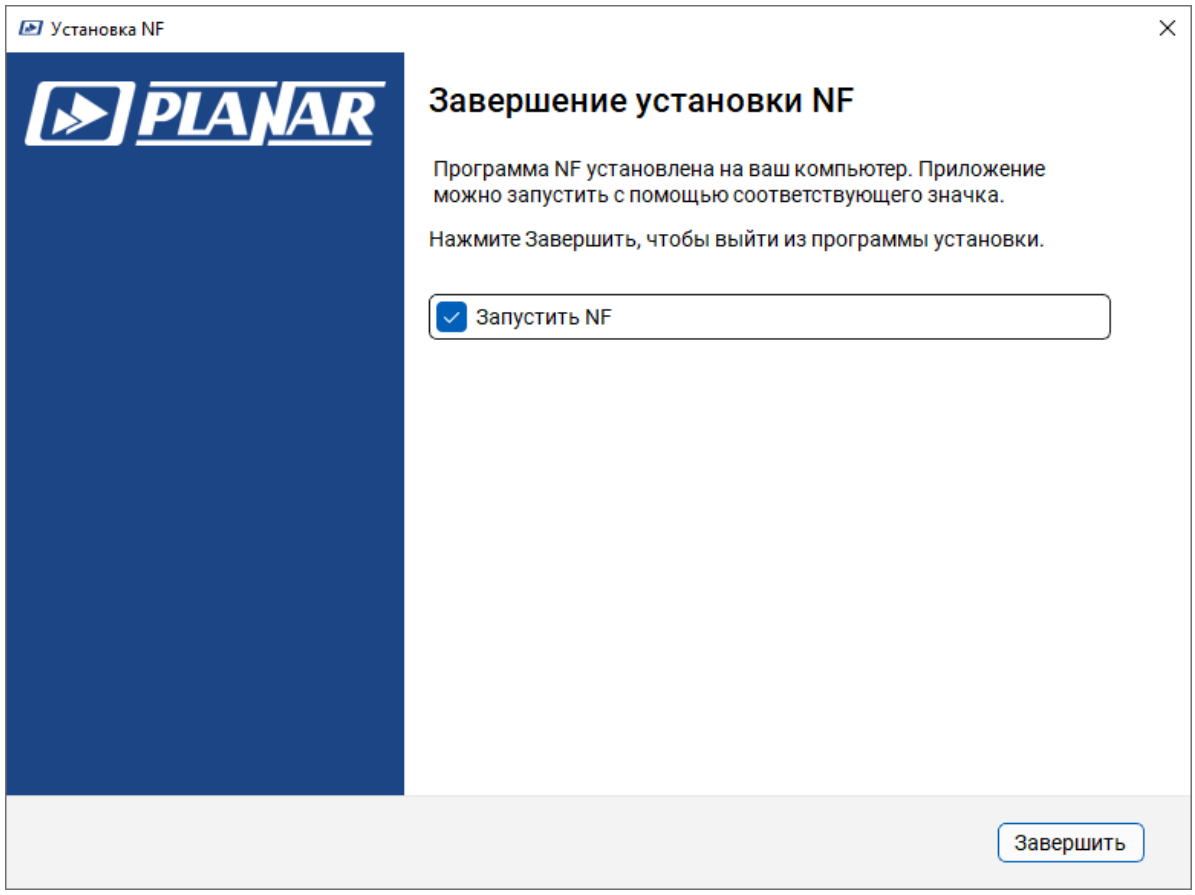


Рисунок 26 — Завершение установки

Для корректной работы программы NF требуется файл лицензии. Файл лицензии имеет расширение *.LIC и должен находиться в основном каталоге приложения или в подкаталоге \Licenses основного каталога программы NF. Добавление лицензии см. в п. Управление лицензиями.

ПРИМЕЧАНИЕ	Программа NF работает совместно с программным обеспечением анализатора через TCP/IP с использованием встроенного Socket-сервера. Инструкции по настройке подключения опции NF к ПО анализатора см. в п. Настройка подключения к ПО анализатора.

Настройка подключения к ПО анализатора

Для работы программы NF необходимо:

1. Включить удаленное управление в ПО анализатора (см. п. Порядок настройки удалённого управления ПО S2VNA или S4VNA).
2. Установить соединение NF с ПО анализатора (см. п. Порядок подключения программы NF к ПО анализатора).

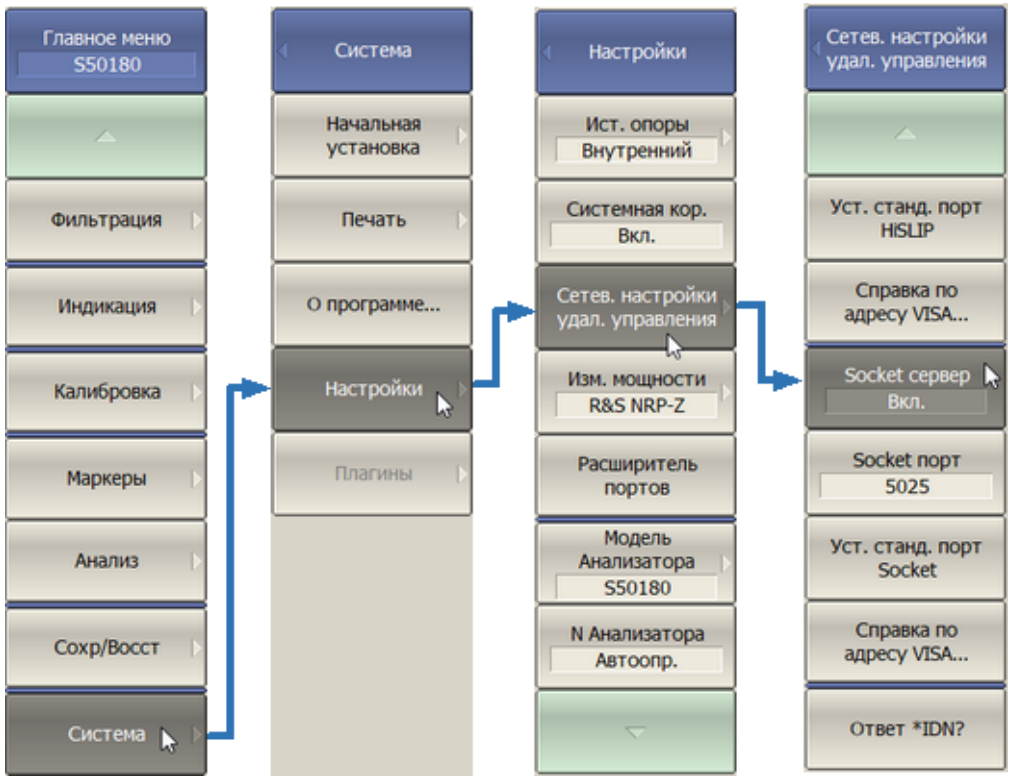
ПРИМЕЧАНИЕ Удаленное управление осуществляется по протоколу TCP/IP Socket.

Порядок настройки удалённого управления ПО S2VNA или S4VNA

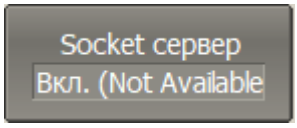
---

1. В ПО анализатора включите Socket сервер, нажав кнопки:

   Система > Настройки > Сетев. настройки удал. управления > Socket сервер > Вкл



2. Если порт используется другими процессами, то в кнопке **Socket сервер** отобразиться надпись **Вкл. (Not Available)**



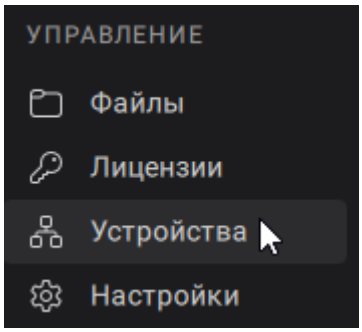
В этом случае назначьте любой другой номер порта, нажав кнопки:

Система > Настройки > Сетев. настройки удал. управления > Socket сервер > Выкл

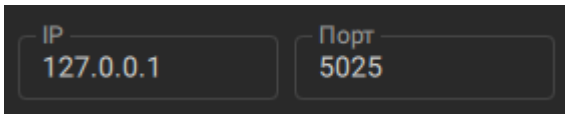


Порядок подключения программы NF к ПО анализатора

1. В программе NF нажмите кнопку **Устройства**.

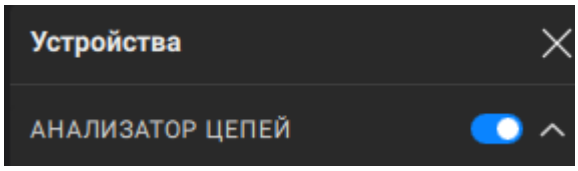


2. Проверьте, что номер порта в поле **Порт** совпадает с настройками в ПО анализатора (см. п. Сетевые настройки).



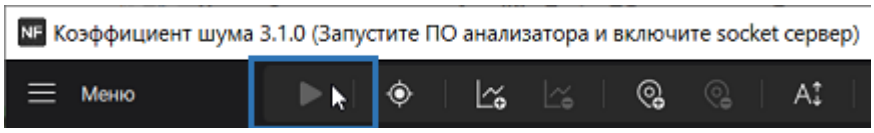
Если порты не совпадают, то измените Socket порт в поле **Порт** на соответствующий ПО анализатора.

3 Включите переключатель в аккордеоне АНАЛИЗАТОР ЦЕПЕЙ в подменю.

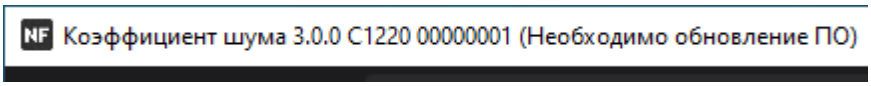


SCPI NF:SYSTem:VNA:CONnection

ВНИМАНИЕ! Если адрес и номер порта Socket, установленные в программе NF, не совпадает с настройками в ПО анализатора, в верхней строке программы NF появится сообщение **Запустите ПО анализатора и включите socket сервер**, при этом кнопка начала измерений в панели быстрого доступа будет неактивна (см. п. Панель быстрого доступа).



В случае, если в верхней строке программы отображается сообщение **Необходимо обновление ПО**, следует перейти на сайт www.planarchel.ru, скачать и установить последнюю версию программного обеспечения анализатора.



Порядок работы

Общие рекомендации при выполнении измерений

Измерения следует проводить при климатических условиях, указанных в технической документации на конкретный тип устройств.

Если анализатор, МШУ и комплект аксессуаров находились в условиях, отличных от условий проведения измерений, выдержите их в условиях проведения измерений не менее двух часов.

При наличии помех измерения необходимо проводить в экранированных помещениях, обеспечивающих снижение уровня помех до значений, при которых разность между уровнем сигнала и уровнем помех должна составлять не менее 20 дБ.

ВНИМАНИЕ!	Любые радиочастотные помехи, будь то излучаемые или наводимые, способны маскироваться как мощность шума и оказывать воздействие на результат измерений. В крайнем случае такое воздействие может вызвать перегрузку приемного тракта.

При исследовании параметров устройств с коэффициентом отражения по входу или выходу, превышающим минус 12 дБ, следует использовать метод Y-фактор с учетом погрешности рассогласования.

Для получения результатов измерений с приемлемым уровнем флуктуации необходимо выбрать количество усреднений. В программе NF реализовано два типа усреднений: точечное и канальное. Точечное усреднение позволяет накапливать данные в каждой измеряемой точке с последующим выводом результата на экран. Канальное усреднение работает от развертки к развертке, последовательно накапливая данные для обработки. Установка конкретного значения усреднения – это всегда компромисс между скоростью проведения измерений и достижимым уровнем флуктуации шумовых сигналов.

Для обеспечения линейного режима работы приёмника рекомендуется указать приблизительные значения коэффициента шума и усиления ИУ. Введенные значения будут использованы для оценки уровня выходной мощности МШУ и автоматического выбора его усиления с целью предотвращения перегрузки входа приёмника анализатора.

Предусилители для измерения коэффициента шума

В разделе описаны модели предусилителей для измерения коэффициента шума.

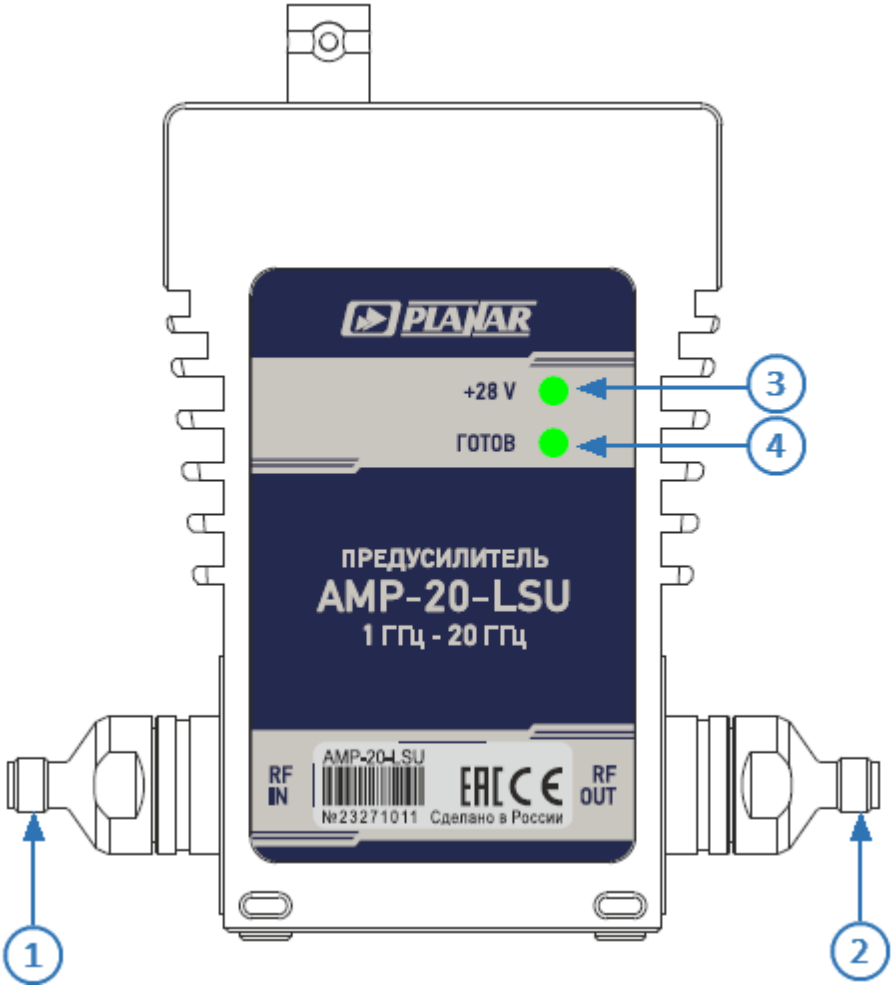


Рисунок 27 – Лицевая сторона AMP-20-LSU

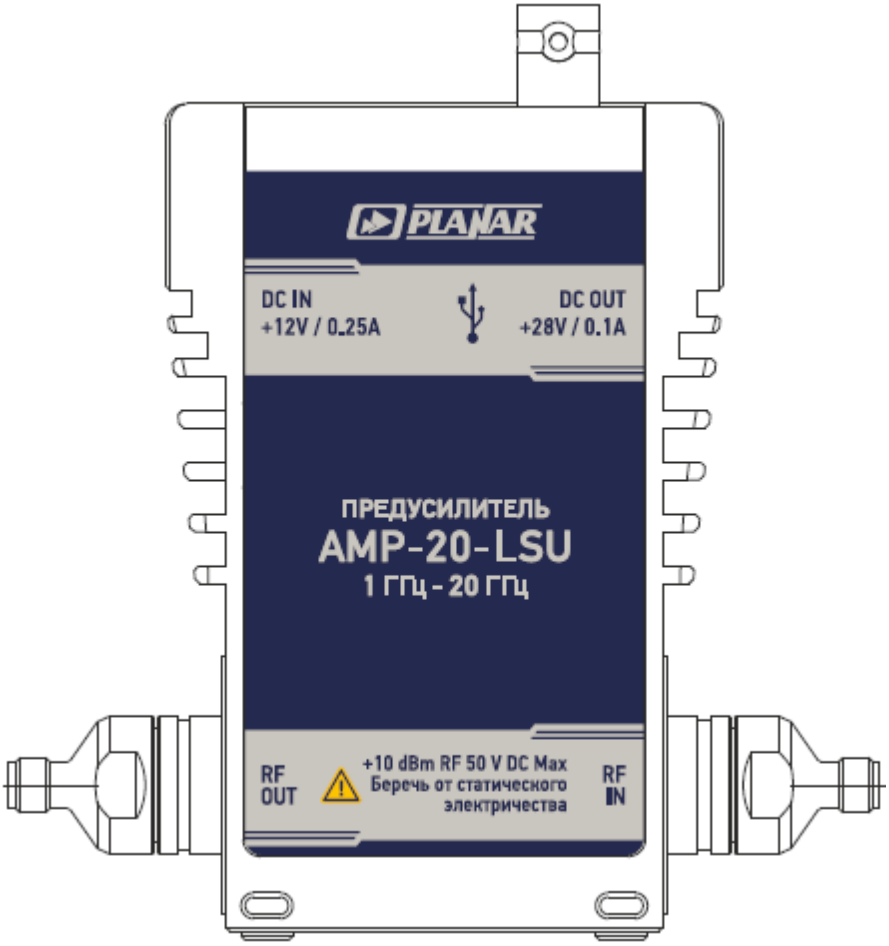


Рисунок 28 – Оборотная сторона AMP-20-LSU

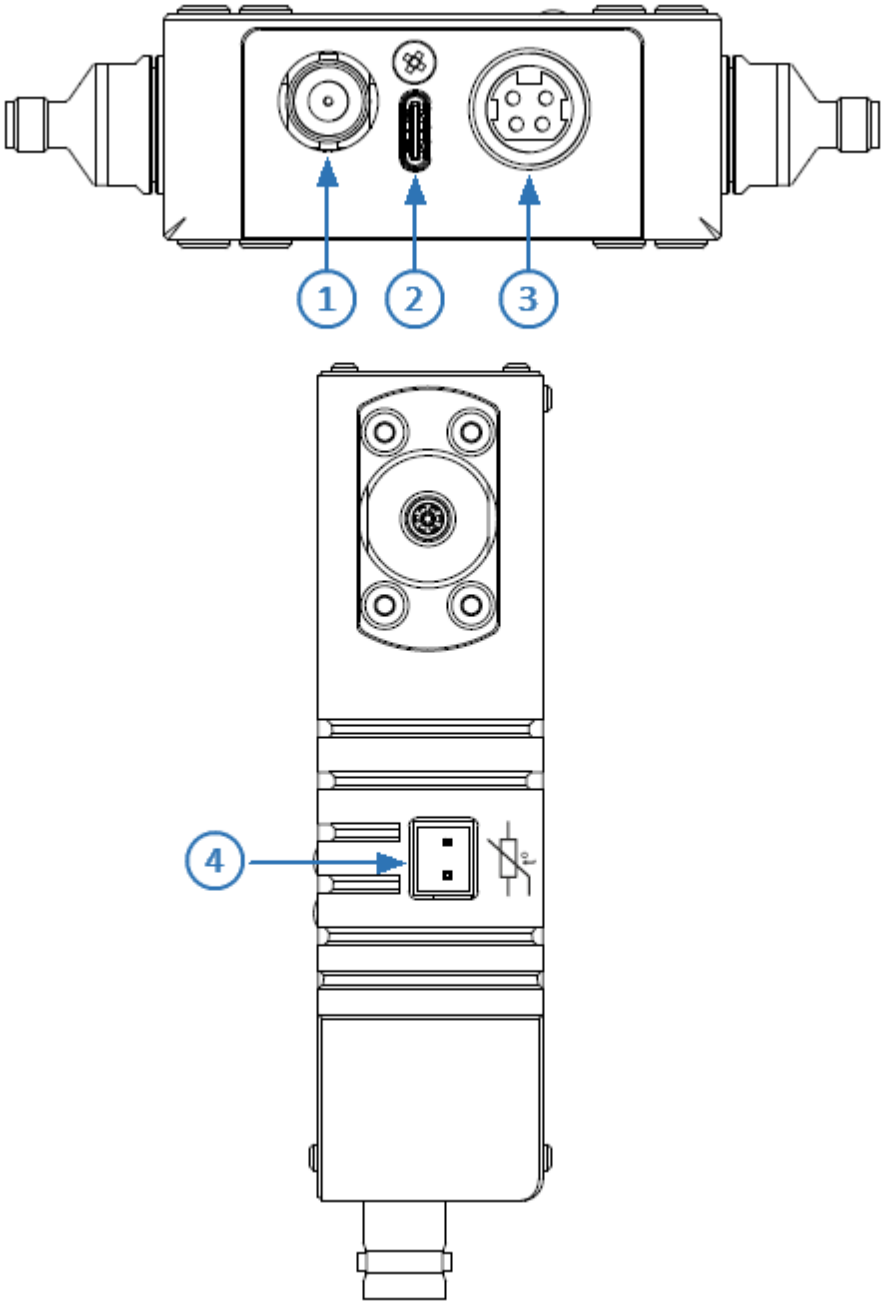
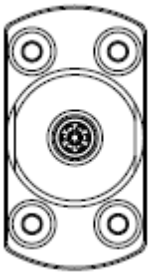


Рисунок 29 – Торцевые стороны AMP-20-LSU

Лицевая сторона

1 Входной порт RF IN



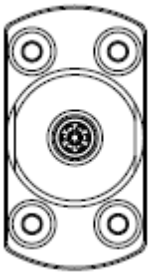
Входной порт МШУ. Порт соединяется с портом генератора шума или исследуемого устройства. Тип соединителя – 3,5 мм, розетка.

ПРИМЕЧАНИЕ – Возможно изготовление предусилителя другим типом соединителя. Типы соединителей портов предусилителя уточняется при заказе.

ВНИМАНИЕ! Превышение максимальной входной мощности радиочастотного сигнала или максимального постоянного напряжения, может привести к выходу МШУ из строя.

---

2 Выходной порт RF OUT



Выходной порт МШУ. Порт соединяется с измерительным портом векторного анализатора цепей. Тип соединителя – 3,5 мм, розетка.

ПРИМЕЧАНИЕ – Возможно изготовление предусилителя другим типом соединителя. Типы соединителей портов предусилителя уточняется при заказе.

3 Светодиодный индикатор LED2 (только AMP-20-LSU)



Индикатор подачи питания +28 В на генератор шума.

4 Светодиодный индикатор LED1 (только AMP-20-LSU)



Индикатор подачи питания на МШУ и готовности к работе. При подключении кабеля USB индикатор светится красным цветом, после прогрева – зеленым цветом.

Торцевые стороны

1 Соединитель для подачи питания на генератор шума



Соединитель для подачи питания +28 В на внешний генератор шума и управления ГШ. Тип соединителя BNC, розетка.

2 Соединитель USB



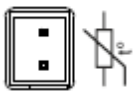
Соединитель для подключения к внешнему управляющему компьютеру. Тип соединителя USB Type-C, розетка.

3 Соединитель для подключения блока питания



Соединитель для подключения блока питания. Напряжение питания от внешнего источника постоянного тока от 9 до 15 В. Тип соединителя KPJX-4S-S.

4 Соединитель подключения внешнего датчика температуры



Соединитель для подключения внешнего датчика температуры. Тип соединителя 15EDGK-3,81-02P-2-4.

Подготовка к проведению измерений

Аккуратно разместите устройства на рабочем столе, включая кабели и переходы, необходимые для подключения к МШУ и ИУ.

Проведите визуальный контроль чистоты и целостности коаксиальных соединителей анализатора, МШУ и ГШ. При обнаружении посторонних частиц провести чистку (см. п. Чистка соединителей).

Проведите визуальный контроль целостности используемых кабелей питания и блока питания МШУ.

ПРИМЕЧАНИЕ Следите за чистотой и состоянием соединителей. Поврежденные и загрязненные соединители могут значительно ухудшить результаты измерений.

Выдержите анализатор, МШУ и ГШ в выключенном состоянии в условиях проведения измерений не менее двух часов, если они находились в отличных от них условиях.

Включите анализатор в следующей последовательности:

- включите компьютер;
- соедините клемму « ⏚ » на задней панели анализатора с шиной защитного заземления;
- соедините анализатор с компьютером кабелем USB из комплекта поставки;
- подключите к сети переменного тока с помощью кабеля питания;
- включите анализатор, нажав кнопку выключателя питания.

Включите МШУ в следующей последовательности:

- подключите соединитель "Ref Out" МШУ к одному из измерительных портов анализатора напрямую, с помощью кабеля СВЧ или перехода с соответствующими типами соединителей (см. п. Подключение и отключение устройств). При необходимости, прикрутите к МШУ ножки из комплекта поставки и разместите его на требуемой высоте над рабочей поверхностью;
- подключите МШУ к сети переменного тока с помощью блока питания;

ПРИМЕЧАНИЕ	Блок питания должен быть подключен к МШУ раньше, чем кабель USB.

- соедините МШУ с компьютером кабелем USB из комплекта поставки;
- подключите кабель BNC между МШУ и ГШ;
- подключите внешней датчик температуры из комплекта поставки.

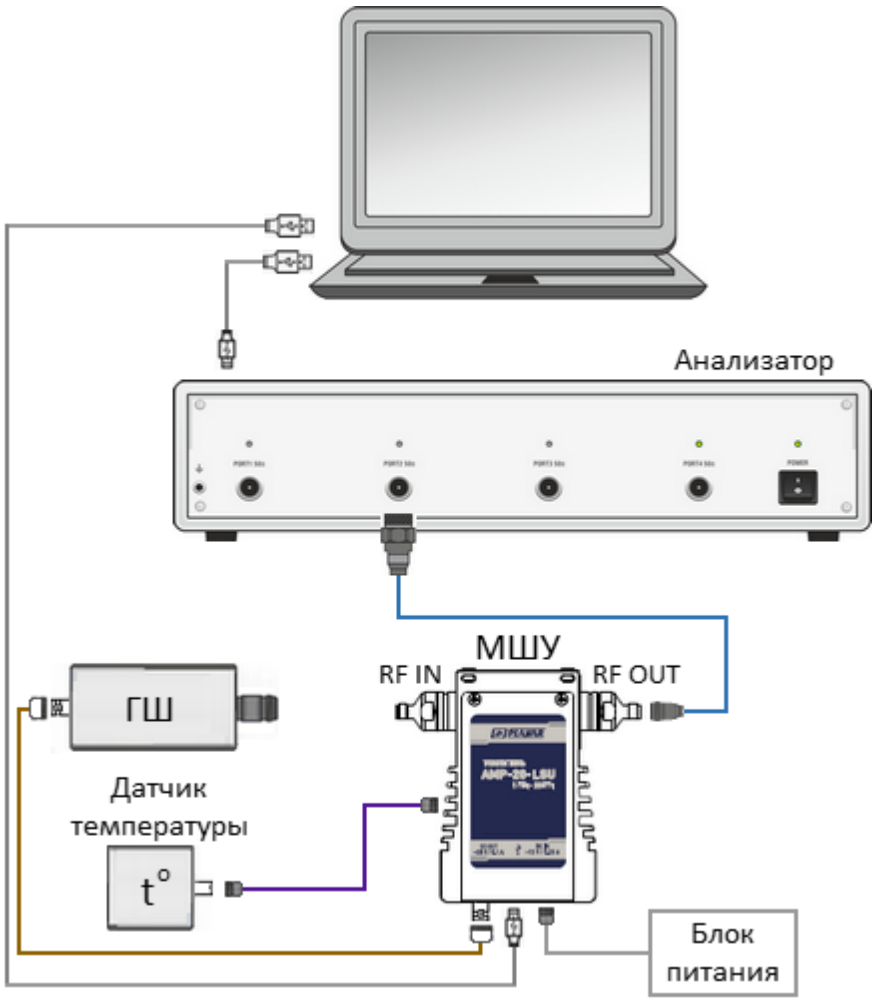


Рисунок 30 – Схема подключения МШУ к анализатору

Установите программное обеспечение анализатора и МШУ, если оно не было ранее установлено (см. п. Установка программного обеспечения).

Запустите на ПК программное обеспечение анализатора и программу NF в любой последовательности.

Проведите настройку программного обеспечения анализатора (см. п. Управление соединением с анализатором).

Проверьте, что программное обеспечение анализатора обнаружило прибор и провело подключение к нему. Статус готовности анализатора к работе указан в строке состояния. Подробное описание с ПО анализатора см. в руководстве по эксплуатации на анализатор.

ПРИМЕЧАНИЕ	При подключении МШУ через USB происходит автоматическое распознавание устройства, и оно добавляется в программу NF. Пользователю достаточно один раз выбрать порт подключения МШУ, и программа сохранит эту конфигурацию. В дальнейшем при каждом запуске программа будет автоматически восстанавливать данную конфигурацию. Также каждый сохраненный файл состояния включает в себя эту настройку USB.

Порядок проведения измерений

1 При необходимости подключите МШУ к анализатору, установите и настройте программное обеспечение (см. п. Подготовка к проведению измерений).

2 Проведите визуальный контроль чистоты и целостности коаксиальных соединителей анализатора, МШУ и ГШ. При обнаружении посторонних частиц проведите чистку (см. п. Чистка соединителей).

ПРИМЕЧАНИЕ Следите за чистотой и состоянием соединителей. Поврежденные и загрязненные соединители могут значительно ухудшить результаты измерений.

---

3 Запустите на ПК программное обеспечение анализатора и программу NF в любой последовательности.

Убедитесь, что программное обеспечение анализатора обнаружило прибор и провело подключение к нему. Статус готовности анализатора к работе указан в строке состояния. Подробное описание работы с ПО анализатора см. в руководстве по эксплуатации на анализатор.

Проверьте индикаторы, расположенные в строке состояния программы NF, на предмет готовности к работе: программное обеспечение анализатора должно быть подключено к программе NF (см. п. Строка состояния программы).

4 Выдержите анализатор и МШУ в течение времени установления рабочего режима.

Устройство	**Время установления рабочего режима**
Анализатор цепей векторный	40 минут
Малошумящий усилитель	15 минут

ПРИМЕЧАНИЕ МШУ имеет индикатор готовности к работе (см. п. Предусилители для измерения коэффициента шума). После прогрева светодиод светиться зеленым цветом.

---

5 Подготовьте к работе ГШ (см. п. Подготовка к работе ГШ).

ПРИМЕЧАНИЕ При первом запуске программы рекомендуется подключить ГШ к приёмнику и проверить собственный КШ, сравнив с техническими данными, а также проверить наличие или отсутствие сигналов интерференции. Наличие интерференционных сигналов может значительно исказить результаты измерений или привести к перегрузке приемного тракта.

---

6 Сделайте описание используемых пассивных устройств (см. п. Определение параметров пассивных устройств).

7 Укажите температуру окружающей среды (см. п. Температура окружающей среды).

8 В программе NF:

- нажмите кнопку начала измерений (см. п. Панель быстрого доступа);

ВНИМАНИЕ! Во время установки параметров и измерений важно следить за тем, чтобы не происходила перегрузка приемного тракта. Перегрузка может быть вызвана разными причинами, например, некорректным вводом уровня выходной мощности анализатора при измерении S-параметров, наличием интерференционных сигналов или из-за энергетически мощного выхода ИУ. Это особенно важно при тестировании устройств с коэффициентом усиления более 20 дБ. При обнаружении перегрузки необходимо прекратить процесс измерений, скорректировать коэффициент усиления МШУ или установить аттенюатор на выходе ИУ.

В случае перегрузки приемного тракта в процессе измерения, нажмите кнопку остановки  в панели быстрого доступа. Процесс остановки измерений включает в себя выключение питания ГШ и перевод МШУ в режим «перемычка».

- выберите метод измерений: классический Y-фактор или Y-фактор с учетом эффекта рассогласования в тракте распространения шумового сигнала (см. п. Установка метода измерений);

ПРИМЕЧАНИЕ При исследовании параметров устройств с коэффициентом отражения по входу или выходу, превышающим минус 12 дБ, или если разность КО генератора шума будет превышать минус 20 дБ, следует применять метод Y-фактор с учетом погрешности рассогласования.

- выберите порт анализатора, к которому подключен МШУ (см. п. Установка порта приёмника анализатора);
- укажите приблизительные параметры ИУ, работающего в активном режиме, для автоматического выбора коэффициента усиления МШУ (см. п. Установка параметров ИУ);
- установите частотно-зависимые параметры приёмника (установите параметры развёртки: начальную частоту, конечную частоту, количество точек или шаг по частоте, см. п. Установка частотно-зависимых параметров приёмника);
- установите полосу фильтра промежуточной частоты и выберите шумовое усреднение (усреднение в точке) в зависимости от требуемого уровня флуктуации результата измерений (см. п. Установка усреднения);
- выберите нужный ГШ. В настройках программы проверьте время задержки ГШ, связанное с длительностью процесса его установки при включении и выключении питания (см. п. Установка задержки перед измерением);

ПРИМЕЧАНИЕ При первом использовании ГШ внесите его описание в библиотеку ГШ (см. п. Библиотека генератора шума).

- расположите графики на экране диаграммы или диаграмм удобным образом, выберите измеряемые параметры и формат их отображения (см. п. Установка графиков и диаграмм);
- откройте мастер калибровки и последовательно выполните предложенные шаги (см .п. Мастер калибровки);
- соберите схему, которая отображается на последнем шаге мастера калибровки, и проведите измерение выбранных параметров;
- для анализа данных можно использовать маркеры (см. п. Маркеры). Программа предоставляет возможность осуществлять допусковый

контроль, сравнивая результаты измерений с ограничительными линиями (см. п. Допусковый контроль);

ПРИМЕЧАНИЕ Основным объектом измерений являются усилители сигналов различного назначения. Эти устройства функционируют от внешних источников питания. Важно уделять внимание чувствительности устройств к параметрам питания и фиксировать результаты измерений в момент, когда устройства находятся в установившемся режиме работы. Чтобы облегчить процесс мониторинга выхода устройства в рабочий режим, рекомендуется использовать графики памяти, которые были получены в результате сохранения данных при холодном запуске и после истечения определенного временного интервала.

- при необходимости сохраните результаты в файл *.CSV (см. п. Сохранение данных графика);
- сохраните настройки в файл состояний (см. п. Сохранение состояния), чтобы упростить последующие изменения.

Подготовка к работе ГШ

Откройте библиотеку в программе NF и добавьте описание ГШ. В случае отсутствия файла описания необходимо его подготовить.

Процедура создания файла описания ГШ

Проверьте значения ИОШТ на соответствие данным, представленным в его документации.

Выполните измерение КО при включенном Γ_H и выключенном Γ_C состоянии. Проверьте насколько сильно отличаются полученные КО. Если разность КО будет превышать -20 дБ, то потенциально метод Y-фактор с коррекцией рассогласования даст более достоверный результат:

$$20 \cdot lg(|\Gamma_H - \Gamma_C|) > -20[\text{дБ}]$$

Измерение КО генератора шума возможно двумя способами:

- при использовании другого анализатора в режиме измерений мощности программой NF. Во время измерений должен быть выбран и отображен на экране один график P_C или P_H. При активации параметра программа автоматически осуществляет включение или выключение питания ГШ;
- при использовании внешнего источника постоянного напряжения. Коммутация напряжения в процессе измерения КО осуществляется вручную. В данном случае измерение можно провести с использованием анализатора, который впоследствии будет задействован для определения КШ.

Откройте библиотеку ГШ в программе NF и внесите описание (см. п. Библиотека генератора шума).

Температура окружающей среды

Определение КШ выполняется при заданных T_C и T_0.

T_C — это температура окружающей среды, которую рассматривают как температуру источника шума. Программа NF не подразумевает использование других температур, связанных с приёмником анализатора или отдельными точками на корпусе исследуемого устройства.

T_0 — стандартная температура, утвержденная Институтом инженеров электротехники и электроники для определения коэффициента шума. Стандартная температура равна 290 К. В некоторых государствах, придерживающихся локальных метрологических стандартов, значение температуры может отличаться.

Определение параметров пассивных устройств

Чтобы учесть влияние пассивных устройств, предназначенных для подключения ГШ и ИУ во время калибровки и измерений, необходимо определить их S-параметры перед измерением КШ.

S-параметры пассивных устройств можно измерить на одном из шагов калибровки (см. п. Вкладка S-параметры ИУ) или загрузить заранее подготовленные файлы. При подготовке данных заранее проводите измерения на используемом анализаторе в стандартном режиме.

Проверка собственного КШ

При первом запуске программы рекомендуется подключить ГШ к приёмнику и проверить собственный КШ, сравнив с техническими данными, а также наличие или отсутствие сигналов интерференции, Наличие интерференционных сигналов может значительно исказить результаты измерений или привести к перегрузке приемного тракта.

Подключение и отключение устройств

Подключение и отключение устройств к анализатору цепей векторного представлено в его руководстве по эксплуатации.

Подключение соединителей МШУ рекомендуется выполнять в последовательности:

1 Зафиксируйте корпус одного из подключаемых устройств. Это необходимо для исключения его смещения при подключении. Фиксация корпуса может достигаться несколькими способами:

- фиксация устройства с помощью зажимов или ключей гаечных;
- фиксация может обеспечиваться массой и конструкцией самого устройства;
- фиксацию положения можно обеспечить, удерживая устройство руками.

2 Аккуратно совместите соединители подключаемых устройств.

3 Удерживая подключаемое устройство, руками накрутите гайку соединителя «вилка». При этом рабочие поверхности центральных проводников и опорные плоскости внешних проводников должны соприкасаться, как показано на рисунке 31.

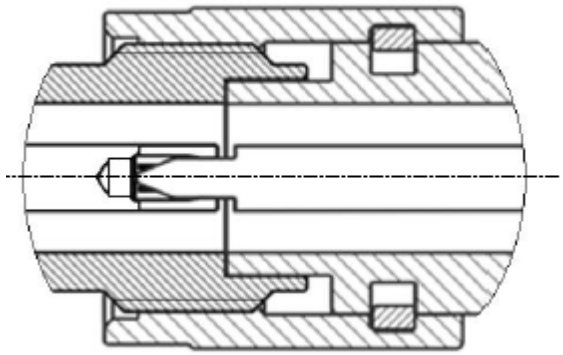


Рисунок 31 – Соединители типа 3,5 мм (справа вилка, слева розетка)

4 Затяните с помощью тарированного ключа (усилие затягивания зависит от типа соединителя) гайку соединителя «вилка», при этом удерживайте подключаемое устройство пальцами или с помощью ключа гаечного, предохраняя его от проворачивания. Окончательное затягивание гайки соединителя «вилка» проводите, удерживая ключ за конец ручки. Затягивание нужно прекратить в момент излома ручки ключа.

ПРИМЕЧАНИЕ	Присоединение следует осуществлять только вращением гайки соединителя «вилка». ЗАПРЕЩАЕТСЯ вращать корпус МШУ. Затягивание гайки соединителя «вилка» выполняйте с помощью тарированного ключа с нормированным значением крутящего момента: • от 0,8 до 1,0 Н·м – для соединителей тип 3,5 мм.

Отключение соединителей должно выполняться в последовательности:

- с помощью ключа, которым проводилось затягивание, ослабьте крепление гайки соединителя «вилка», при этом удерживайте отключаемое устройство пальцами или с помощью ключа гаечного, предохраняя его корпус от проворачивания;
- удерживая отключаемое устройство в таком положении, чтобы центральный проводник его соединителя находился на той же прямой, что и в подключённом состоянии, раскрутите гайку соединителя «вилка».

Последовательность выключения

Выключение анализатора и МШУ проводить в следующей последовательности:

- закройте программное обеспечение;
- выключите анализатор, нажав кнопку выключателя питания;
- при необходимости отсоедините МШУ от анализатора;
- при необходимости разберите схему измерений (см. п. Подключение и отключение устройств);
- при необходимости отсоедините анализатор сначала от сети, затем от компьютера, далее от шины защитного заземления.

Интерфейс программы

Программа NF отображается на экране ПК в виде отдельного приложения. Окно программы содержит:

- боковую панель и панель быстрого доступа для управления анализатором;
- окна канала для отображения результатов измерений в виде графиков и числовых значений;
- строку состояния для отображения информации о состоянии анализатора.

Далее в этом разделе приведено подробное описание элементов окна программы.

Общий вид окна программного обеспечения анализатора приведен на рисунке ниже.

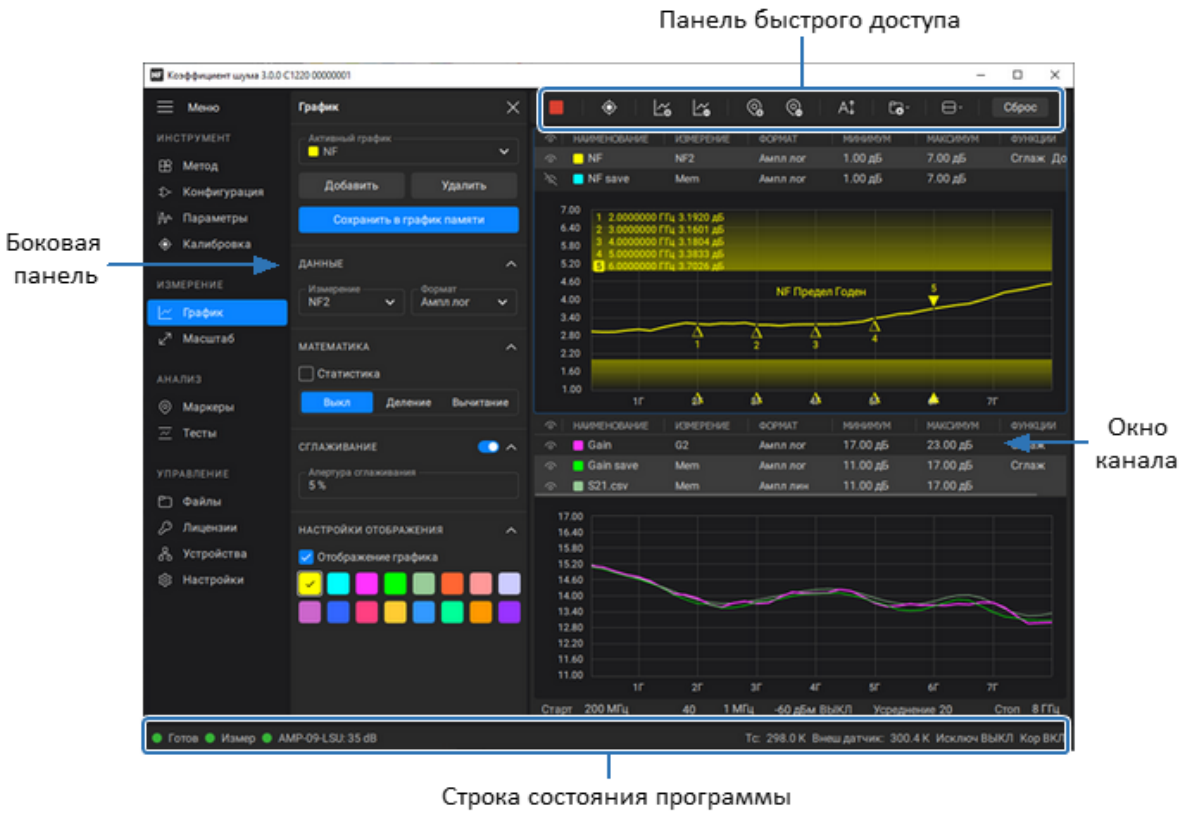


Рисунок 32 — Элементы интерфейса окна программы NF

Концепция

В программе реализованы три метода измерений КШ (выбор метода измерений см. в п. Установка метода измерений). Метод определяет инструкции, регламентирующие процесс измерений физических величин:

- устанавливает параметры, которые должны быть получены в ходе выполнения измерений;
- устанавливает последовательность сбора и обработки данных;
- определяет требуемые виды калибровок совместно с блоком коррекции;
- определяет состав внешних устройств для обеспечения точности и достоверности результатов измерений.

Канал отвечает за последовательность сбора и обработки данных, включая коррекцию. Суть канала можно представить следующим образом:

- канал устанавливает конфигурацию измерений. Основной целью конфигурации является установка параметров, которые предотвратят выход из строя как анализатора, так и ИУ;
- канал устанавливает режим измерений, который представляет собой набор аппаратных настроек источника и приемника сигнала. Эти настройки определяют условия проведения измерений и последовательность обработки данных, осуществляемую под контролем системы синхронизации;
- канал отвечает за достоверность результатов в измерительных точках, обеспечиваемую посредством математического ядра, калибровки и коррекции. Калибровка и коррекция — это способ и последовательность передачи единицы физической величины.

Каждый метод, реализованный в программе, использует уникальный канал.

Данные, полученные в результате проведения процедуры измерений, отображаются в виде кривой с линейной интерполяцией между точками. Эти кривые в настоящем документе называются графиками. Графики отображаются на диаграмме. Диаграммой называется графическая область, предназначенная для размещения графиков и цифровых данных. Программа позволяет отображать графики на диаграмме в формате декартовой прямоугольной системы координат на плоскости (см. п. Установка формата). По оси абсцисс всегда отсчитывается частота.

Программа поддерживает:

- один одновременно работающий канал. При смене метода меняется канал;

- одну или две диаграммы с вертикальным или горизонтальным расположением (см. п. Диаграмма). Каждая диаграмма имеет собственный менеджер графиков (см. п. Менеджер графиков);
- неограниченное количество графиков. Для доступа к функциям графика предусмотрено контекстное меню;
- каждый график поддерживает использование до 20 маркеров (см .п. Маркеры).

Боковая панель

Боковая панель расположена в левой части окна программы и обеспечивает доступ ко всем ее функциям.

Боковая панель состоит из 2 уровней: меню и подменю (см. рисунок ниже).

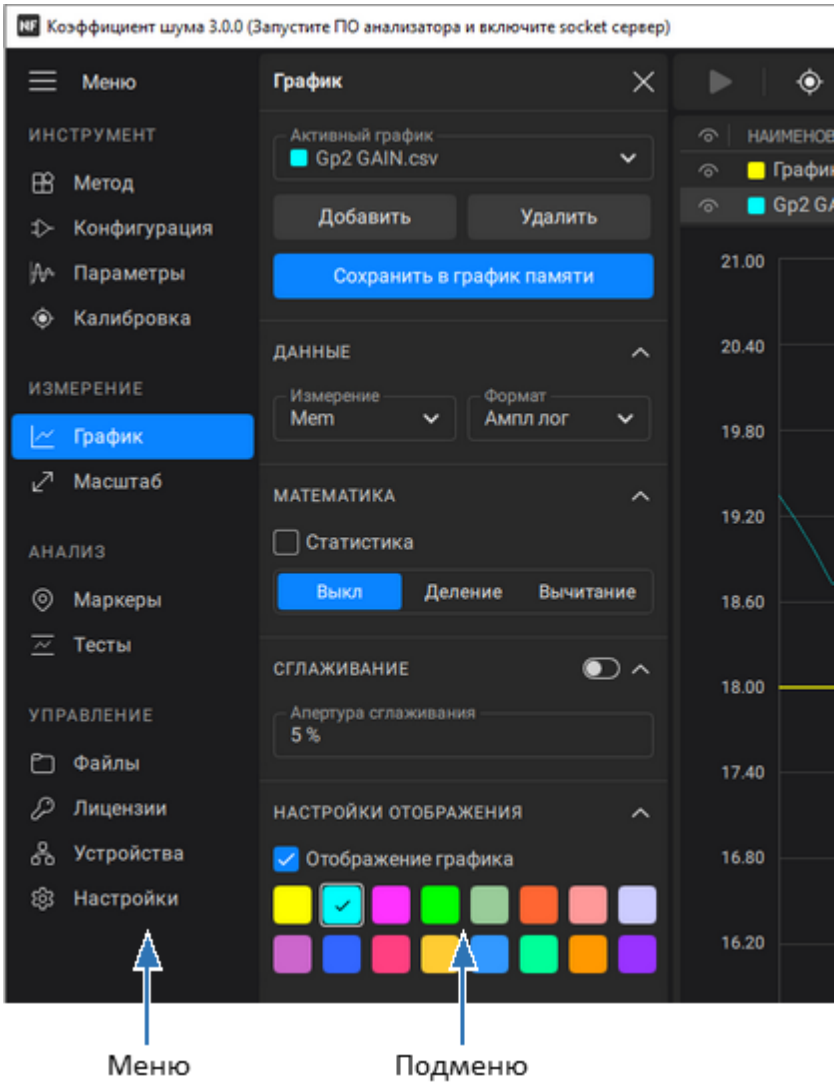


Рисунок 33 – Боковая панель в свернутом и развернутом виде

Меню содержит кнопки, соответствующие функциям программы. При нажатии на кнопку в меню разворачивается подменю с настойками выбранной функции (см. рисунок ниже). По умолчанию подменю скрыто.

ПРИМЕЧАНИЕ	При необходимости подменю можно закрыть, нажав на значок ☒ в правом верхнем углу подменю.

Меню можно развернуть или свернуть. Для этого нажмите на значок , расположенный в верхней части меню (см. рисунок ниже).

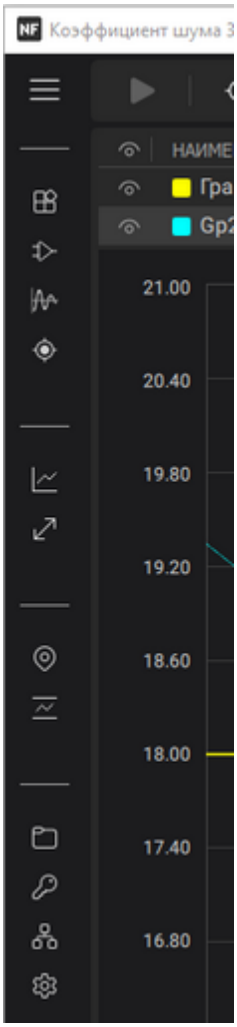


Рисунок 34 – Меню в свернутом виде

ПРИМЕЧАНИЕ	Для увеличения размера окон канала рекомендуется сворачивать меню.

Панель быстрого доступа

Панель быстрого доступа расположена в верхней части окна программы и является вспомогательным меню. Панель содержит кнопки наиболее используемых программных функций (см. рисунок ниже).

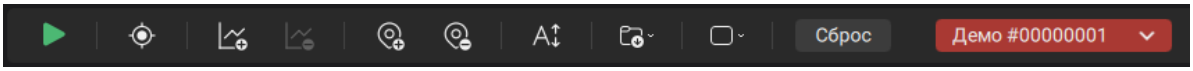
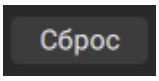
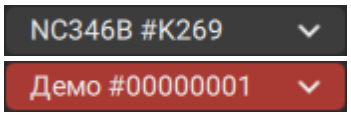


Рисунок 35 – Панель быстрого доступа

Описание кнопок приведено в таблице ниже.

Кнопка	Описание
	Кнопка начала/остановки измерений. ВНИМАНИЕ! В случае перегрузки приемного тракта в процессе измерения нажмите кнопку остановки. Процесс остановки измерений включает в себя выключение питания ГШ и перевод МШУ в режим «перемычка».
	Кнопка вызова мастера калибровки (см. п. Мастер калибровки).
	Кнопка добавления графика (соотвествует кнопке **Добавить** в подменю **График**, см. п. Размещение графиков и диаграмм).
	Кнопка удаления активного графика (соотвествует кнопке **Удалить** в подменю **График**, см. п. Размещение графиков и диаграмм).
	Кнопка добавления маркера (соотвествует кнопке **Добавить** в подменю **Маркеры**, см. п. Маркеры).
	Кнопка удаления активного маркера (соотвествует кнопке **Удалить** в подменю **Маркеры**, см. п. Маркеры).
	Кнопка автомасштабирования всех графиков канала (соотвествует кнопке **Автомасштаб** всего в

Кнопка	Описание
	подменю **Масштаб**, см. п. Функция автомасштабирования).
	Кнопка сохранения выбранного или всех графиков в формате CSV (см. п. Сохранение данных графика).
	Выбор одной из доступных схем размещения диаграмм на экране (см. п. Размещение графиков в окне канала).
	Кнопка приведения анализатора к заводским настройкам (соотвествует кнопке **Сброс** в подменю **Файл**, см. п. Начальная установка).
	Выбор генератора шума. Если выбран демонстрационный файл описания ГШ, список подсвечивается красным цветом. Кнопку можно скрыть (см. п. Отображения списка ГШ в панели быстрого доступа).

Окно канала

Окно канала или канал предназначено для отображения результатов измерений в виде графиков и числовых значений.

В канале может быть размещено 1 или 2 диаграммы с неограниченным количеством графиков. Общий вид окна канала представлен на рисунке ниже.

Окно канала содержит:

- менеджер графиков, отображающие названия и параметры графиков;
- диаграммы для отображения графиков;
- строку состояния канала, отображающую настройки и состояние канала;
- маркеры, отображающие измеренные величины в указанных точках графика.



Рисунок 36 – Окно канала

Таблица 7 – Параметры и объекты управления, относящиеся к каналу

N	Наименование
1	Диапазон сканирования
2	Количество точек измерения или шаг частоты
3	Триггер
4	Усреднение
5	Калибровка

Менеджер графиков

Менеджер графиков служит для отображения наименования и параметров графиков (см. рисунок ниже).

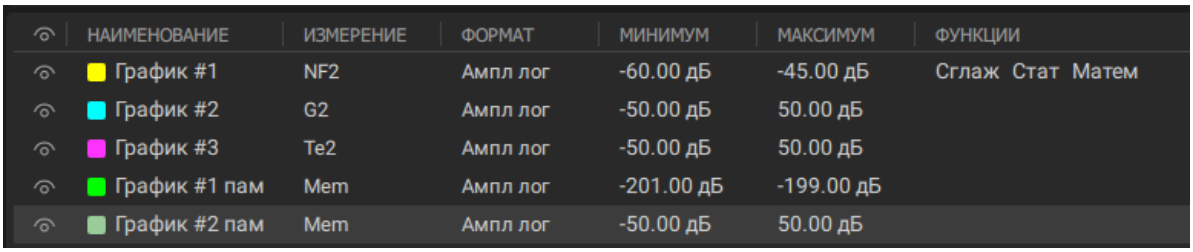


Рисунок 37 — Менеджер графиков

Каждая диаграмма имеет собственный менеджер графиков. Количество строк в менеджере зависит от количества графиков. Активный график подсвечен в менеджере графиков.

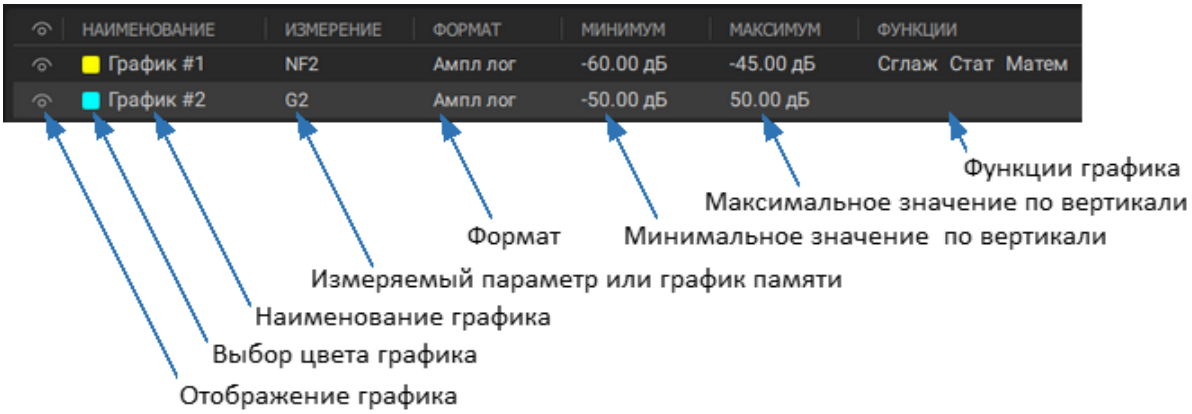


Рисунок 38 — Строки состояния графиков (табличный вид менеджера)

Менеджер графиков позволяет быстро и легко настроить наиболее часто используемые параметры канала. Доступ к полному набору функций канала можно получить через боковую панель. Каждая строка содержит следующую информацию об одном графике канала:

- отображение графика в канале (значок  — график отображается, значок  — график не отображается). Настройку отображения можно провести в подменю **График** (см. п. Отображение графика);
- выбор цвета графика. Настройку цвета можно провести в подменю **График** (см. п. Настройка цвета графика);
- измеряемый параметр или график памяти (см. таблицу ниже и п. Установка измеряемых параметров);

Символ	Значение
P_C	Мощность шума при выключенном ГШ
P_h	Мощность шума при включенном ГШ
NF	Коэффициент шума
G	Вносимый коэффициент усиления по мощности
T_e	Эквивалентная шумовая температура
Y	Отношение мощностей (Y-фактор)
G_p	Коэффициент усиления по мощности $\|S_{21}\|^2$ (Y-фактор с учетом эффекта рассогласования)
Mem	График памяти

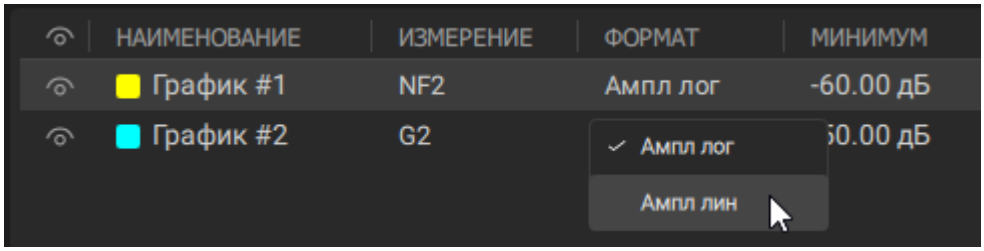
- формат представления: амплитуда в логарифмическом масштабе **Ампл лог** или амплитуда в линейном масштабе **Ампл лин** (см. п. Установка формата);
- минимальное и максимальное значения вертикальной оси, например, **0 дБ** и **30 дБ** (см. пп. Установка масштаба графика);
- включенные для графика функции: статистика, допусковый контроль, сглаживание и задействованные математические операции (см. таблицу ниже);

Символ	Значение
Допуск	Допусковый контроль графика (см. п. Допусковый контроль)
Сглаж	Сглаживание графика (см .п. Установка сглаживания)
Стат	Статистика графика (см. п. Статистика)
Матем	Математические операции над графиками: деление или разность (см. п. Математические операции)
индикация отсутствует	Функции не включены

Быстрое редактирование параметров графика

1. Щелкните по параметру в менеджере графиков.

2. В зависимости от параметра выберите необходимое значение из списка или введите его с помощью клавиатуры.



Редактирование настроек графика с помощью контекстного меню

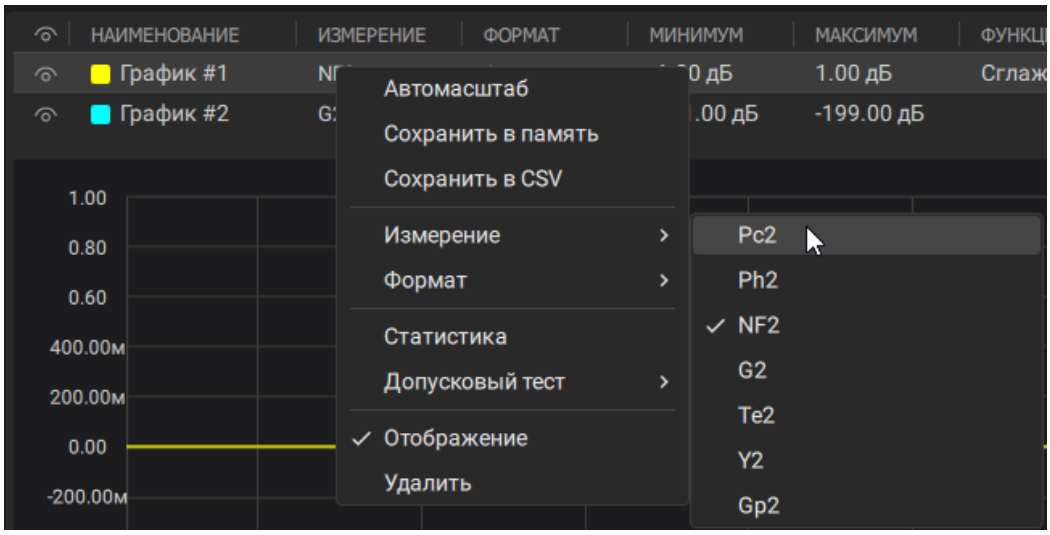
Контекстное меню позволяет оперативно управлять параметрами активного графика:

- **Автомасштаб** — автоматически подобрать масштаб по вертикальной оси (см. п. Функция автомасштабирования);
- **Сохранить в память** — создать новую трассу памяти, скопировав данные графика (см. п. Функция памяти графиков);
- **Сохранить в CSV** — сохранить данные в файл с расширением *.CSV (см. п. Сохранение данных графика);
- **Измерение** — выбрать измеряемый параметр (см. п. Установка измеряемых параметров);
- **Формат** — выбрать формат отображения (см. п. Установка формата);
- **Статистика** — включить отображение статистики (см. п. Статистика);
- **Допусковый тест** — включить режим тестирования и отображения ограничительных линий (см. п. Допусковый контроль);
- **Отображение** — включить отображение графика на диаграмме (см. п. Отображение графика);
- **Удалить** — удалить график (см. п. Удаление графика).

Вызов функций из контекстного меню графика

1. Щелкните правой кнопкой мыши по графику в менеджере графиков.

2 В открывшемся окне выберите настройку для изменения.



Диаграмма

Диаграммой называется графическая область, предназначенная для размещения графиков и цифровых данных (см. рисунок ниже). В окне канала может быть размещено 1 или 2 диаграммы с неограниченным количеством графиков. При наличии двух диаграмм активная диаграмма выделяется по периметру тонким прямоугольником синего цвета.

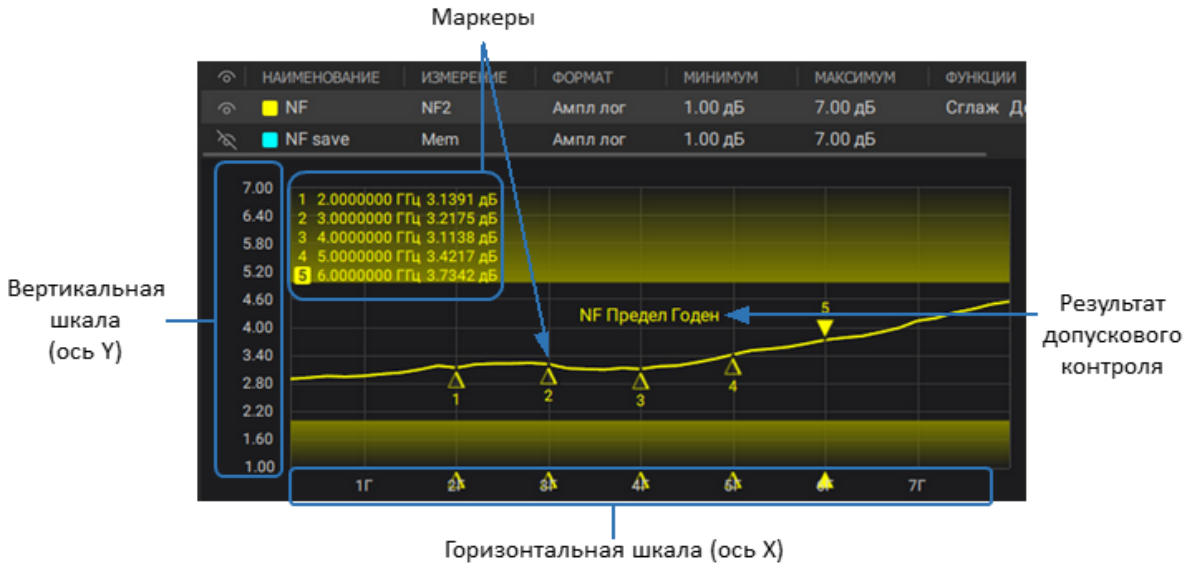


Рисунок 39 – Диаграмма

Диаграмма содержит следующие элементы:

- **вертикальную шкалу (ось Y)** для индикации цифровых значений вертикальной шкалы;
- **горизонтальную шкалу (ось X)** для индикации цифровых значений шкалы стимулов канала (частота);
- **маркеры** для отображения значений измеряемой величины в различных точках активного графика;
- статистику (и)или результат допускового контроля.

Каждая диаграмма имеет собственный менеджер графиков (см. п. Менеджер графиков).

Вариант размещения диаграмм можно выбрать из списка, расположенного на панели быстрого доступа (см. п. Панель быстрого доступа). Подробнее о размещении диаграмм в окне канала см. п. Размещение графиков в окне канала.

Маркеры

Маркеры служат для индикации значений стимула и измерений в указанных точках графика (см. рисунок ниже). На каждый график возможно добавлять до 20 маркеров.

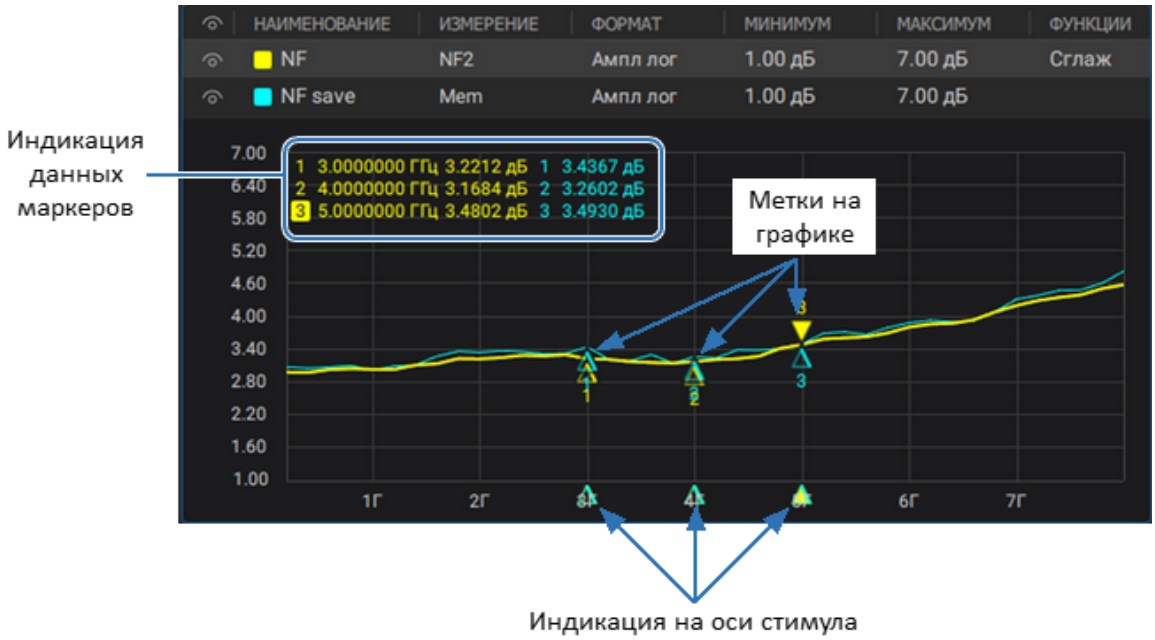


Рисунок 40 – Маркеры

Маркеры нумеруются цифрами от 1 до 20. Активный маркер выделен следующим образом:

- номер в индикации данных маркеров отображается инверсным цветом;
- метка располагается над графиком;
- метка на графике и метка стимула закрашены сплошным цветом.

ПРИМЕЧАНИЕ Использование маркеров описано в п. Маркеры.

Строка состояния канала

Строка состояния канала располагается в нижней части окна канала и содержит элементы, показанные на рисунке ниже.

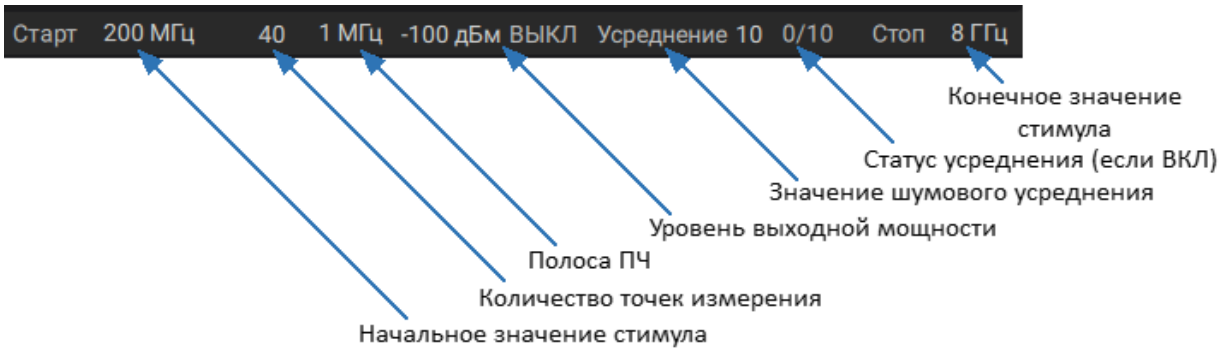


Рисунок 41 – Строка состояния канала

Строка содержит следующие элементы:

- поле **начальное значение стимула** служит для индикации и ввода начального значения диапазона частоты (подробнее см. п. Установка диапазона сканирования);
- поле количества точек по частоте для индикации и ввода количества точек измерения. Количество точек может быть установлено от 40 до 1000 (подробнее см. п. Установка количества точек или шага частоты);
- поле **полоса ПЧ** служит для индикации и установки полосы измерительного фильтра промежуточной частоты при измерении шумового сигнала. Полоса ПЧ может быть установлена в пределах от 1 кГц до 2 Мгц (подробнее см. п. Установка усреднения);
- поле **уровень выходной мощности** служит для индикации и установки выходной мощности стимулирующего сигнала на измерительном порте. При измерении КШ мощность анализатора выключена и включается только в процессе измерении S-параметров пассивных устройств, ИУ или приёмника;
- поле **значение шумового усреднения** отображает информацию о шумовом усреднении. Цифра означает количество шумового усреднения или усреднение в каждой частотной точке (подробнее см. п. Установка усреднения);
- поле **статус усреднения** отображает информацию об усреднении в канале, если функция включена. Первая цифра означает текущий счетчик усреднения, вторая цифра – фактор усреднения (подробнее см. п. Установка усреднения);

- поле **конечное значение стимула** служит для индикации и ввода конечного значения диапазона частоты (подробнее см. п. Установка диапазона сканирования).

Строка состояния программы

Строка состояния программы располагается в нижней части экрана. В строке отображаются сообщения о программном обеспечении анализатора, МШУ, внешнем датчике температуры и индикаторах коррекции результатов измерений. Кроме того, в этой строке отображается температура окружающей среды, используемая в качестве температуры источника шума.



Рисунок 42 – Строка состояния программы

Таблица 43 – Сообщения в строке состояния анализатора

Наименование поля	Сообщение	Значение
Подключение к ПО анализатора	**Готов**	Программа NF подключена к ПО анализатора (см. п. Управление соединением с анализатором)
	Не готов	Программа NF не подключена к ПО анализатора или выключен Socket сервер
Режим измерений	**Измер**	Программа в режиме измерений. Канал постоянно включен в последовательные циклы измерения. Триггер в состоянии **Повторно**.
	Стоп	Программа в режиме остановки измерений. Канал не включен в цикл измерения и не обновляется. Триггер в состоянии **Стоп**. Нажата кнопка остановки измерений, выбран триггер **Стоп**, выбран некорректный файл лицензии или версия программного обеспечения не соответствует лицензионному соглашению.

Наименование поля	Сообщение	Значение
Модель МШУ	**AMP-XX-LSU**	Индикатор отображает модель МШУ и его установленный КУ. Значение 0 дБ соответствует режиму «перемычка».
	Предусилитель не найден	МШУ не подключен. В этом случае процесс измерений невозможен.
Питание ГШ (при подключенном МШУ и включенной индикации)	**Питание: ВКЛ**	28 В на выходе DC OUT.
	Питание: ВЫКЛ	0 В на выходе DC OUT.
Температура	**Тс: XX**	Значение температуры окружающей среды (значение температуры источника шума).
	Внеш датчик: XX	Значение температуры окружающей среды, измеренное внешним датчиком, подключенным к МШУ.
	Внеш датчик: Н/П	Внешний датчик не подключен к МШУ.
Коррекция	**Исключ ВКЛ**	Включена функция исключения цепей, подключенных к входу и выходу ИУ. Коррекция результатов измерений КШ и КУ.
	Исключ ВЫКЛ	Коррекция результатов измерений КШ и КУ не выполняется.
	Кор ВКЛ	Калибровка выполнена, флажки корректоров **Компенсация влияния приёмника** и **Гамма-коррекция** во включенном состоянии.

Наименование поля	Сообщение	Значение
	Кор! ВКЛ	Интерполяция или экстраполяция результатов в момент применения коррекции появляется символ «!».
	Кор ВЫКЛ	Калибровка не выполнена или один из флажков **Компенсация влияния приёмника** или **Гамма-коррекция** в выключенном состоянии.

ВНИМАНИЕ!	Измерения не будут выполнены в случае отсутствия подключенного МШУ. В данном состоянии программу можно использовать для ознакомления с особенностями реализации и функциональными возможностями.

Установка параметров

В данном разделе описываются настройки программы для измерений:

- выберите метод измерений (см. п. Установка метода измерений) и порт приёмник анализатора, к которому подключен МШУ (см. п. Установка порта приёмника анализатора);
- установите приблизительные параметры ИУ (см. п. Установка параметров ИУ);
- установите параметры анализатора, применяемые при калибровке и измерении S-параметров (см. п. Установка параметров анализатора);
- установите частотно-зависимые параметры приёмника (см. п. Установка частотно-зависимых параметров приёмника);
- установите необходимое количество диаграмм и графиков (см. п. Установка графиков и диаграмм);
- назначьте для каждого графика измеряемые параметры, формат отображения и масштаб (см. п. Установка измеряемых параметров, Установка формата, Установка масштаба графика);
- при необходимости синхронизации измерений с какими-либо событиями установите настройки триггера (см. п. Настройки триггера);
- установите параметры фильтрации (см. п. Установка усреднения и Установка сглаживания).

ВНИМАНИЕ!

При установке параметров следует проверить, что в тракте распространения шумового сигнала и сигнала при измерении S-параметров нет перегрузки.

Важно следить за тем, чтобы не происходила перегрузка приемного тракта. Перегрузка может быть вызвана разными причинами, например, некорректным вводом уровня выходной мощности анализатора при измерении S-параметров, наличием интерференционных сигналов или из-за энергетически мощного выхода ИУ. Это особенно важно при тестировании устройств с коэффициентом усиления более 20 дБ. При обнаружении перегрузки необходимо прекратить процесс измерений, скорректировать коэффициент усиления МШУ или установить аттенюатор на выходе ИУ.

В случае перегрузки приемного тракта в процессе измерения, нажмите кнопку остановки  в панели быстрого доступа. Процесс остановки измерений включает в себя выключение питания ГШ и перевод МШУ в режим «перемычка».

Установка метода измерений

Программа NF имеет два отдельных режима измерений КШ:

- **Y-фактор** – режим измерения без учета погрешности рассогласования при определении мощностей P_H и P_C. Описание методики приведено в п. Метод Y-фактор;
- **Y-фактор с гамма-коррекцией** – режим измерения без учета погрешности рассогласования при определении мощностей P_H и P_C . Метод потребует обязательного выполнения измерений S-параметров ИУ, устройств для подключения ГШ и ИУ и входа приёмника.

Каждый метод, реализованный в программе, использует уникальный канал. Программа поддерживает только один одновременно работающий канал. При смене метода меняется канал.

Для выполнения измерений требуется генератор шума с известной ИОШТ.

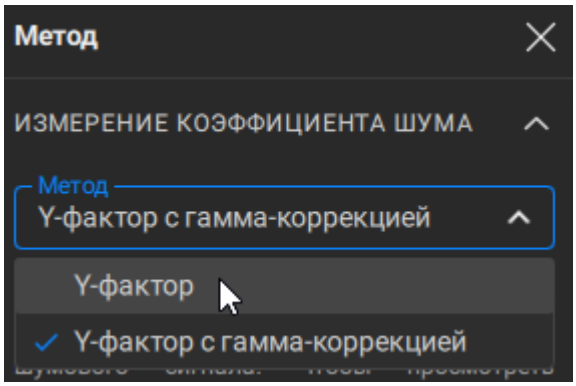
При исследовании параметров устройств с коэффициентом отражения по входу или выходу, превышающим минус 12 дБ, или если разность КО генератора шума будет превышать минус 20 дБ, следует применять метод Y-фактор с учетом погрешности рассогласования.

Выбор метода измерений

---

1. Нажмите кнопку **Метод** в меню.

2. Щелкните по списку **Метод** в аккордеоне ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА в подменю и выберите метод.



Установка порта приёмника анализатора

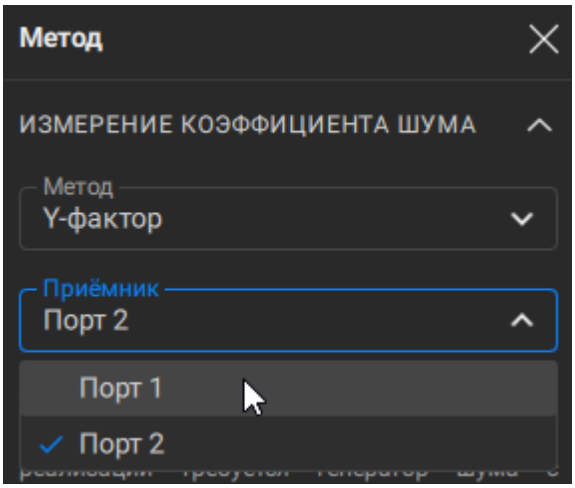
Список доступных портов отображается после подключения к программному обеспечению анализатора. В программе NF необходимо выбрать порт анализатора, к которому подключен МШУ.

Выбор порта анализатора

1. Нажмите кнопку **Метод** в меню.

2. Щелкните по списку **Приёмник** в аккордеоне NOISE FIGURE MEASUREMENT в подменю и выберите порт.

   ПРИМЕЧАНИЕ – Список **Приёмник** не отображается, в случае если программное обеспечение анализатора выключено.



Установка параметров ИУ

Для проведения измерений требуется выбрать тип ИУ и указать его приблизительные параметры, чтобы обеспечить прием шумового сигнала без компрессии приёмника. Для активных устройств следует указать приблизительное значение КШ (Noise Figure) и КУ (Gain), по которым подбирается коэффициент усиления МШУ. Для пассивных устройств по умолчанию устанавливается наибольший коэффициент усиления МШУ.

ВНИМАНИЕ!

После установки параметров ИУ следует убедиться, что в тракте распространения шумового сигнала и сигнала при измерении S-параметров нет перегрузки.

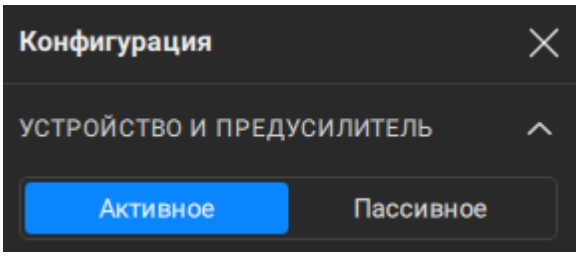
Важно следить за тем, чтобы не происходила перегрузка приемного тракта. Перегрузка может быть вызвана разными причинами, например, некорректным вводом уровня выходной мощности анализатора при измерении S-параметров, наличием интерференционных сигналов или из-за энергетически мощного выхода ИУ. Это особенно важно при тестировании устройств с коэффициентом усиления более 20 дБ. При обнаружении перегрузки необходимо прекратить процесс измерений, скорректировать коэффициент усиления МШУ или установить аттенюатор на выходе ИУ.

В случае перегрузки приемного тракта в процессе измерения нажмите кнопку остановки  в панели быстрого доступа. Процесс остановки измерений включает в себя выключение питания ГШ и перевод МШУ в режим «перемычка».

Выбор типа и установка параметров ИУ

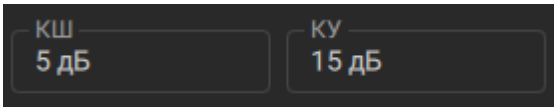
1. Нажмите кнопку **Конфигурация** в меню.

2. Выберите тип ИУ, нажав на кнопку **Активное** (активное ИУ) или **Пассивное** (пассивное ИУ) в аккордеоне УСТРОЙСТВА И ПРЕДУСИЛИТЕЛЬ в подменю.

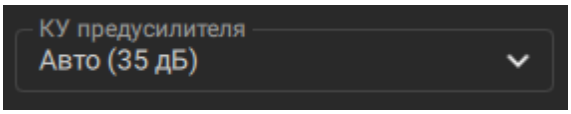


3. Если выбран тип ИУ **Активное** в аккордеоне УСТРОЙСТВА И ПРЕДУСИЛИТЕЛЬ в подменю:

   - щелкните по полю **КШ** и введите приблизительный коэффициент шума ИУ;
   - щелкните по полю **КУ** и введите приблизительный коэффициент усиления ИУ.



4. Для автоматического выбора коэффициента усиления щелкните по списку **КУ предусилителя** и выберите коэффициент усиления.



Установка параметров анализатора

Для проведения измерений требуется установить параметры анализатора, применяемые при калибровке и измерении S-параметров. Основным моментом, на который следует обратить внимание, является установка такого уровня выходной мощности анализатора, который обеспечит линейный режим работы при измерении параметров ИУ и приёмника.

ВНИМАНИЕ!

После установки параметров анализатора следует убедиться, что в тракте распространения шумового сигнала и сигнала при измерении S-параметров нет перегрузки.

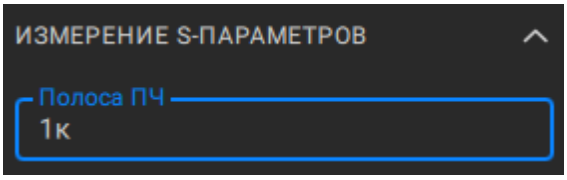
Важно следить за тем, чтобы не происходила перегрузка приемного тракта. Перегрузка может быть вызвана разными причинами, например, некорректным вводом уровня выходной мощности анализатора при измерении S-параметров, наличием интерференционных сигналов или из-за энергетически мощного выхода ИУ. Это особенно важно при тестировании устройств с коэффициентом усиления более 20 дБ. При обнаружении перегрузки необходимо прекратить процесс измерений, скорректировать коэффициент усиления МШУ или установить аттенюатор на выходе ИУ.

В случае перегрузки приемного тракта в процессе измерения нажмите кнопку остановки  в панели быстрого доступа. Процесс остановки измерений включает в себя выключение питания ГШ и перевод МШУ в режим «перемычка».

Установка параметров анализатора

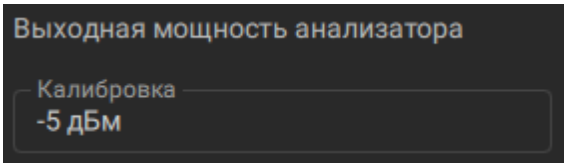
1. Нажмите кнопку **Конфигурация** в меню.

2. Щелкните по полю **Полоса ПЧ** в аккордеоне ИЗМЕРЕНИЕ S-ПАРАМЕТРОВ в подменю и введите полосу ПЧ анализатора для измерения и калибровки.



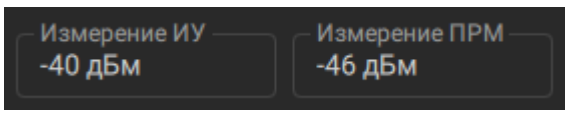
ПРИМЕЧАНИЕ — Значение также можно задать в строке состояния канала (см. п. Строка состояния канала). Для этого щелкните левой кнопкой мыши по соответствующему полю в строке и введите требуемое значение.

3. Щелкните по полю **Калибровка** в аккордеоне ИЗМЕРЕНИЕ S-ПАРАМЕТРОВ в подменю и введите уровень выходной мощности анализатора при калибровке.



4. Если выбран метод измерений **Y-фактор с гамма-коррекцией**, щелкните по полю **Измерение ИУ** в аккордеоне ИЗМЕРЕНИЕ S-ПАРАМЕТРОВ в подменю и введите уровень выходной мощности анализатора при измерении S-параметров ИУ.

5. Если выбран метод измерений **Y-фактор с гамма-коррекцией**, щелкните по полю **Измерение ПРМ** в аккордеоне ИЗМЕРЕНИЕ S-ПАРАМЕТРОВ в подменю и введите уровень выходной мощности анализатора при измерении коэффициента отражения приёмника.



ПРИМЕЧАНИЕ Значения всех параметров можно задать на вкладе **Параметры** мастера калибровки (см. п. Вкладка Параметры).

Установка частотно-зависимых параметров приёмника

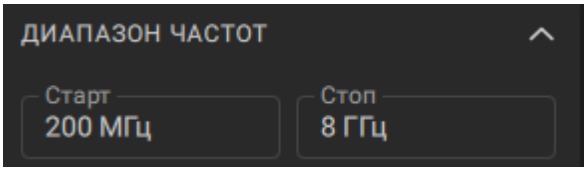
В данном разделе рассмотрен порядок установки диапазона частот приёмника, количества точек или шага по частоте.

Установка диапазона сканирования

Диапазон сканирования задается с помощью начального и конечного значений (Старт/Стоп).

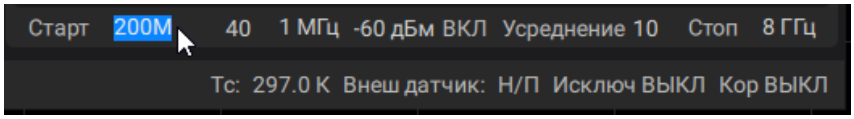
Установка диапазона сканирования

1. Нажмите кнопку **Параметры** в меню.
2. Щелкните по полю **Старт** в аккордеоне ДИАПАЗОН ЧАСТОТ в подменю и введите значение начальной частоты.
3. Щелкните по полю **Стоп** в аккордеоне ДИАПАЗОН ЧАСТОТ в подменю и введите значение конечной частоты.



SCPI NF:SENSe:FREQuency:STARt, NF:SENSe:FREQuency:STOP

ПРИМЕЧАНИЕ Значения начальной и конечной частоты можно установить в строке состояния канала. Для этого щелкните левой кнопкой мыши по соответствующему полю в строке состояния канала и введите требуемое значение:



ПРИМЕЧАНИЕ	Значения начальной и конечной частоты можно установить на вкладке **Параметры** мастера калибровки (см. п. Вкладка Параметры).

Установка количества точек или шага частоты

Точка измерения — это выборка данных, произведенная при определенном значении стимула. В процессе сканирования производится серия последовательных измерений точек данных, равномерно распределенных по заданному диапазону стимула. При этом стимул изменяется от точки к точке в соответствии с выбранном шагом по частоте.

Количество точек измерения — это количество выборок данных, произведенных анализатором за один цикл сканирования.

Увеличение количества точек прямо пропорционально увеличивает время цикла сканирования и уменьшает производительность измерений. Для получения большего разрешения графика количество точек увеличивают. Для увеличения производительности измерений количество точек уменьшают до значений, обеспечивающих приемлемое разрешение графика. Для поддержания высокой точности измерений количество точек при калибровке и измерениях ИУ должно совпадать.

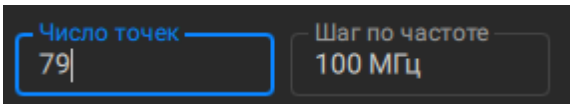
Задать количество точек можно двумя способами:

- установить количество точек сканирования — в этом случае программа рассчитает шаг по частоте;
- установить шаг по частоте — в этом случае программа рассчитает количество точек в заданном диапазоне сканирования.

Установка количества точек или шага частоты

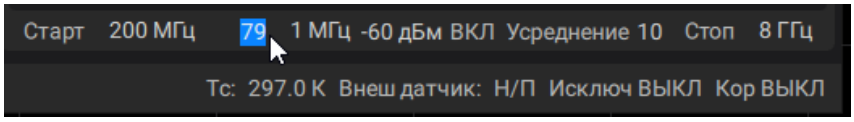
1. Нажмите кнопку **Параметры** в меню.

2. В аккордеоне ДИАПАЗОН ЧАСТОТ в подменю щелкните по полю **Число точек** и введите количество точек или по полю **Шаг по частоте** и введите шаг по частоте.



SCPI NF:SENSe:SWEep:POINts

ПРИМЕЧАНИЕ Количество точек можно установить в строке состояния канала. Для этого щелкните левой кнопкой мыши по соответствующему полю в строке состояния канала и введите требуемое значение:



ПРИМЕЧАНИЕ Количество точек можно установить на вкладке **Параметры** мастера калибровки (см. п. Вкладка Параметры).

Установка графиков и диаграмм

В окне канала может быть одновременно размещено неограниченное количество графиков на 1 или 2 диаграммах. Каждому графику назначается измеряемый параметр, формат отображения и другие параметры.

Таблица 8 – Параметры, относящиеся к графику

N	Наименование
1	Измеряемый параметр
2	Формат представления
3	Масштаб
4	Математические операции
5	Сглаживание
6	Маркеры
7	Допусковый контроль

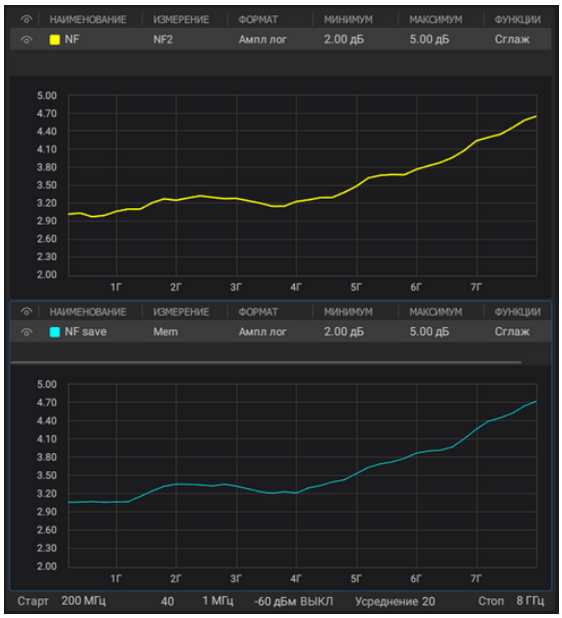
Размещение графиков и диаграмм

Если в окне канала включено более одного графика, то их возможно разместить в 1 или 2 диаграммах. Диаграммы в канале могут быть расположены горизонтально или вертикально.

По умолчанию окно канала имеет одну диаграмму с одним графиком.



В одной диаграмме



В двух диаграммах с вертикальным расположением

Рисунок 44 — Пример размещения двух графиков

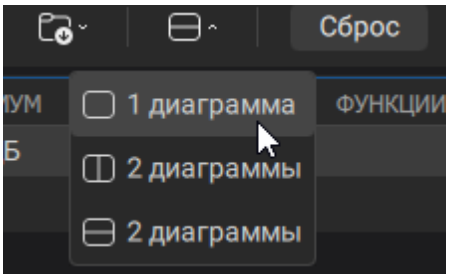
Каждому графику присваиваются следующие настройки: имя, измерение, формат, масштаб и цвет:

- по умолчанию график имеет имя **График #n**, где n — номер графика. При необходимости имя графика можно изменить (см. п. Редактирование наименования графика);
- измерение по умолчанию присваивается для первого графика **NFm**, где m — номер порта приёмника, и далее по порядку. Изменение параметра описано в п. Установка измеряемых параметров;
- формат по умолчанию для всех графиков — амплитуда в логарифмическом масштабе (дБ). Изменение параметра описано в п. Установка формата;
- масштаб зависит от установленного измеряемого параметра. Изменение параметра описано п. Установка масштаба графика;

- цвет графика присваивается автоматически в соответствии с его номером. Изменение параметра описано в п. Настройка цвета графика.

Выбор размещения диаграмм в канале

1. Щелкните по кнопке  в панели быстрого доступа и выберите вариант размещения.

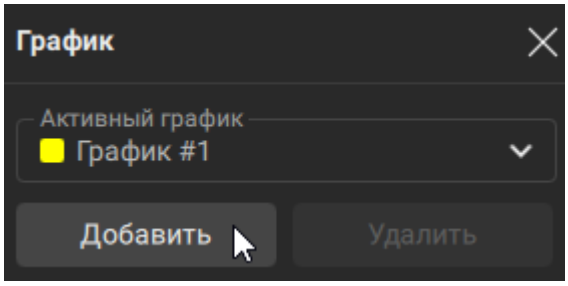


Добавление графика

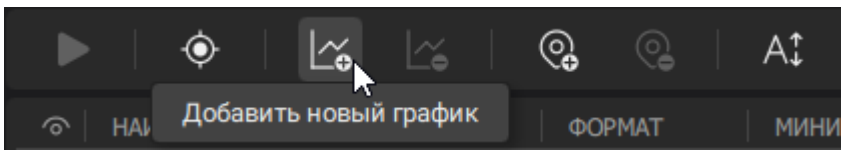
1. Если в канале размещено 2 диаграммы, выберите диаграмму (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).

2. Нажмите кнопку **График** в меню.

3. Нажмите на кнопку **Добавить** в подменю.

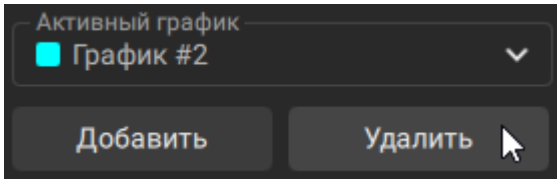


ПРИМЕЧАНИЕ График можно добавить с помощью панели быстрого доступа.



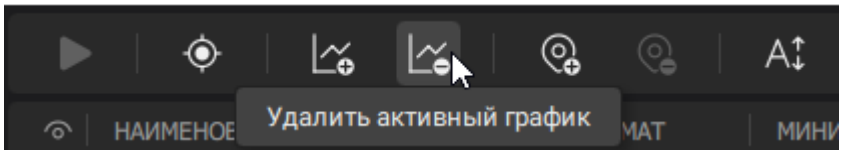
Удаление графика

1. Выберите график (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
2. Нажмите кнопку **График** в меню.
3. Нажмите на кнопку **Удалить** в подменю.



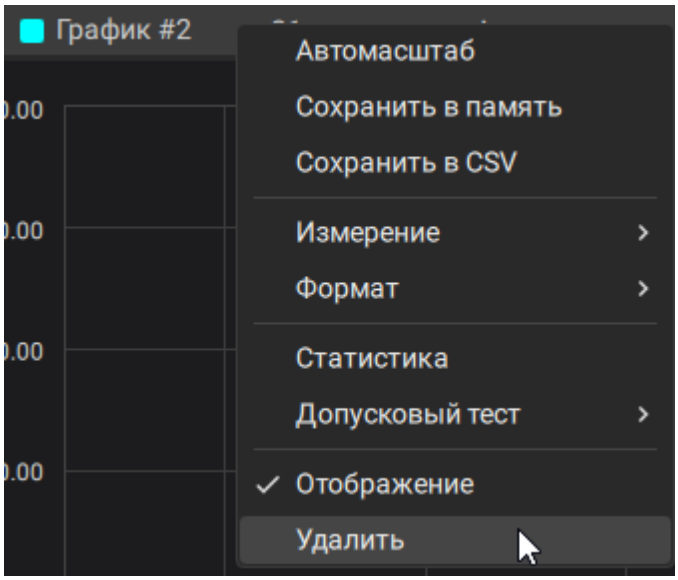
ПРИМЕЧАНИЕ

График можно удалить с помощью панели быстрого доступа.



ПРИМЕЧАНИЕ

График можно удалить через контекстное меню в менеджере графиков. Для этого щелкните правой кнопкой мыши по строке графика и выберите **Удалить**:



Перенос графиков по диаграммам

В программе реализована функция переноса одного графика между диаграммами с использованием мыши.

Перенос выполняется для активного графика. Чтобы перенести график, наведите на него курсор в менеджере графиков, нажмите и удерживайте левую кнопку мыши, затем перенесите график из одной диаграммы в другую. После переноса график появится в менеджере графиков другой диаграммы.

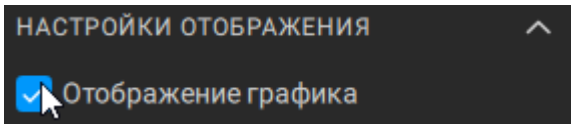


Рисунок 45 — Перенос графика между диаграммами

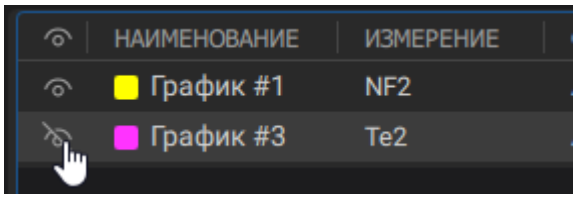
Отображение графика

Функция показывает или скрывает график в канале.

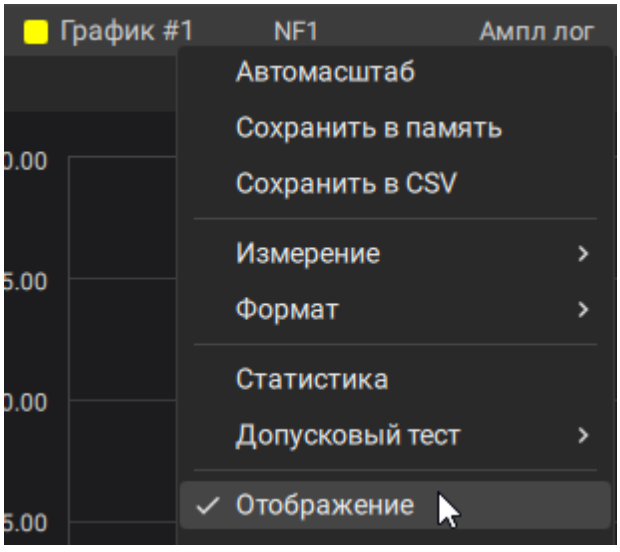
1. Выберите график (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
2. Нажмите кнопку **График** в меню.
3. Установите или снимите флажок **Отображение графика** в аккордеоне НАСТРОЙКИ ОТОБРАЖЕНИЯ в подменю.



ПРИМЕЧАНИЕ Отображение графика можно включить или выключить в менеджере графиков.



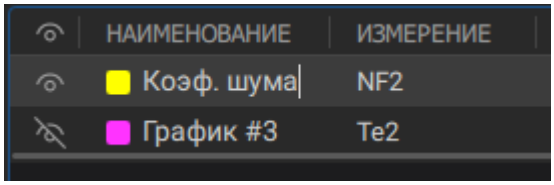
ПРИМЕЧАНИЕ Отображение графика можно включить или выключить через контекстное меню в менеджере графиков. Для этого щелкните правой кнопкой мыши по строке графика и выберите **Отображение**:



Редактирование наименования графика

1. Щелкните по наименованию графика в менеджере графиков.

2. Введите уникальное имя графика.



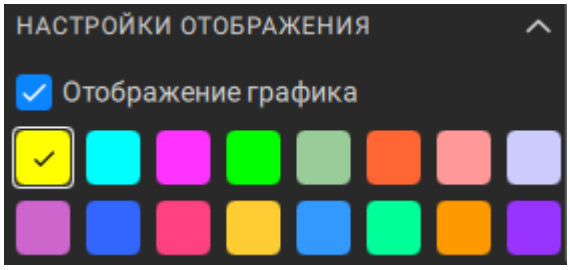
Настройка цвета графика

При необходимости цвет графика может быть изменен.

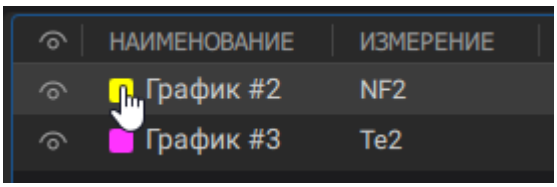
1. Выберите график (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).

2. Нажмите кнопку **График** в меню.

3. Щелкните по цвету в предложенном наборе 16 цветов в аккордеоне НАСТРОЙКИ ОТОБРАЖЕНИЯ в подменю.



ПРИМЕЧАНИЕ Цвет графика можно изменить в менеджере графиков.



Выбор активной диаграммы и графика

Введенные в подменю параметры графиков применяется к активному графику. Активный график выделен в менеджере графиков более светлым цветом.

Активная диаграмма выделена окантовкой окна синего цвета. Примеры выделения активных диаграммы и графика приведены на рисунках ниже.

Перед установкой параметров графика необходимо назначить активную диаграмму и график.

Выбор активной диаграммы

Активную диаграмму можно выбрать, если окно программы содержит две диаграммы. Активная диаграмма выделена рамкой синего цвета.

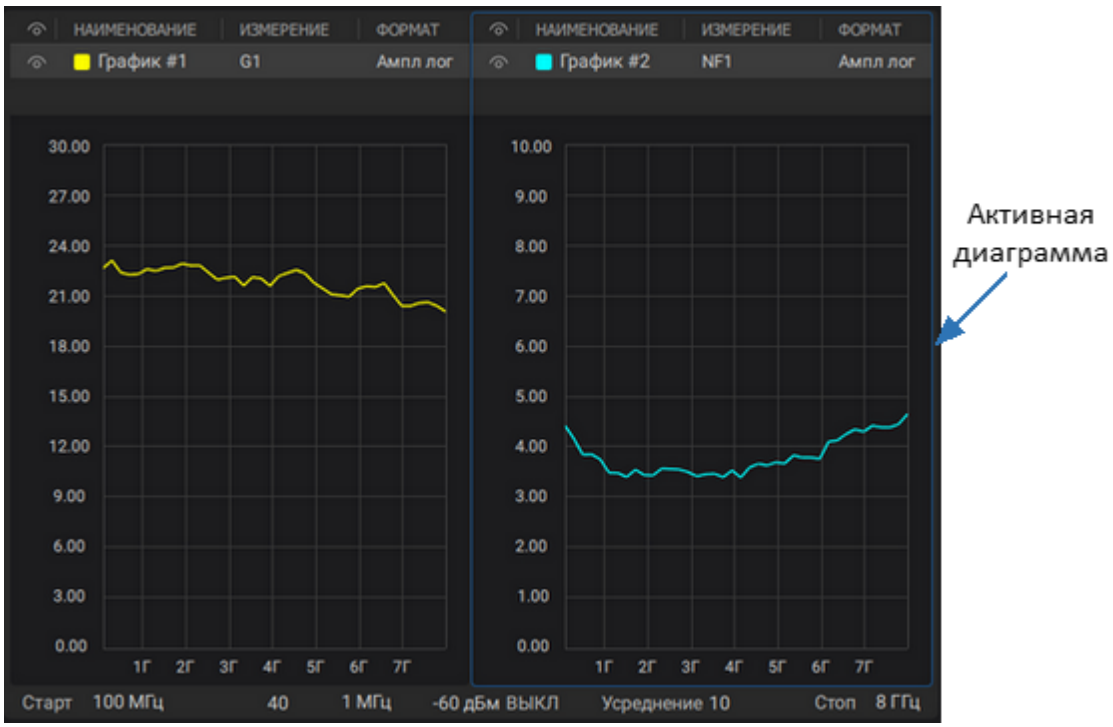


Рисунок 46 — Пример активной диаграммы

1. Щелкните по нужной диаграмме в окне канала.

Выбор активного графика

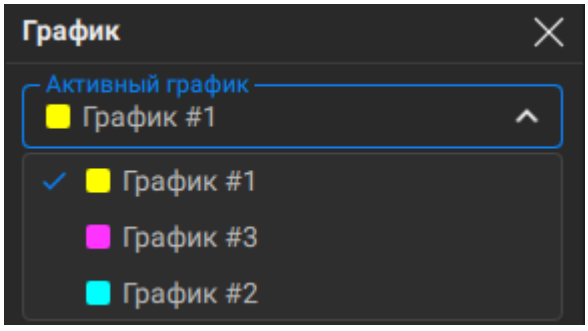
График можно назначить активным, если диаграмма содержит два или более графиков. Активный график выделен в менеджере графиков более светлым цветом.



Рисунок 47 — Пример активного графика

1. Нажмите кнопку **График** в меню.

2. Выберите нужный график из списка **Активный график** в подменю.



ПРИМЕЧАНИЕ Активный график можно выбрать, щелкнув по нему в менеджере графиков или по любому элементу (график, маркер и т.д.), имеющему тот же цвет на диаграмме.

Установка измеряемых параметров

Измеряемый параметр устанавливается для каждого графика. Значения измеряемых параметров обновляются при каждой развертке по частоте.

Набор параметров, которые можно назначить графику, зависит от выбранного метода измерения. Список всех параметров приведен в таблице ниже.

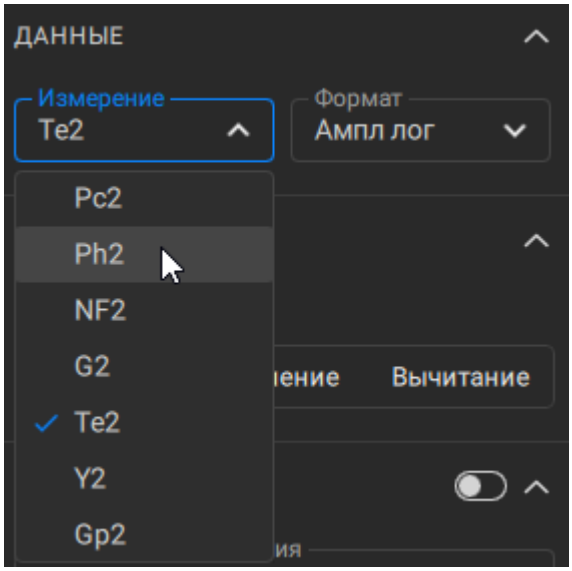
Параметр	Описание
P_C	Мощность шума при выключенном ГШ
P_h	Мощность шума при включенном ГШ
NF	Коэффициент шума
G	Вносимый коэффициент усиления по мощности
T_e	Эквивалентная шумовая температура
Y	Отношение мощностей (для метода Y-фактор)
G_p	Коэффициент усиления по мощности $\|S_{21}\|^2$ (для метода Y-фактор с учетом эффекта рассогласования в тракте распространения шумового сигнала)
ПРИМЕЧАНИЕ — Параметр отображается с номером порта, к которому подключен МШУ (см. п. Установка порта приёмника анализатора).	

Установка измеряемого параметра для графика

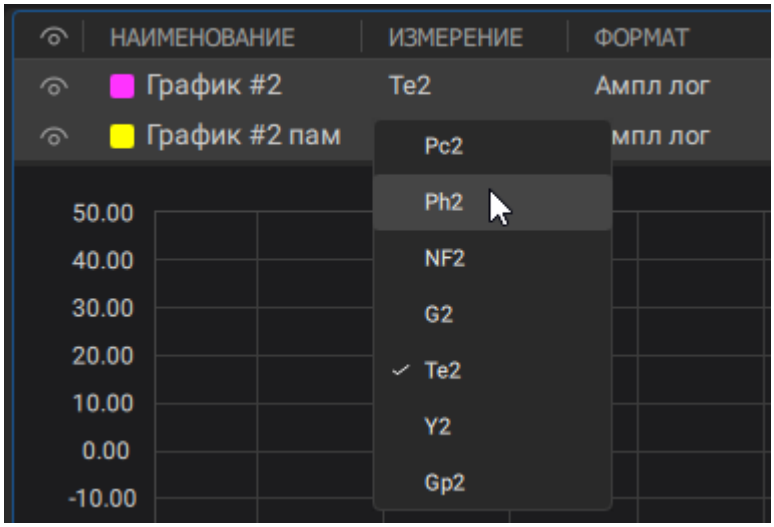
1. Если в канале размещено 2 диаграммы, выберите диаграмму (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
2. Выберите график (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
3. Нажмите кнопку **График** в меню.

4 Выберите измеряемый параметр в списке **Измерение** в аккордеоне ДАННЫЕ в подменю.

ПРИМЕЧАНИЕ — Любой тип графика памяти отображается в списке как **Mem** (см. п. Функция памяти графиков).

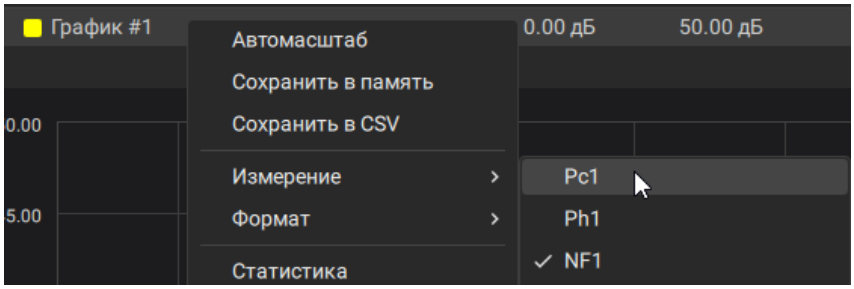


ПРИМЕЧАНИЕ Измеряемый параметр можно установить в менеджере графиков. Для этого щелкните по соответствующему полю в менеджере графиков и выберите параметр в открывшемся окне:



ПРИМЕЧАНИЕ

Измеряемый параметр можно установить через контекстное меню в менеджере графиков. Для этого щелкните правой кнопкой мыши по строке графика и выберите **Измерение > нужный параметр**:



Установка формата

Решение позволяет отображать измеренные параметры в формате прямоугольных координат.

В формате прямоугольных координат по оси X откладываются значения частоты, а по оси Y – значения измеряемой величины (см. рисунок ниже).

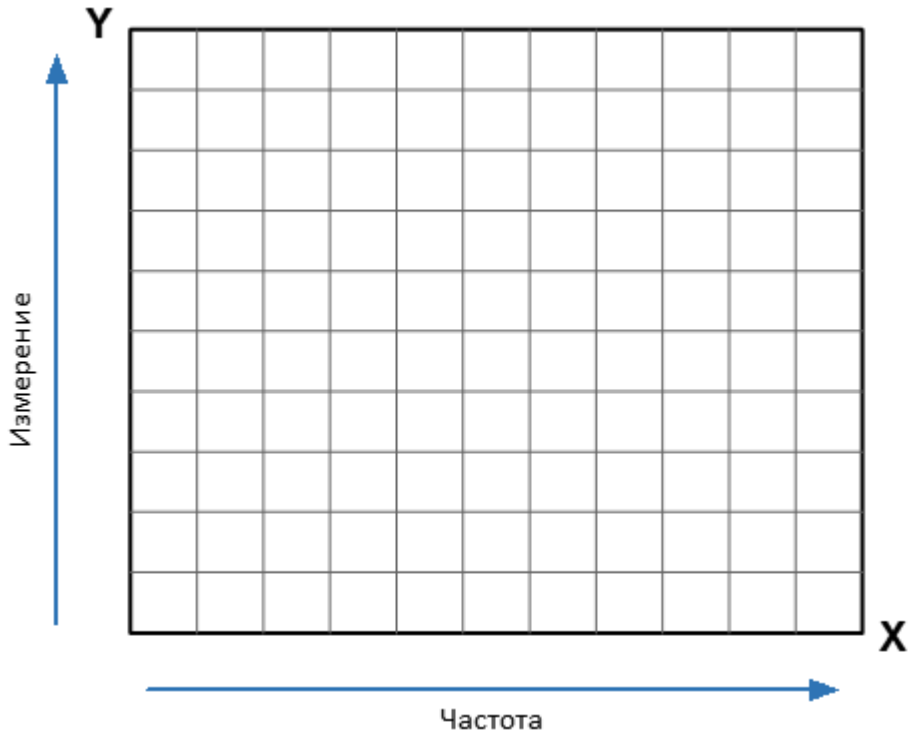


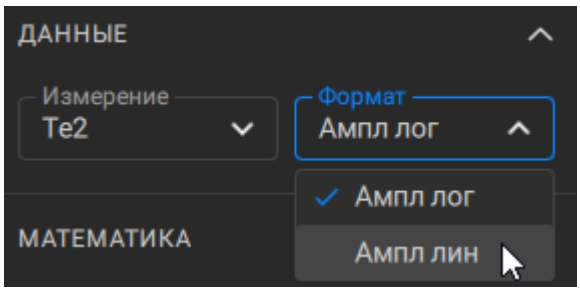
Рисунок 48 — Прямоугольные координаты

Формат прямоугольных координат позволяет выбрать один из двух видов представления измеряемой величины на оси Y (см. таблицу ниже).

Наименование формата	Краткое наименование формата	Единица измерения оси Y
Измеряемый параметр в логарифмическом масштабе	**Ампл лог**	Мощность: дБм Коэффициент шума: дБ Коэффициент усиления: дБ Температура: дБ
Измеряемый параметр в линейном масштабе	**Ампл лин**	Мощность: Вт Коэффициент шума: отн.ед Коэффициент усиления: отн.ед Температура: К

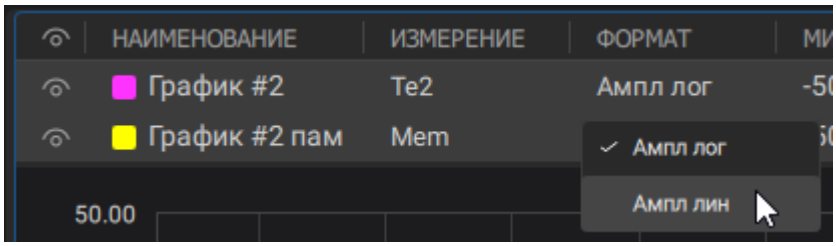
Установка формата графика

1. Если в канале размещено 2 диаграммы, выберите диаграмму (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
2. Выберите график (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
3. Нажмите кнопку **График** в меню.
4. Выберите формат в списке **Формат** в аккордеоне ДАННЫЕ в подменю.



ПРИМЕЧАНИЕ

Формат графика можно установить в менеджере графиков. Для этого щелкните по соответствующему полю в менеджере графиков и выберите параметр:



Установка масштаба графика

Масштаб используется для установки значений вертикальной оси. Для каждого графика устанавливаются индивидуальные параметры масштаба. На диаграмме отображается масштаб активного графика.

Для автоматической установки масштаба активного графика или всех графиков возможно применение функции автомасштабирования (см. п. Функция автомасштабирования). При необходимости возможно увеличить выбранную область диаграммы на весь экран (см. п. Увеличение диаграммы).

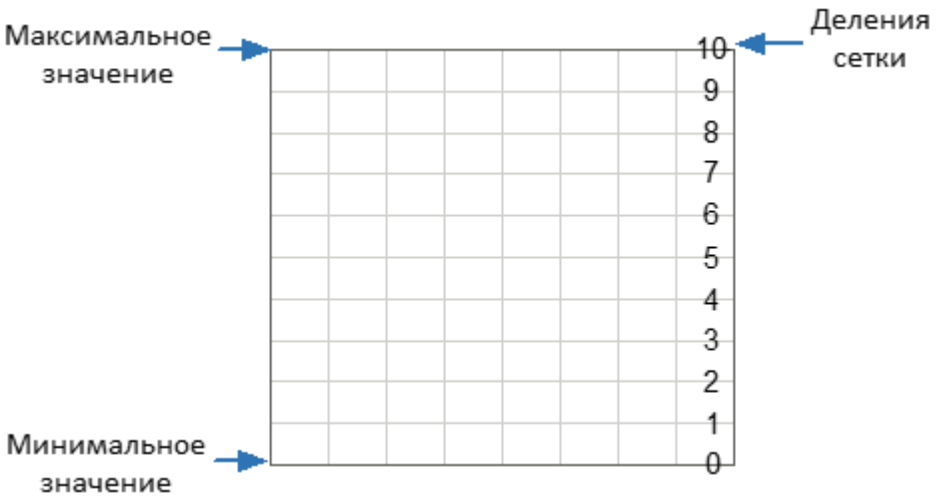


Рисунок 49 — Масштаб прямоугольных координат

Масштаб графика устанавливается с помощью следующих параметров:

- минимальное значение по вертикальной оси;
- максимальное значение по вертикальной оси;
- 10 делений сетки (значение по умолчанию).

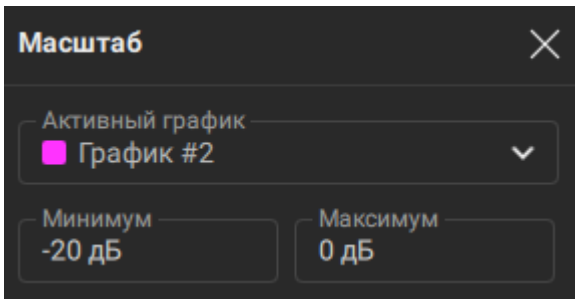
Порядок установки масштаба графика

---

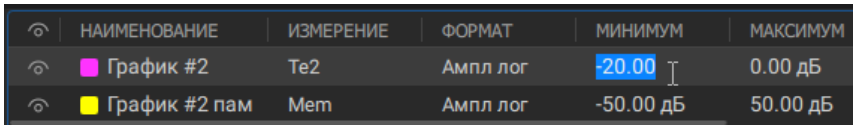
1. Если в канале размещено 2 диаграммы, выберите диаграмму (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
2. Нажмите кнопку **Масштаб** в меню.
3. Выберите график в списке **Активный график** в подменю.

4. Щелкните по полю **Минимум** в подменю и введите минимальное значение по вертикальной оси.

5. Щелкните по полю **Максимум** в подменю и введите максимальное значение по вертикальной оси.



ПРИМЕЧАНИЕ Масштаб графика можно установить в менеджере графиков. Для этого щелкните по соответствующему полю в менеджере графиков и введите параметр:



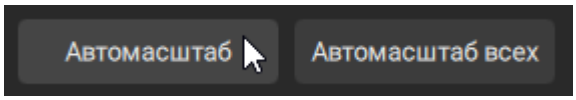
Функция автомасштабирования

Функция автомасштабирования настраивает масштаб активного графика или всех графиков канала таким образом, чтобы график измеряемой величины полностью укладывался в диаграмму, занимая большую ее часть.

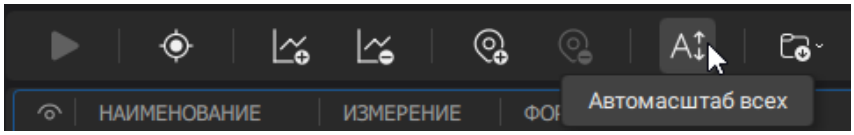
Применение функции автоматического масштабирования

1. Если в канале размещено 2 диаграммы, выберите диаграмму (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
2. Нажмите кнопку **Масштаб** в меню.
3. Для автомасштабирования активного графика выберите его в списке **Активный график** в подменю.
4. Нажмите кнопку **Автомасштаб** в подменю для автомасштабирования активного графика.

   Нажмите кнопку **Автомасштаб всех** в подменю для автомасштабирования всех графиков канала.

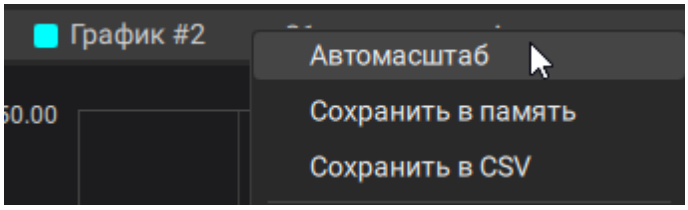


ПРИМЕЧАНИЕ Автомасштаб всех графиков канала можно применить в панели быстрого доступа:



ПРИМЕЧАНИЕ

Применить автомасштабирование к одному графику можно через контекстное меню в менеджере графиков. Для этого щелкните правой кнопкой мыши по строке графика и выберите **Автомасштаб**:



Увеличение фрагмента диаграммы

Функция увеличения фрагмента диаграммы позволяет временно увеличить на весь экран выбранную область диаграммы (см. рисунок ниже).

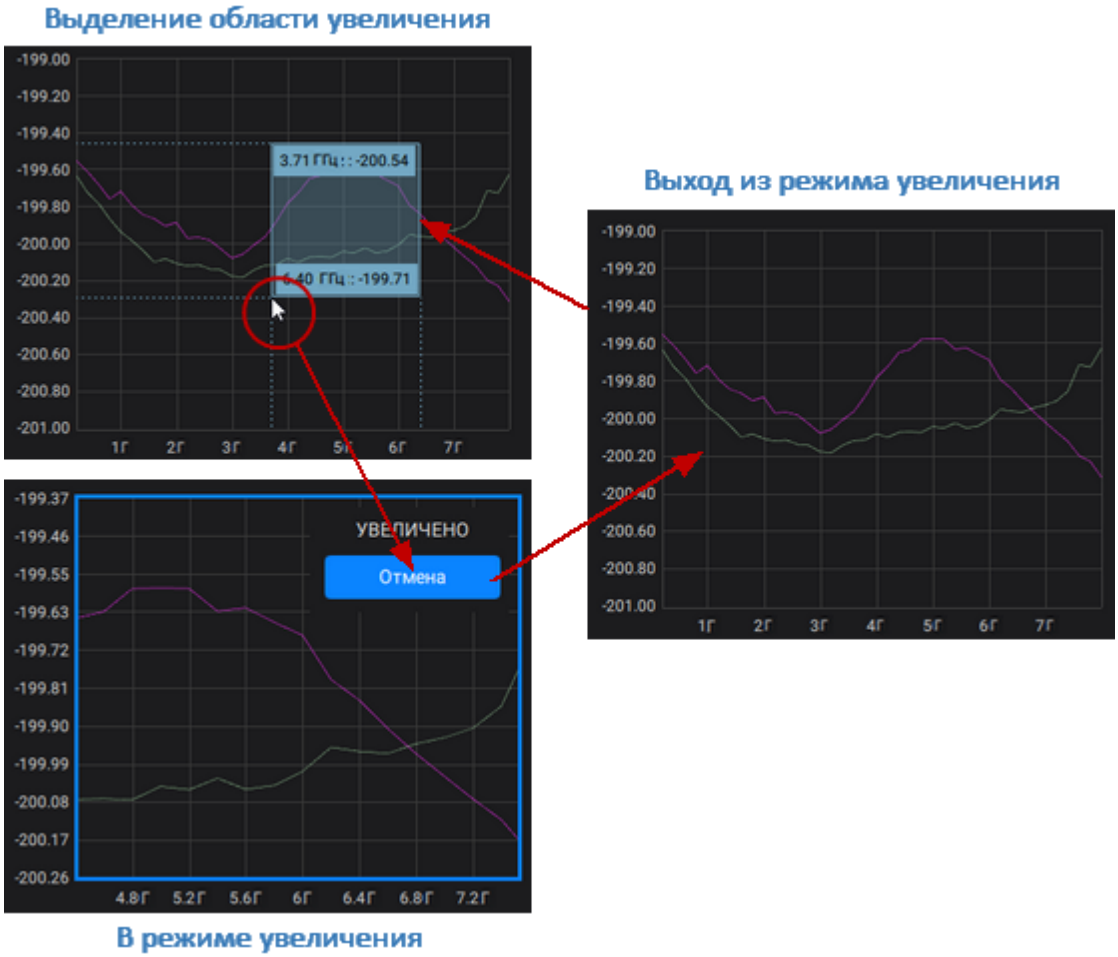


Рисунок 50 — Увеличение фрагмента диаграммы

ПРИМЕЧАНИЕ Режим увеличения фрагмента диаграммы не влияет на параметры сканирования. Например, если диапазон сканирования установлен от 200 кГц до 8 Ггц, измерения будут выполняться в пределах указанного диапазона и не будут ограничены выделенной областью.

Применение увеличения фрагмента диаграммы

1. Переместите указатель в начальную точку увеличения на диаграмме.
2. Нажмите и удерживайте левую кнопку мыши, перетащите указатель к конечной точке увеличения.
3. Отпустите кнопку мыши.
4. Нажмите кнопку **ОТМЕНА** в правом верхнем углу диаграммы для возврата к исходному состоянию диаграммы.

Настройки триггера

Триггер — это сигнал или событие, запускающее цикл измерения.

Программа может находиться в одном из трех следующих состояний:

- **Стоп** — канал исключен из цикла измерений. Канал инициируется автоматически, если выбран режим инициации **Повторно** или **Однократно** (см. таблицу ниже);
- **Ожидание триггера** — канал ожидает сигнал триггера для начала измерений;
- **Цикл измерения** — выполняется измерение в канале.

Режим инициации канала

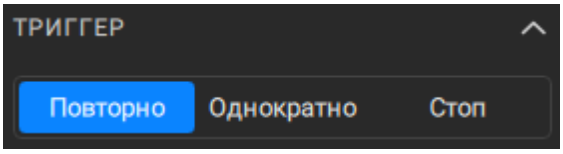
Инициация триггера определяет включение цикла измерения по сигналу триггера. Возможно выбрать один из следующих трех режимов (см. таблицу ниже).

Режим инициации	Значение
Повторно [по умолчанию]	Канал постоянно включен в последовательные циклы измерения, автоматически переходит в состояние «Ожидание триггера» в конце каждого цикла измерения.
Однократно	Канал инициируется один раз и включен в следующий цикл измерения однократно. По окончании измерения канал переходит в состояние **Стоп**.
Стоп	Канал не включен в цикл измерения и не обновляется. В режиме **Стоп** осуществляется остановка измерений. Процесс остановки включает в себя выключение питания ГШ и перевод МШУ в режим «перемычка».

Установка режима инициации триггера

1. Нажмите кнопку **Параметры** в меню.

2. Нажмите кнопку требуемого режима инициации канала в аккордеоне ТРИГГЕР в подменю.

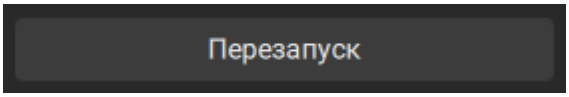


Прерывание текущего цикла измерения

Перезапуск прерывает сканирование и переводит анализатор в состояние «Стоп». Если канал в состоянии непрерывной инициации, анализатор переводится в состояние «Ожидание триггера».

1. Нажмите кнопку **Параметры** в меню.

2. Нажмите на кнопку **Перезапуск** в аккордеоне ТРИГГЕР в подменю.



Фильтрация

Установка усреднения

В программе реализовано два типа усреднений: точечное и канальное. Точечное усреднение позволяет накапливать данные в каждой измеряемой точке с последующим выводом результата на экран. Канальное усреднение работает от развертки к развертке, последовательно накапливая данные для обработки.

Для усреднения результатов измерений в каждой частотной точке необходимо задать полосу фильтра ПЧ при измерении мощности шумового сигнала и количество усреднений.

Рекомендуется измерения проводить при полосе фильтра 1 Мгц. После преселекции мощность шума, регистрируемая приёмником, будет представлять собой сумму основного B_{Main} и зеркального B_{Image} каналов, а также частично из побочных каналов B_{Harm}. Общая шумовая полоса будет приблизительно равна удвоенному значению полосы фильтра ПЧ. Общая шумовая полоса будет приблизительно равна удвоенному значению полосы фильтра ПЧ.

Выберите шумовое усреднение (усреднение в точке) в зависимости от требуемого уровня флуктуации результата измерений. 1 шумовое усреднение соответствует усреднению 1000 точек, определённых приёмником анализатора в режиме измерений абсолютной мощности. При тестировании ИУ с коэффициентом усиления более 15 дБ достаточным усреднением является количество из диапазона 10-20.

Для канального усреднения задается количество разверток, в течение которых последовательно будут накапливаться и усредняться данные для всех графиков в канале.

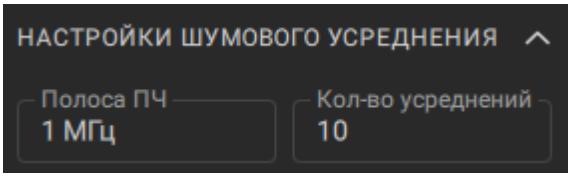
Установка параметров точечного усреднения

---

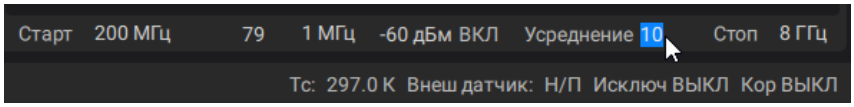
1. Нажмите кнопку **Параметры** в меню.

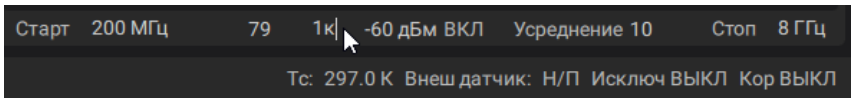
2. Щелкните по полю **Полоса ПЧ** в аккордеоне НАСТРОЙКИ ШУМОВОГО УСРЕДНЕНИЯ в подменю и введите полосу ПЧ при измерении мощности шумового сигнала.

3. Щелкните по полю **Кол-во усреднений** в аккордеоне НАСТРОЙКИ ШУМОВОГО УСРЕДНЕНИЯ в подменю и введите количество усреднений шумового сигнала.



ПРИМЕЧАНИЕ Полосу ПЧ при измерении мощности шумового сигнала и количество усреднений можно установить в строке состояния канала:





Включение и установка параметров канального усреднения

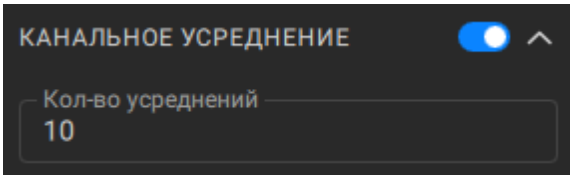
При включенной функции усреднения в строке состояния канала отображается текущее количество итераций и фактор усреднения, например «9/10». Процесс усреднения считается установившимся, когда оба числа равны.

---

1. Нажмите кнопку **Параметры** в меню.

2. Включите переключатель в аккордеоне КАНАЛЬНОЕ УСРЕДНЕНИЕ в подменю.

3. Щелкните по полю **Кол-во устреднений** в аккордеоне КАНАЛЬНОЕ УСРЕДНЕНИЕ в подменю и введите количество усреднений.



Установка сглаживания

Сглаживание усредняет измерения соседних точек графика скользящим окном. Ширина окна (апертура) задается в процентах от числа точек графика.

Сглаживание сохраняет средний уровень графика, уменьшая шумовые выбросы. Вместе с подавлением шумов сглаживание может искажать форму графика, например, всплеск на графике может существенно измениться или исчезнуть. Сглаживание не увеличивает динамический диапазон измерения и не увеличивает время измерения.

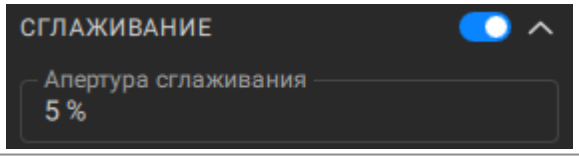
ПРИМЕЧАНИЕ Рекомендуется использовать данную функцию с осторожностью и в сочетании с канальным усреднением для уменьшения флуктуации результатов измерений, при этом минимизируя значительные искажения формы графика.

Включение сглаживания и установка апертуры

Сглаживание устанавливается индивидуально для каждого графика.

---

1. Если в канале размещено 2 диаграммы, выберите диаграмму (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
2. Выберите график (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
3. Нажмите кнопку **График** в меню.
4. Включите переключатель в аккордеоне СГЛАЖИВАНИЕ в подменю.
5. Щелкните по полю **Апертура сглаживания** и введите требуемое значение параметра



ПРИМЕЧАНИЕ При включении сглаживания в менеджере графиков в поле ФУНКЦИИ графика отображается **Сглаж**.

Калибровка

На результаты измерения S-параметров влияют различные ошибки измерения. Природа этих ошибок различна — некоторые из них систематически повторяются, а некоторые являются случайными. Калибровка — это процесс, используемый для оценки систематически повторяющихся ошибок и их математического исключения из результатов измерений.

ПРИМЕЧАНИЕ Чтобы обеспечить требуемую точность измерений, проводите калибровку перед каждым сеансом работы. Для правильного выполнения калибровки следуйте рекомендациям по выполнению калибровок текущего раздела. Только правильно откалиброванный прибор обеспечивает точность, указанную в технических характеристиках.

Общие сведения о калибровки см. в руководстве по эксплуатации на анализатор цепей векторный.

Для проведения калибровки в программе NF реализован отдельный мастер (см. п. Мастер калибровки). Мастер содержит все необходимые схемы измерений и сопровождает пользователя в течение всего процесса. Объем измерений зависит от выбранного метода и необходимости использования функции исключения цепи (см. п. Исключение цепи). В соответствии с выбранным методом мастер предложит провести различный набор измерений. Метод **Y-фактор с гамма-коррекцией** потребует обязательного выполнения измерений S-параметров ИУ, устройств для подключения ГШ и ИУ и входа приёмника.

ПРИМЕЧАНИЕ Мастер содержит шаг, в котором перечислены настройки прибора и выбранной ступени усиления МШУ (см. п. Вкладка Параметры). Строгое соблюдение настроек важно для корректного проведения измерений. Пользователь может проверить и изменить эти настройки непосредственно в процессе работы с мастером, без необходимости выхода из него. Это включает в себя:

- проверку правильности выбора коэффициента усиления МШУ;
- убеждение в правильности установленных параметров измерений;

- подтверждение корректности указанного уровня выходной мощности анализатора при калибровке и измерении S-параметров.

Калибровочные коэффициенты используются для компенсации эффекта рассогласования в тракте распространения шумового сигнала и влияния приёмника. При необходимости все блоки коррекции можно включить или выключить вручную (см. п. Блоки коррекции).

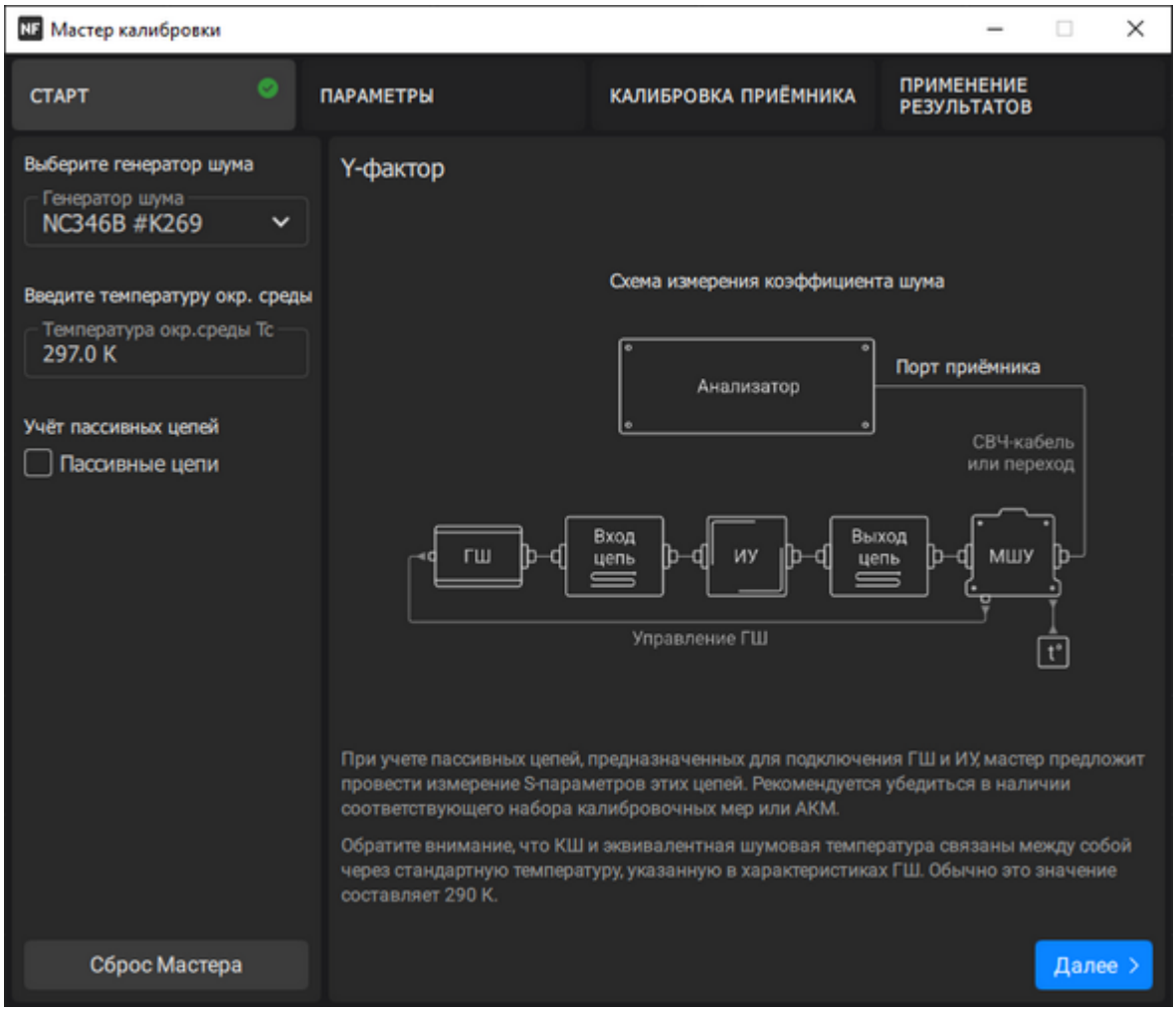
В программе предусмотрена библиотека для хранения описаний доступных ГШ (см. п. Настройка генератора шума).

Мастер калибровки

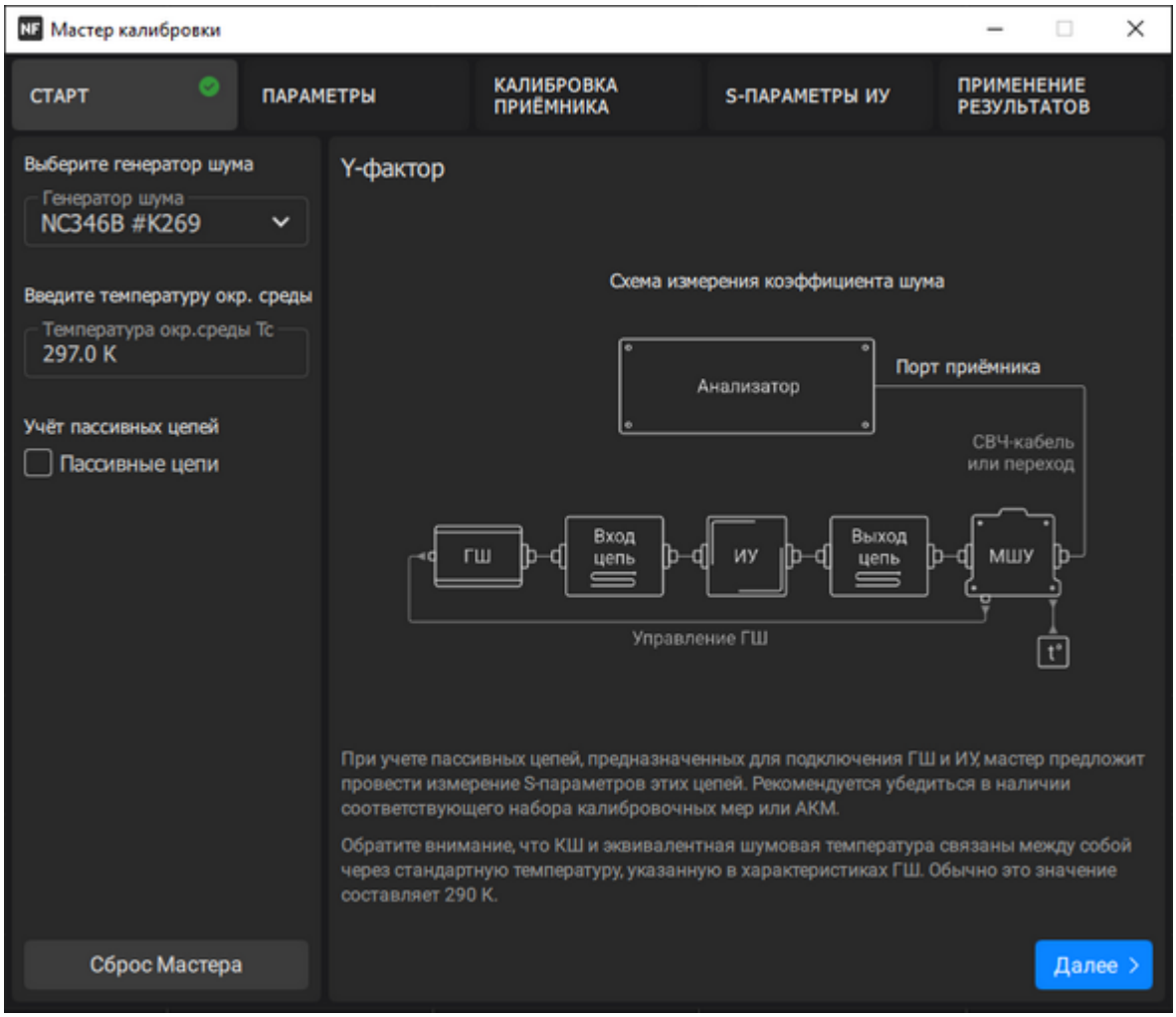
В зависимости от выбранного метода измерений (см. п. Установка метода измерений) мастер калибровки будет предлагать разный набор измерений S-параметров используемых устройств.

Окно содержит переключаемые вкладки в верхней части и области с настройками и схемами измерений шагов. Кнопки **Далее** и **Назад** служат для перемещения между вкладками мастера. Для перехода к вкладке нажмите на название вкладки в верхней части окна мастера калибровки. Описание каждой вкладки мастера приведено в подразделах далее.

Окно мастера калибровки показано на рисунке ниже.



для метода Y-фактор



для метода Y-фактор с гамма-коррекцией

Рисунок 51 — Окно мастера калибровки

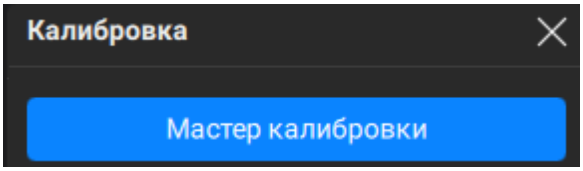
Последовательность выполнения калибровки в мастере:

1. Запустите мастер калибровки (см. п. Запуск мастера калибровки).
2. Выберите ГШ, введите температуру окружающей среды и другие настройки (см. п. Вкладка Старт).
3. Проверьте или установите параметры (см. п. Вкладка Параметры).
4. Выполните калибровку приёмников (см. п. Вкладка Калибровка приёмника).
5. Выберите конфигурацию подключения ИУ между ГШ и МШУ. Выполните калибровку анализатора и измерьте S-параметры используемых устройств (см. п. Вкладка S-параметры ИУ).
6. Примените полученные калибровочные данные (см. п. Вкладка Применение результатов).

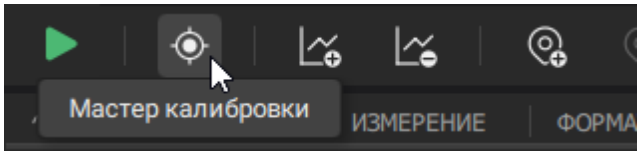
При необходимости можно привести мастер к начальным настройкам (см. п. Сброс мастера к начальному состоянию) или выключить блок коррекции (см. п. Блоки коррекции).

Запуск мастера калибровки

1. Установите параметры канала (частотный диапазон, полосу ПЧ и другие, см. п. Установка параметров).
2. Нажмите кнопку **Калибровка** в меню.
3. Нажмите кнопку **Мастер калибровки** в подменю.



ПРИМЕЧАНИЕ Мастер калибровки можно запустить с помощью панели быстрого доступа.



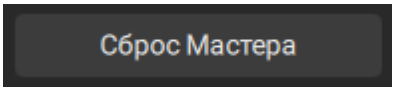
Сброс мастера к начальному состоянию

Приведение мастера к начальному состоянию сбрасывает все полученные калибровочные параметры и загруженные файлы, но не изменяет установленных параметров на вкладке **Параметры** (см. п. Вкладка Параметры).

---

1. Перейдите на вкладку **СТАРТ** в мастере (см. п. Вкладка Старт).

2. Нажмите кнопку **Сброс Мастера** в левом нижнем углу.



Вкладка Старт

На вкладке **Старт** требуется выбрать ГШ из списка и ввести температуру окружающей среды. Если выбор был сделан ранее, действия можно не выполнять.

При использовании пассивных устройств для подключения ГШ и ИУ, а также при необходимости учета их воздействия на результаты измерений, рекомендуется активировать функцию **Пассивные цепи**.

Установка параметров на вкладке СТАРТ

---

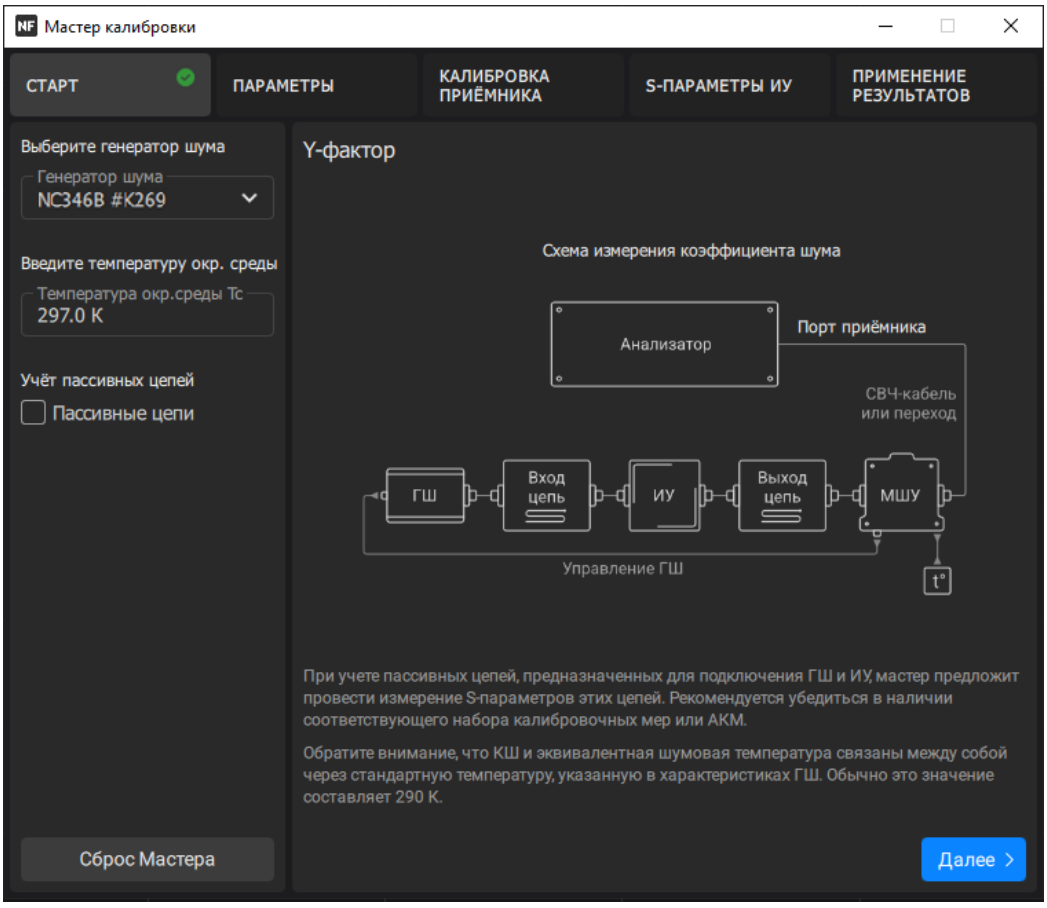
1. Нажмите на список **Генератор шума** и выберите ГШ из списка.

2. Щелкните по полю **Температура окр. среды Tc** и введите температуру окружающей среды**.**

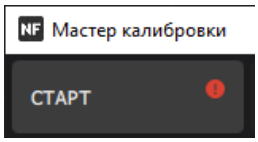
3. Если требуется активировать функцию учета воздействия пассивных устройств для подключения ГШ и ИУ, установите флажок **Пассивные цепи**.

   ПРИМЕЧАНИЕ — При установке флажка в мастере появятся дополнительные шаги, связанные с измерением S-параметров (см. пп. Вкладка Калибровка приёмника и Вкладка S-параметры ИУ).

4 Нажмите кнопку **Далее** для перехода на следующую вкладку.

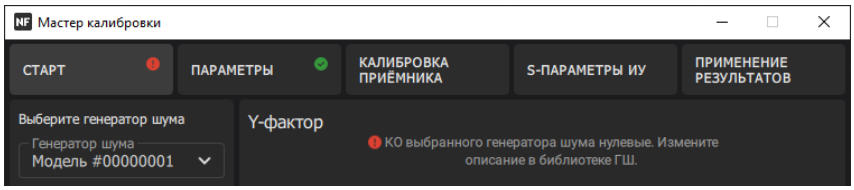


ПРИМЕЧАНИЕ Мастер калибровки автоматически проверяет подключение программы NF к основному программному обеспечению анализатора и связь с МШУ. При отсутствии подключений рядом с названием вкладки появится значок .



ПРИМЕЧАНИЕ

При выборе метода **Y-фактор с гамма-коррекцией** и отсутствии введенных данных о коэффициентах отражения для используемого ГШ программа выведет сообщения об ошибке. Это предупреждает пользователя о необходимости предоставить критически важные данные для корректного выполнения измерений.



Вкладка Параметры

Вкладка **Параметры** дублирует информацию о параметрах:

- ИУ (см. п. Установка параметров ИУ);
- анализатора (см. п. Установка параметров анализатора);
- стимула (см. п. Установка параметров стимула);
- полосы ПЧ при измерении шумового сигнала и количество усреднений (см. п. Установка усреднения).

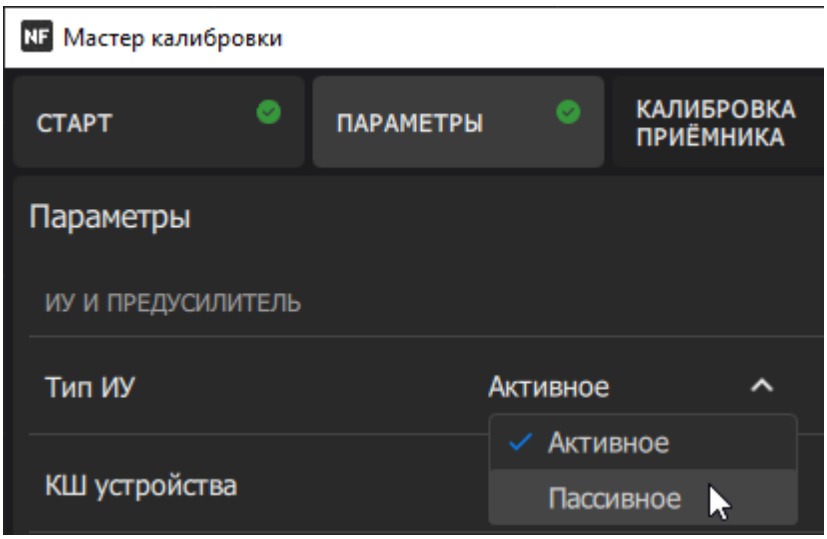
Перед началом измерений рекомендуется проверить корректность:

- коэффициента усиления МШУ;
- параметров измерений;
- уровня выходной мощности анализатора при калибровке и измерении S-параметров.

Если параметры установлены некорректно, измените их.

Установка параметров на вкладке Параметры

1. Нажмите на поле со значением параметра и выберите значение из списка или введите его. Повторите шаг для всех параметров, значения которых необходимо изменить.



2. Нажмите кнопку **Далее** для перехода на следующую вкладку.

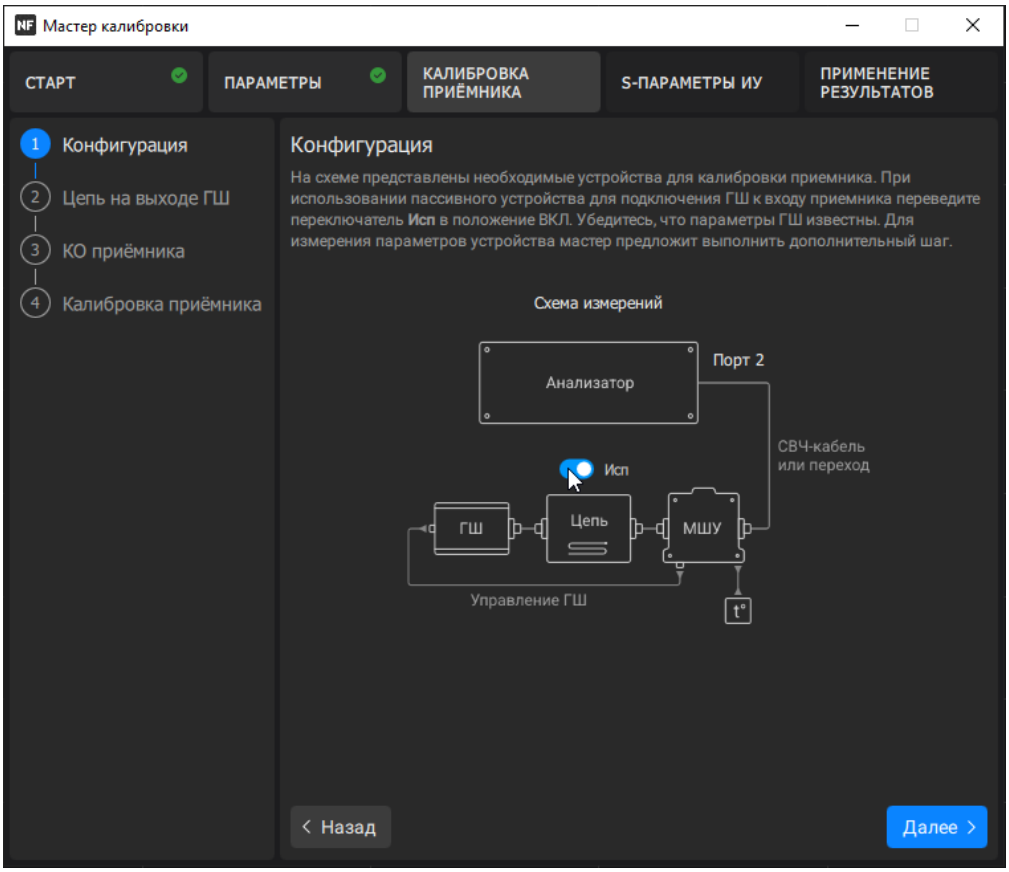
Вкладка Калибровка приёмника

Вкладка предназначена для выполнения калибровки приёмника (определения параметров приёмника). При включении настройки **Пассивные цепи** в мастере появятся дополнительные шаги, связанные с измерением S-параметров. Калибровку и измерение параметров приемника можно выполнить заранее и загрузить результаты измерения на соответствующем шаге мастера калибровки[1].

Выполнение калибровки приёмников

---

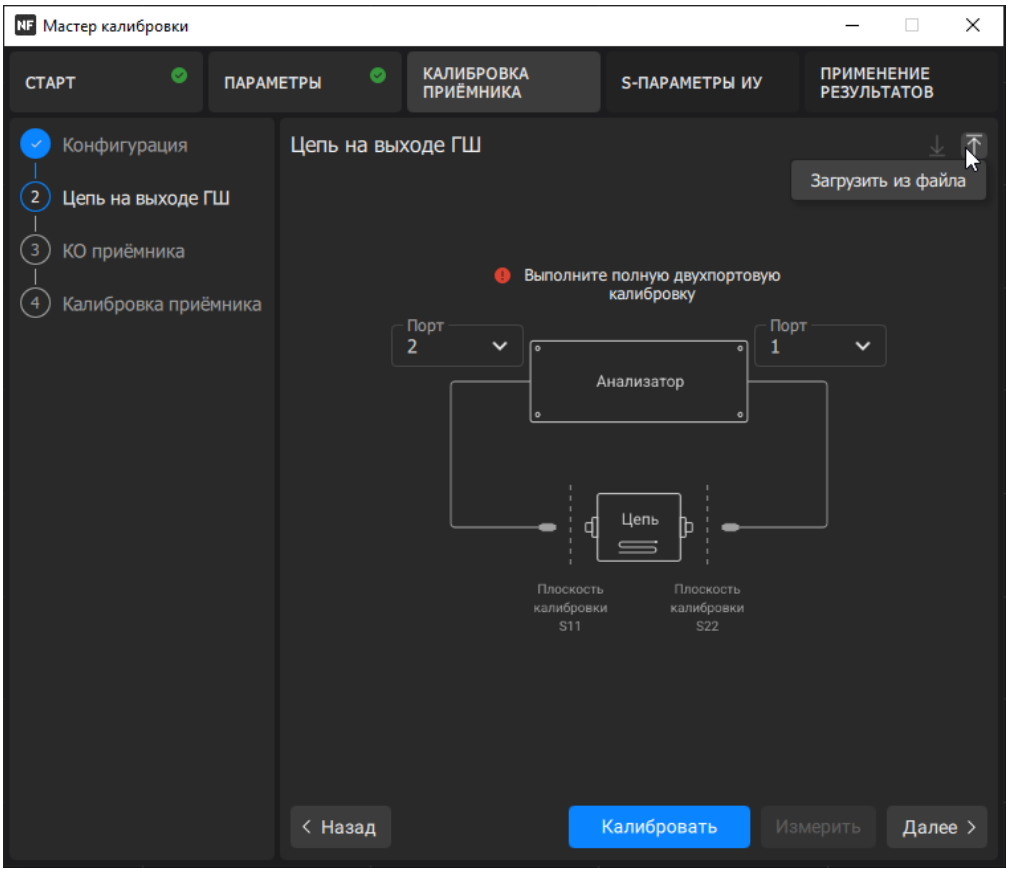
1 Если включен флажок **Пассивные цепи** на вкладке **Старт** и между ГШ и МШУ используется пассивное устройство, на шаге **Конфигурация** включите переключатель **Исп** для измерения S-параметров используемого пассивного устройства. Нажмите кнопку **Далее**.



2 На шаге **Цепь на выходе ГШ**:

- подключите устройство к анализатору согласно схеме в мастере;
- соотнесите на схеме порты анализатора и порты пассивного устройства, выбрав порты анализатора в списках **Порт**;
- нажмите кнопку **Калибровать.** Перейдите в ПО анализатора и выполните полную двухпортовую калибровку. Вернитесь в программу NF;
- нажмите кнопку **Далее**.

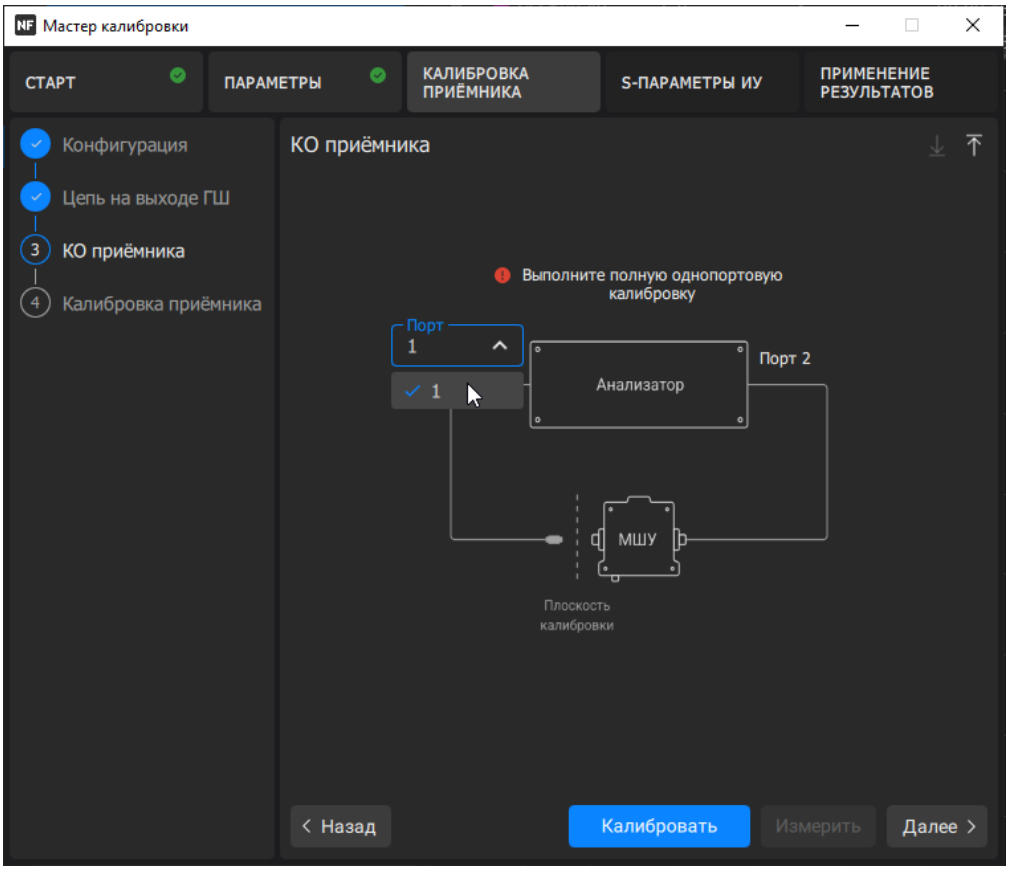
ПРИМЕЧАНИЕ — Если файл описания (Touchstone файл *.S2P) пассивного устройства был создан ранее, возможно загрузить его и пропустить этап калибровки[1].



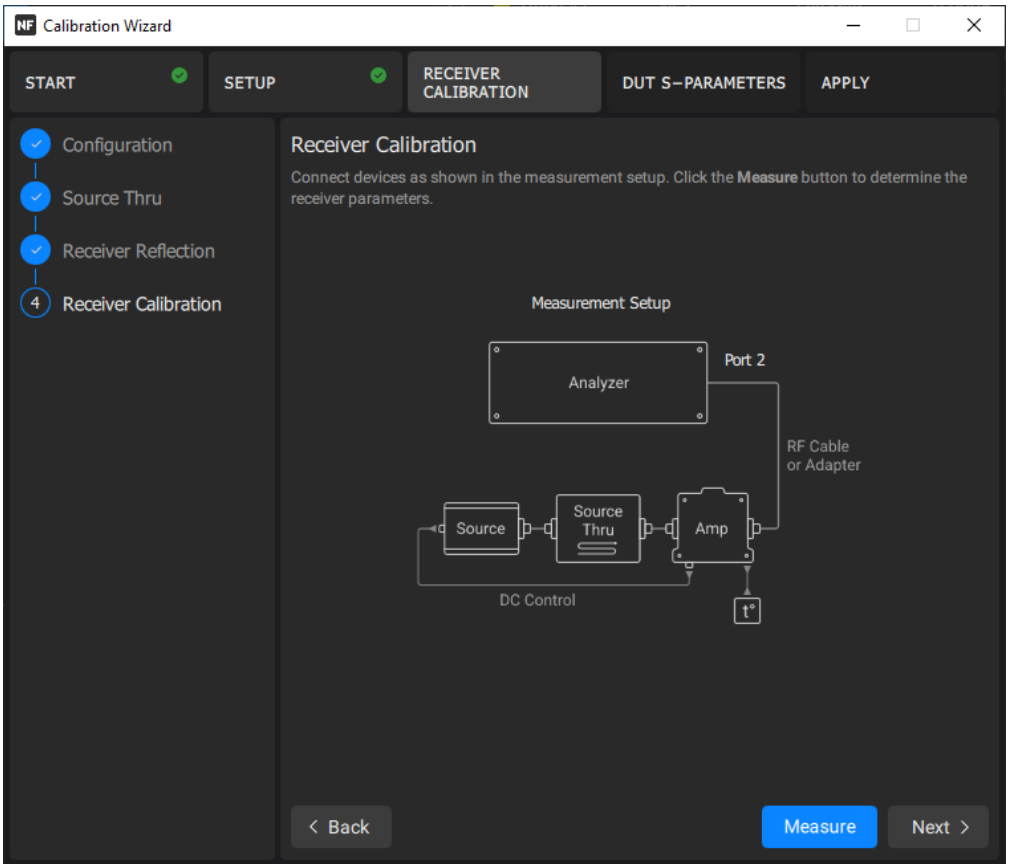
3 Если выбран метод измерений **Y-фактор с гамма-коррекцией**, на шаге **КО приемника**:

- подключите вход «Ref In» МШУ к порту анализатора и выберите на схеме измерений этот порт в списке **Порт**;
- нажмите кнопку **Калибровать**. Перейдите в ПО анализатора и выполните полную однопортовую калибровку. Вернитесь в программу NF;
- нажмите кнопку **Измерить** и дождитесь окончания измерений;
- нажмите кнопку **Далее**.

ПРИМЕЧАНИЕ — Если для МШУ ранее уже был создан файл S-параметров (Touchstone файл*.S1P), можно загрузить этот файл и пропустить шаг[1].



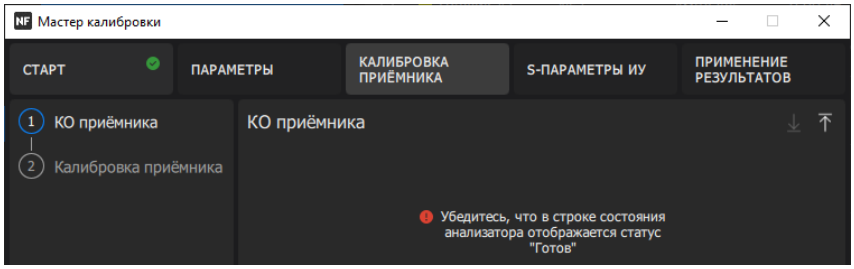
4 Подключите устройства согласно схеме на вкладке мастера (на рисунке ниже приведен пример окна мастера для метода **Y-фактор с гамма-коррекцией** с установленным флажком **Пассивные цепи**). Нажмите кнопку **Измерить** и дождитесь окончания измерений.



5 Нажмите кнопку **Далее** для перехода на следующую вкладку.

ПРИМЕЧАНИЕ

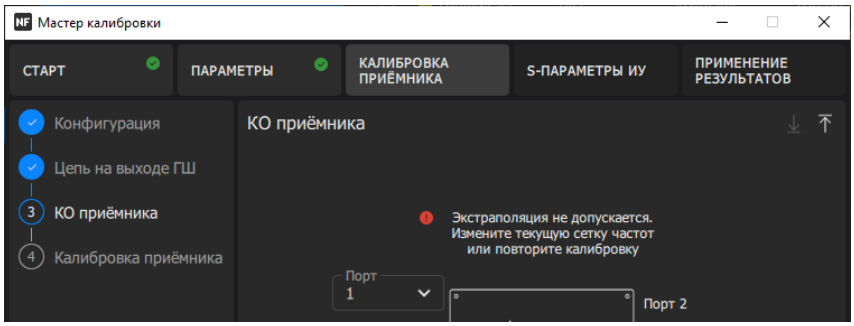
Мастер калибровки автоматически проверяет подключение программы NF к основному программному обеспечению анализатора и связь с МШУ. При отсутствии подключений рядом с названием вкладки **СТАРТ** появится значок , на вкладке **КАЛИБРОВКА ПРИЁМНИКА** отобразиться сообщение:



ПРИМЕЧАНИЕ

При внесении изменений в параметры частотного ряда в условиях интерполяции или экстраполяции программа ограничивает проведение измерений параметров устройств. Для возобновления измерений требуется либо выполнить новую калибровку с обновленными параметрами, либо восстановить первоначальные настройки. Это мера предосторожности, обеспечивающая точность и достоверность измерений.

В строке состояния программы отобразиться сообщение **Кор! ВКЛ**.

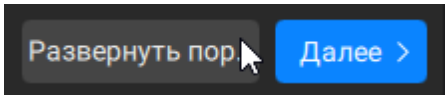


ПРИМЕЧАНИЕ

Если любой из шагов измерений был выполнен ранее и сохранен как файл, можно загрузить такой файл в программу и пропустить шаг. Для этого перейдите на нужный шаг на вкладке, нажмите кнопку  и выберите файла в открывшемся окне.

Для шага **Цепь на выходе ГШ** необходим файл с результатами полной двухпортовой калибровки *.S2P, для шага **КО приемника** — файл полной однопортовой калибровки*.S1P.

Если после загрузки данных полной двухпортовой калибровки необходим реверс портов, нажмите кнопку **Развернуть пор** в правом нижнем углу окна мастера калибровки.



ПРИМЕЧАНИЕ

Результаты каждого измерения можно сохранить в файл Touchstone (формат *.SNP) для повторного использования. Для этого нажмите кнопку , выберите путь и имя файла в открывшемся окне.

Вкладка S-параметры ИУ

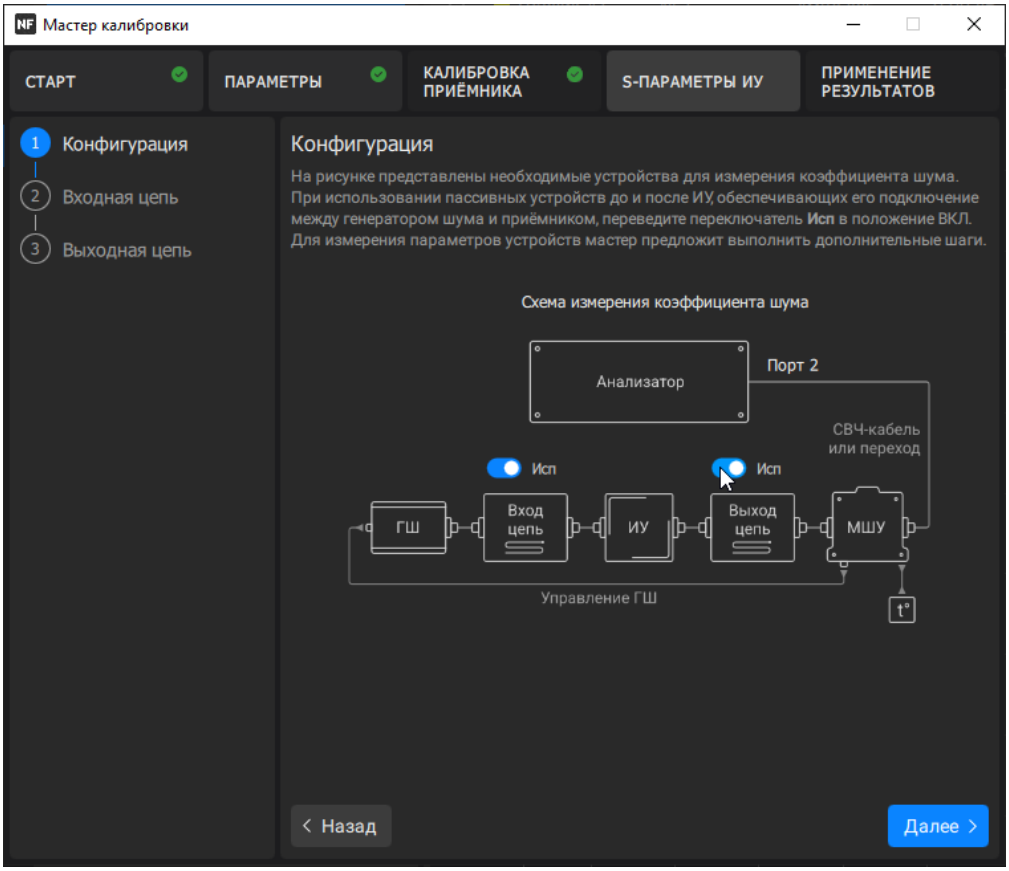
Вкладка S-параметры ИУ позволяет выбрать конфигурацию подключения ИУ между ГШ и МШУ. После того как были отмечены устройства на входе и выходе ИУ, необходимо выполнить калибровку анализатора и измерить S-параметры устройств. Схемы измерений приведены в мастере калибровки. S-параметры могут быть сохранены в файл и в дальнейшем загружены в мастер[1].

Шаг **Устройство** выполняется только для метода **Y-фактор с гамма-коррекцией**.

Конфигурирование подключения ИУ и измерение S-параметров ИУ

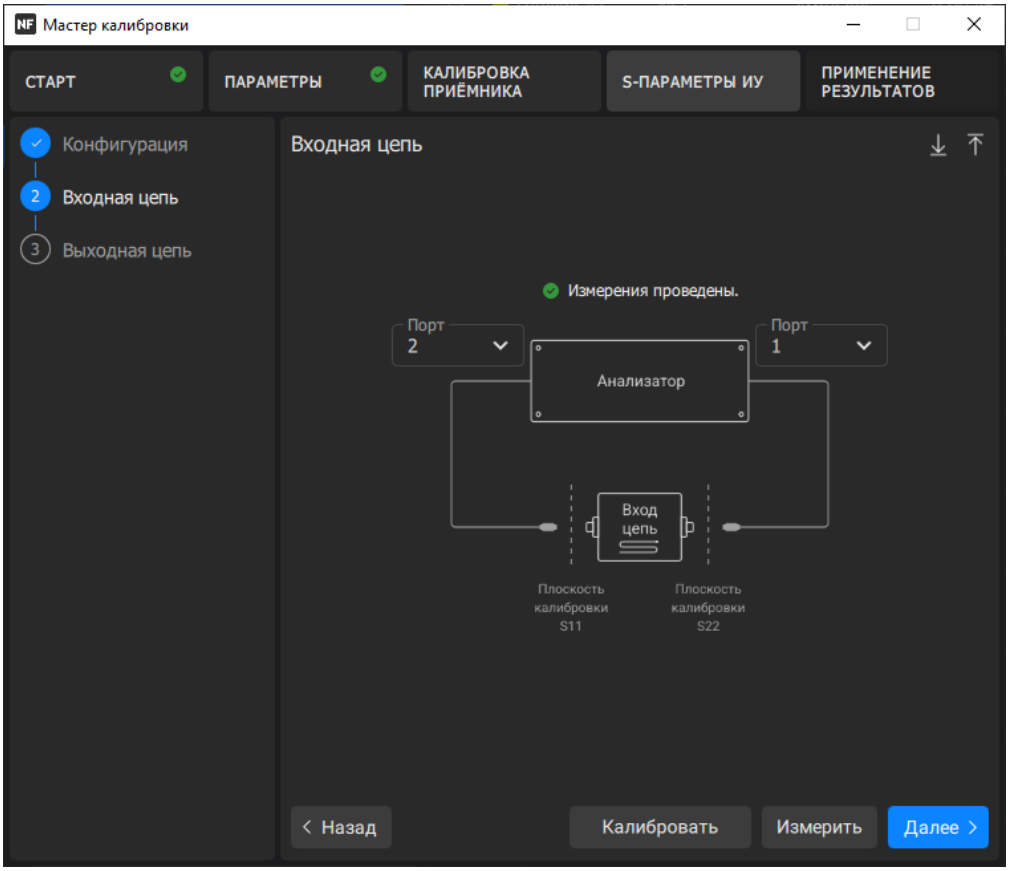
---

1 Если на вкладке **Старт** включен флажок **Пассивные цепи** и для подключения ИУ к ГШ и (или) МШУ используются пассивные устройства, включите переключатель(и) **Исп** для измерения S-параметров используемого(ых) пассивных устройств на входе и (или) выходе ИУ. Нажмите кнопку **Далее.**



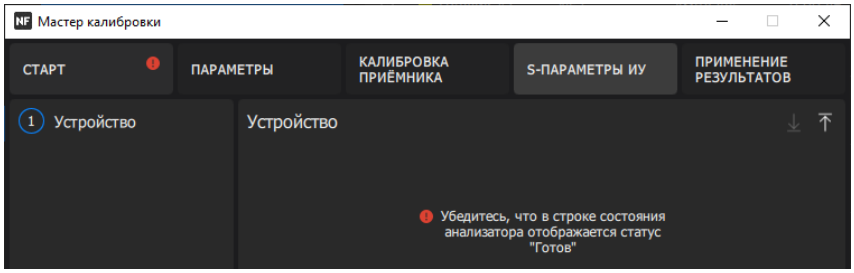
2. На остальных шагах мастера калибровки выполните идентичные действия:

- подключите устройство к анализатору согласно схеме в мастере;
- соотнесите на схеме измерений в списках **Порт** порты анализатора и порты пассивного устройства;
- нажмите кнопку **Калибровать**. Перейдите в ПО анализатора и выполните калибровку, указанную в программе NF над схемой. Вернитесь в программу NF;
- нажмите кнопку **Измерить**, чтобы автоматически выполнить необходимые измерения;
- нажмите кнопку **Далее** для перехода к следующему шагу или на следующую вкладку.



ПРИМЕЧАНИЕ

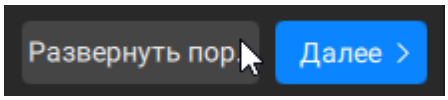
Мастер калибровки автоматически проверяет подключение программы NF к основному программному обеспечению анализатора и связь с МШУ. При отсутствии подключений рядом с названием вкладки **Старт** появится значок , на вкладке **S-ПАРАМЕТРЫ ИУ** отобразиться сообщение:



ПРИМЕЧАНИЕ

Если любой из шагов измерений был выполнен ранее и сохранен как файл Touchstone (формат *.SNP), можно загрузить его и пропустить шаг. Для этого перейдите на нужный шаг на вкладке, нажмите кнопку  и выберите путь и имя файла в открывшемся окне.

Если после загрузки данных необходим реверс портов, нажмите кнопку **Развернуть пор** в правом нижнем углу окна мастера калибровки.



ПРИМЕЧАНИЕ

Результаты каждого измерения можно сохранить в файл Touchstone (формат *.SNP) для повторного использования. Для этого нажмите кнопку , выберите путь и имя файла в открывшемся окне.

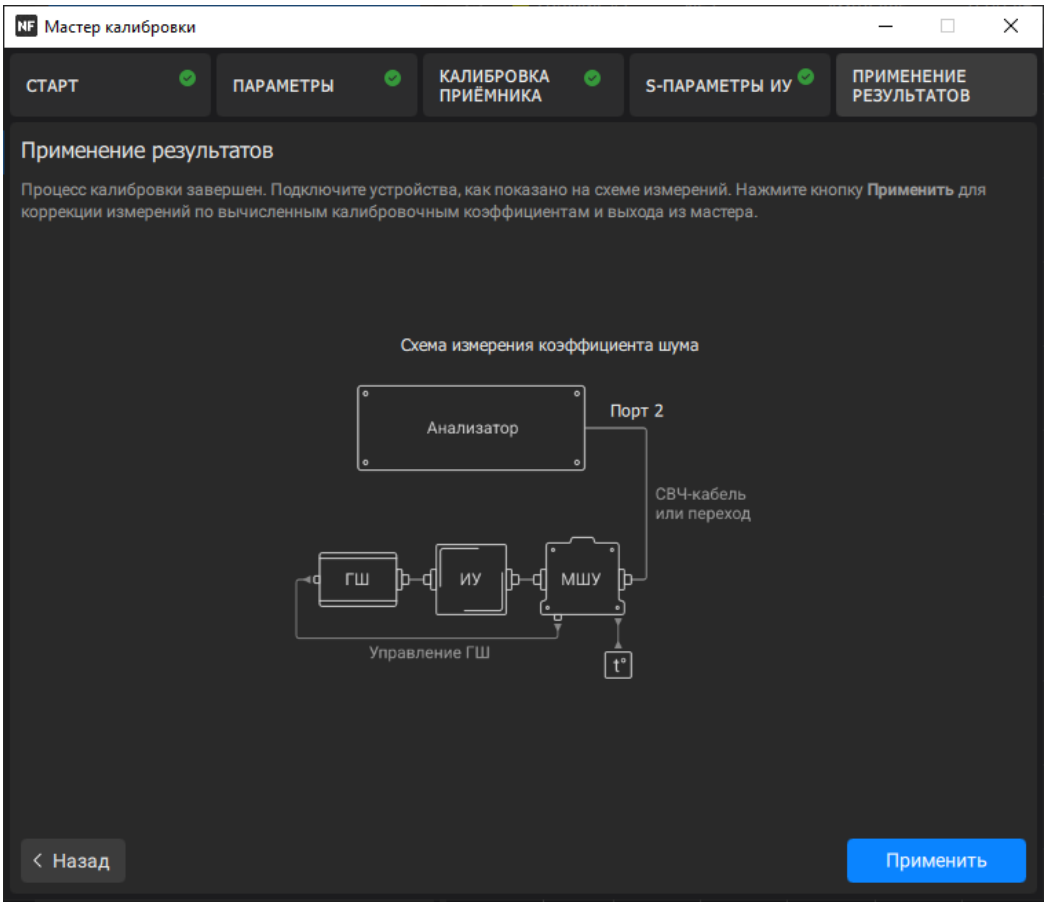
Вкладка Применение результатов

Вкладка Применение результатов является завершающим шагом мастера. На ней изображена схема измерений и расположена кнопка применения полученных калибровочных данных. При нажатии на кнопку мастер закрывается, и программа NF начинает корректировать результаты измерений на основе полученных калибровочных данных.

---

1. Нажмите на кнопку **Применить**.

   ПРИМЕЧАНИЕ — Если выполнены не все шаги мастера, то полученные калибровочные данные не применяются, и мастер не закрывается.



Блоки коррекции

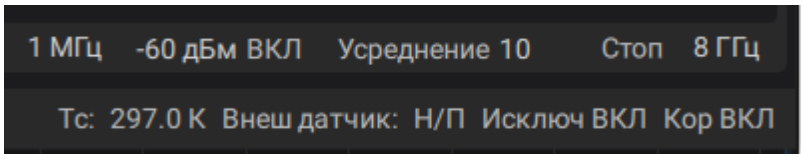
Пользователь может управлять блоками коррекции. Список блоков коррекции отличаются в зависимости от выбранного метода измерения КШ. Блоки коррекции становятся активными после выполнения калибровки.

В программе доступны следующие блоки коррекции:

- **Компенсация влияния приёмников** — компенсация влияния приёмника на результаты измерений. Устранение второго каскада, которым является приёмник, при измерении КШ по формуле Фрииса;
- **Гамма-коррекция** (для метода **Y-фактор с гамма-коррекцией**) — учет эффекта рассогласования при измерении мощности шумового сигнала;
- **Исключение пассивных цепей** — включение/выключение функции исключения цепей, расположенных на входе и выходе ИУ. Исключение пассивных цепей из результата измерений КШ и КУ (см. п. Исключение цепи).

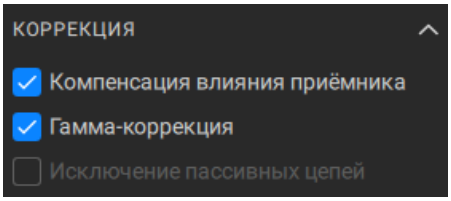
ПРИМЕЧАНИЕ

Если все блоки коррекции включены, в строке состояния программы отобразится сообщение **Кор ВКЛ** и **Исключ ВКЛ**. Индикатор **Исключ ВКЛ** отображает только состояние блока **Исключение пассивных цепей**, индикатор **Кор ВКЛ** — состояние всех остальных блоков коррекции.



Включение и выключение блока коррекции

1. Нажмите кнопку **Калибровка** в меню.
2. Установите или снимите соответствующий флажок у блока коррекции в аккордеоне КОРРЕКЦИЯ в подменю.



Повторное измерение S-параметров ИУ в подменю

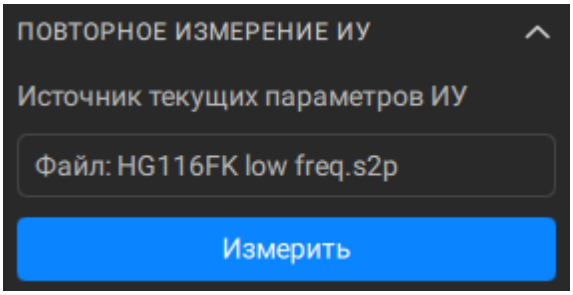
S-параметры ИУ можно измерить или загрузить в мастере калибровки (см. п. Вкладка S-параметры). Для метода **Y-фактор с гамма-коррекцией** предусмотрена возможность повторного измерения и загрузки S-параметров ИУ в подменю, например, для измерения следующего образца.

Выполнение повторного измерения

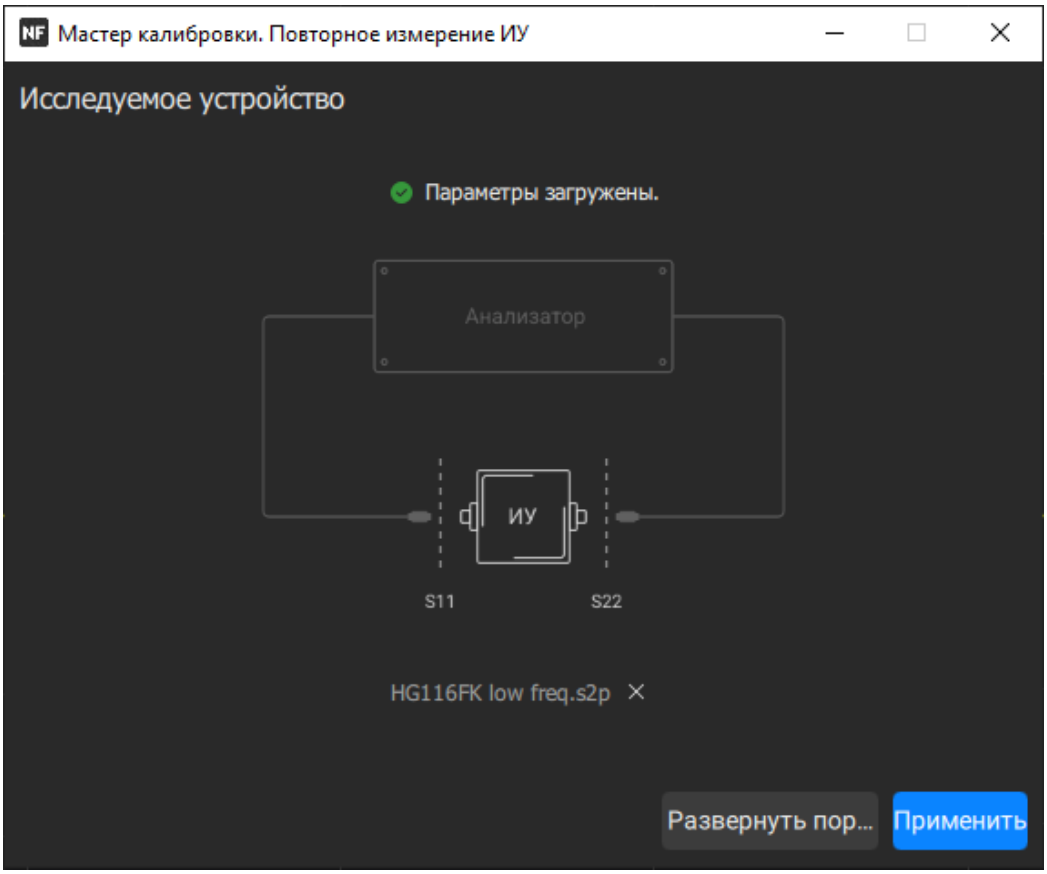
---

1. Нажмите кнопку **Калибровка** в меню.

2. Нажмите на кнопку **Измерить** в аккордеоне ПОВТОРНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ИУ в подменю.



3 Подключите ИУ к анализатору согласно схеме в открывшемся окне мастера калибровки и выполните калибровку и измерение.



ПРИМЕЧАНИЕ — Если необходимо загрузить другой файл описания (Touchstone файл *.S2P), нажмите кнопку  и выберите путь и имя файла в открывшемся окне. Если после загрузки данных необходим реверс портов, нажмите кнопку **Развернуть пор..** в правом нижнем углу окна мастера калибровки.

Исключение цепи

Исключение цепи — это математическая функция преобразования S-параметров, исключающая из результатов измерения влияние некоторой цепи.

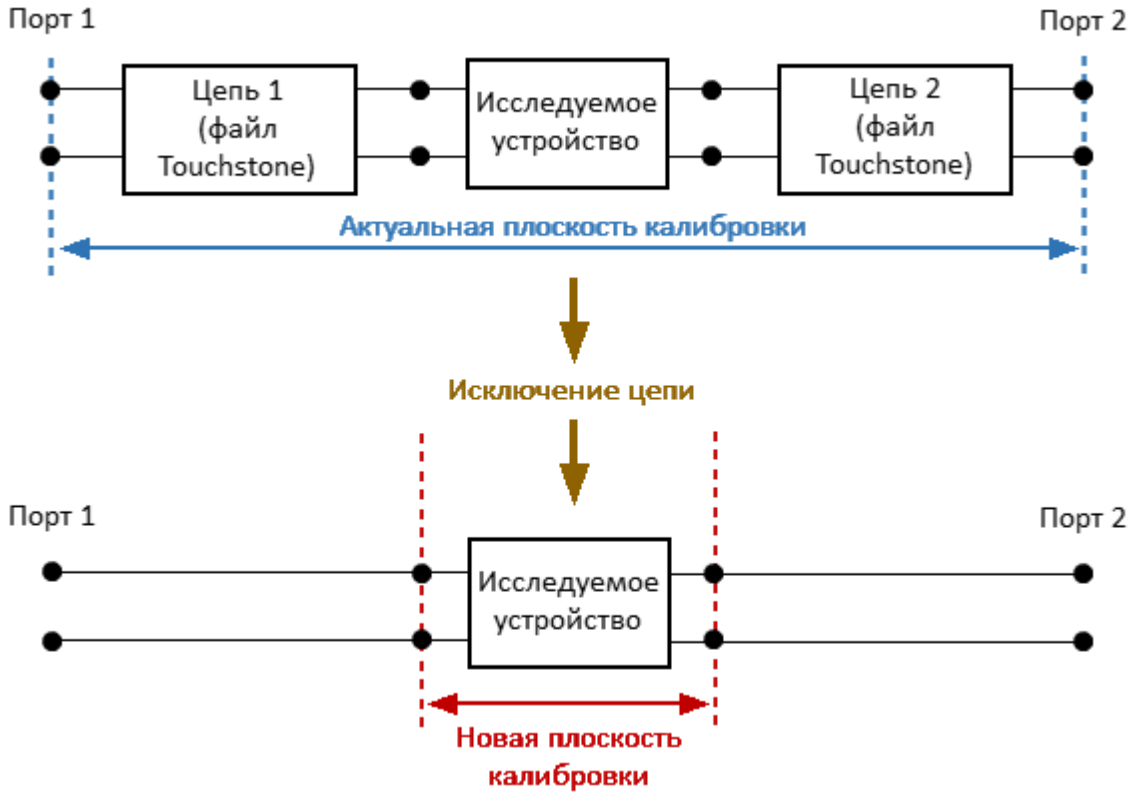


Рисунок 52 — Исключение цепи

Исключаемая цепь должна быть определена как четырехполюсник файлом формата Touchstone (*.S2P). В таком файле содержится таблица S-параметров исключаемой цепи: S11, S21, S12, S22 для ряда частот.

ПРИМЕЧАНИЕ Матрицы S-параметров всех исключаемых цепей ориентированы так, что S11 направлен на порт анализатора, а S22 — на исследуемое устройство.

Мастер калибровки включает в себя этапы, связанные с определением S-параметров пассивных устройств на входе и выходе ИУ (см. п. Вкладка S-параметры). Функция исключает из результата измерений коэффициента шума и усиления пассивные устройства, подключенных на входе и выходе ИУ.

Для метода **Y-фактор** файлы описания исключаемых пассивных цепей можно загрузить в подменю (см. п. Добавление файлов описания пассивных цепей через подменю). Для метода **Y-фактор с гамма-коррекцией** загрузка файлов предусмотрена только в мастере калибровки.

Добавление файлов описания пассивных цепей в подменю

ПРИМЕЧАНИЕ При работе с методом **Y-фактор** из файлов считывается и учитывается при расчете КШ и КУ только модуль коэффициента передачи. Коэффициенты отражения в расчет не принимаются.

1. Нажмите кнопку **Калибровка** в меню.

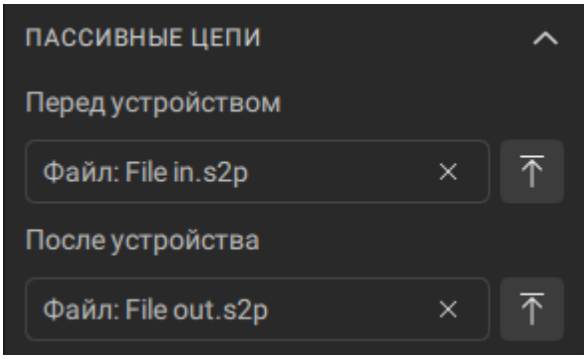
2. Нажмите на кнопку  в области **Перед устройством** в аккордеоне ПАССИВНЫЕ ЦЕПИ и выберите в открывшемся окне путь и имя файла с S-параметрами (*.S2P) устройства на входе ИУ.

   ПРИМЕЧАНИЕ — Имя загруженного файла отобразится в текстовой области **Перед устройством**.

   ПРИМЕЧАНИЕ — При измерении КШ методом холодного источника пассивное устройство перед ИУ не предусмотрено.

3. Нажмите на кнопку  в области **После устройства** в аккордеоне ПАССИВНЫЕ ЦЕПИ и выберите в открывшемся окне путь и имя файла с S-параметрами (*.S2P) устройства на выходе ИУ.

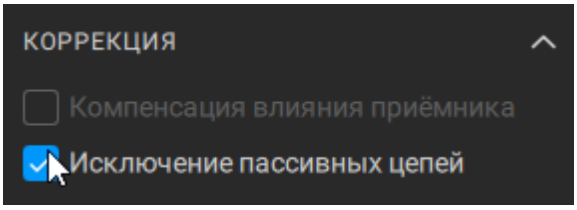
   ПРИМЕЧАНИЕ — Имя загруженного файла отобразится в текстовой области **После устройства**.



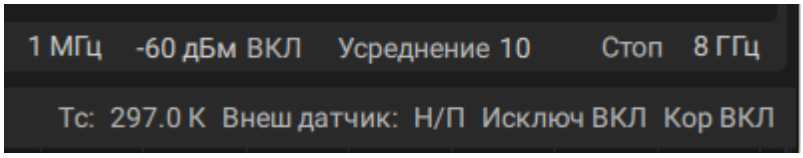
Включение и выключение функции исключения пассивных цепей

1. Нажмите кнопку **Калибровка** в меню.

2. Установите флажок **Исключение пассивных цепей** в аккордеоне КОРРЕКЦИЯ в подменю.



ПРИМЕЧАНИЕ При включении функции исключения цепи в строке состояния программы отобразится сообщение **Исключ ВКЛ**.



Анализ данных измерений

В данном разделе описываются математические инструменты для анализа и преобразования S-параметров, а также функции допускового контроля. В программе доступны следующие функции:

- маркеры — программный инструмент для считывания значений стимула и измеряемой величины в выбранных точках графика. Маркерные функции выполняют поиск на графике, вычисление параметров графика, настройку стимула по положению маркеров;
- функция памяти графиков — инструмент для запоминания данных измерений и осуществления математических операций с данными памяти и данными текущего измерения;
- допусковый контроль — используется для сравнения графика с заданной предельной линией по принципу «годен/брак».

Маркеры

Маркеры — это инструмент для считывания числовых значений стимула и измеряемой величины на выбранных точках графика. Анализатор позволяет включать до 20 маркеров на каждом графике. Вид графика с двумя маркерами показан на рисунке ниже.

Маркеры позволяют решать следующие задачи:

- считывание абсолютных значений измеряемой величины и стимула в конкретных точках графика;
- изменение параметров стимула с использованием положения маркеров.

Каждый маркер имеет следующие обозначения на диаграмме (см. рисунок ниже):

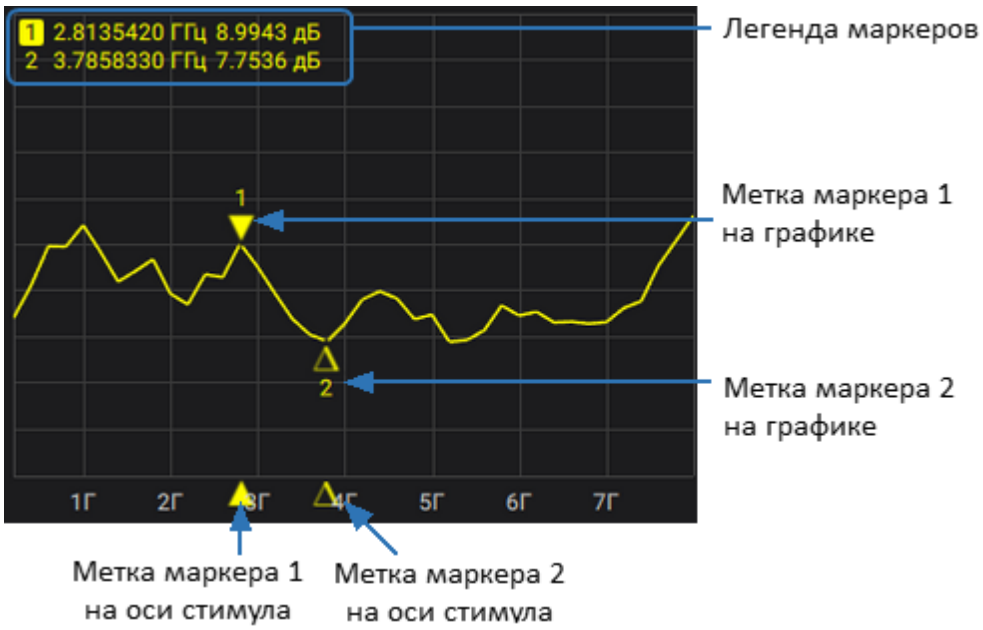


Рисунок 53 — Отображение маркера на диаграмме

- метки на графике и метки на оси X. По умолчанию метка отображается в виде треугольника (изменение внешний вид метки описано в п. Вид метки маркера):

1 ▼	Метка и номер активного маркера на графике
Δ 1	Метка и номер неактивного маркера на графике
▲	Метка на оси стимула активного маркера
Δ	Метка на оси стимула неактивного маркера

- строку для каждого маркера в легенде маркеров (см. рисунок ниже). Строки в легенде перечислены в порядке добавления маркеров. Каждая строка содержит номер маркера и информацию о его значении стимула (значение по оси X) и значении измеряемого параметра (значение по оси Y). Номер активного маркера подсвечивается. По умолчанию легенда отображается в левом верхнем углу диаграммы, но ее можно перемещать по диаграмме в любое удобное место. Номер активного маркера выделяется инверсным цветом.



Рисунок 54 — Легенда маркеров

Цвет маркера соответствует цвету графика (см. п. Настройка цвета графика).

Значение измеряемой величины маркера показывает одно значение измеряемого параметра по оси Y в текущем формате (см. п. Установка формата).

Добавление маркера

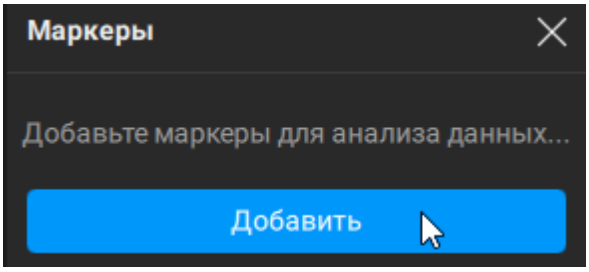
---

1. Если в канале размещено 2 диаграммы, выберите диаграмму (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).

2. Выберите график (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).

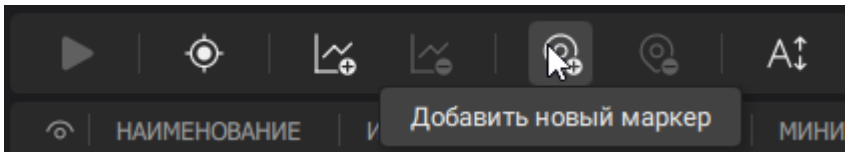
3. Нажмите кнопку **Маркеры** в меню.

4 Нажмите кнопку **Добавить** в подменю для добавления маркера.



ПРИМЕЧАНИЕ — Новый маркер устанавливается в центре оси стимулов и назначается активным маркером.

ПРИМЕЧАНИЕ Маркер можно добавить с помощью [панели быстрого доступа](#).



Одновременное добавление маркеров

Функция позволяет одновременно добавлять несколько маркеров, равномерно размещенных на экране диаграммы.

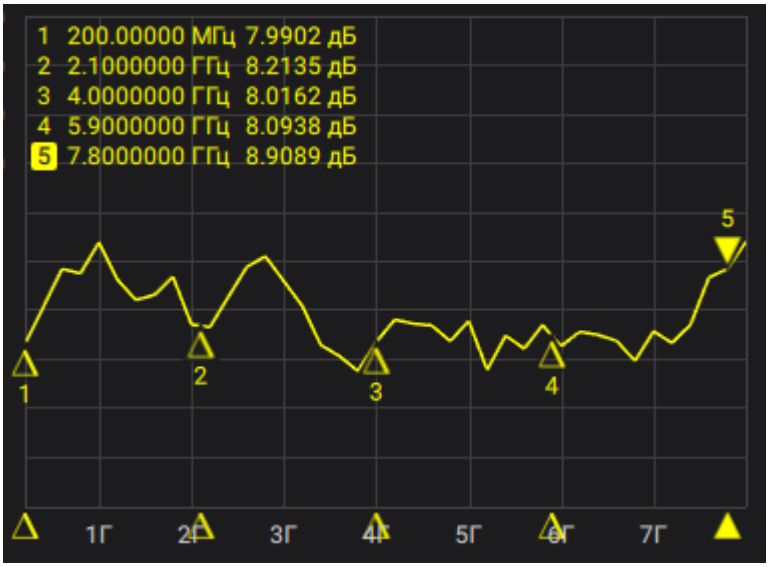


Рисунок 55 — Одновременное добавление 5 маркеров

---

1. Если в канале размещено 2 диаграммы, выберите диаграмму (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
2. Выберите график (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
3. Нажмите кнопку **Маркеры** в меню.
4. Нажмите одновременно на клавиатуре клавиши CTRL и цифру от 1 до 9.

Добавление нескольких маркеров с шагом по частоте

Функция предназначена для добавления маркеров с заданным шагом по частоте.

---

1. Если в канале размещено 2 диаграммы, выберите диаграмму (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
2. Выберите график (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).

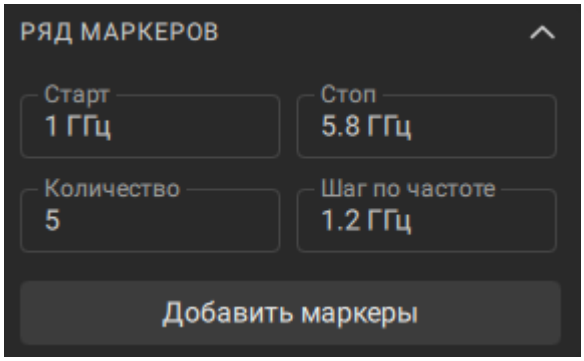
3. Нажмите кнопку **Маркеры** в меню.

4. В поля **Старт** и **Стоп** в аккордеоне РЯД МАРКЕРОВ в подменю введите начальную и конечную частоты установки маркеров.

5. В поле **Количество** введите количество маркеров или в поле **Шаг по частоте** введите шаг по частоте в аккордеоне РЯД МАРКЕРОВ в подменю.

   ПРИМЕЧАНИЕ — При вводе одного из параметров второй устанавливается автоматически.

6. Нажмите кнопку **Добавить маркеры** в аккордеоне РЯД МАРКЕРОВ в подменю.



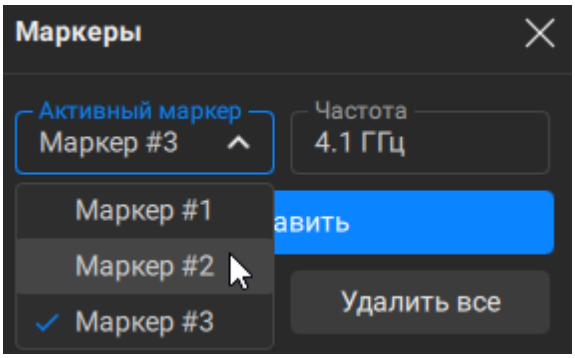
Выбор активного маркера

1. Если в канале размещено 2 диаграммы, выберите диаграмму (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).

2. Выберите график (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).

3. Нажмите кнопку **Маркеры** в меню.

4. Нажмите на список **Активный маркер** в подменю и выберите маркер из списка.



ПРИМЕЧАНИЕ Маркер можно выбрать, щелкнув мышью по номеру в поле данных маркера или по метке маркера на диаграмме.

Установка значения стимула маркера

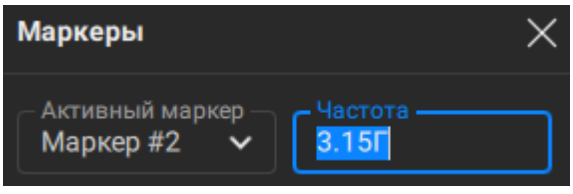
1. Если в канале размещено 2 диаграммы, выберите диаграмму (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).

2. Выберите график (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).

3. Нажмите кнопку **Маркеры** в меню.

4. Выберите маркер в списке **Активный маркер** в подменю и выберите маркер из списка.

5. Введите значение стимула в поле **Частота** в подменю.



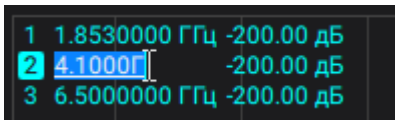
ПРИМЕЧАНИЕ

Значение стимула маркера может быть установлено перемещением метки мышью и вводом с помощью клавиатуры в поле данных маркеров.

Для установки значения стимула маркера мышью наведите указатель мыши на метку маркера на графике или оси стимула. Когда стрелка указателя изменится на двустороннюю стрелку, как показано на рисунках ниже, щелкните по маркеру и, удерживая клавишу мыши нажатой, переместите указатель:



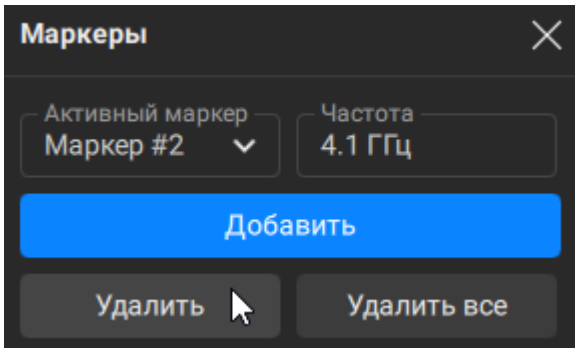
Для ввода числового значения стимула щелкните по маркеру в поле данных маркеров и введите значение с помощью клавиатуры:



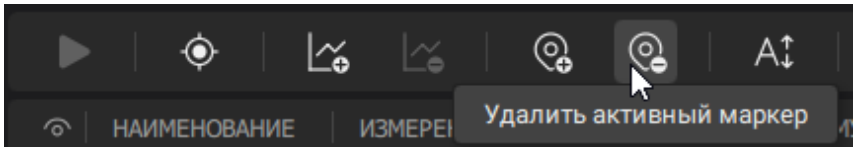
Удаление маркера

1. Если в канале размещено 2 диаграммы, выберите диаграмму (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
2. Выберите график (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
3. Нажмите кнопку **Маркеры** в меню.
4. Выберите маркер в списке **Активный маркер** в подменю.

5. Нажмите кнопку **Удалить** в подменю.



ПРИМЕЧАНИЕ Маркер можно удалить с помощью [панели быстрого доступа](#).



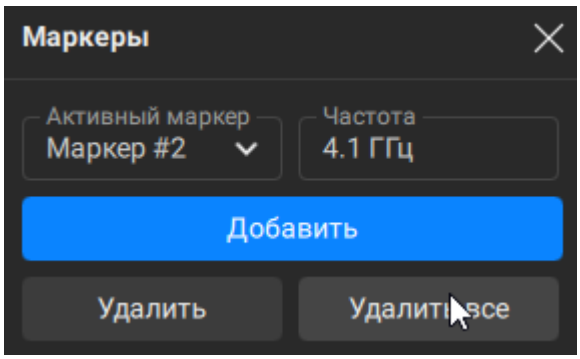
Удаление всех маркеров

1. Если в канале размещено 2 диаграммы, выберите диаграмму (см. п. [Выбор активной диаграммы и графика](#)).

2. Выберите график (см. п. [Выбор активной диаграммы и графика](#)).

3. Нажмите кнопку **Маркеры** в меню.

4. Нажмите кнопку **Удалить все** в подменю.



ПРИМЕЧАНИЕ	Все маркеры на графике можно удалить, нажав одновременно клавиши CTRL и 0.

Свойства маркеров

В данном разделе описаны следующие свойства маркеров:

- режим связности маркеров — определяет взаимозависимость одноименных маркеров для разных графиков канала;
- перемещение легенды маркеров на диаграмме — изменяет расположение легенд маркеров на экране;
- индикация легенды маркеров активного графика — включает индикацию легенды маркеров активного графиков (легенды остальных графиков не отображаются);
- вид метки маркера — изменяет отображение данных маркера на графике, а также включение линии, соответствующей значению маркера.

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 (см. рисунок ниже). По умолчанию режим связности включен.

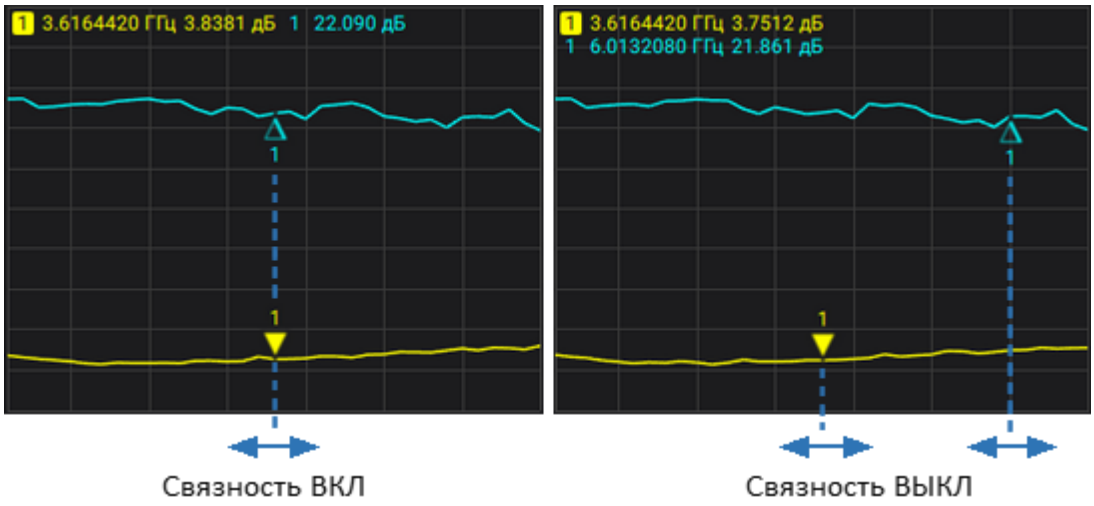
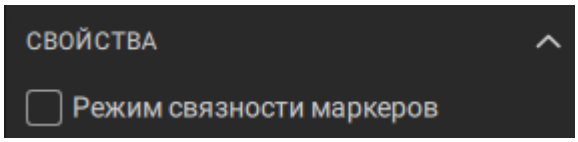


Рисунок 56 — Режим связности маркеров

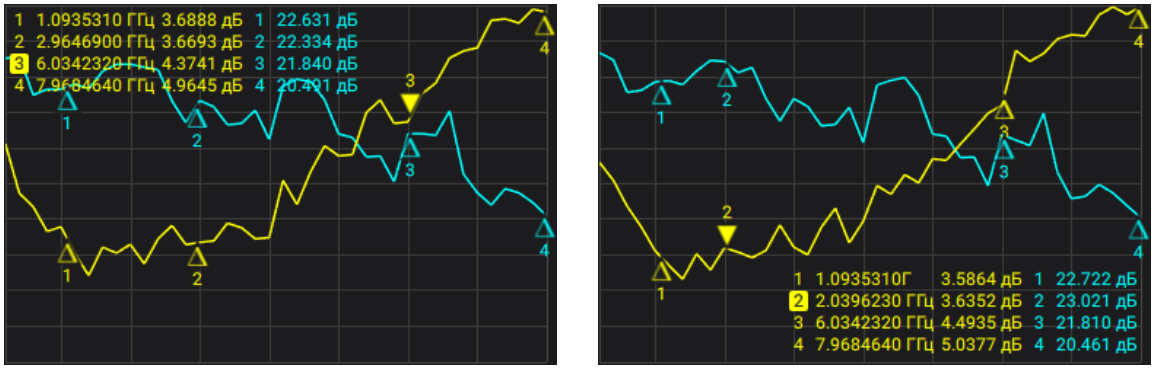
Выключение режима связности маркеров

1. Нажмите кнопку **Маркеры** в меню.
2. Установите флажок **Режим связности маркеров** в аккордеоне СВОЙСТВА в подменю.



Перемещение легенды маркеров на диаграмме

По умолчанию легенды маркеров отображаются в левом верхнем углу диаграммы. Легенда на диаграмме может быть перемещена в любое место, например, так, чтобы она не перекрывала графики (см. рисунок ниже).



легенда перекрывает графики без перекрытия графиков

Рисунок 57 — Расположение легенды маркеров

ПРИМЕЧАНИЕ Если необходимо компактно разместить легенды маркеров на диаграмме, используйте режим связности или отображение легенды только активного графика.

Перемещение легенд маркеров по диаграмме

---

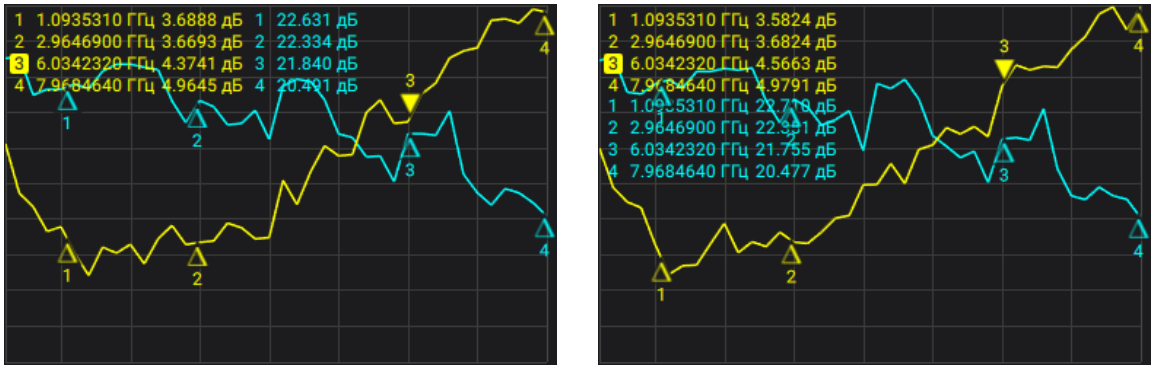
1. Щелкните мышью по легенде маркеров и перетащите ее в нужное место на диаграмме.

Индикация легенды маркеров активного графика

Если на диаграмме размещено несколько графиков, расположение легенд зависит от режима связности маркеров:

- при включенном режиме связности легенды разных графиков отображаются в линию: легенды всех графиков выравниваются по отношению к первому графику, значение стимула отображается только для первого графика;
- при выключенном режиме связности легенды разных графиков отображаются друг под другом без возможности перемещения отдельных легенд по диаграмме.

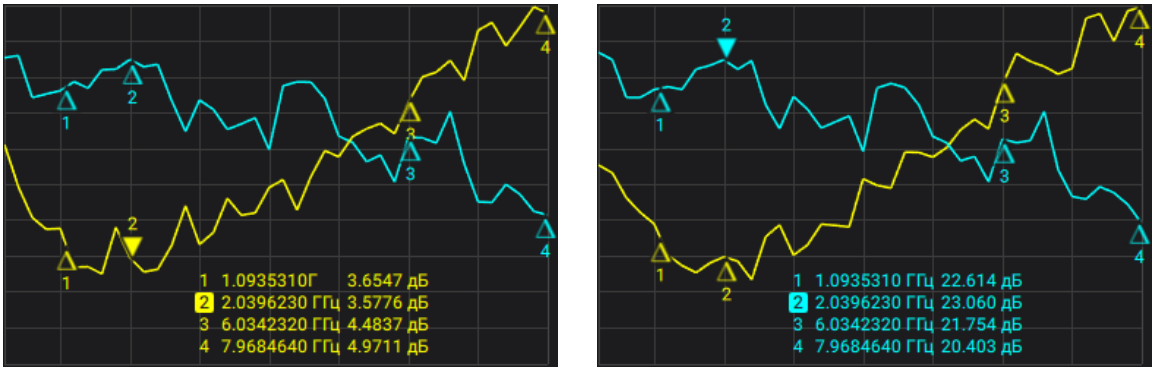
При большом количестве графиков или маркеров легенды могут перекрывать графики (см. рисунок ниже).



связность ВКЛ связность ВЫКЛ

Рисунок 58 — Наложение легенды маркеров на график

Чтобы избежать перекрытия, можно включить отображение легенды только активного графика, а также переместить легенду в любое свободное место (см. п. Расположение легенды маркеров на диаграмме). Маркеры для разных графиков различаются по цвету. Каждый маркер имеет тот же цвет, что и его график.



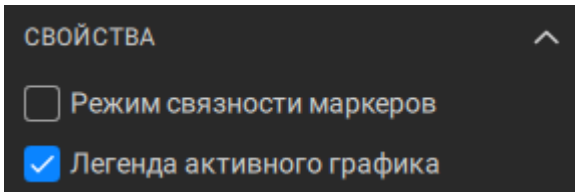
активный график 1 активный график 2

Рисунок 59 — Индикация легенды маркеров только активного графика

Включение индикации легенды маркеров активного графика

1. Нажмите кнопку **Маркеры** в меню.

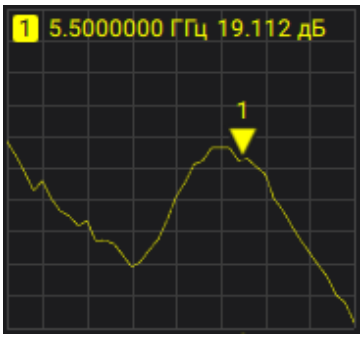
2. Установите флажок **Легенда активного графика** в аккордеоне СВОЙСТВА в подменю.



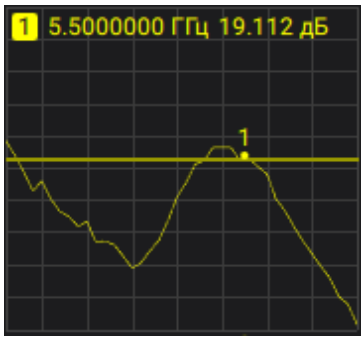
Вид метки маркера

По умолчанию для каждого маркера метка на графике отображается в виде треугольника (см. п. Маркеры). При необходимости для каждого маркера возможно изменить вид метки маркера (см. рисунок ниже). Метка каждого маркера может имет один из следующих видов (см. рисунок ниже):

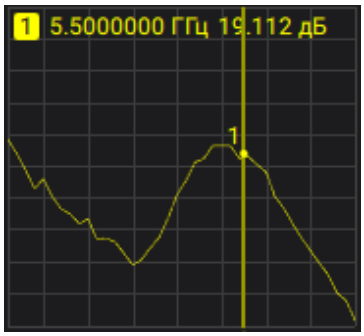
- треугольника — стиль **Треугольник** в подменю;
- горизонтальной линии — стиль **Горизонталь** в подменю;
- вертикальной линии — стиль **Вертикаль** в подменю.



треугольник



горизонтальная линия

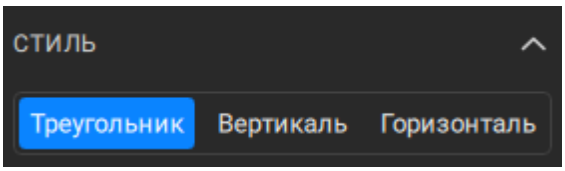


вертикальная линия

Рисунок 60 — Вид метки маркера

Выбор метки маркера

1. Если в канале размещено 2 диаграммы, выберите диаграмму (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
2. Выберите график (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
3. Нажмите кнопку **Маркеры** в меню.
4. Выберите маркер (см. п. Выбор активного маркера).
5. Нажмите кнопку **Треугольник, Горизонталь** или **Вертикаль** в переключателе в аккордеоне СТИЛЬ в подменю.



Функция памяти графиков

Для каждого графика измеренных данных в программе можно создать график памяти. Этот график является полностью независимым, его можно сохранить в файл или использовать при анализе данных.

График памяти имеет обозначение **Mem** в поле ИЗМЕРЕНИЕ в менеджере графиков и в поле **Измерение** в подменю **График** (см. рисунок ниже). Яркость графика памяти в два раза меньше яркости графиков текущих измерений (см. рисунок ниже).

При создании графика памяти измеряемый параметр исходного графика данных не сохраняется в наименовании или обозначении графика.

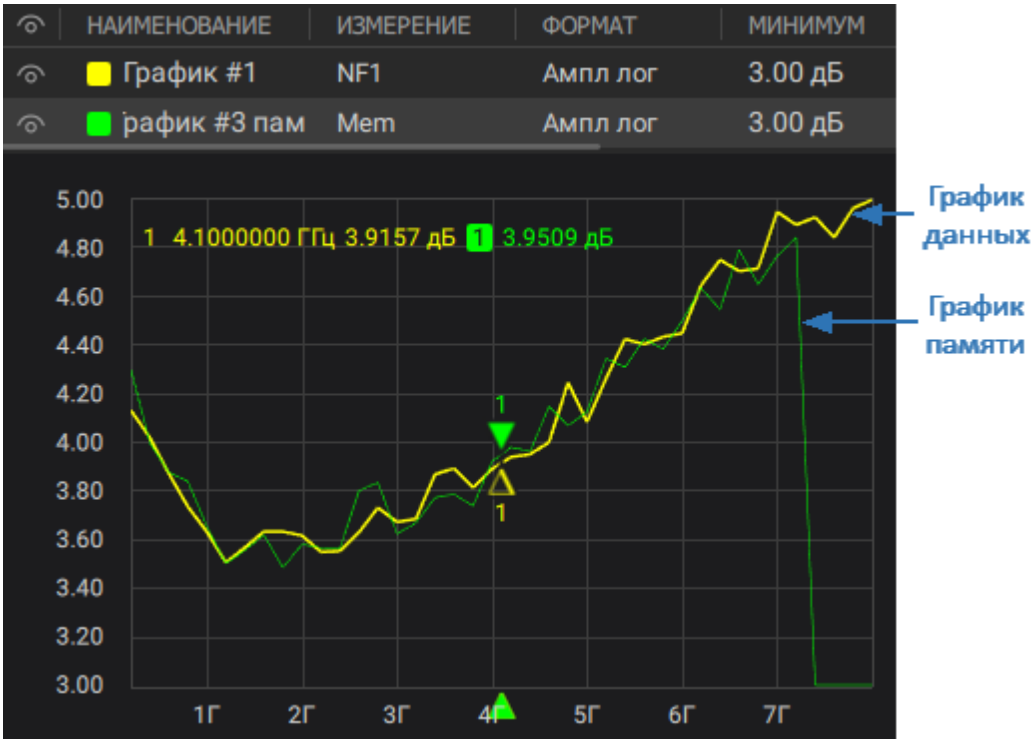
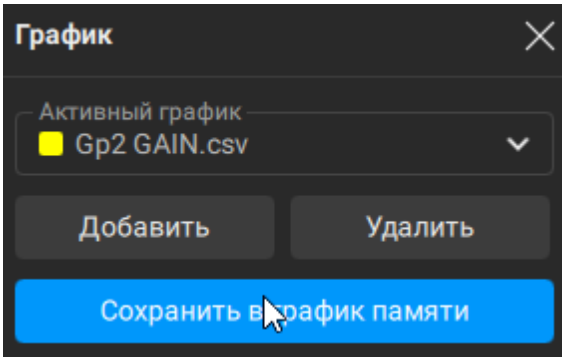


Рисунок 61 — График памяти

Сохранение графиков данных в график памяти

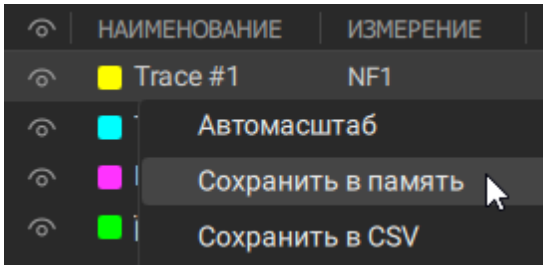
1. Если в канале размещено 2 диаграммы, выберите диаграмму (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
2. Выберите график (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
3. Нажмите кнопку **График** в меню.

4 Нажмите кнопку **Сохранить в график памяти** в подменю.



ПРИМЕЧАНИЕ

График памяти также можно сохранить из контекстного меню менеджера графиков. Для этого щелкните правой кнопкой мыши по графику данных, который нужно сохранить в память, и в меню выберите **Сохранить в память**.



ПРИМЕЧАНИЕ

Удаление графика памяти аналогично удалению графика данных (см. п. Удаление графика).

Математические операции

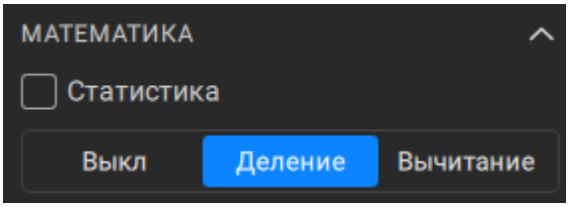
Текущие значения графика сохраняются в буфер памяти и используются для выполнения математических операций. Результат математической операции замещает график данных. Доступные математические операции приведены в таблице ниже.

Математическая операция	Описание
Деление	Текущие значения графика сохраняются в буфер памяти, выполняется математическая операция деления текущих данных на память.
Вычитание	Текущие значения графика сохраняются в буфер памяти, выполняется математическая операция разности между текущими данными и памятью.
Выкл	Отображение текущих значений графика без математической обработки.

Выбор математической операции

1. Если в канале размещено 2 диаграммы, выберите диаграмму (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
2. Выберите график (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
3. Нажмите кнопку **График** в меню.
4. Нажмите кнопку математической операции **Деление** или **Вычитание** в аккордеоне МАТЕМАТИКА в подменю.

   Для выключения математических операций над графиком нажмите кнопку **Выкл** в аккордеоне МАТЕМАТИКА в подменю.



ПРИМЕЧАНИЕ	При выполнении математической операции в менеджере графиков в поле ФУНКЦИИ графика отображается **Матем**.

Статистика

Функция статистики вычисляет и отображает следующие параметры графика: среднее значение, среднеквадратическое отклонение и фактор пик–пик, полученные по результатам обработки всех точек графика. По умолчанию легенда статистики отображается в левом верхнем углу. Легенду статистики можно перемещать мышью в пределах диаграммы.

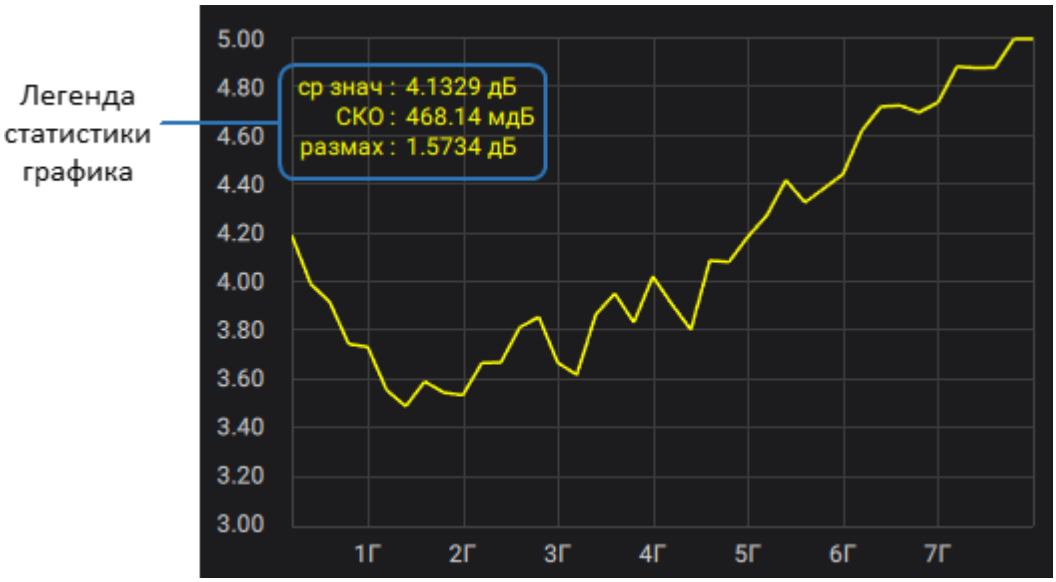


Рисунок 62 — Статистика

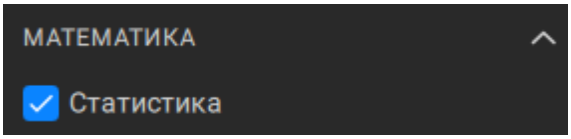
Определение статистических параметров

Обозначение	Определение	Формула
ср. знач	Среднее арифметическое	$M = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} x_i$
СКО	Среднеквадратическое отклонение	$\sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^{N} (x_i - M)^2}$
размах	Фактор пик–пик: разность между максимальным и минимальным значением	Max – Min

Включение функции статистики

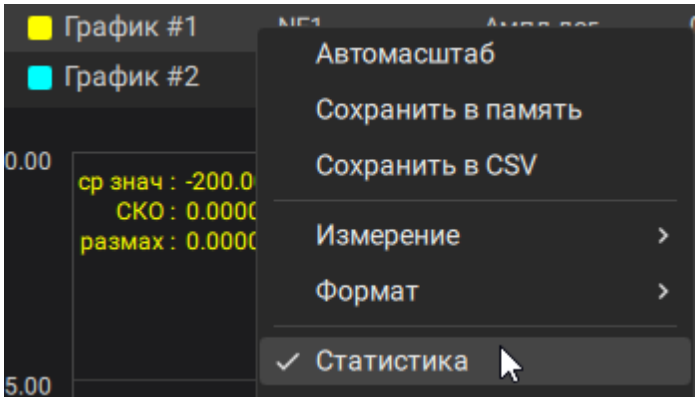
Статистика устанавливается индивидуально для каждого графика.

1. Если в канале размещено 2 диаграммы, выберите диаграмму (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
2. Выберите график (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
3. Нажмите кнопку **График** в меню.
4. Установите флажок **Статистика** в аккордеоне МАТЕМАТИКА в подменю.



ПРИМЕЧАНИЕ

Отображение статистики можно включить или выключить из контекстного меню менеджера графиков. Для этого щелкните правой кнопкой мыши по графику, для которого нужно отобразить или скрыть статистику, и в меню выберите **Статистика**.



ПРИМЕЧАНИЕ

При включении статистики в менеджере графиков в поле ФУНКЦИИ графика отображается **Стат**.

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 (см. рисунок ниже). Каждый отрезок контролирует выход измеряемой величины за верхний или нижний предел. Отрезок задается координатами начала (X0, Y0) и конца (X1, Y1) и типом. Тип предела МАКС или МИН определяет контроль выхода за верхний или нижний предел соответственно.

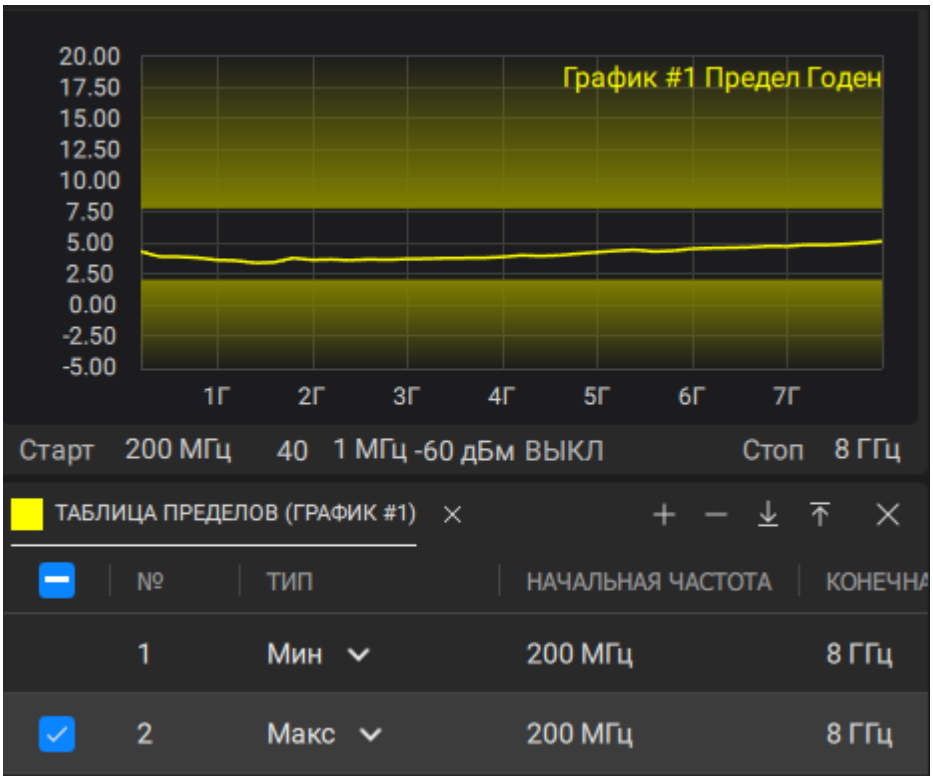


Рисунок 63 — Пример допускового контроля

Линия пределов задается пользователем в виде таблицы пределов. Каждая строка таблицы пределов определяет один отрезок. Редактирование таблицы пределов описано ниже. Таблица может быть сохранена в файл *.LIM, и затем загружена из файла.

Параметры линии пределов

Колонка таблицы	Описание
№	Порядковый номер линии предела
ТИП	Тип отрезка: • **Макс** — верхний предел; • **Мин** — нижний предел; • **В точке** — верхний и нижний предел в одной частотной точке; • **Выкл** — предел не используется
НАЧАЛЬНАЯ ЧАСТОТА	Значение стимула в начальной точке отрезка
КОНЕЧНАЯ ЧАСТОТА	Значение стимула в конечной точке отрезка
НАЧАЛО ОТКЛИКА	Значение отклика в начальной точке отрезка
КОНЕЦ ОТКЛИКА	Значение отклика в конечной точке отрезка

Отображение линии пределов может быть включено/отключено, независимо от состояния функции допускового контроля.

Результат допускового контроля отображается в верхнем правом углу диаграммы в виде сообщения **График X Предел Годен** или **График X Предел Брак**, где **X** — номер графика.

При статусе **Брак** точки, не прошедшие контроль, отображаются на графике измеряемой величины красным цветом (см. рисунок ниже).

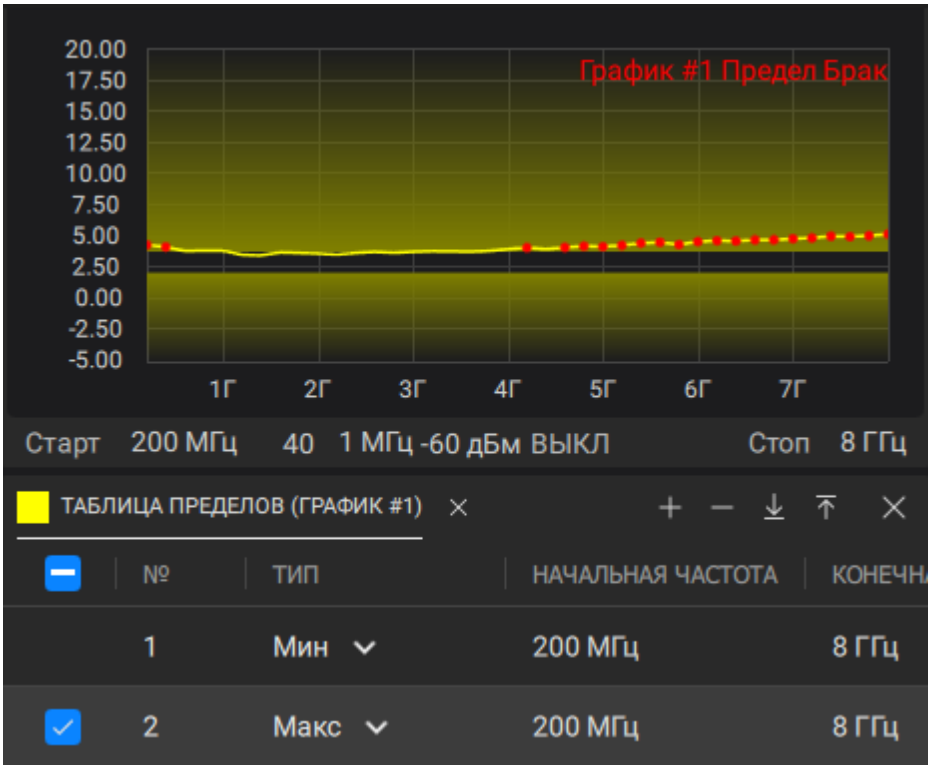


Рисунок 64 — Пример отрицательных результатов допускового контроля

Включение допускового контроля

Допусковый контроль устанавливается для каждого графика.

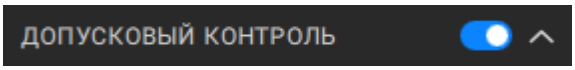
---

1. Если в канале размещено 2 диаграммы, выберите диаграмму (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).

2. Нажмите кнопку **Тесты** в меню.

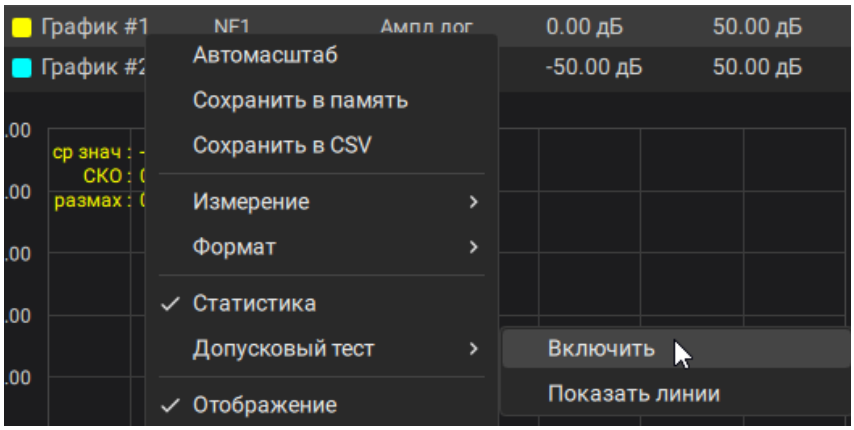
3. Выберите график в списке **Активный график** в меню.

4. Включите переключатель в аккордеоне ДОПУСКОВЫЙ КОНТРОЛЬ в подменю.



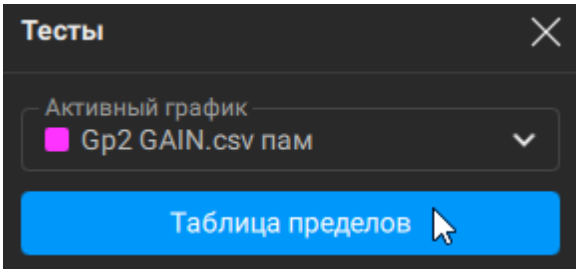
ПРИМЕЧАНИЕ

Отображение результатов допускового контроля можно включить или выключить из контекстного меню менеджера графиков. Для этого щелкните правой кнопкой мыши по графику, для которого нужно отобразить результаты допускового контроля, и в меню выберите **Допусковый тест > Включить**.



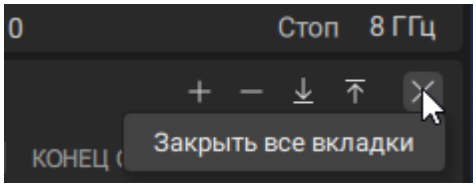
Отображение таблицы пределов

1. Если в канале размещено 2 диаграммы, выберите диаграмму (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
2. Нажмите кнопку **Тесты** в меню.
3. Выберите график в списке **Активный график** в меню.
4. Нажмите кнопку **Таблица пределов** в подменю.



ПРИМЕЧАНИЕ

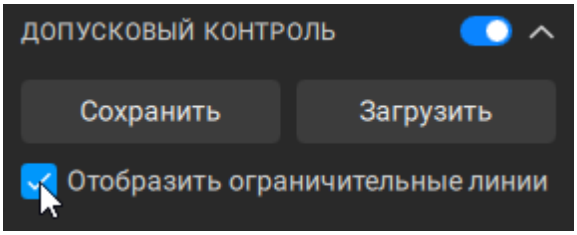
Таблицу можно скрыть, нажав кнопку  в правом углу таблицы пределов.



Индикация линий пределов

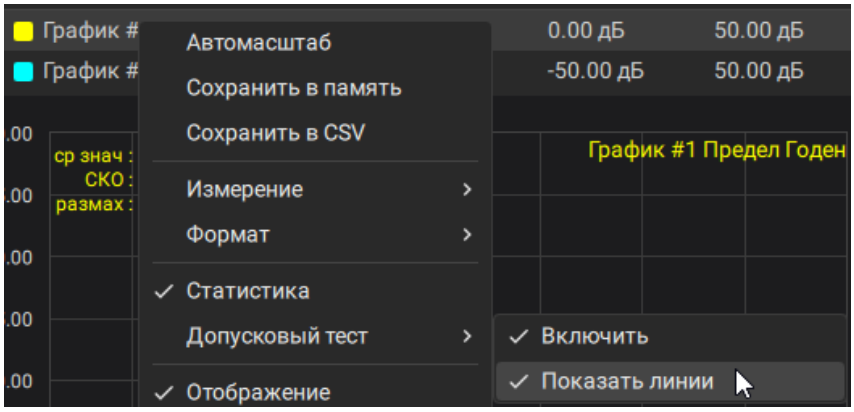
1. Включите допусковый контроль (см. п. Включение допускового контроля).

2. Установите флажок **Отобразить ограничительные линии** в аккордеоне ДОПУСКОВЫЙ КОНТРОЛЬ в подменю. Чтобы скрыть линии, снимите флажок.



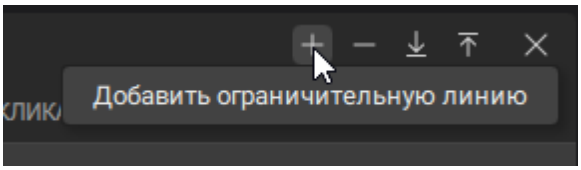
ПРИМЕЧАНИЕ

Отображение линий пределов можно включить или выключить из контекстного меню менеджера графиков. Для этого щелкните правой кнопкой мыши по графику, для которого нужно отобразить линии пределов, и в меню выберите **Допусковый тест > Показать линии**.



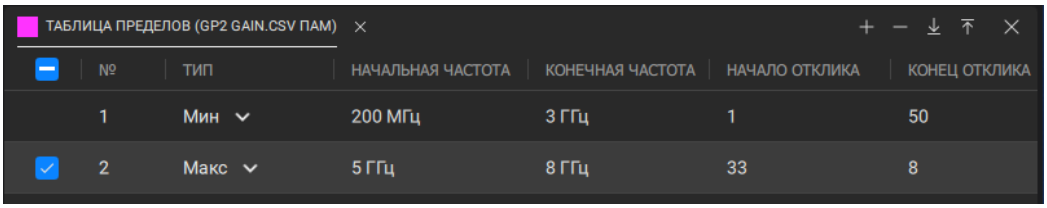
Добавление линии пределов

1. Включите допусковый контроль (см. п. Включение допускового контроля).
2. Отобразите таблицу линий пределов (см. п. Отображение таблицы пределов).
3. Нажмите на значок + в правом верхнем углу таблицы.



Настройка параметров линий пределов

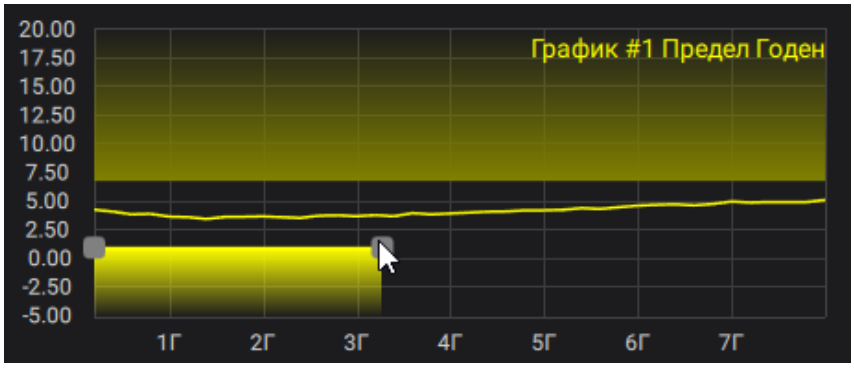
1. Включите допусковый контроль (см. п. Включение допускового контроля).
2. Отобразите таблицу линий пределов (см. п. Отображение таблицы пределов).
3. Щелкните на поле в таблице линий пределов и введите значение.



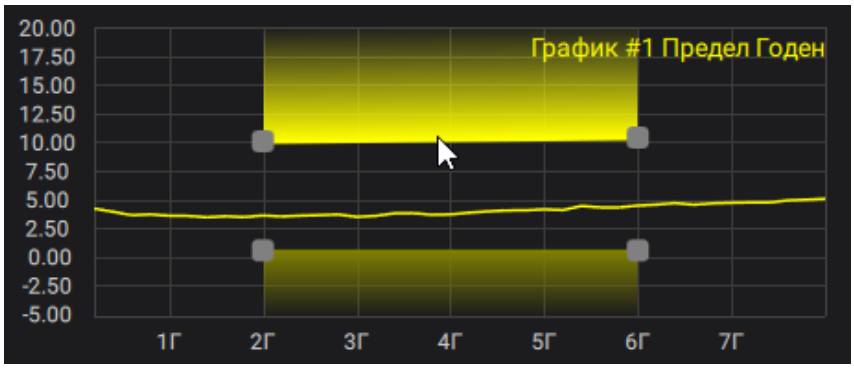
ПРИМЕЧАНИЕ

Линию пределов можно редактировать на диаграмме. Для этого щелкните по линии предела. Выделенная линия будет иметь более яркий цвет. На границах линии должны появиться серые квадраты, как показано на рисунке ниже. Наведите курсор на серый квадрат и переместите его в нужное место.

Также можно перемещать всю линию в любом направлении. Для этого щелкните по линии и, переместите ее, удерживая клавишу мыши зажатой.



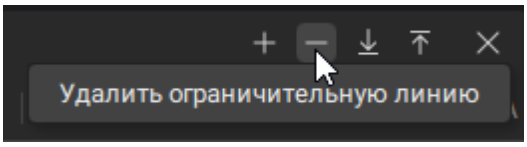
Для группового перемещения линий нажмите и удерживайте клавишу Ctrl на клавиатуре, последовательно щелкните по нескольким линиям, затем щелкните по любой линии и, удерживая клавишу Ctrl и клавишу мыши зажатыми, переместите их по диаграмме.



В режиме настройки координат тест не выполняется. Для выхода из режима редактирования нажмите на любую область диаграммы вне линии. Квадраты исчезнут, и тест продолжится.

Удаление линий пределов

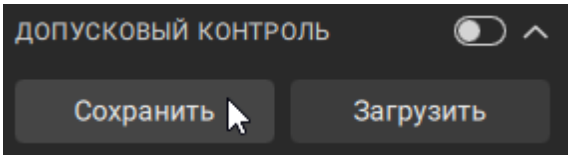
1. Включите допусковый контроль (см. п. Включение допускового контроля).
2. Нажмите кнопку **Тесты** в подменю.
3. Выделите флажками линию или несколько линий в таблице.
4. Нажмите значок  в верхнем левом углу таблицы.



Сохранение таблицы пределов

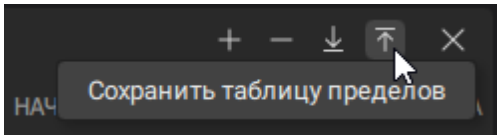
1. Нажмите кнопку **Тесты** в меню.
2. Выберите график в списке **Активный график** в меню.
3. Нажмите кнопку **Сохранить** в аккордеоне ДОПУСКОВЫЙ КОНТРОЛЬ в подменю. Выберите путь и имя файла.

   ПРИМЕЧАНИЕ — Таблица пределов сохраняется в файла *.LIM.



ПРИМЕЧАНИЕ

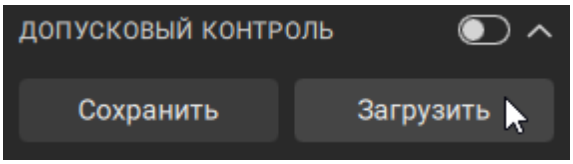
Таблицу можно сохранить, нажав кнопку  в правом верхнем углу таблицы линий пределов.



Загрузка таблицы пределов

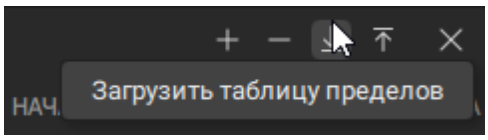
1. Нажмите кнопку **Тесты** в меню.
2. Выберите график в списке **Активный график** в меню.
3. Нажмите кнопку **Загрузить** в аккордеоне ДОПУСКОВЫЙ КОНТРОЛЬ в подменю. Выберите путь и имя файла.

   ПРИМЕЧАНИЕ — Таблица пределов загружается из файл *.LIM.



ПРИМЕЧАНИЕ

Таблицы можно загрузить, нажав кнопку  в правом углу таблиц линий пределов.



Сохранение состояния и данных

В программе возможно сохранить следующие файлы:

- файл состояния, который содержит все установленные параметры, результаты проведенной калибровки, конфигурации окон, измеренные и сохраненные в памяти данные. Сохраненный файл состояния можно загрузить в программу для ускорения работы (см. п. Сохранение состояния);
- данные отдельных графиков в формате *.CSV (см. п. Сохранение данных графика).

Сохранение состояния

В файл состояния *.INI сохраняется следующая информация:

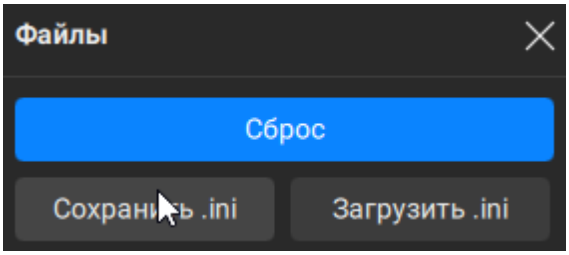
- данные о методе и конфигурации измерений;
- установленные параметры;
- результаты проведенной калибровки;
- расположение окон, графиков, маркеров и ограничительных линий.

Сохраненный файл состояния может быть загружен в программу.

Сохранение состояния ПО в файл

1. Нажмите кнопку **Файлы** в меню.

2. Нажмите кнопку **Сохранить .ini** в подменю и выберите путь и имя файла в открывшемся окне.



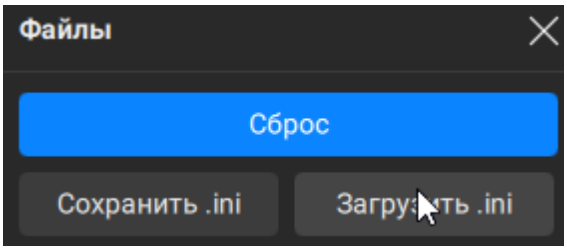
SCPI NF:SYSTem:STATe:SAVE

Загрузка состояния ПО из файла

1. Нажмите кнопку **Файлы** в меню

2. Нажмите кнопку **Загрузить .ini** в подменю и выберите путь и имя файла в открывшемся окне.

ПРИМЕЧАНИЕ — Текущее состояние программы не сохраняется.



SCPI NF:SYSTem:STATe:LOAD

Сохранение данных графика

Данные графика можно сохранить в файл в формате *.CSV (значения, разделенное запятыми). Файл *.CSV содержит комментарии и строки данных графика(ов). Комментарии начинаются с символа «!».

Возможно сохранить активный график или все графики в канале.

Данные графика сохраняются в файл *.CSV в следующем виде:

! Comment		
! Header		
F[0],	Data1[… 0],	DataN[0]
F[1],	Data1[… 1],	DataN[1]
. . .		
F[n],	Data1[… n],	DataN[n]

! Comment — комментарий содержит две строки:

1 модель и серийный номер анализатора, версия программного обеспечения NF;

2 дата сохранения (в формате дд.мм.гггг чч:мм:сс).

! Header — две строки заголовков колонок:

1 название параметра графика;

2 размерность данных.

F[n] — частота измерения в точке n;

Data1 — значение графика 1 в точке n;

DataN — значение графика N в точке n.

ПРИМЕЧАНИЕ Десятичный разделитель в сохраненных данных – **точка**, разделитель между значениями – **запятая**.

При необходимости данные графика(ов) возможно загрузить из файла. В менеджере графиков в наименовании графика (поле НАИМЕНОВАНИЕ) будет

отображен параметр графика и имя файла. В поле НАИМЕНОВАНИЕ будет отображено значение Mem (см. рисунок ниже).

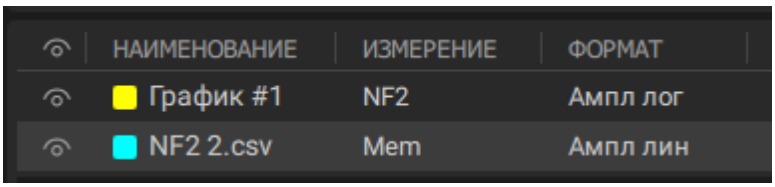
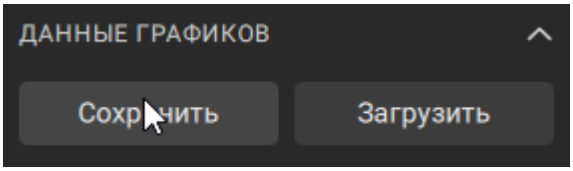


Рисунок 65 — Пример графика, загруженного из файла

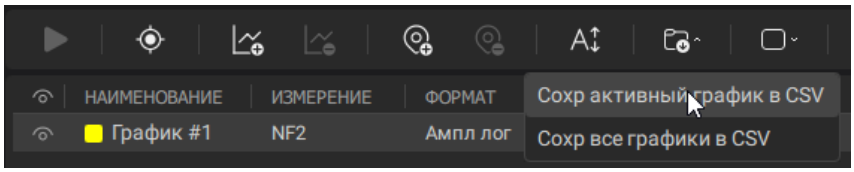
Сохранение графика в файл

1. Выберите график (см. п. Выбор активной диаграммы и графика).
2. Нажмите кнопку **Файлы** в меню.
3. Нажмите кнопку **Сохранить** в аккордеоне ДАННЫЕ ГРАФИКОВ в подменю и выберите путь и имя файла в открывшемся окне.



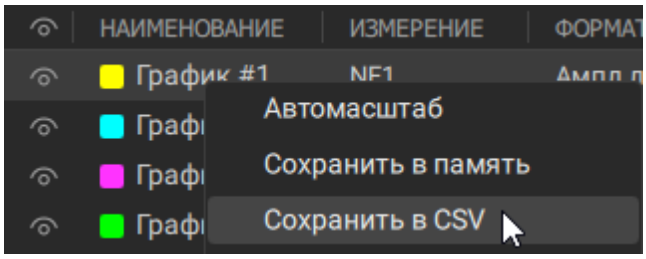
ПРИМЕЧАНИЕ

График можно сохранить в панели быстрого доступа. Для этого нажмите на кнопку  и выберите **Сохр активный график в CSV**:



ПРИМЕЧАНИЕ

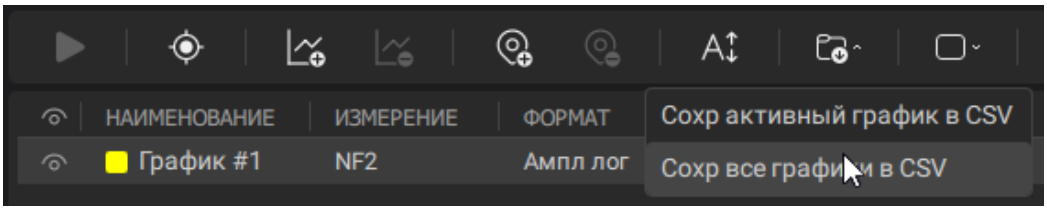
График можно сохранить из контекстного меню. Для этого щелкните по строке графика и выберите **Сохранить в CSV**.



Сохранение всех графиков в файл

1. Нажмите на кнопку  в панели быстрого доступа (см. п. Панель быстрого доступа).

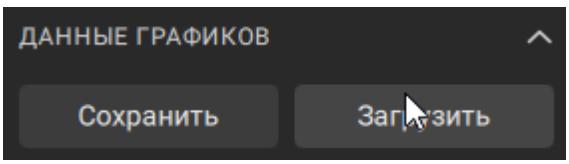
2. Выберите **Сохранить все графики в CSV** в открывшемся окне. Выберите путь и имя файла.



Загрузка графика или всех графиков из файла

1. Нажмите кнопку **Файл** в меню.

2. Нажмите кнопку **Загрузить** в аккордеоне ДАННЫЕ ГРАФИКОВ в подменю и выберите путь и имя файла в открывшемся окне.



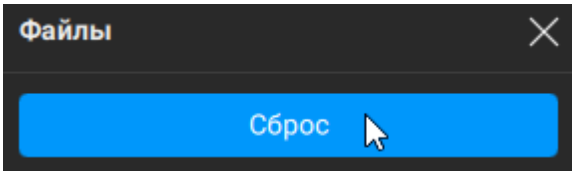
Системные установки

Начальная установка

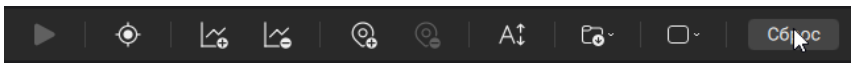
Начальная установка служит для приведения программы к заводским настройкам. Значения параметров, устанавливаемые в процедуре начальной установки, приведены в Приложение А.

Приведение анализатора в начальное состояние

1. Нажмите кнопку **Файлы** в меню.
2. Нажмите кнопку **Сброс** в подменю.



ПРИМЕЧАНИЕ Программу можно привести к начальным установкам с помощью панели быстрого доступа.



Управление лицензиями

Файл лицензии генерируется предприятием-изготовителем и отправляется в момент покупки.

Файл лицензии имеет расширение *.LIC и должен находиться в основном каталоге приложения или в подкаталоге \Licenses основного каталога программы NF.

ПРИМЕЧАНИЕ В случае утери или повреждения файла лицензии обратитесь на предприятие-изготовитель.

ПРИМЕЧАНИЕ Программа NF запрещает запуск измерений до подтверждения лицензионной информации. Это обеспечивает соблюдение правил использования программного обеспечения и предотвращает нелицензированное использование.

Некоторые функции функций программы доступны для изучения возможностей программы без подтвержденной лицензии:

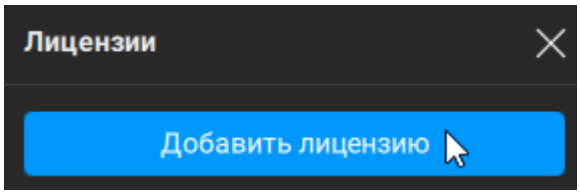
- боковая панель (см. п. Боковая панель) и панель быстрого доступа (см. п. Панель быстрого доступа);
- функции анализа данных, загруженных из .*CSV файлов (см. п. Загрузка графика или всех графиков из файла, Анализ данных измерений).

Процедура проверки лицензии требует, чтобы программа NF была успешно подключена к программному обеспечению анализатора. При подключении считывается номер, по которому происходит проверка лицензии.

Загрузка файла лицензии в список лицензий в программе NF

1. Нажмите кнопку **Лицензии** в меню.

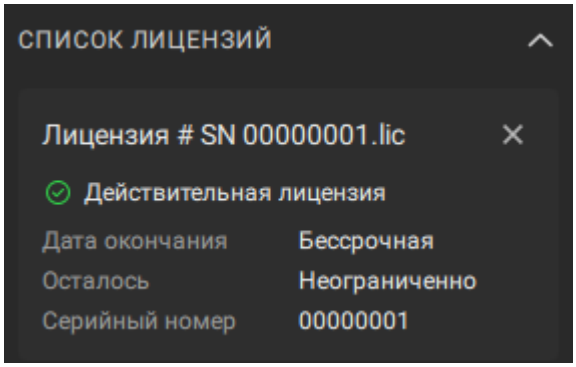
2. Нажмите кнопку **Добавить лицензию** в подменю.



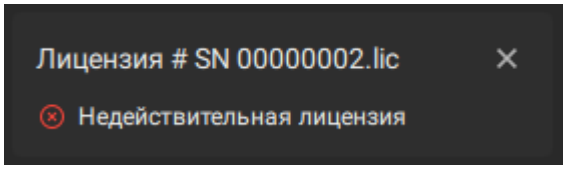
3. В открывшемся окне перейдите в основной каталог или подкаталог \Licenses основного каталога программы NF и выберите файл лицензии.

   После загрузки файла в аккордеоне СПИСОК ЛИЦЕНЗИЙ отобразится информация о лицензии:

   - имя файла лицензии;
   - индикатор валидности лицензии;
   - дата окончания действия лицензии;
   - оставшийся период действия;
   - номера анализаторов, на которых распространяется лицензионное соглашение.



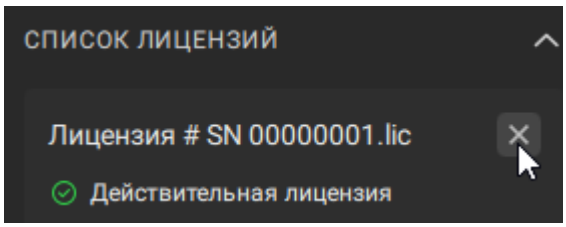
ВНИМАНИЕ! В случае, если в поле индикатора валидности лицензии отображается **Недействительная лицензия**, то файл лицензии не покрывает анализатор с данным заводским номером или закончился срок действия лицензии. Требуется загрузить корректный файл лицензии.



Удаление файла лицензии из списка

1. Нажмите кнопку **Лицензии** в меню.

2. Нажмите кнопку  в информации о лицензии в аккордеоне СПИСОК ЛИЦЕНЗИЙ.



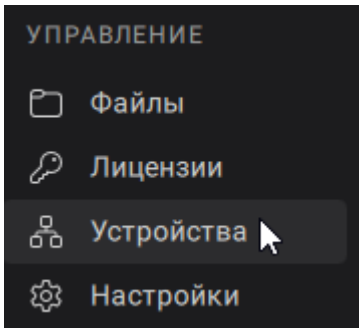
Сетевые настройки

Сетевые настройки используются для соединения программы NF с ПО анализатора. Соединение устанавливается через сеть по протоколу TCP/IP Socket.

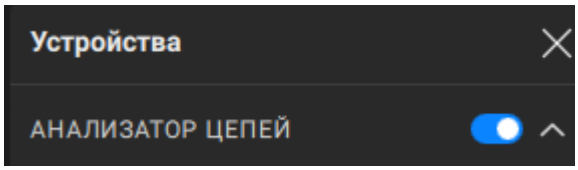
Для соединения необходимо указать в программе NF адрес и номер порта Socket, которые использует ПО анализатора.

Подключение программы NF к ПО анализатора

1. Нажмите кнопку **Устройства** в меню.



2. Включите переключатель в аккордеоне АНАЛИЗАТОР ЦЕПЕЙ в подменю.



SCPI NF:SYSTem:VNA:CONnection

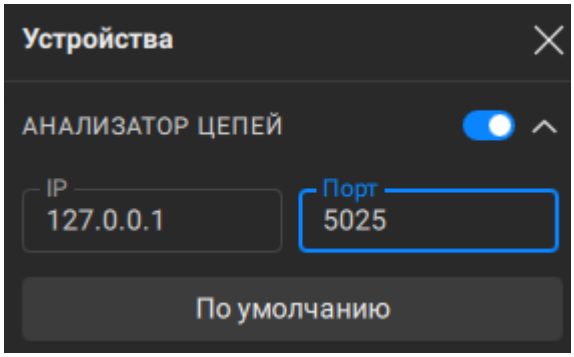
Установка Socket адреса и номера порта анализатора

1. Нажмите кнопку **Устройства** в меню.

2. Введите в поля **IP** и **Порт** в аккордеоне АНАЛИЗАТОР ЦЕПЕЙ и введите требуемые значения настроек.

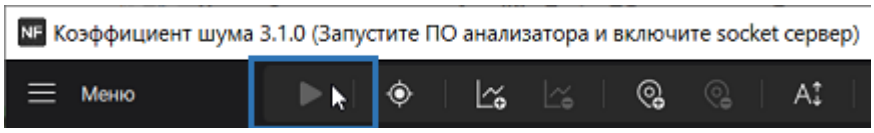
   ПРИМЕЧАНИЕ – Socket-адрес и номер порта можно установить в значения по умолчанию 127.0.0.1 и 5025, нажав кнопку По умолчанию в подменю.

   ПРИМЕЧАНИЕ – Проверьте в аккордеоне ПРЕДУСИЛИТЕЛЬ, что МШУ подключен (см. п. Настройка МШУ и п. Строка состояния программы).

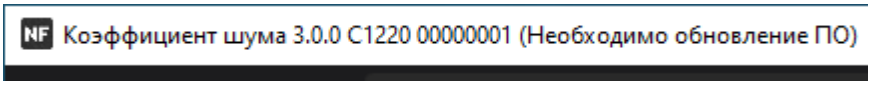


ВНИМАНИЕ!

Если адрес и номер порта Socket, установленные в ПО NF, не совпадает с настройками в ПО анализатора, в верхней строке программы NF появится сообщение **Запустите ПО анализатора и включите socket сервер**, при этом кнопка начала измерений в панели быстрого доступа будет не активна (см. п. Панель быстрого доступа).



В случае, если в верхней строке программы отображается сообщение **Необходимо обновление ПО**, следует перейти на сайт www.planarchel.ru, скачать и установить последнюю версию программного обеспечения анализатора.



Автоматизация

Автоматизация используется для включения удаленного управления программой NF. Удаленное управление программой через сеть возможно по протоколу TCP/IP Socket.

Включение/выключение удаленного управления программой

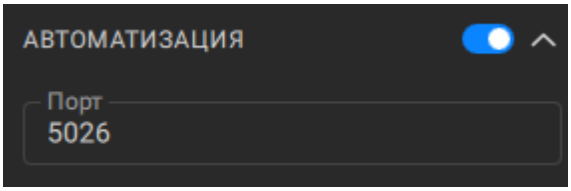
1. Нажмите кнопку **Устройства** в меню.
2. Включите или выключите переключатель в аккордеоне АВТОМАТИЗАЦИЯ в подменю.



Установка номера порта Socket

1. Нажмите кнопку **Устройства** в меню.
2. Нажмите в поле **Порт** в аккордеоне АВТОМАТИЗАЦИЯ и введите номер порта.

ПРИМЕЧАНИЕ – Проверьте в аккордеоне ПРЕДУСИЛИТЕЛЬ, что МШУ подключен (см. п. Настройка МШУ и п. Строка состояния программы).



ПРИМЕЧАНИЕ При указании номера порта, убедитесь, что порт не занят другим процессом. Подробнее об удаленном управлении анализатора см. в пп. Руководство по программированию.

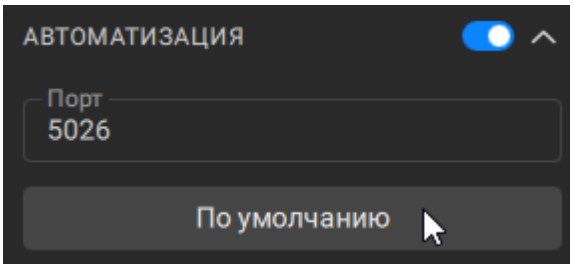
Начальная установка настроек автоматизации

По умолчанию удаленное управление отключено. Номер порта по умолчанию — 5026.

---

1. Нажмите кнопку **Устройства** в меню.

2. Введите в кнопку **По умолчанию** в аккордеоне АВТОМАТИЗАЦИЯ.



Библиотека генератора шума

Программа NF может работать различными генераторами шума. Для хранения описаний всех ГШ используется библиотека, которая представляет собой таблицу, в строчках которой перечислены основные сведения о внесенных ГШ.

ПРИМЕЧАНИЕ

В качестве требуемого источника шума рекомендуется применять полупроводниковые ГШ. Управление ГШ осуществляется с МШУ.

Как средства измерений, ГШ предназначены для использования в качестве меры перепада спектральной плотности мощности шумового радиоизлучения. Устройства используются совместно с приборами, обеспечивающими режим измерений коэффициента шума.

По результатам градуировки ГШ заполняется таблица частотной зависимости ИОШТ (ENR).

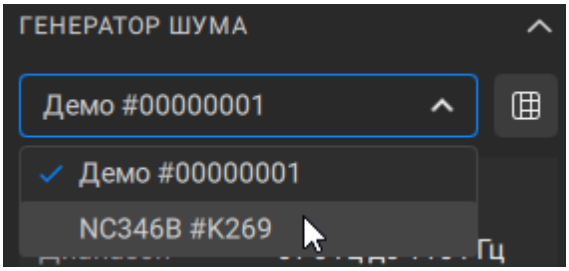
Выбор ГШ и просмотр информации о ГШ

---

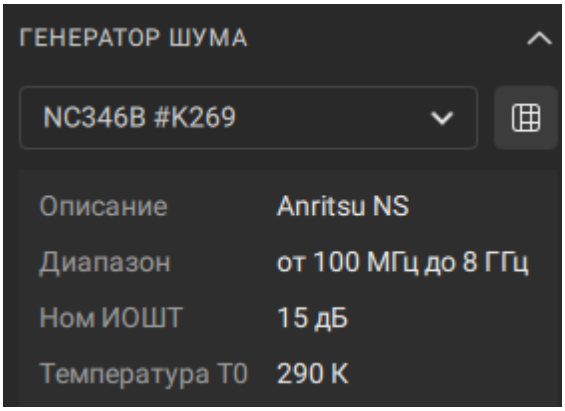
1. Нажмите кнопку **Устройства** в меню.

2. Нажмите список в аккордеоне ГЕНЕРАТОР ШУМА в подменю и выберите ГШ из списка.

   ПРИМЕЧАНИЕ – В списке отображаются только добавленные в программу ГШ (см. п. Редактирование библиотеки описаний ГШ).



Под списком отобразится основная информация о ГШ: производитель, частотный диапазон, номинальное значение ИОШТ, стандартная температура.



ПРИМЕЧАНИЕ Список подключенных ГШ отображается в панели быстрого доступа.

Редактирование библиотеки описаний ГШ

В окне Библиотека ГШ отображаются все ГШ. Каждая строка описывает один ГШ. По умолчанию таблица содержит один предопределенный ГШ, параметры которого не могут быть изменены. Можно добавить или удалить пользовательский ГШ.

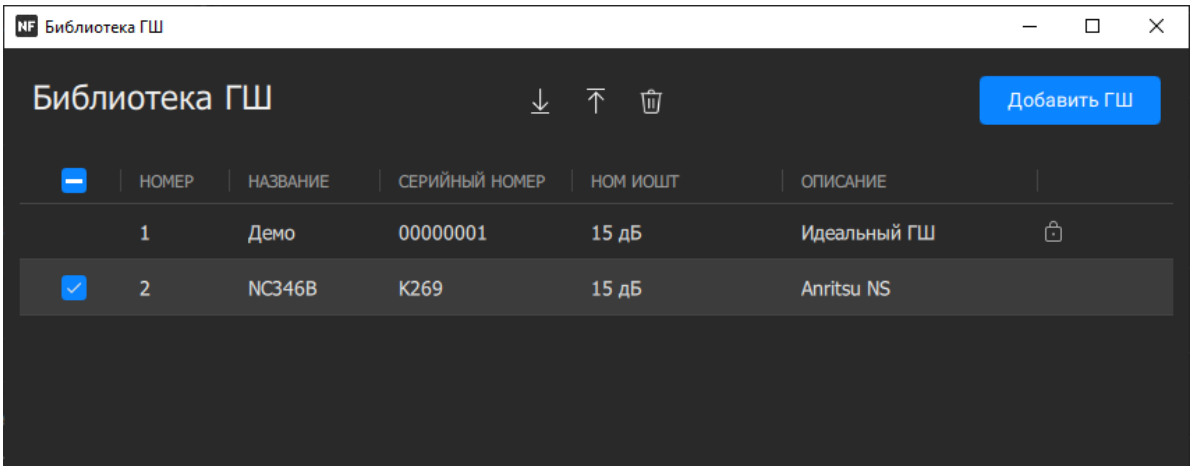


Рисунок 66 — Библиотека описаний ГШ

Описание столбцов таблицы ГШ приведено в таблице ниже.

Название столбца	Описание
НОМЕР	Порядковый номер ГШ.
НАЗВАНИЕ	Наименование ГШ.
СЕРИЙНЫЙ НОМЕР	Серийный номер.
НОМ ИОШТ	Номинальное значение ИОШТ.
ОПИСАНИЕ	Стандартная температура при характеризации T_0.
Значок 	Значок предопределенного ГШ.

Описание ГШ можно загрузить из файла или внести все данные вручную. При вводе текстовой или числовой информации в таблице данные сохраняются автоматически. После того как заполнены все данные, рекомендуется сохранить описание ГШ в файл *.NS.

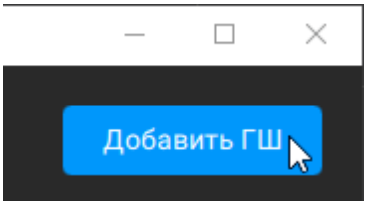
Запуск библиотеки описаний ГШ

1. Нажмите кнопку **Устройства** в меню.
2. Нажмите значок  в аккордеоне ГЕНЕРАТОР ШУМА в подменю.

Добавление ГШ вручную

1. Нажмите на кнопку **Добавить ГШ** в правом верхнем углу окна.

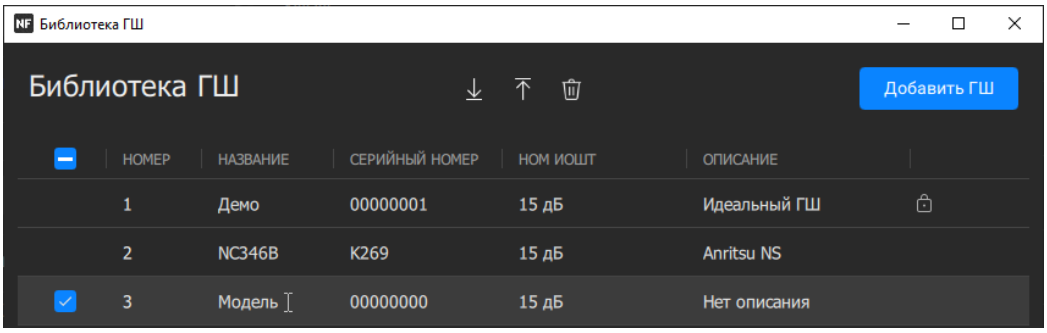
   ПРИМЕЧАНИЕ — После нажатия на эту кнопку в таблице появится новая строка с предварительно заполненными данными и описанием **Нет описания**.



2. Внесите все параметры ГШ в открывшемся окне вручную или из файла (см. п. Редактирование описания ГШ).

Редактирование описания ГШ

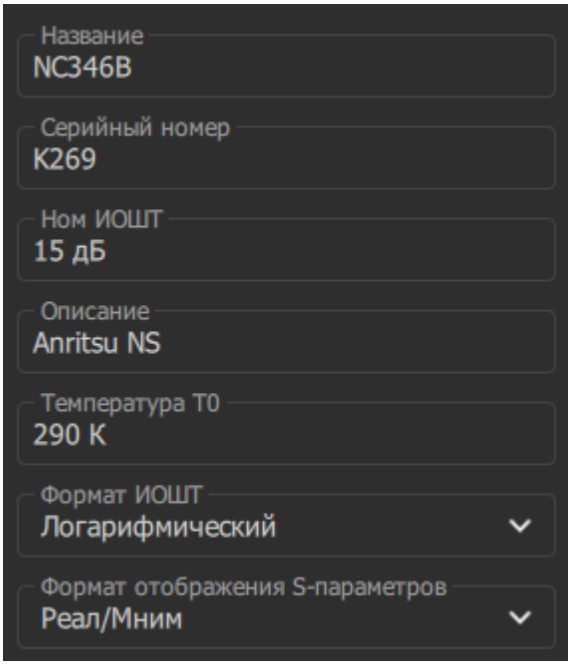
1. Дважды щелкните по строке в таблице ГШ.



2. В открывшемся окне в боковой панели нажмите:

   - на поле **Название** и введите наименование ГШ;
   - на поле **Серийный номер** и введите серийный номер ГШ;
   - на поле **Ном ИОШТ** и введите номинальное значение ИОШТ;
   - на поле **Описание** и введите кратное описание ГШ;
   - на поле **Температура Т0** и введите стандартную температуры при характеризации T_0;
   - на список **Формат ИОШТ** и выберите формат отображения ИОШТ;

- на список **Формат отображения S-параметров** и выберите формат представления данных (для метода **Y-фактор с гамма-коррекцией**).

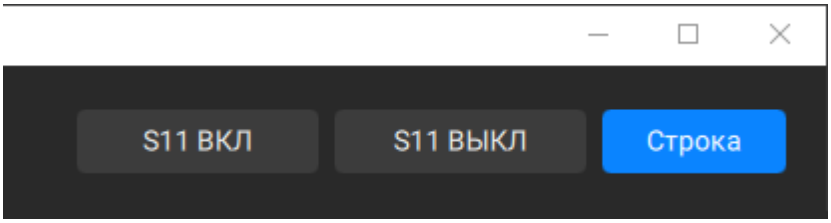


3 В таблице описания ГШ щелкните в строке:

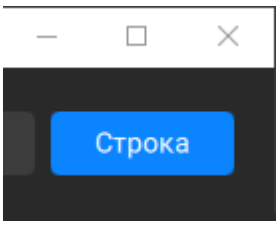
- по поле **ЧАСТОТА** и ведите значение частоты измерения ИОШТ;
- по поле **ИОШТ** и ведите значение ИОШТ (если информация представлена в сертификате (свидетельстве) ГШ);
- по поле **НЕОПР ИОШТ** и ведите значение погрешности определения действительных значений ИОШТ (если информация представлена в сертификате (свидетельстве) ГШ);
- по полю **РЕАЛ | ДБ | АМПЛИТУДА (S11 ВКЛ)** и **МНИМ | УГОЛ (S11 ВКЛ)** введите значение коэффициент отражения ГШ при включенном питании;
- по полю **РЕАЛ | ДБ | АМПЛИТУДА (S11 ВЫКЛ)** и по полю **МНИМ | УГОЛ (S11 ВЫКЛ)** и введите значение коэффициент отражения ГШ при выключенном питании.

ЧАСТОТА	ИОШТ	НЕОПР ИОШТ	ДБ(S11 ВКЛ)	УГОЛ(S11 ВКЛ)	ДБ(S11 ВЫКЛ)	УГОЛ(S11 ВЫКЛ)
100 МГц	15.28 дБ	0 дБ	-37.3979 дБ	171.659 °	-36.3065 дБ	-19.8626 °
1 ГГц	15.06 дБ	0 дБ	-33.9236 дБ	-16.989 °	-39.0984 дБ	-140.31 °

ПРИМЕЧАНИЕ — Значения коэффициент отражения ГШ при включенном и (или) выключенном питании можно загрузить из файла *.S1P. Для загрузки используйте кнопки **S11 ВКЛ** (включенное состояние) и **S11 ВЫКЛ** (выключенное состояние).



4 В случае еще необходимо добавить следующую строчку в таблицу, нажмите на кнопку **Строка** в правом верхнем углу окна и введите значения параметров.



ПРИМЕЧАНИЕ — Для удаления строки, выделите ее (их) в таблице и нажмите  в верхней части окна.

Загрузка данных описания ГШ из файла

---

1 Нажмите на значок  в верхней части окна и выберите путь и имя файла в открывшемся окне.

ПРИМЕЧАНИЕ — Описание ГШ загрузиться в конец списка.



Сохранение описания ГШ в файла

1. Щелкните по нужному ГШ в таблице.

2. Нажмите на значок  в верхней части окна и выберите путь и имя файла в открывшемся окне.



Удаление описания ГШ из библиотеки

1. Щелкните по нужному ГШ в таблице.

2. Нажмите на значок  в верхней части окна и выберите путь и имя файла в открывшемся окне.



Настройка МШУ

В программе NF можно изменить модель МШУ, выбрав соответствующий вариант из списка.

Основные параметры МШУ:

- диапазон частот;
- номинальные значения КУ;
- информация о наличии режима «перемычка»;
- частоты фильтров, выполняющих функцию преселекции (при их наличии в конструкции МШУ).

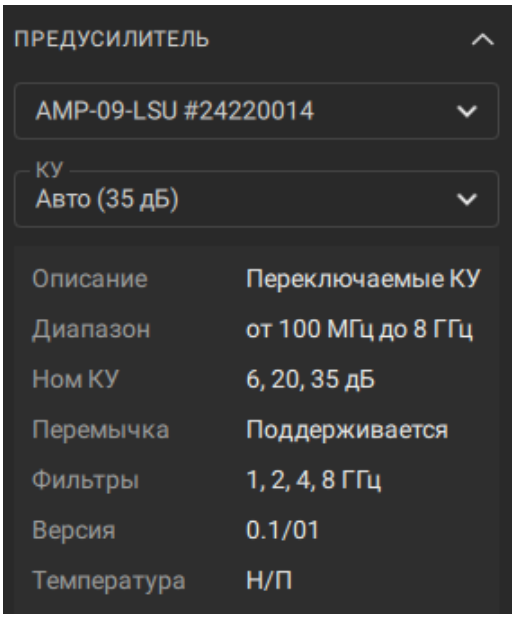
Выбор МШУ и установка коэффициента усиления МШУ

1. Нажмите кнопку **Устройства** в меню.

2. Нажмите список в аккордеоне ПРЕДУСИЛИТЕЛЬ в подменю и выберите МШУ из списка.

   ПРИМЕЧАНИЕ – Под списком отобразятся основные параметры МШУ.

3. Нажмите список **КУ** в аккордеоне ПРЕДУСИЛИТЕЛЬ в подменю и выберите коэффициент усиления МШУ из списка.



Установка температуры окружающей среды

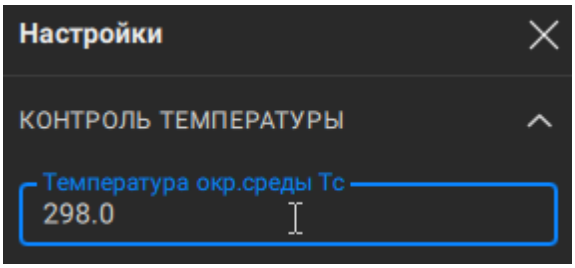
Для корректировки измеренных значений КШ введите температуру окружающей среды вручную или считайте данные с внешнего датчика температуры, подключенного к МШУ.

Введенное значение температуры и значение температуры внешнего датчика отображаются в строке состояния программы.

Ввод температуры окружающей среды вручную

1. Нажмите кнопку **Настройки** в меню.

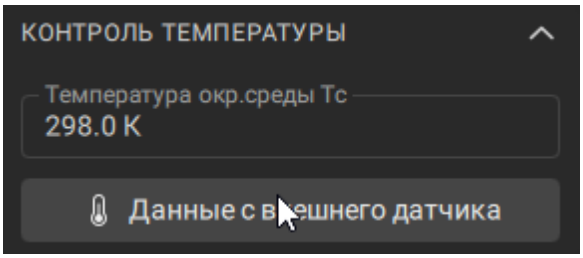
2. Нажмите на поле **Температура окр. среды Tc** в аккордеоне КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ в подменю и введите значение температуры.



Установка температуры окружающей среды с помощью внешнего датчика

1. Нажмите кнопку **Настройки** в меню.

2. Нажмите на кнопку **Данные с внешнего датчика** в аккордеоне КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ в подменю.



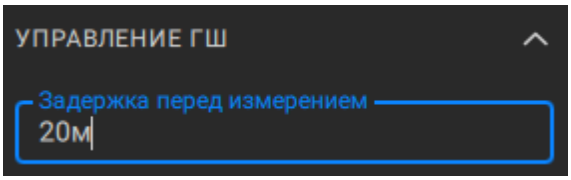
Установка задержки перед измерением

В программе возможно установить время задержки перед измерением. Это время необходимо для установления рабочего режима ГШ при включении и выключении питания. Величина задержки зависит от модели используемого ГШ.

Ввод температуры окружающей среды вручную

1. Нажмите кнопку **Настройки** в меню.

2. Нажмите на поле **Задержка перед измерением** в аккордеоне УПРАВЛЕНИЕ ГШ в подменю и введите значение задержки.



Отображение индикатора развертки

Индикатор развертки виден в процессе измерений, если длительность развертки достаточно велика, например, при использовании большого количества точек измерений или узкополосного фильтра ПЧ (см. рисунок ниже). При необходимости индикатор развертки можно скрыть.

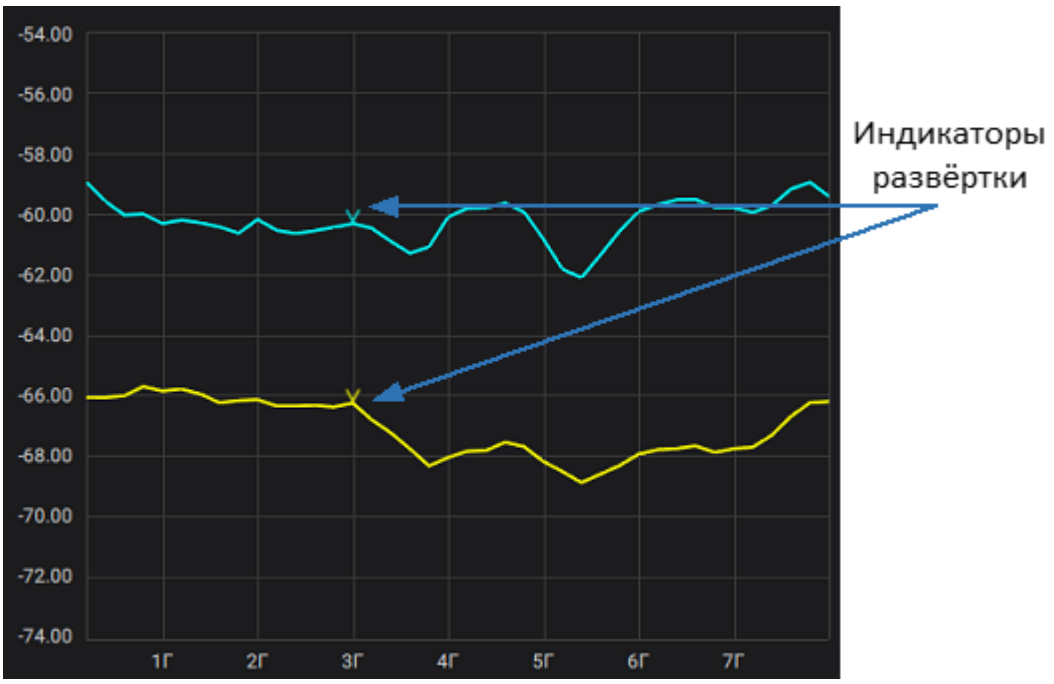
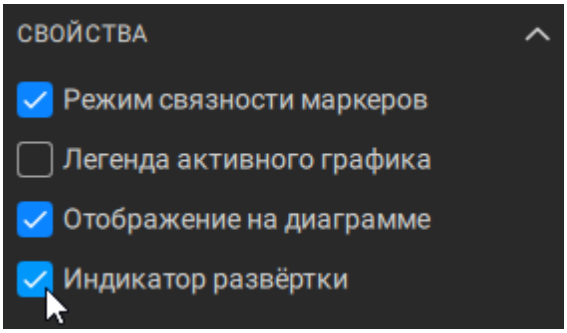


Рисунок 67 — Индикаторы развертки

Включение/отключение индикатора развертки

1. Нажмите кнопку **Маркеры** в меню.

2. Установите или снимите флажок **Индикатор развертки** в аккордеоне СВОЙСТВА в подменю.



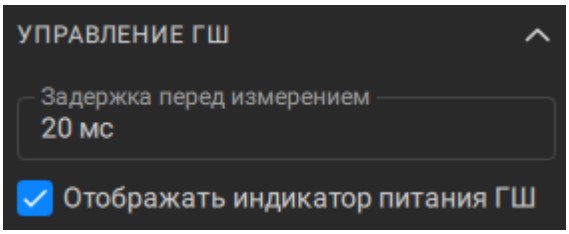
Отображение индикатора питания ГШ

Настройка служит для индикации питания ГШ в строке состояния программы. При необходимости отображение индикатора можно выключить.

Включение и выключение отображения индикаторов питания ГШ

1. Нажмите кнопку **Настройки** в меню.

2. Установите или снимите флажок **Отображать индикатор питания ГШ** в аккордеоне УПРАВЛЕНИЕ ГШ в подменю.

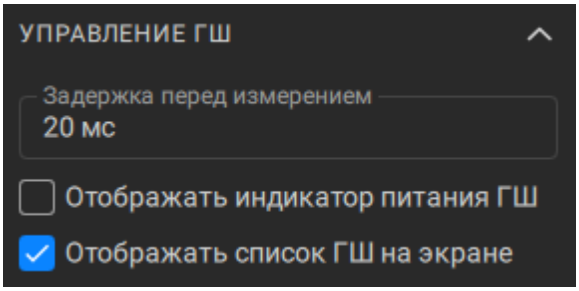


Отображения списка ГШ в панели быстрого доступа

Список ГШ отображается в панели быстрого доступа. При необходимости отображение списка можно выключить.

Включение и выключение отображения списка ГШ

1. Нажмите кнопку **Настройки** в меню.
2. Установите или снимите флажок **Отображать список ГШ на экране** в аккордеоне УПРАВЛЕНИЕ ГШ в подменю.



О программе

Название модели, серийный номер, версию программного обеспечения анализатора, модель и серийный номер МШУ, версию программы NF можно найти во всплывающем окне **О программе** (см. рисунок ниже). Также из этого окна возможно вызвать справку (описание быстрого старта или руководство по эксплуатации) по программе NF или перейти на сайт предприятия-изготовителя.

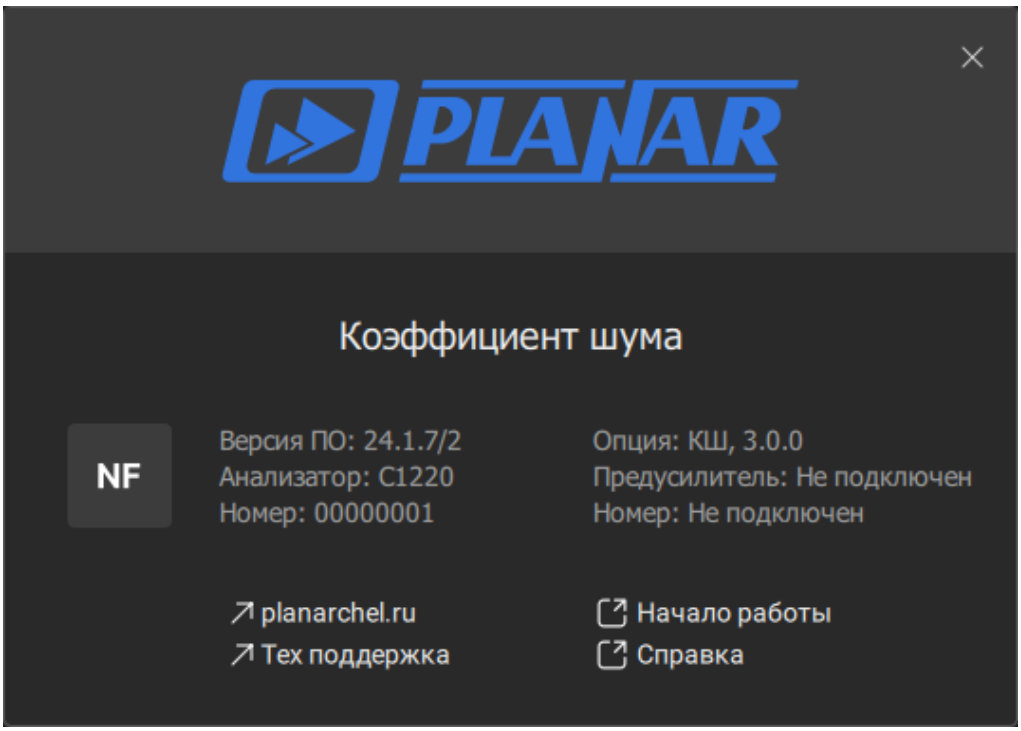
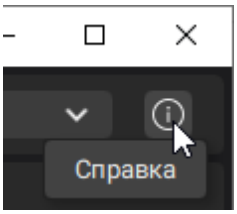


Рисунок 68 — Информация о программе

Вызов окна справки

1. Нажмите кнопку  в правом углу панели быстрого доступа.



2. В открывшемся окне нажмите на нужную строку с обозначением сайта или справки в нижней части окна.



Руководство по программированию

Данный раздел содержит информацию об удаленном управлении программой NF и об обмене данными с ней, осуществляемом через компьютерную сеть с помощью программ, разработанных пользователем. Для удаленного управления используется технология передачи текстовых сообщений стандарта SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments).

Технология SCPI

Команды, посылаемые анализатору и ответы от него, представляют собой текстовые сообщения, соответствующие стандарту SCPI. Текстовые сообщения доставляются по компьютерным сетям с использованием сетевых протоколов TCP/IP Socket.

TCP/IP Socket — сетевой протокол общего назначения. Программа пользователя может устанавливать соединение с анализатором используя протокол TCP/IP Socket как непосредственно, так и через библиотеку VISA.

VISA (Virtual Instrument Software Architecture) — широко используемый программный интерфейс ввода-вывода в области тестирования и измерений для управления приборами с персонального компьютера. Представляет собой библиотеку функций для языков C/C++, C#, Visual Basic, MATLAB, LabVIEW и других. Унифицирует доступ ко всем измерительным приборам, независимо от используемого протокола и аппаратуры. Библиотека VISA устанавливается на клиентской стороне, то есть на компьютере, где исполняется программа пользователя. Библиотека VISA доступна на сайтах многих компаний для бесплатного скачивания. Есть версии для ОС Linux, Mac OS, Windows.

Ссылки

Standard Commands for Programmable Instruments (SCPI), High-Speed LAN Instrument Protocol (HiSLIP) и VISA specifications,
http://www.ivifoundation.org/specifications

Установление соединения (SCPI)

Для разрешения удаленного управления анализатором пользователь должен включить Socket сервер в настройках программы NF. После чего программа NF ожидает соединения со стороны программы пользователя (клиента).

Socket сервер использует различные сетевые протоколы, базирующиеся на TCP/IP протоколе. TCP/IP Socket – протокол общего назначения.

После установления соединения по инициативе клиента, последний может посылать текстовые команды и считывать результаты измерений. Набор команд одинаков для обоих протоколов и описан в п. Справочнике команд.

Библиотека VISA скрывает от пользователя детали реализации протоколов и предоставляет единый интерфейс ввода – вывода.

Обычно программа пользователя и программа NF выполняются на различных компьютерах, соединенных по локальной сети. Однако не исключена ситуация, когда программа пользователя и программа NF выполняются на одном компьютере. В последнем случае клиент указывает IP адрес компьютера с программой NF – 127.0.0.1, либо сетевое имя компьютера с программой NF – localhost.

На одном компьютере могут исполняться несколько программ NF. При этом возможно удаленное управление каждой. Для чего пользователю необходимо в настройках каждой программы NF указать уникальный номер TCP/IP порта.

Одна программа NF не ограничивает число одновременно подключенных клиентов. Клиенты сами отвечают за отсутствие конфликтов при управлении программой.

Настройка программы

Для удаленного доступа к анализатору необходимо произвести следующие настройки в его программе:

- включите Socket сервер;
- настройте номер TCP/IP порта (необязательно).

Для получения более подробной информации о настройках удаленного доступа, см. п. Настройка подключения к ПО анализатора.

ПРИМЕЧАНИЕ	Настройка номера TCP/IP порта необходима в единственном случае, когда несколько программ NF одновременно исполняются на одном компьютере, и эти программы требуют удаленного управления. В остальных случаях следует оставить значения номера TCP/IP порта по умолчанию: для Socket сервера — 5026.

Настройка клиента

Если клиентом выступает программа пользователя, работающая через библиотеку VISA, то проще всего настроить сетевое соединение с анализатором используя специальную графическую утилиту из комплекта VISA (например, NI-MAX, Keysight Connection Expert).

Согласно руководству по указанным выше утилитам, добавьте новое сетевое устройство, указав сетевое имя или IP адрес компьютера анализатора, и протокол. В результате успешного соединения с анализатором будет автоматически сформирована и выведена на экран строка адреса VISA анализатора. Строка адреса VISA анализатора используется в дальнейшем в программе пользователя для того, чтобы открыть соединение.

Формат адреса VISA для протокол Socket

Socket	TCPIP[board]::*host address*::*port*::SOCKET

Примеры адреса VISA для протокол Socket

Socket	TCPIP0::192.168.0.1::5026::SOCKET TCPIP0::localhost::5026::SOCKET

Если клиентом выступает программа пользователя, работающая без библиотеки VISA, то ей доступен только протокол TCP/IP Socket. В этом случае пользовательская программа устанавливает соединение, используя IP адрес Socket сервера анализатора.

Формат IP адреса Socket сервера программы NF

Socket	*host address:port*

Примеры IP адреса Socket сервера программы NF

Socket	192.168.0.1:5026 localhost:5026

Библиотека VISA

Библиотека VISA (Virtual Instrument Software Architecture) — широко используемый программный интерфейс ввода-вывода в области тестирования и измерений для управления приборами с персонального компьютера. Представляет собой библиотеку функций для языков C/C++, C#, Visual Basic, MATLAB, LabVIEW и других.

Унифицирует доступ ко всем измерительным приборам, независимо от используемого протокола и аппаратуры.

Библиотека VISA устанавливается на клиентской стороне, то есть на компьютере, где исполняется программа пользователя. Библиотека VISA доступна на сайтах многих компаний для бесплатного скачивания. Есть версии для Linux, Mac OS, Windows.

Введение в SCPI

Анализатор реализует набор команд, основанный на стандарте SCPI – 1999 (Standard Commands for Programmable Instruments). Это набор команд, ориентированный на обмен символьными сообщениями.

SCPI разработан группой SCPI Consortium (в настоящее время поддерживается IVI Foundation). Основные детали стандарта SCPI описаны ниже. Более подробные сведения о стандарте SCPI можно загрузить с сайта IVI Foundation.

Сообщения

SCPI — это протокол, ориентированный на текстовые сообщения. Команды посылаются в виде символьных сообщений. Одно сообщение может содержать одну или несколько команд. По умолчанию ответ прибора считывается в виде текстового сообщения. Опционально прибор можно запрограммировать на вывод двоичных данных.

Дерево команд

Команды SCPI организованы в виде древовидных структур.

Каждая древовидная структура образует функциональную систему. Начало каждой функциональной системы называется корень. Каждая функциональная система может иметь подсистемы нижнего уровня. Конечные узлы называются листья. Полная последовательность всех узлов от корня до листа плюс сам лист образует команду.

Подсистемы

Символ двоеточие (':') разделяет подсистемы. Кроме того, этот символ понижает уровень подсистемы. Например, в команде:

:NF:SENSe:FREQuency:STARt

Начальная частота "STARt" является частью подсистемы "FREQuency", которая является частью подсистемы "SENSe", которая является частью подсистемы "NF". Конечная частота также является частью подсистемы ":NF:SENSe:FREQuency". Ее полная спецификация:

:NF:SENSe:FREQuency:STOP

Первое двоеточие в строке может быть опущено, например:

NF:SENSe:FREQuency:STOP

Необязательные подсистемы

Некоторые подсистемы могут быть объявлены необязательными, если их пропуск в команде не приводит к неоднозначности. Это означает, что подсистема может быть опущена при записи команды. Необязательные подсистемы заключаются в квадратные скобки ("[]"). Например, если указана полная спецификация команды:

NF:CALCulate[:SELected]:DATA:FDATa?

Подсистема "SELected" является необязательными. Таким образом обе команды являются правильными:

NF:CALCulate:SELected:DATA:FDATa?

NF:CALCulate:DATA:FDATa?

Полный и сокращенный формат

Каждое ключевое слово в спецификации команды имеет полный и сокращенный формат. Сокращенный формат выделен заглавными буквами. Например, полная спецификация команды:

NF:SENSe:FREQuency:STARt

Может быть записана:

NF:SENS:FREQ:STARt

Только полная или сокращенная форма отдельного ключевого слова является приемлемой, например следующая команда ошибочна:

:NF:SENS:FREQuency:STAR

Нечувствительность к регистру

Команды являются нечувствительными к регистру. Заглавные и строчные буквы в спецификации команд используются только для различия сокращенной и полной формы команд. Например, следующие команды эквивалентны:

NF:SENS:FREQ:STAR

nf:sens:freq:star

Параметры

Команды могут иметь параметры. Параметры отделяются от команды пробелом. Если команда имеет несколько параметров, то они разделяются запятыми (',').

Числовые параметры

Это целые или действительные числа. Числовые параметры могут иметь единицы измерения. Например:

SENS:FREQ:STAR 1000000000

SENS:FREQ:STAR 1000 MHz

SENS:FREQ:STAR 1 GHz

SENS:FREQ:STAR 1E9

Приставки Множители

Стандарт SCPI допускает ввод числовых параметров с приставками единиц измерения.

Приставка	Множитель
A	1e-18
F	1e-15
P	1e-12
N	1e-9
U	1e-6
M	1e-3
K	1e3
MA	1e6
G	1e9
T	1e12
PE	1e15
EX	1e18

Имеются два исключения: когда используются единицы измерения HZ или OHM, тогда приставка M означает 1e6 (Мега), а не 1e–3 (мили), то есть MHZ означает Мегагерц, то же что и MAHZ.

Системы счисления

Стандарт SCPI допускает ввод числовых параметров в различных системах счисления. По умолчанию используется десятичная система счисления. Для использования других систем числовые параметры записываются как показано ниже:

Обозначение	Префикс	Пример
Binary	**#B**	#B11001010 = 202_{10}
Octal	**#Q**	#Q107 = 71_{10}
Hexadecimal	**#H**	#H10FF = 4351_{10}

Логические параметры

Это параметры, принимающие два значения: логическое да или логическое нет (включено или отключено). В командах эти параметры записываются следующим образом:

ON или 1 – логическое да

OFF или 0 – логическое нет

Например:

NF:SYSTem:VNA:CONnection OFF

NF:SYSTem:VNA:CONnection 0

Строковые параметры

В некоторых случаях анализатор может принимать параметры, составленные из строк символов. Строки заключаются в одинарные (') или двойные кавычки ("). Например, имя файла в команде сохранения состояния:

```
NF:SYSTem:STATe:SAVE "state01.ini"
```

Команды запроса

Команды запроса используются для чтения значения параметра из анализатора. После посылки команды запроса ожидается, что данные будут посланы в обратном направлении через интерфейс удаленного управления.

Команды запроса имеют знак вопроса ('?') в конце команды. Многие команды имеют две формы. Форма без вопроса записывает параметр, а форма с вопросом считывает его. Например:

```
NF:SENSe:FREQuency:STARt 1MHz
NF:SENSe:FREQuency:STARt?
```

Числовые суффиксы

Программа NF содержит несколько однородных объектов, например 2 диаграммы, в каждой диаграмме в свою очередь по 2 графика. Для того, чтобы указать номер объекта в команде, используются числовые суффиксы, добавляемые к ключевому слову объекта (диаграммы, графика и т. д.). Например, в следующей спецификации команды указываются номер диаграммы <Dg> и номер графика <Tr>, к которым данная команда применяется:

NF:CALCulate<Dg>:TRACe<Tr>:DATA:SDATa?

Согласно данной спецификации, команда, которая применяется к графику 2 диаграммы 1, записывается следующим образом:

NF:CALC1:TRAC2:DATA:SDAT?

Числовой суффикс может быть опущен, тогда он считается равным 1, например, следующие команды эквивалентны:

NF:CALC:TRAC:DATA:SDAT?

NF:CALC1:TRAC1:DATA:SDAT?

Составные команды

Возможна посылка более одной команды в строке. Команды в строке отделяются символом точка с запятой (';'). Символ – разделитель (';') сохраняет ветвь предыдущей команды, кроме последнего листа. Поэтому следующая команда возможна в сокращенной форме, например:

NF:SENS:FREQ:STAR 1 MHZ;STOP 2MHZ

Если в следующей команде необходимо вернуться к начальному уровню иерархии, то следующая команда должна начинаться с символа двоеточие (':').

NF:SENS:FREQ:STAR 1 MHZ;:NF:CALC:DATA:FDAT?

Общие команды IEEE488.2

Программа NF, совместимая с SCPI, должен поддерживать небольшой набор общих команд стандарта IEEE488.2. Эти команды начинаются с символа звездочка ('*'). Это следующие команды:

*OPC?

Они используются для сброса анализатора, опроса регистров состояния и т. д.

Справочник команд

Соглашения об обозначениях

В документе используются следующие соглашения об обозначениях.

Синтаксис

Обозначения символов, используемых в синтаксических выражениях:

<>	Идентификаторы, заключенные в "<>", обозначают, что должны быть предоставлены данные определенного типа.
[]	Части, заключенные в "[]", могут быть опущены.
{}	Части, заключенные в "{}", обозначают выбор одного элемента из множества. Отдельные элементы разделены символом "|".
Пробел	Служит для разделения команд от параметров.
,	Запятая служит разделителем между параметрами.
…	Три точки обозначают пропущенные обязательные параметры.

Используемые идентификаторы

Идентификатор	Параметр	Определение
<numeric>	Число	{<integer>|<real>}
<bool>	Логический параметр	{0|1|ON|OFF}
<char>	Символьный параметр	Предопределенный набор символьных ключевых слов. Используется без кавычек.
<string>	Строка	Строка в кавычках

Общие команды IEEE488.2

Набор общих команд стандарта IEEE488.2. Эти команды начинаются со звездочки ('*').

Команда	Описание	
*OPC?	Status System	Фиксация завершения предыдущих операций

*OPC?

SCPI команда

*OPC?

Описание

Считывает "1" по окончанию незавершенных операций. Запрос блокирует выполнение пользовательской программы до завершения всех команд, предшествующих ему.

только запрос

Объект

Программа NF

Ответ

1

Связанные команды

NF:SCAN:STAT

Раздел руководства по эксплуатации

Нет

Кнопки

Нет

Перейти в Общие команды IEEE488.2

Noise Figure

Команда	Описание	
NF:CALC:DATA:FDAT	Передача данных	Форматированные данные графика
NF:CALC:DATA:SDAT		Корректированные данные график
NF:SCAN:STAT	Параметры сканирования	Состояние сканера
NF:SENS:FREQ:STAR	Параметры стимула	Начало частотного диапазона
NF:SENS:FREQ:STOP		Конец частотного диапазона
NF:SENS:SWE:POIN		Число точек измерения
NF:SYST:STAT:LOAD	Состояние программы NF	Загрузка состояние программы NF
NF:SYST:STAT:SAVE		Сохранение состояние программы NF
NF:SYST:VNA:CON		Состояние переключателя сокета

NF:CALC:DATA:FDAT

SCPI команда

NF:CALCulate[:SELected]:DATA:FDATa?

или

NF:CALCulate<Dg>:TRACe<Tr>:DATA:FDATa?

Описание

Считывает массив измерений, полученных после применения всех этапов обработки. Размер массива равен N, где N — число точек измерения.

только запрос

Объект

NF:CALCulate[:SELected] — активная трасса

или

NF:CALCulate<Dg>:TRACe<Tr> — диаграмма <Dg>, график <Tr>,

<Dg> = {|1|2|...}

<Tr> = {|1|2|...}

Ответ

<numeric 1>,<numeric 2>,...<numeric N>

Раздел руководства по эксплуатации

Нет

Кнопки

Нет

Перейти в Noise Figure

NF:CALC:DATA:SDAT

SCPI команда

NF:CALCulate[:SELected]:DATA:SDATa?

или

NF:CALCulate<Dg>:TRACe<Tr>:DATA:SDATa?

Описание

Считывает массив измерений, полученных до применения этапов обработки. Размер массива равен 2N, где N — число точек измерения.

Для n-й точки, где n от 1 до N:

<numeric 2n-1> — реальная часть измерения

<numeric 2n> — мнимая часть измерения

только запрос

Объект

NF:CALCulate[:SELected] — активная трасса

или

NF:CALCulate<Dg>:TRACe<Tr> — диаграмма <Dg>, график <Tr>,

<Dg> = {|1|2|...}

<Tr> = {|1|2|...}

Ответ

<numeric 1>,<numeric 2>,...<numeric N>

Раздел руководства по эксплуатации

Нет

Кнопки

Нет

Перейти в Noise Figure

NF:SCAN:STAT

SCPI команда

NF:SCANner:STATe <char>

NF:SCANner:STATe?

Описание

Устанавливает состояние сканера.
команда/запрос

Параметр

<char> состояние сканера:

SINGle	Однократно
HOLD	Останов
CONTinuous	Повторно

Ответ

{SING|HOLD|CONT}

Связанные команды

*OPC?

Раздел руководства по эксплуатации

Нет

Кнопки

Нет

Перейти в Noise Figure

NF:SENS:FREQ:STAR

SCPI команда

NF:SENSe:FREQuency:STARt <numeric>

NF:SENSe:FREQuency:STARt?

Описание

Устанавливает или считывает значение начальной частоты.
команда/запрос

Параметр

<numeric> значение начальной частоты

Ответ

<numeric>

Раздел руководства по эксплуатации

Установка диапазона сканирования

Кнопки

Параметры > Старт

Перейти в Noise Figure

NF:SENS:FREQ:STOP

SCPI команда

NF:SENSe:FREQuency:STOP <numeric>

NF:SENSe:FREQuency:STOP?

Описание

Устанавливает или считывает значение конечной частоты
команда/запрос

Параметр

<numeric> значение конечной частоты

Ответ

<numeric>

Раздел руководства по эксплуатации

Установка диапазона сканирования

Кнопки

Параметры > Стоп

Перейти в Noise Figure

NF:SENS:SWE:POIN

SCPI команда

NF:SENSe:SWEep:POINts <numeric>

NF:SENSe:SWEep:POINts?

Описание

Устанавливает или считывает число точек измерения.
команда/запрос

Параметр

<numeric> значение начальной частоты

Ответ

<numeric>

Раздел руководства по эксплуатации

Установка количества точек или шага частоты

Кнопки

Параметры > Число точек

Перейти в Noise Figure

NF:SYST:STAT:LOAD

SCPI команда

NF:SYSTem:STATe:LOAD <string>

Описание

Загружает файл состояния программы NF.
только команда

Параметр

<string> имя файла с расширением *.ini

Раздел руководства по эксплуатации

Сохранение состояния

Кнопки

Файлы > Загрузить .ini

Перейти в Noise Figure

NF:SYST:STAT:SAVE

SCPI команда

NF:SYSTem:STATe:SAVE <string>

Описание

Сохраняет файл состояния программы NF.
только команда

Параметр

<string> имя файла с расширением *.ini

Раздел руководства по эксплуатации

Сохранение состояния

Кнопки

Файлы > Сохранить .ini

Перейти в Noise Figure

NF:SYST:VNA:CON

SCPI команда

NF:SYSTem:VNA:CONnection {OFF|ON|0|1}

NF:SYSTem:VNA:CONnection?

Описание

Устанавливает или считывает состояние переключателя сокета.
команда/запрос

Параметр

{ON|1}	ВКЛ
{OFF|0}	ВЫКЛ

Ответ

{0|1}

Раздел руководства по эксплуатации

Управление соединением с анализатором

Кнопки

Устройства > АНАЛИЗАТОР ЦЕПЕЙ {ВКЛ | ВЫКЛ} (переключатель)

Перейти в Noise Figure

Техническое обслуживание

Настоящий раздел устанавливает порядок и правила технического обслуживания МШУ, выполнение которых обеспечивает постоянную готовность МШУ к работе.

Порядок проведения технического обслуживания

Техническое обслуживание анализатора цепей векторного представлено в его руководстве по эксплуатации.

Настоящий раздел устанавливает порядок и правила технического обслуживания, выполнение которых обеспечивает постоянную готовность МШУ к работе.

Перед проведением технического обслуживания следует подготовить необходимый инструмент, принадлежности и материалы: пинцет, мягкую кисть, спирт этиловый ректификованный, ветошь, бязь, марлю.

При непосредственном использовании МШУ по назначению проводятся следующие виды обслуживания:

- контрольный осмотр (КО);
- техническое обслуживание 2 (ТО–2).

При кратковременном хранении (до 1 года) проводится КО.

При длительном хранении (более 1 года) проводятся:

- техническое обслуживание 1 при хранении (ТО–1х);
- техническое обслуживание 2 при хранении (ТО–2х).

Контрольный осмотр (КО) включает:

- проверку комплектности;
- внешний осмотр для проверки отсутствия механических повреждений, целостности изоляционных и лакокрасочных покрытий; исправности соединительных проводов, кабелей питания, заземления.

ТО–2 включает в себя:

- контрольный осмотр (КО);
- очистку внешней поверхности МШУ с помощью сухой или немного увлажнённой материи;

- чистку соединителей по методике в п. Чистка соединителей;
- проверку правильности ведения эксплуатационной документации.

ТО–1х проводится 1 раз в год и включает в себя:

- проверку наличия МШУ на месте хранения;
- проведение внешнего осмотра состояния упаковки;
- проверку состояния учета и условий хранения;
- проверку правильности ведения эксплуатационной документации.

ТО–2х выполняется 1 раз в 5 лет и включает в себя:

- все операции ТО–1х;
- проверку состояния эксплуатационной документации;
- отметку о выполненных работах в паспорте МШУ.

Контроль и профилактика электрических контактов.

Проверка по этому пункту включает следующие операции:

- проверку технической прочности, заделки разъемов, сетевых вилок, наконечников на всех кабелях и шнурах, тестирование проводимости соответствующих контактов, разъемов, кабелей;
- проверку качества разъемных соединений (состояние резьбы, возможность и удобство завинчивания в резьбовых разъемах).

В случае неудовлетворительных результатов проверок принять соответствующие меры по ремонту.

Внешний осмотр

Внешний осмотр проводится для выявления видимых дефектов МШУ и подключаемых к нему устройств.

Последовательность проведения внешнего осмотра:

- при первичном осмотре проверьте наличие и целостность кабеля USB и блока питания;
- проверьте отсутствие глубоких царапин и вмятин на корпусе МШУ, датчика температуры, генератора шума (при наличии), следов коррозии металлических деталей и следов воздействия жидкостей или агрессивных паров, целостность лакокрасочных покрытий, сохранность маркировки. При обнаружении несоответствий дальнейшая работа с устройствами запрещается;
- провести визуальный контроль целостности и чистоты коаксиальных соединителей. При обнаружении посторонних частиц провести чистку (см. п. Чистка соединителей);
- проверить отсутствие механических повреждений (вмятин, забоин, отслаивания покрытия и т. д.) на контактных и токонесущих поверхностях коаксиальных соединителей;

ВНИМАНИЕ!	При обнаружении механических повреждений соединителей МШУ дальнейшая работа с этим МШУ запрещается. МШУ бракуется и изолируется с целью предотвращения его применения и повреждения годных соединителей других устройств.

Чистка соединителей

Чистка соединителей анализатора цепей векторного представлена в его руководстве по эксплуатации.

Чистку соединителей МШУ рекомендуется проводить до и после сеанса измерений.

Чистку коаксиальных соединителей типа 3,5 проводить по следующей методике:

- протрите поверхности соединителей (см. рисунок 69) палочкой с ватным тампоном, смоченным в спирте; капли спирта не должны попадать вовнутрь устройств;
- проведите чистку остальных внутренних поверхностей соединителей, продув их воздухом;
- просушите соединители, убедитесь в отсутствии остатков спирта внутри соединителей;
- проведите визуальный контроль чистоты соединителей, убедитесь в отсутствии посторонних частиц;
- при необходимости повторите чистку.

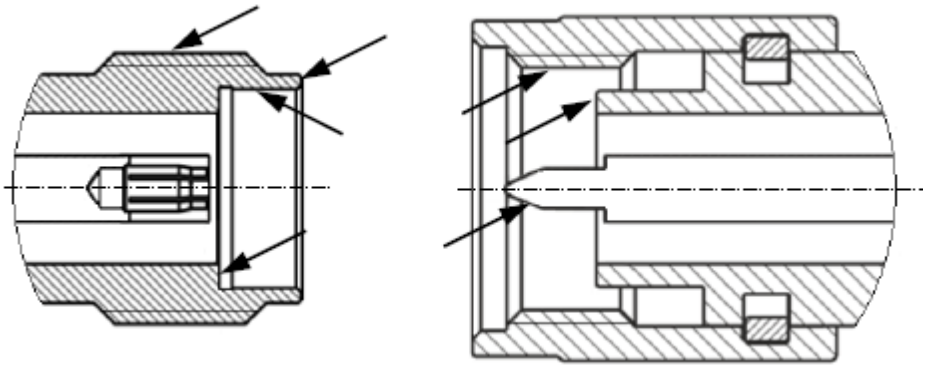


Рисунок 69 – Соединители тип 3,5 мм (розетка слева, вилка справа)

ВНИМАНИЕ!	ЗАПРЕЩАЕТСЯ применять металлические предметы, а также жидкости для чистки соединителей. ЗАПРЕЩАЕТСЯ протирать центральный проводник соединителей «розетка». Чистку проводить продувным воздухом.

Проверка присоединительных размеров

Проверка присоединительных размеров соединителей анализатора цепей векторного представлена в его руководстве по эксплуатации.

Присоединительные размеры соединителей рекомендуется проверить при первом использовании МШУ и, в дальнейшем, проверять регулярно.

Первая проверка соединителей позволит получить значения присоединительных размеров, которые могут быть использованы при эксплуатации МШУ для оценивания изменений размеров.

Повторная проверка соединителей рекомендуются, если:

- по результатам визуального осмотра возникает предположение о поломке или повреждении соединителя;
- обнаружено, что соединители устройств, использовавшихся с МШУ, повреждены или их присоединительные размеры не соответствуют нормам, установленным для данного типа соединителей;
- с момента предыдущей проверки проведено более 100 присоединений к любому из соединителей МШУ.

Проверка присоединительных размеров выполняется с применением комплекта для измерений соединителей коаксиальных в соответствии с указаниями эксплуатационной документации на него или универсальным инструментом для измерений линейных размеров (например, микрометром, индикатором часового типа и др.).

Проверке подлежат присоединительные размеры соединителей «Ref In», «Ref Out».

При проверке измеряется только размер «А» (см. рисунок 70).

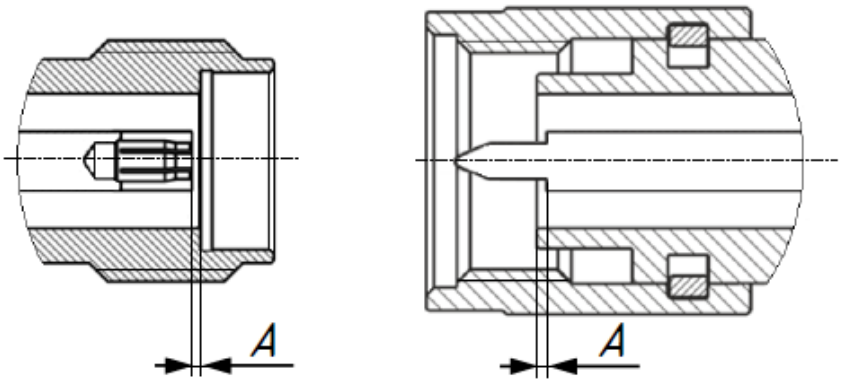


Рисунок 70 – Соединители 3,5 мм (розетка, вилка)

Присоединительный размер «А» соединителей портов модуля должен находиться в пределах:

- 3,5 мм, розетка — от -0,08 до 0,00 мм
- 3,5 мм, вилка — от -0,08 до 0,00 мм

Норма на присоединительный размер «А» соединителей других устройств должна быть указана в эксплуатационной документации на них.

ВНИМАНИЕ!	При обнаружении несоответствий размеров проверяемого соединителя установленным нормам необходимо выполнить текущий ремонт (см. п. Текущий ремонт). Устройство с такими соединителями бракуют.

Текущий ремонт

Текущий ремонт анализатора цепей векторного представлен в его руководстве по эксплуатации.

При поломке МШУ допускается только текущий фирменный ремонт, либо ремонт, который осуществляют предприятие-изготовитель. Метод ремонта – обезличенный.

ВНИМАНИЕ!	ЗАПРЕЩАЕТСЯ производить самостоятельный ремонт МШУ.

Текущий ремонт	Ремонт, выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособности МШУ и состоящий в замене и (или) восстановлении отдельных частей.
Обезличенный метод	Метод ремонта, при котором не сохраняется принадлежность восстановленных составных частей к определенному экземпляру МШУ.

Хранение

Условия хранения анализатора цепей векторного представлены в его руководстве по эксплуатации.

Устройства из комплекта поставки до введения в эксплуатацию должны храниться в упаковке предприятия-изготовителя при температуре окружающего воздуха от 0 до плюс 40 °С и относительной влажности до 80 % (при температуре плюс 25 °С).

Хранение устройств без упаковки следует производить при температуре окружающего воздуха от плюс 10 до плюс 35 °С и относительной влажности до 80 % (при температуре плюс 25 °С).

В помещениях для хранения содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию, не должно превышать содержание коррозийно-активных агентов для атмосферы типа 1 по ГОСТ 15150–69.

Транспортирование

Условия транспортирования анализатора цепей векторного представлены в его руководстве по эксплуатации.

Погрузка и выгрузка упакованного МШУ должна проводиться аккуратно, исключая удары и повреждения транспортировочной тары.

Транспортировка МШУ осуществляется в закрытых транспортировочных средствах любого вида в следующих условиях:

- температура окружающего воздуха от минус 50 °С до 70 °С;
- относительная влажность воздуха при 30 °С не более 95 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа (от 537 до 800 мм рт. ст.).

Разрешается транспортировать МШУ в упакованном виде в условиях, исключающих внешние воздействия, способные вызвать механические повреждения или нарушить целостность упаковки в пути следования.

Трюмы судов, кузова автомобилей, используемые для перевозки, не должны содержать паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию.

Сокращения

Приставки

Обозначение	Приставка
п	пико (10^{-12})
н	нано (10^{-9})
мк	микро (10^{-6})
м	милли (10^{-3})
к	кило (10^{3})
М	мега (10^{6})
Г	гига (10^{9})

Единицы измерения

Обозначение	Единицы измерения
Ω	Ом
дБ	Децибел
дБм, дБмВт	Децибел на милливатт
Вт	Ватт
Ф	Фарада
Гн	Генри
Гц	Герц
м	Метр

Обозначение	Единицы измерения
с	Секунда
В	Вольт

ВАЦ	векторный анализатор цепей
ГШ	генератор шума
ИОШТ (ENR)	избыточная относительная шумовая температура (excess noise ratio)
ИУ	исследуемое устройство
КО	коэффициент отражения
КУ	коэффициент усиления
КШ	коэффициент шума
ЛПД	лавинно-пролетный диод
МШУ	малошумящий усилитель
ОС	операционная система
ПК	персональный компьютер
ПО	программа, программное обеспечение
ПЧ	промежуточная частота
СВЧ	сверхвысокие частоты
СПМШ	спектральная плотность мощности шума
S-параметры	параметры рассеяния линейной электрической цепи

Приложение А Таблица настроек по умолчанию

Параметры программы, устанавливаемые при начальной установке.

Параметр	Значение по умолчанию
Развертка по частоте и усреднение	
Начальная частота	200 Мгц
Конечная частота	8 Ггц
Количество точек	40
Ширина полосы фильтра ПЧ	1 Мгц (или максимальный фильтр)
Уровень выходной мощности	-60 дБм (или минимальный уровень) в выключенном состоянии
Шумовое усреднение	10
Канальное усреднение	Выключено
Коэффициент усреднения	10
Графики	
Количество графиков	1
Количество диаграмм	1
Измеряемые параметры	NF
Формат отображения результатов измерения	Log Mag
Статистика	Выключена
Математическая обработка	Выключена
Сглаживание	Выключено
Апертура сглаживания	5 %

Параметр	Значение по умолчанию
Маркеры	
Количество маркеров	0
Стиль маркера	Треугольник
Режим связности маркера	Включено
Дискретизация маркера	Выключено
Данные маркера только для активного графика	Выключено
Допусковый контроль	
Допусковый контроль	Выключено
Отображение предельных линий	Выключено
Конфигурация	
Приблизительное значение коэффициента шума	5 дБ
Приблизительное значение коэффициента усиления	20 дБ
Ширина полосы фильтра ПЧ при калибровке и измерении S-параметров	100 Гц
Уровень выходной мощности при калибровке	-5 дБм
Уровень выходной мощности при измерении параметров исследуемого устройства	-40 дБм
Уровень выходной мощности при измерении коэффициента отражения приёмника	-40 дБм