



# ИЗМЕРИТЕЛЬ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА

X5M-04

Руководство по эксплуатации

Общие сведения

Часть I ЖНКЮ.468166.021 РЭ

Предприятие-  
изготовитель: ЗАО «НПФ «Микран»  
Адрес: 634045 Россия, г. Томск  
ул. Вершинина, 47  
тел: +7(3822) 42-18-77, 41-46-35  
тел/факс: +7(3822) 42-36-15  
E-mail: [pribor@micran.ru](mailto:pribor@micran.ru)  
Сайт: [www.micran.ru](http://www.micran.ru)



## Содержание

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЧАСТЬ I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	9
1 Нормативные ссылки .....	9
2 Определения, обозначения и сокращения .....	10
2.1 Термины и определения .....	10
2.2 Сокращения .....	11
3 Требования безопасности .....	11
4 Описание прибора и принципов его работы .....	13
4.1 Назначение.....	13
4.2 Условия окружающей среды .....	14
4.3 Состав прибора.....	15
4.4 Технические характеристики.....	16
4.5 Устройство и работа прибора.....	16
4.5.1 Основные формулы .....	19
4.5.2 Структура измерителя .....	22
4.5.3 Особенности работы .....	23
5 Подготовка прибора к работе.....	24
5.1 Эксплуатационные ограничения .....	24
5.2 Распаковывание и повторное упаковывание .....	24
6 Средства измерений, инструменты и принадлежности .....	26
6.1 Обзор .....	26
6.2 Используемые генераторы шума .....	27
6.3 Выбор генераторов шума .....	28
7 Порядок работы .....	29
7.1 Меры безопасности при работе с прибором .....	29
7.2 Расположение органов настройки и включения прибора.....	30
7.3 Сведения о порядке подготовки к проведению измерений .....	31
7.4 Порядок проведения измерений.....	32
8 Поверка прибора.....	33
9 Текущий ремонт .....	33
9.1 Смена плавкого предохранителя.....	34
10 Хранение, транспортирование, упаковка .....	34
10.1 Хранение .....	34
10.2 Транспортирование .....	34
10.2.1 Меры безопасности при погрузке и выгрузке .....	34

10.2.2 Условия транспортирования.....	35
10.3 Упаковка.....	35
11 Маркирование и пломбирование.....	35
12 Гарантии предприятия-изготовителя.....	36
ПРИЛОЖЕНИЕ А (СПРАВОЧНОЕ) БИБЛИОГРАФИЯ.....	37
РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЧАСТЬ II. РУКОВОДСТВО ПО ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ .....	5
1 Общие сведения.....	5
2 Установка и настройка программного обеспечения.....	5
2.1 Установка программного обеспечения.....	5
2.2 Настройка сетевых параметров и варианты подключения .....	7
3 Описание программы Graphit.....	11
3.1 Старт программы и описание диалога подключения .....	11
3.2 Пользовательский интерфейс.....	12
3.3 Управление графическими параметрами .....	19
3.4 Функции над трассами .....	23
3.5 Запуск и остановка измерений .....	26
3.6 Маркерные измерения.....	28
3.7 Сохранение результатов измерений и формирование отчётов.....	35
РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЧАСТЬ III. РАБОТА С ИЗМЕРИТЕЛЕМ.....	5
1 Определения, обозначения и сокращения .....	5
1.1 Термины и определения.....	5
1.2 Сокращения .....	6
2 Требования безопасности.....	7
3 Подготовка прибора к работе.....	8
3.1 Эксплуатационные ограничения.....	9
3.2 Распаковывание и повторное упаковывание .....	9
3.3 Порядок установки .....	9
3.4 Подготовка к работе .....	9
3.4.1 Меры по обеспечению безопасности и меры предосторожности .....	9
3.4.2 Подготовка рабочего места.....	10
3.4.3 Начальные установки .....	11
3.4.4 Порядок загрузки программного обеспечения .....	12
3.4.5 Контрольно-профилактические работы .....	12

4	Порядок работы .....	19
4.1	Меры безопасности при работе с прибором .....	19
4.2	Расположение органов настройки и включения прибора.....	20
4.3	Сведения о порядке подготовки к проведению измерений .....	22
4.3.1	Первое подключение к персональному компьютеру (ПК).....	22
4.3.2	Проверка работоспособности прибора .....	26
4.4	Порядок проведения измерений.....	28
4.4.1	Основные измерения КШ и КП по схеме «Модуляционный метод». 28	
4.4.2	Основные измерения КШ и КП по схеме «Метод двух отсчетов» ....	33
4.4.3	Основные измерения по схеме «Калибровка ГШ» .....	36
4.4.4	Рекомендации по выбору параметров и проведению измерений .....	38
4.4.5	Перечень рекомендаций по проведению измерений .....	40
5	Утилизация.....	42
	ПРИЛОЖЕНИЕ А (СПРАВОЧНОЕ) ПЕРЕЧЕНЬ ВОЗМОЖНЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ .....	43
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б (СПРАВОЧНОЕ) РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ПРИ НАСТРОЙКЕ СЕТЕВЫХ ПАРАМЕТРОВ.....	47
	ПРИЛОЖЕНИЕ В (СПРАВОЧНОЕ) СООБЩЕНИЯ ОБ ОШИБКАХ .....	54
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г (СПРАВОЧНОЕ) КРАТКАЯ ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ СПРАВКА.....	56
	ПРИЛОЖЕНИЕ Д (СПРАВОЧНОЕ) ОБЗОР ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ .....	60
	ПРИЛОЖЕНИЕ Е (СПРАВОЧНОЕ) РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ КШ.....	66
	ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (СПРАВОЧНОЕ) БИБЛИОГРАФИЯ .....	71

ЖНКЮ.468166.021 РЭ1 Руководство по эксплуатации. Часть II. Руководство по программному обеспечению.

ЖНКЮ.468166.021 РЭ2 Руководство по эксплуатации. Часть III. Работа с измерителем.



В состав эксплуатационных документов, поставляемых с измерителем коэффициента шума Х5М-04, входят:

- руководство по эксплуатации;
- методика поверки;
- формуляр.

Измеритель коэффициента шума разработан в соответствии с техническими условиями ЖНКЮ.468166.021 ТУ.

Настоящее руководство по эксплуатации (далее – РЭ) предназначено для изучения устройства, принципа действия, правил использования, технического обслуживания, транспортирования и хранения измерителя коэффициента шума Х5М-04 (далее – измеритель или прибор) и его модификаций; РЭ ориентировано на программное обеспечение *Graphit* версии не ниже 2.1rc5.

Настоящее РЭ состоит из трех частей:

- Часть I. Общие сведения; в этой части приводятся, в основном, теоретические сведения о приборе и работе с ним;
- Часть II. Руководство по программному обеспечению; в данной части имеется описание программного обеспечения и различных интерфейсов;
- Часть III. Работа с измерителем; данная часть ориентирована на практические указания по работе с прибором и является основной при измерениях коэффициентов шума и передачи.

## **ВНИМАНИЕ! ОЗНАКОМЬТЕСЬ С НАСТОЯЩИМ РУКОВОДСТВОМ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕРЕД НАЧАЛОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ Х5М-04.**

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право, не уведомляя потребителя, вносить в конструкцию измерителя изменения, не влияющие на его метрологические характеристики, вносить изменения в РЭ; также **предприятие-изготовитель не несет никакой ответственности за возможные опечатки и неточности в данном документе.**

К работе с прибором допускается персонал с соответствующей инженерной квалификацией, прошедший подготовку по работе с данным прибором согласно настоящему РЭ и имеющий вторую группу допуска по работе с напряжением до 1000 В. К работе с использованием низкотемпературных генераторов шума допускается персонал, прошедший инструктаж по охране труда при работе с жидким азотом и сосудами Дьюара. К контрольно-профилактическим работам допускаются лица, дополнительно прошедшие инструктаж по охране труда при работе с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями и другими огнеопасными и взрывоопасными веществами.

## **ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ ВОЗМОЖНО ПОРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ.**

**ВНИМАНИЕ!**

**ПЕРЕД ЛЮБЫМ ПОДКЛЮЧЕНИЕМ ЗАЖИМ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ ПРИБОРА ДОЛЖЕН БЫТЬ ПОДСОЕДИНЕН К ВНЕШНЕЙ ЗАЩИТНОЙ СИСТЕМЕ ЗАЗЕМЛЕНИЯ СОГЛАСНО ГОСТ 12.1.030!**

**ПРИ ПОЯВЛЕНИИ ЗАПАХА ГАРИ, ДЫМА И Т.П. НЕЗАМЕДЛИТЕЛЬНО ОБЕСТОЧИТЬ ПРИБОР!**

**ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ ИСПОЛЬЗУЙТЕ АНТИСТАТИЧЕСКИЕ БРАСЛЕТЫ.**

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

**ВНИМАНИЕ!**

**Настоящее изделие относится к оборудованию класса А. При использовании в бытовой обстановке это оборудование может нарушать функционирование других технических средств в результате создаваемых промышленных радиопомех. В этом случае от пользователя может потребоваться принятие адекватных мер.**



# **Руководство по эксплуатации**

## **Часть I. Общие сведения**

### **1 Нормативные ссылки**

В настоящем РЭ использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 10354-82 Пленка полиэтиленовая. Технические условия

ГОСТ 12.3.019-80 Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования

ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

ГОСТ 14192-96 Маркировка грузов

ГОСТ 14254-96 Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)

ГОСТ 18300-87 Спирт этиловый ректификованный технический. Технические условия

ГОСТ 5556-81 Вата медицинская гигроскопическая. Технические условия

ГОСТ 9181-74 Приборы электроизмерительные. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение

ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия

ГОСТ РВ 51914-2002

ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

## 2 Определения, обозначения и сокращения

### 2.1 Термины и определения

В настоящем РЭ используются следующие определения:

**2.1.1 виртуальный прибор:** Прибор, состоящий из измерительного блока, подключаемого к компьютеру, и программного обеспечения, реализующего часть функций прибора – управление, обработку и отображение результатов измерений.

**2.1.2 измеритель:** X5M-04 ЖНКЮ.468166.021 ТУ.

**2.1.3 измерительный блок:** Аппаратная часть виртуального прибора, подключаемая к компьютеру.

**2.1.4 метод двух отсчетов:** Метод (измерительная схема или режим), при котором управление подачей шумового сигнала от «горячего» или «холодного» источников осуществляется вручную. При этом вычисление коэффициента шума производится по методу Y-фактора.

**2.1.5 механические повреждения:** Глубокие царапины, деформации на рабочих поверхностях центрального или внешнего проводников соединителей измерителя, вмятины на корпусе измерителя, а также другие повреждения, непосредственно влияющие на его технические характеристики. Механические повреждения являются следствием неправильной транспортировки, хранения или эксплуатации.

**2.1.6 модуляционный метод:** Метод (измерительная схема или режим), при котором управляющее питание генератора шума является модулированным.

**2.1.7 пользователь (потребитель):** Физическое лицо, допущенное к эксплуатации измерителя и осуществляющее его эксплуатацию в соответствии с настоящим РЭ.

**2.1.8 прибор:** Любой измеритель серии X5M.

**2.1.9 рабочие поверхности центральных проводников:** Поверхности центральных проводников, осуществляющие электрический контакт при соединении соединителей.

**2.1.10 размах показаний:** Наибольшая разность между отдельными повторными показаниями измерителя, соответствующими одному и тому же действительному значению измеряемой величины при неизменных внешних условиях.

**2.1.11 ремонт:** Комплекс операции по восстановлению исправности или работоспособности измерителя или его составных частей.

## 2.2 Сокращения

В настоящем РЭ применены следующие сокращения:

А – аттенюатор;

АП – адаптер питания;

АРУ – автоматическая регулировка усиления;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

В – вентиль;

ВЧ – высокая частота;

ГШ – генератор шума;

ДИИС – департамент информационно-измерительных систем ЗАО «НПФ

Микран»;

ИКШ – измеритель коэффициента шума (измеритель);

ИОШТ – избыточная относительная шумовая температура;

ИПР – измеритель присоединительных размеров;

ИУ – исследуемое устройство;

КД – конструкторская документация;

КО – коэффициент отражения;

КП – модуль коэффициента передачи по мощности (коэффициент усиления по мощности);

КСВ – коэффициент стоячей волны;

КСВН – коэффициент стоячей волны по напряжению;

КШ – коэффициент шума;

ЛПД – лавиннопролетный диод;

НГШ – низкотемпературный генератор шума;

ОГ – опорный генератор;

ОТК – отдел технического контроля;

ПГ – погрешность;

ПК – персональный компьютер;

ПЧ – промежуточная частота;

РЭ – руководство по эксплуатации;

СВЧ – сверхвысокие частоты;

СН – согласованная нагрузка;

ТХ – технические характеристики;

ФАПЧ – фазовая автоподстройка частоты;

ФНЧ – фильтр нижних частот;

ЦОС ПЧ – блок цифровой обработки сигналов ПЧ;

ENR – excess noise ratio (power ratio).

## 3 Требования безопасности


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

3.2 К работе с прибором допускается персонал с соответствующей инженерной квалификацией, прошедший подготовку по работе с данным прибором

согласно настоящему РЭ и имеющий вторую группу допуска по работе с напряжением до 1000 В.

3.3 При эксплуатации измерителя необходимо соблюдать требования: «Правила эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

3.4 В измерителях имеется напряжение  $\sim (220 \pm 22)$  В, поэтому при эксплуатации и контрольно-профилактических работах, проводимых с измерителем, строго соблюдайте соответствующие меры предосторожности:

- перед подключением измерителя к сети или подключением к нему других приборов необходимо убедиться в исправности шнура сетевого и соединить зажим защитного заземления, обозначенный символом  и находящийся на задней панели прибора, с заземляющим проводником (в крайнем случае, с зануленным зажимом питающей сети);

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ ВОЗМОЖНО ПОРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ.**

- зажим защитного заземления следует отсоединять после отключения измерителя от сети питания и от других приборов;

**ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПОДАВАТЬ НА ВХОД СВЧ ИЗМЕРИТЕЛЯ МОЩНОСТЬ И ПОСТОЯННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ПРЕВЫШАЮЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕННЫЕ НА ПЕРЕДНЕЙ ПАНЕЛИ ПРИБОРА РЯДОМ СО ЗНАКОМ **

**ВНИМАНИЕ!  
ПРИ ПОЯВЛЕНИИ ЗАПАХА ГАРИ, ДЫМА И Т.П. НЕЗАМЕДЛИТЕЛЬНО ОБЕСТОЧИТЬ ПРИБОР!  
ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ ИСПОЛЬЗУЙТЕ АНТИСТАТИЧЕСКИЕ БРАСЛЕТЫ.**

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

**ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ВКЛЮЧАТЬ В СЕТЬ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НЕЗАЗЕМЛЕННЫЙ ПРИБОР! ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ КОММУТАЦИИ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ (КАЛИБРОВКИ) ПРИ ВКЛЮЧЕННОМ РЕЖИМЕ «ИЗМЕРЕНИЕ»; ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАРУШАТЬ ЗАЩИТНЫЕ ПЛОМБЫ, ПРОИЗВОДИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ.**

3.6 При чистке соединителей спиртом необходимо соблюдать следующие правила:

- пары спирта взрывоопасны, поэтому чистку соединителей нужно прово-

дить в хорошо проветриваемом помещении;

- чистку соединителей прибора проводить только при выключенном электропитании;

- во избежание случайного пролития и возгорания спирта чистку необходимо проводить на специально подготовленном чистом рабочем месте в отделении от потенциальных очагов воспламенения;

- при случайном пролитии спирта на рабочем месте необходимо немедленно протереть рабочее место легковпитывающим материалом и утилизировать данный материал надлежащим образом;

- при воспламенении спирта запрещается производить тушение водой и средствами на водной основе; тушение проводится порошковыми, углекислотными огнетушителями, песком.

3.7 При использовании в измерениях низкотемпературных генераторов шума, заполняемых жидким азотом, необходимо соблюдать следующие правила:

- заливку производить только через воронку;

- поскольку в начале заливки происходит бурное кипение азота, следует наливать малой струей (при этом в резервуаре устанавливается низкая температура), не допуская попадания брызг жидкости на одежду, обувь, открытые участки тела;

- заполненный генератор шума должен быть закреплен;

- запрещается сливать азот из НГШ;

- новую заливку следует производить только после полного испарения всего азота.

## **4 Описание прибора и принципов его работы**

### **4.1 Назначение**

Наименование	<u>Измеритель коэффициента шума X5M-04</u>
--------------	--

Обозначение	<u>ЖНКЮ.468166.021</u>
-------------	------------------------

Измеритель предназначен для измерения КШ, модуля КП и шумовой температуры приемно-усилительных устройств, а также для градуировки ГШ в коаксиальном тракте с волновым сопротивлением 50 Ом.

Измерители имеют две модификации (опции). При выборе опции «АПА» на вход измерителя устанавливается адаптер питания для подачи электропитания на исследуемые устройства через центральный проводник коаксиального радиоизмерительного тракта. При выборе опции «АТА» на вход измерителя устанавливается ступенчатый аттенюатор для тестирования устройств с большим КП.

Область применения измерителя – исследование шумовых параметров и КП СВЧ узлов, используемых в радиоэлектронике, связи, приборостроении, измерительной технике.

По условиям эксплуатации измеритель относится к группе 3 по

ГОСТ 22261 и может эксплуатироваться в лабораторных условиях, в цехах и ремонтных мастерских.



Рисунок 4.1 – Внешний вид измерителя

Измеритель работает в составе с ПК, который осуществляет функции управления измерителем и отображение результатов измерений, и генератора шума. Для управления измерителем предназначено программное обеспечение *Graphit*, работающее в операционной системе *Windows® 2000 (SP 4)*, *Windows® XP (SP 2)*, *Windows® Vista*. Для связи с ПК используется интерфейс *Ethernet*. Генератор шума используется в качестве источника шумового сигнала.

#### 4.2 Условия окружающей среды

Эксплуатация измерителя проводится в нормальных и рабочих условиях эксплуатации.

##### **Нормальные условия эксплуатации:**

- температура окружающего воздуха от 15 °С до 25 °С;
- относительная влажность воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

##### **Рабочие условия эксплуатации:**



- температура окружающего воздуха от 5°С до 40°С;
- относительная влажность воздуха не более 90 % (при 25 °С);
- атмосферное давление от 70 до 106,7 кПа (от 525 до 800 мм рт.ст.) .

Работать с измерителем необходимо при отсутствии резких изменений температуры окружающей среды. 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.

### 4.3 Состав прибора

Комплект поставки измерителя представлен в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Наименование, тип	Обозначение	Кол-во, шт.	Примечание
Измеритель коэффициента шума X5M-04	ЖНКЮ.468166.021	1	
Кабель	ЖНКЮ.685661.003-03	1	Применяется в качестве перемычки для соединения выход  ПЧ со входом  ПЧ
Кабель соединительный		1	Для соединения ГШ с измерителем
Переход коаксиальный	ЖНКЮ.468562.016-01	1	Поставляется по согласованию с потребителем
Кабель <i>Etnernet</i>	Патч-корд STP, Cat.5e	1	
Шнур сетевой	Поставщик BRIZ LTD	1	
Руководство по эксплуатации	ЖНКЮ.468166.021 РЭ	1	
Формуляр	ЖНКЮ.468166.021 ФО	1	
Методика поверки	ЖНКЮ.468166.021 ДЗ	1	
Программное обеспечение	ЖНКЮ.02007-00	1	
Упаковка	ЖНКЮ.305639.003-01	1	

#### Примеры записи при заказе

- 1) Измеритель коэффициента шума X5M-04 ЖНКЮ.468166.021 ТУ.
- 2) Измеритель коэффициента шума X5M-04 ЖНКЮ.468166.021 ТУ с опцией «АТА».
- 3) Измеритель коэффициента шума X5M-04 ЖНКЮ.468166.021 ТУ с опцией «АПА».
- 4) Измеритель коэффициента шума X5M-04 ЖНКЮ.468166.021 ТУ с опциями «АТА» и «АПА».

#### 4.4 Технические характеристики

Гарантированными считают технические характеристики, приводимые с допусками или предельными значениями. Значения величин без допусков являются справочными. Далее представлены основные справочные и гарантированные характеристики измерителя

Диапазон рабочих частот	от 10 до 4 000 МГц
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты внутреннего опорного генератора в течение одного года	$\pm 2,5 \cdot 10^{-6}$
Пределы допускаемой относительной погрешности установки (настройки) частоты	$\pm 2 \cdot 10^{-5}$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения частоты синусоидального сигнала <sup>1)</sup>	$\pm (2 \cdot 10^{-5} f + 5)$ кГц, где $f$ – частота входного сигнала, кГц
Ширина полосы пропускания селективных фильтров	0,1; 0,3; 1,0 и 3,0 МГц
Диапазон измерений коэффициента шума:	
при ИОШТ ГШ от 4 до 7 дБ	от 0 до 15 дБ
при ИОШТ ГШ от 12 до 17 дБ	от 0 до 24 дБ
при ИОШТ ГШ от 20 до 22 дБ	от 0 до 30 дБ
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения коэффициента шума из-за нелинейности измерительного тракта	$\pm 0,1$ дБ
Нестабильность результатов измерения коэффициента шума в течение 10 минут после установления рабочего режима (при отклонении температуры окружающей среды не более $\pm 1$ °С), не более	$\pm 0,05$ дБ
Диапазон измерений коэффициента передачи	от минус 20 до плюс 30 дБ
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения коэффициента передачи из-за нелинейности измерительного тракта	$\pm 0,15$ дБ
Пределы абсолютной погрешности измерения коэффициента передачи, обусловленной переключением аттенюатора ПЧ	$\pm 0,2$ дБ
Предел допускаемого среднего квадратического отклонения случайной погрешности измерения коэффициента передачи	0,03 дБ

<sup>1)</sup> Нормируются при полосе пропускания селективного фильтра 100 кГц.



Диапазон ослаблений аттенюатора ПЧ с шагом 2 дБ	от 0 до 36 дБ
Диапазон ослаблений аттенюатора ВЧ с шагом 10 дБ для опции «АТА»	от 0 до 70 дБ
Собственный коэффициент шума, не более <sup>1)</sup>	8 дБ
Собственный коэффициент шума для опций «АТА» и / или «АПА», не более <sup>1)</sup>	10 дБ
Изменение собственного коэффициента шума при изменении температуры окружающей среды в пределах рабочих условий эксплуатации, не более	± 3 дБ
Пределы допускаемой погрешности градуировки генераторов шума <sup>2)</sup>	± 0,1 дБ
Тип соединителя входа «СВЧ»	N, розетка
Номинальное значение входного сопротивления, Ом	50
КСВН входа «СВЧ», не более <sup>1)</sup>	1,8
КСВН входа «СВЧ» для опций «АТА» и / или «АПА», не более <sup>1)</sup>	2,0
Тип соединителя выхода питания ГШ	BNC, розетка
Напряжение питания ГШ	+ 28 В
Напряжение питания от сети переменного тока частотой 50 Гц	от 198 до 242 В
Потребляемая мощность, не более	50 ВА
Время установления рабочего режима, не более	1 ч
Время непрерывной работы, не менее	16 ч
Габаритные размеры (высота×ширина×длина), не более	(170 × 275 × 380) мм
Масса, не более	9 кг
Степень защиты по ГОСТ 14254-96	IP 20
Показатели надежности:	
срок службы, не менее	5 лет
средняя наработка на отказ, не менее	10 000 ч

#### *Дополнительные характеристики*

Интерфейс подключения к компьютеру *Ethernet (IEEE 802.3)*

<sup>1)</sup> В диапазоне температур (20 ± 5) °С.

<sup>2)</sup> Без учета погрешностей из-за рассогласования радиоизмерительного тракта и ИОШТ используемого в качестве эталона генератора шума.

Максимальная рабочая мощность на входе <sup>1)</sup> , не более	– 30 дБм
Максимальная допустимая мощность на входе, не более	10 дБм

---

<sup>1)</sup> Для синусоидального сигнала при максимальном ослаблении аттенюатора тракта ПЧ, при минимальном ослаблении входного аттенюатора.

## 4.5 Устройство и работа прибора

Измерители построены по архитектуре виртуальных приборов и включают в себя аппаратную и программную части. Аппаратная часть выполняет набор базовых функций, определяющих режимы измерений. Программная часть обеспечивает реализацию выбранного пользователем режима измерений, управление и отображение результатов измерений. Данная архитектура позволяет гибко увеличивать функциональность измерителей за счёт внедрения программных опций. Открытый программный интерфейс, совместимый со стандартом *IVI-COM*, дает возможность пользователю управлять измерителем сторонним программным обеспечением *LabVIEW*, *MS Excel* и т.д. Адаптивная система синхронизации позволяет обеспечить совместную работу измерителей с другими приборами в составе измерительных комплексов.

Компьютер обеспечивает панорамное отображение результата измерений и выполняет ряд вычислительных функций. Связь между измерителем и компьютером осуществляется по протоколу *Ethernet 10/100*.

### 4.5.1 Основные формулы

Измеритель поддерживает несколько режимов работы:

- Модуляционный метод;
- Метод двух отсчетов;
- Калибровка ГШ.

4.5.1.1 В модуляционном режиме в основу работы положено измерение дифференциального КШ по методу Y-фактора [1]. Прямыми измерениями при этом являются измерения мощности.

Измерение выполняется в два этапа. Вначале проводится калибровка с подключением генератора шума ко входу измерителя (рисунок 4.2). В процессе калибровки измеряется собственный КШ измерителя  $F_{ИКШ}$  во всем частотном диапазоне при двух различных температурах источника шума (включенное и выключенное состояние ГШ). Вычисление собственного КШ производится программным обеспечением, под управлением которого находится измеритель, по формуле:

$$F_{ИКШ} = \frac{ENR_1}{\frac{ГШ_{ВКЛ.КАЛ}}{ГШ_{ВЫКЛ.КАЛ}} - 1} = \frac{ГШ_{ВЫКЛ.КАЛ}}{ГШ_{ВКЛ.КАЛ} - ГШ_{ВЫКЛ.КАЛ}} \cdot ENR_1 \quad \text{отн. ед.,}$$
$$G_{ИКШ} = \frac{ГШ_{ВКЛ.КАЛ} - ГШ_{ВЫКЛ.КАЛ}}{k(T_h - T_c)V} \quad \text{отн. ед.,}$$

где  $F_{ИКШ}$  – КШ ИКШ, отн. ед.,

$V$  – полоса частот, Гц,

$K = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К – постоянная Больцмана,

$G_{ИКШ}$  – КП ИКШ,

$T_c, T_h$  – температуры соответствующего «холодного» (для твердотельных

ГШ  $T_c$  – температура окружающей среды) и «горячего» источников, в К,

$ENR_1$  – ИОШТ генератора, применяемого на этапе калибровки, в отн.ед.,

$ГШ_{ВЫКЛ.КАЛ}$  – уровень измеренной мощности при выключенном ГШ в режи-

ме калибровки в Вт,

$\Gamma_{Ш_{ВКЛ.КАЛ}}$  – уровень измеренной мощности при включенном ГШ в режиме калибровки в Вт.

После проведения калибровки присоединяется исследуемое устройство между выходом ГШ и входом измерителя, и проводится измерение его характеристик (рисунок 4.3).

При этом КШ и КП ИУ рассчитываются по формулам:

$$F_{ИУ} = F_{\Sigma} - \frac{F_{ИКШ} - I}{G_{ИУ}} =$$

$$= \frac{\Gamma_{Ш_{ВЫКЛ}} \cdot ENR_N - \frac{\Gamma_{Ш_{ВКЛ.КАЛ}} - \Gamma_{Ш_{ВЫКЛ.КАЛ}} \cdot ENR_1 - I}{G_{ИУ}}}{\Gamma_{Ш_{ВКЛ}} - \Gamma_{Ш_{ВЫКЛ}} \cdot ENR_N - \frac{\Gamma_{Ш_{ВКЛ.КАЛ}} - \Gamma_{Ш_{ВЫКЛ.КАЛ}} \cdot ENR_1 - I}{G_{ИУ}}}, \text{ отн. ед.} \quad (4.1)$$

$$G_{ИУ} = \frac{\Gamma_{Ш_{ВКЛ}} - \Gamma_{Ш_{ВЫКЛ}} \cdot ENR_1 \cdot ATT}{\Gamma_{Ш_{ВКЛ.КАЛ}} - \Gamma_{Ш_{ВЫКЛ.КАЛ}} \cdot ENR_N}, \text{ отн. ед.}$$

где  $F_{ИУ}$  – КШ ИУ в отн. ед.;

$F_{\Sigma}$  – КШ измерительной схемы в отн. ед.;

$G_{ИУ}$  – КП ИУ в отн. ед.,

$ENR_N$  – ИОШТ генератора, применяемого на этапе измерений, в отн. ед.,

$\Gamma_{Ш_{ВЫКЛ}}$  – уровень измеренной мощности для системы ГШ-ИУ-ИКШ при выключенном ГШ на этапе измерения, Вт,

$\Gamma_{Ш_{ВКЛ}}$  – уровень при включенном ГШ на этапе измерения, Вт,

$ATT$  – установленное значение ослабления аттенюатора ПЧ, отн. ед.

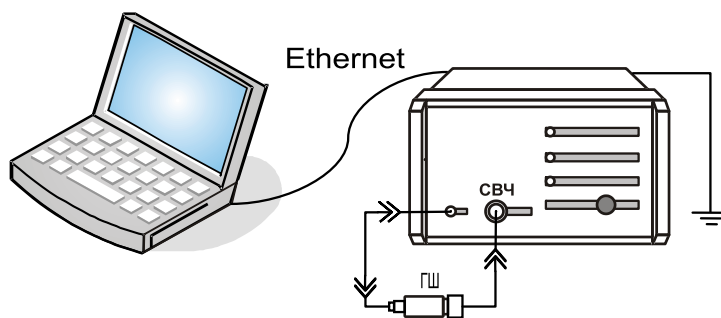


Рисунок 4.2 – Схема калибровки

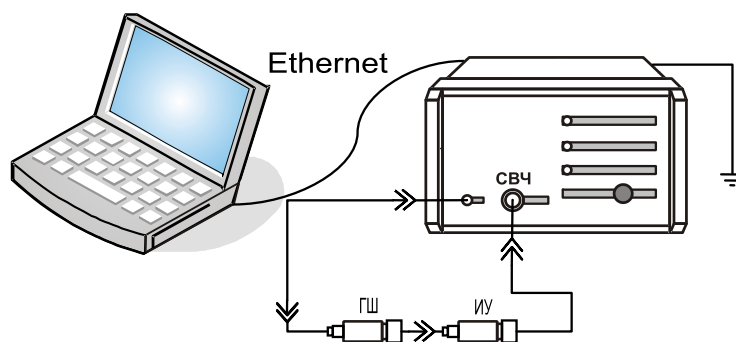


Рисунок 4.3 – Основная схема включения измерителя

4.5.1.2 В методе двух отсчетов при расчете КШ ИУ предварительно рассчитывается шумовая температура ИУ по формуле:

$$T_e = \frac{T_{ОКР} - T_{ХОЛ} \cdot \frac{\GammaШ_{ВКЛ}}{\GammaШ_{ВЫКЛ}}}{\frac{\GammaШ_{ВКЛ}}{\GammaШ_{ВЫКЛ}} - 1} \text{ К,}$$

где  $T_{ОКР}$  – температура окружающей среды или температура СН в К;

$T_{ХОЛ}$  – номинальная температура НГШ в К.

Далее осуществляется пересчет по формуле:

$$F_{ИУ} = 1 + \frac{T_e}{T_0} = 1 + \frac{T_e}{290} \text{ отн. ед.,}$$

Более подробная информация об особенностях данного метода приводится в части III настоящего РЭ.

4.5.1.3 В режиме калибровки ГШ исходными данными являются введенные значения  $ENR_{ЭТ}$  для эталонного ГШ и уровни мощности при включенном и выключенном эталонном ГШ. Расчет  $ENR_{ИУ}$  исследуемого ГШ производится по формуле:

$$ENR_{ИУ} = ENR_{ЭТ} \frac{\GammaШ_{ВКЛ}^{ИУ} - \GammaШ_{ВЫКЛ}^{ИУ}}{\GammaШ_{ВКЛ}^{ЭТ} - \GammaШ_{ВЫКЛ}^{ЭТ}} \text{ отн. ед.,}$$

где в числителе стоят измеренные мощности при включенном и выключенном исследуемом ГШ (в Вт), а в знаменателе – то же самое, но для эталонного ГШ.

Более подробная информация об особенностях данного метода приводится в части III настоящего РЭ.

#### 4.5.1.4 Температурная компенсация

В модуляционном методе реализована так называемая температурная компенсация. Дело в том, что стандартный КШ [3] должен измеряться при стандартной температуре, которая по умолчанию в программном обеспечении имеет значение  $T_0 = 290$  К. В случае, когда температура, при которой проводятся измерения, отличается от стандартной сначала измеряется рабочий КШ, а далее осуществляется пересчет к стандартному КШ в соответствии с введенной температурой окружающей среды  $T_{ОКР}$ . При этом в формуле для  $F_{ИУ}$  (4.1), корректируются введенные значения  $ENR$  (т.е.  $ENR_I$  и  $ENR_N$ ) – умножаются на коэффициент  $(T_{ОКР}/T_0)$ . Подобная корректировка справедлива только для твердо-

тельных ГШ и является приближением формулы (1.67) в [1] при условии  $T_{OKP} \approx T_0$ . Об использовании параметра  $T_{OKP}$  также упоминается в п.4.4.5.

#### 4.5.2 Структура измерителя

Измеритель состоит из следующих основных блоков:

- преобразователь частоты;
- блок синтезаторов частот;
- ЦОС ПЧ (блок цифровой обработки сигналов ПЧ);
- блок управления;
- модулятор ГШ;
- блок питания.

Структурная схема приведена на рисунке 4.4. Преобразователь частоты представляет собой радиоприемный тракт, собранный по супергетеродинной схеме, и предназначен для преобразования частоты входного сигнала, усиления и фильтрации. В измерителе используется трехкратное преобразование частоты. В качестве сигналов гетеродинов используются сигналы из блока синтезаторов частот. Первое преобразование выполняется при качании частоты первого гетеродина и фиксированной промежуточной частоты, во втором и третьем преобразовании – частоты гетеродинов и промежуточные частоты фиксированы. Сигнал с выхода третьего преобразователя поступает в блок цифровой обработки (ЦОС ПЧ), где оцифровывается, фильтруется и детектируется.

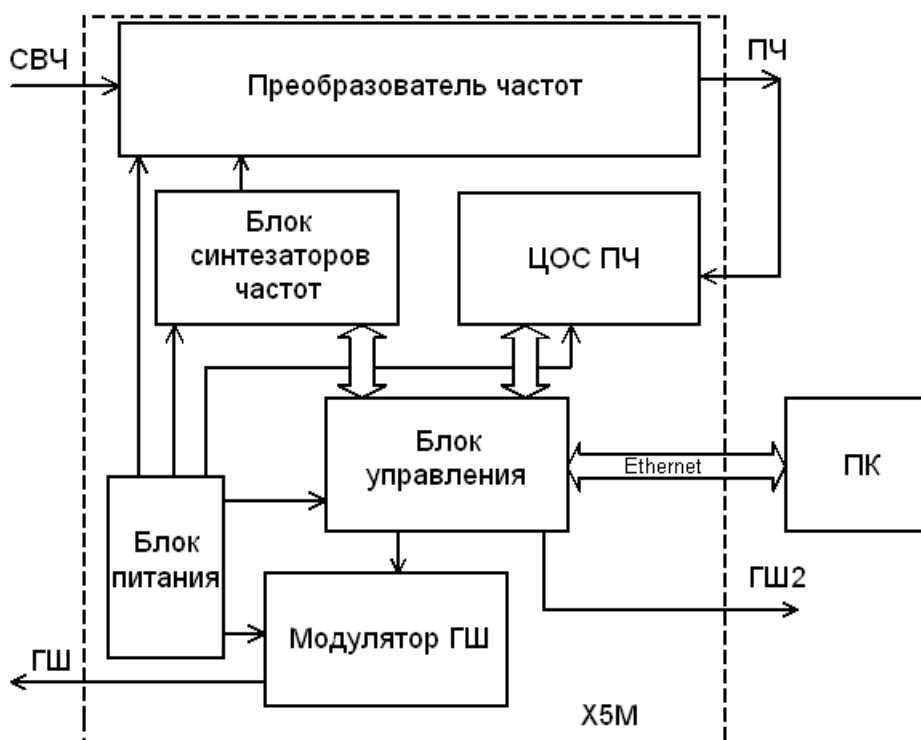


Рисунок 4.4 – Структурная схема измерителя

Блок управления предназначен для управления работой блоков ЦОС ПЧ, синтезаторов частот, модулятора ГШ и обмена данными с ПК, имеет дополнительный выход «ГШ2», предназначенный для управления внешним модулятором при помощи сигналов уровня ТТЛ.

### 4.5.3 Особенности работы

4.5.3.1 В данном подразделе приводятся лишь некоторые особенности работы измерителя, более подробную информацию можно найти в п.4.4.5 части III настоящего РЭ.

4.5.3.2 Дифференциальный КШ. Как отмечалось выше, прямыми измерениями являются измерения мощности. Хотя измерения являются панорамными в заданном диапазоне частот, расчет КШ и КП осуществляется в достаточно узкой полосе, ширина которой выставляется программно на панели управления «Параметры измерения» в строке «Полоса фильтра ПЧ». Предполагается, что в этой узкой полосе значение КШ и КП постоянно, а шум является тепловым; т.е. осуществляется измерение так называемого дифференциального КШ [1].

4.5.3.3 Аппаратное усреднение. В приборе предусмотрена возможность изменения аппаратного усреднения через управляющее программное обеспечение (на панели управления «Параметры измерения» строка «Степень усреднения»). При этом в строке «Степень усреднения» вводится число, характеризующее количество измерений мощности в одной точке по частоте; на экран выводится среднее арифметическое значение. Увеличение степени усреднения уменьшает флуктуации.

4.5.3.4 Аппроксимация. Также следует заметить, что в заданном частотном диапазоне измерение производится лишь в определенных точках, число которых задается на панели управления «Параметры измерения» в строке «Количество точек»; тем не менее, на экран выводится непрерывная кривая, полученная путем аппроксимации. Аппроксимированные точки на маркерах обозначаются знаком «(!)».

4.5.3.5 Преобразование частот. В программном обеспечении предусмотрена возможность отображения результатов в преобразованном диапазоне частот, для тех случаев, когда в качестве ИУ, например, выступает конвертор (см. п.4.4.4.1 части III). При введении данных о гетеродине производится автоматический подбор данных из введенной таблицы ENR для соответствующего частотного диапазона.

4.5.3.6 Модуляция. Существуют особенности при измерении КШ приемников с одно- и двухполосной модуляцией. В случае однополосной модуляции (ОМ), как правило, предполагается, что прием сигнала осуществляется в одной боковой полосе, а шумы присутствуют в двух боковых полосах входных цепей. При двухполосной модуляции принимаемый сигнал присутствует в двух боковых полосах. Если боковые полосы частот равны и равны КП преобразователей, то КШ для преобразователя с ОМ будет на 3 дБ больше, чем для преобразователя с двухполосной модуляцией [1, 2]. Т.о., КШ для ОМ нуждается в коррекции. Подобную трехдецибельную коррекцию необходимо проводить ручную, т.к. в измерителе предполагается, что сигнал присутствует во всем входном диапазоне частот.

## **5 Подготовка прибора к работе**

В данном разделе приведена информация об эксплуатационных ограничениях, о распаковывании и повторном упаковывании. Подразделы «Порядок установки» и «Подготовка к работе» вынесены в часть III настоящего РЭ. Подготовка прибора к работе осуществляется после ознакомления с разделом «Требования безопасности».

### **5.1 Эксплуатационные ограничения**

5.1.1 Эксплуатация измерителя должна производиться в условиях, указанных в разделе 4 части I настоящего РЭ.

5.1.2 Напряжение питания сети должно соответствовать значениям, указанным в разделе технических характеристик 4.4 настоящего РЭ.

5.1.3 Не рекомендуется непрерывная работа измерителя более 16 ч. Временной интервал между рабочими циклами не менее 2 часов.

### **5.2 Распаковывание и повторное упаковывание**

#### **5.2.1 Общие положения**

Упаковывание проводится по ГОСТ 9181.

Для упаковывания измерителя, комплекта принадлежностей, эксплуатационной и сопроводительной документации используется потребительская и транспортная тары.

Вид потребительской тары – чехлы из полиэтиленовой пленки марки М или Т, толщиной 0,1–0,3 мм по ГОСТ 10354.

Вид транспортной тары – кейс и картонный ящик.

**Примечание:** при отсутствии картонного ящика допускается использовать в качестве транспортной упаковки только кейс.

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

Все работы по упаковыванию должны выполняться под руководством лица, ответственного за упаковку.

Упаковывание измерителя должно производиться в закрытом помещении с температурой воздуха не менее 15°C и относительной влажностью не более 80 % при температуре 25 °С.

Перед упаковыванием измеритель и комплект принадлежностей должен быть осмотрен и очищен от пыли и грязи.

#### **5.2.2 Упаковывание измерителя**

Упаковывание измерителя проводится в следующей последовательности:



5.2.2.1 Поместить измеритель и комплект принадлежностей в потребительскую тару, удалить из них избыток воздуха и заварить швы потребительской тары.

Примечание: допускается не заваривать швы потребительской тары измерителя, комплекта принадлежностей и документации, укладываемых в кейс.

5.2.2.2 Упакованный измеритель и комплект принадлежностей уложить в кейс. Пространство между стенками кейса и упакованными измерителем и комплектом принадлежностей заполнить амортизационным материалом.

5.2.2.3 Заполнить в формуляре «Свидетельство об упаковке».

5.2.2.4 Поместить документацию, указанную в таблице 1, в потребительскую тару, удалить избыток воздуха и заварить швы.

5.2.2.5 Уложить упакованную документацию в кейс таким образом, чтобы их можно было извлечь, не нарушая целостность потребительской тары измерителя и комплекта принадлежностей.

5.2.2.6 Заполнить сопроводительную документацию и уложить ее в кейс.

5.2.2.7 Закрыть крышку кейса.

5.2.2.8 Нанести на кейс и картонный ящик (при его наличии) следующую маркировку:

- название предприятия-изготовителя;
- адреса получателя и отправителя;
- наименование и серийный номер измерителя;
- манипуляционные знаки «Хрупкое – осторожно!» I, «Беречь от влаги» J, «Верх» II (согласно ГОСТ 14192).

5.2.2.9 Опломбировать кейс печатью. При наличии картонного ящика, поместить в него кейс, заполнив пространство между стенками ящика и кейсом амортизационным материалом.

### 5.2.3 Распаковывание измерителя

Распаковывание измерителя проводить в следующей последовательности:

5.2.3.1 Открыть картонный ящик, извлечь и открыть кейс.

5.2.3.2 Извлечь из кейса и затем из потребительской тары измеритель, комплект принадлежностей и документацию.

5.2.3.3 Провести сверку с сопроводительной документацией.

5.2.3.4 Сравнить номера измерителя и комплекта принадлежностей с номерами, указанными в формуляре. В случае обнаружения несоответствия номеров, сделать соответствующую запись в таблице 5 формуляра и сообщить на предприятие-изготовитель.

5.2.3.5 Провести внешний осмотр измерителя. В случае обнаружения механических повреждений, следов воздействия агрессивных сред или отсутствия пломб, сделать соответствующую запись в таблице 5 формуляра и сообщить на предприятие-изготовитель.

## 6 Средства измерений, инструменты и принадлежности

### 6.1 Обзор

Средства, необходимые при эксплуатации и обслуживании, но не поставляемые в комплекте с измерителем, приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Наименование	Характеристики	Нормативный документ	Примечание
Компьютер в составе: - системный блок  - манипулятор «мышь»; - экран	не хуже указанных в п. 1 части II настоящего РЭ;  разрешение не менее 1024×764		Используется для управления измерителем, обработки и отображения результатов измерений
Генератор шума	твердотельные, включаемые постоянным напряжением плюс 28 В		Используется для измерения КШ и КП
Комплект измерителей присоединительных размеров КИПР-7	абсолютная погрешность измерений не более $\pm 10$ мкм	ЖНКЮ.468925.003 ПС	Используется для контроля соединителей СВЧ
Вата медицинская гигроскопическая гигиеническая (далее по тексту – вата)	–	ГОСТ 5556	Используются для чистки соединителей СВЧ
Спирт этиловый (далее по тексту – спирт)	–	ГОСТ 18300	
Браслет антистатический	–	ГОСТ 12.4.124	Используются в целях сохранности измерителя
Коврик антистатический	–	ГОСТ 12.4.124	

## 6.2 Используемые генераторы шума

Для измерений КШ и КП с помощью приборов серии X5M предполагается использование генераторов шума (ГШ), которые не входят в комплект поставки измерителя. Возможно применение ГШ различных типов, например: твердотельные ГШ, низкотемпературные ГШ (НГШ), газоразрядные. Основной задачей ГШ является генерация шумового сигнала с калиброванным уровнем мощности (другими словами, с заданной шумовой температурой).

6.2.1 Твердотельные генераторы шума, используемые с измерителем, обычно состоят из лавинно-пролетного диода (ЛПД) и генераторной секции, служащей для согласования входного сопротивления р-п-перехода с сопротивлением нагрузки. Если на ЛПД подать напряжение смещения, то выходной сигнал будет соответствовать тепловому шуму высокой температуры, что обусловлено соответствующими генерациями диода. Это своего рода имитация горячей резистивной нагрузки. Источником шумового излучения в ЛПД являются дробовые флуктуации тока насыщения диода и флуктуации коэффициента умножения лавины. Если напряжение смещения отсутствует, то выходной сигнал будет соответствовать шуму согласованной нагрузки температуры окружающей среды (холодная резистивная нагрузка). Мощность, отдаваемая диодом в нагрузку, определяется выражением:

$$P_w = \frac{P_{w.o} \cdot R \cdot A}{R + R_s},$$

где  $P_{w.o}$  – минимальная мощность шумов, отдаваемая диодом в согласованную с его внутренним сопротивлением нагрузку;

$A$  – КП мощности от р-п перехода в нагрузку;

$R_s$  – сопротивление растекания диода.

Такие ГШ могут работать как в режиме непрерывных колебаний, так и в режиме импульсной модуляции при длительности импульсов от нескольких долей микросекунд.

6.2.2 НГШ, как правило, используют в некоторых специфических приложениях. Эти ГШ обычно состоят из сосудов Дьюара, наполненных жидким азотом, с помещенной в них согласованной нагрузкой. Сигнал, снимаемый с этой холодной нагрузки, соответствует тепловому шуму с шумовой температурой около 77 К. В качестве горячей нагрузки используется согласованная резистивная нагрузка комнатной температуры. В этом случае названия «холодная» и «горячая» в прямом смысле отражают физическую сущность процесса генерации. Относительно маленькая разница в шумовых температурах холодной и горячей нагрузок, а также потенциальная разница в КСВ, появляющаяся в результате прикручивания к разным физическим нагрузкам, обычно ограничивают этот метод до применения в калибровочных лабораториях и в приложениях миллиметрового диапазона.

6.2.3 Газоразрядные трубки, внедренные в волноводную структуру, способны производить шум за счет кинетической энергии плазмы. Традиционно они использовались в качестве источников шума миллиметрового диапазона.

Постепенно они были вытеснены твердотельными шумовыми диодами на частотах ниже 50 ГГц. Шумовые диоды являются более простыми в использовании и, как правило, более стабильными источниками шума.

Возможно применение и других типов ГШ.

### **6.3 Выбор генераторов шума**

Наиболее важными параметрами генераторов шума для измерений КШ и КП являются: величина ИОШТ, величина шумовой температуры и способ генерации шумового сигнала, величина напряжения питания, степень стабильности характеристик, выходное сопротивление.

#### **6.3.1 Величина ИОШТ**

Выходной сигнал источника шума характеризуется диапазоном рабочих частот и ИОШТ (ENR). Типичные значения ИОШТ (ENR): 15 дБ и 6 дБ.

Рекомендуется использовать источник шума с ИОШТ (ENR) 15 дБ:

- для измерений КШ до 30 дБ, общее применение;
- для калибровки полного динамического диапазона измерителя (перед измерением устройств, имеющих большой КП).

Использовать источник шума с ИОШТ (ENR) 6 дБ правильнее при проведении измерений КШ:

- устройств с КП, чувствительным к изменению импеданса источника шума;
- устройств с очень низким КШ и устройств с КШ, не превышающим 15 дБ.

Низкая ИОШТ (ENR) источника шума минимизирует погрешность, вызванную нелинейностью детекторной характеристики ИКШ. При использовании таких источников требуется меньшее внутреннее ослабление для перекрытия динамического диапазона измерений, если КП исследуемого устройства не очень высок. Малое ослабление уменьшает КШ измерителя, что приводит к уменьшению погрешности.

6.3.2 Напряжением питания характеризуются, как правило, твердотельные ГШ. Измерители серии X5M позволяют автоматически управлять включением и выключением подобных ГШ за счет подачи/отключения на них постоянного напряжения плюс 28 В, либо минус 5 В.

6.3.3 Калибровочные данные. В комплект поставки ГШ должен входить сертификат калибровки или свидетельство о проверке, в котором указывается зависимость ИОШТ или шумовой температуры от частоты; такую зависимость называют характеристикой ГШ. При этом должен указываться диапазон температур, при которых получены эти данные, их точность и дата последней и следующей проверок.

6.3.4 Выходное сопротивление и КСВН. Качественные генераторы шума имеют на выходе аттенюатор для обеспечения низкого КСВ, чтобы обеспечить минимальное рассогласование при измерениях. Если имеется различие между значениями выходного сопротивления или КСВН во включенном и выключен-

ном состояниях, возможно возникновение ошибки при измерениях КШ.

6.3.5 Шумовая температура является, зачастую, нормируемой величиной для НГШ. Для твердотельных ГШ шумовая температура непосредственно связана с ENR по следующей формуле:

отн.ед.,


где  $T_h$  и  $T_c$  – соответственно шумовые температуры горячего и холодного источников,  $T_o$  – стандартная температура (всё в градусах Кельвина).

## 7 Порядок работы

В данном разделе приводятся указания о подготовке и порядке работы с измерителем. Основные сведения о подготовке и порядке работы изложены соответственно в разделе 4 «Подготовка прибора к работе» и в разделе 5 «Порядок работы» части III настоящего РЭ.

### 7.1 Меры безопасности при работе с прибором

7.1.1 В измерителях имеется напряжение  $\sim (220 \pm 22)$  В, поэтому при эксплуатации и контрольно-профилактических работах, проводимых с измерителем, строго соблюдайте соответствующие меры предосторожности:

- перед подключением измерителя к сети или подключением к нему других приборов необходимо убедиться в исправности шнура сетевого и соединить зажим защитного заземления, обозначенный символом  и находящийся на задней панели прибора, с заземляющим проводником (в крайнем случае, с зануленным зажимом питающей сети);

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ ВОЗМОЖНО ПОРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ.**

- зажим защитного заземления следует отсоединять после отключения измерителя от сети питания и от других приборов;

**ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПОДАВАТЬ НА ВХОД СВЧ ИЗМЕРИТЕЛЯ МОЩНОСТЬ И ПОСТОЯННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ПРЕВЫШАЮЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕННЫЕ НА ПЕРЕДНЕЙ ПАНЕЛИ ПРИБОРА РЯДОМ СО ЗНАКОМ **

**ВНИМАНИЕ!  
ПРИ ПОЯВЛЕНИИ ЗАПАХА ГАРИ, ДЫМА И Т.П. НЕЗАМЕДЛИТЕЛЬНО ОБЕСТОЧИТЬ ПРИБОР!  
ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ ИСПОЛЬЗУЙТЕ АНТИСТАТИЧЕСКИЕ БРАСЛЕТЫ.**

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

**ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ВКЛЮЧАТЬ В СЕТЬ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НЕЗАЗЕМЛЕННЫЙ ПРИБОР! ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ КОММУТАЦИИ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ (КАЛИБРОВКИ) ПРИ ВКЛЮЧЕННОМ РЕЖИМЕ «ИЗМЕРЕНИЕ»; ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАРУШАТЬ ЗАЩИТНЫЕ ПЛОМБЫ, ПРОИЗВОДИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ.**


7.1.3 При использовании в измерениях низкотемпературных генераторов шума, заполняемых жидким азотом, необходимо соблюдать следующие правила:

- заливку производить только через воронку;
- поскольку в начале заливки происходит бурное кипение азота, следует наливать малой струей (при этом в резервуаре устанавливается низкая температура), не допуская попадания брызг жидкости на одежду, обувь, открытые участки тела;
- заполненный генератор шума должен быть закреплен;
- запрещается сливать азот из НГШ;
- новую заливку следует производить только после полного испарения всего азота.

## 7.2 Расположение органов настройки и включения прибора

7.2.1 Основными органами управления на передней панели измерителя являются:

- кнопка включения / выключения питания (в правом нижнем углу панели), справа от которой располагается надпись ВКЛ и световой индикатор, который информирует соответственно о включенном / выключенном электропитании; перед подключением к сети электропитания переключатель должен находиться в положении «0»;






- вход СВЧ, рядом с которым располагается надпись  $\rightarrow$  СВЧ, предназначен для подачи шумового сигнала от генератора шума на этапе калибровки и шумового сигнала от исследуемого устройства на этапе измерения искомых КШ и КП; уровень мощности и постоянного напряжения входных сигналов не должны превышать значений, написанных на передней панели прибора рядом со знаком ;

- разъем для питания генератора шума (в левом нижнем углу панели), слева от которого располагается надпись ВКЛ и световой индикатор, который во включенном состоянии информирует о подаче постоянного напряжения плюс 28 В и при выключенном – об отсутствии напряжения;

- разъем адаптера питания (для приборов с опцией АПА), справа от которого располагается кнопка включения / выключения питания; данный разъем позволяет подавать питание до  $\pm 20$  В и 500 мА на исследуемые усилители и

конверторы через центральный проводник входа → СВЧ.

7.2.2 Основными органами управления на задней панели измерителя являются:

-  – разъем защитного заземления измерителя;
- «~220 В 50 Гц 1 А» – разъем для подключения шнура сетевого;
- «*ETHERNET UTP 10/100*» – разъемы для подключения измерителя к компьютеру с помощью кабеля *Ethernet*, через который осуществляется управление измерителем по протоколу TCP/IP;
-  ПЧ – выход сигнала промежуточной частоты;
-  ПЧ – вход сигнала промежуточной частоты; перед началом работы с измерителем необходимо соединить вход  ПЧ с выходом  ПЧ; для этого в комплекте поставки прибора имеется Кабель, применяемый в качестве перемычки;
- КОНФИГУРАТОР – ряд переключателей, которые позволяют устанавливать необходимые наборы сетевых параметров, определяющих тип логического подключения к управляющему компьютеру (управление осуществляется по протоколу TCP/IP); в начальном состоянии все переключателя должны находиться в состоянии OFF (соответствует нумерованной стороне переключателей).

7.2.3 Более подробная информация о расположении органов настройки и включения прибора приводится в разделе 5 части III настоящего РЭ.





### 7.3 Сведения о порядке подготовки к проведению измерений

Подготовка к проведению измерений осуществляется после ознакомления с предыдущими разделами РЭ. Порядок подготовки к проведению измерений следующий.

7.3.1 Ознакомиться с содержанием раздела 3 «Подготовка прибора к работе» части III настоящего РЭ, уделив особое внимание подразделу «Меры по обеспечению безопасности и меры предосторожности» (см. 3.4.1).

7.3.2 Подготовить рабочее место согласно разделу 4 «Подготовка прибора к работе» части III, учитывая климатическую обстановку, наличие системы заземления и напряжения питания  $\sim (220 \pm 22)$  В.

7.3.3 Подготовить прибор к работе; для этого, следуя указаниям, приведенным в разделе 4 части III, необходимо:

- распаковать и установить прибор на ровную горизонтальную поверхность;
- соединить вход  ПЧ с выходом  ПЧ соответствующим кабелем из комплекта поставки прибора и установить органы управления в начальные состояния, приведенные в предыдущем подразделе;
- провести визуальный осмотр и при необходимости провести чистку входа  СВЧ;
- соединить клемму  прибора с системой заземления и подвести пита-

ние;

- произвести установку программного обеспечения на управляющий компьютер;

- подготовить к работе ГШ, пользуясь указаниями, приведенными в руководстве по эксплуатации на него.

- убедиться, что переключатель ВКЛ находится в состоянии «0», после чего осуществить либо прямое подключение измерителя к сетевой карте управляющего компьютера (*рекомендуется*), либо подключение измерителя к локальной сети (*только по согласованию с администратором сети*) и осуществить проверку работоспособности.

## **7.4 Порядок проведения измерений**

Измерение осуществляется после выполнения указаний предыдущего подраздела. Порядок проведения измерений следующий.

**7.4.1 Ознакомиться с содержанием раздела 4 «Порядок проведения измерений»,** а также приложения Д части III настоящего РЭ, уделив особое внимание подразделу «Меры безопасности по работе с прибором».

**7.4.2 Запустить ПО *Graphit*** для требуемой измерительной схемы, например «Модуляционный метод», следуя указаниям, приведенным в разделе 5 части III; необходимо проделать следующее:

- выставить на панели управления «Параметры измерения» требуемые значения для диапазона частот, количества точек измерения в данном диапазоне частот, степень аппаратного усреднения (определяет количество измерений в одной точке), температуру окружающей среды на панели управления «Общие параметры»; при необходимости выставить другие параметры;

- для схемы «Модуляционный метод» ввести номинальные значения ИОШТ для ГШ в таблицу «Характеристика ГШ»; для схемы «Метод двух отсчетов» занести номинальную температуру НГШ в таблицу «Температура холодного источника»; для схемы «Калибровка ГШ» необходимо ввести номинальные значения для эталонного ГШ в таблицу «Характеристика эталонного ГШ»;

**7.4.3 Провести калибровку** в соответствии с измерительной схемой, следуя указаниям подраздела 5.4 части III настоящего РЭ:

### *Модуляционный метод*

- провести калибровку, подключив ГШ ко входу → СВЧ и нажав на панели калибровки «Калибровка»;

### *Метод двух отсчетов*

- данная измерительная схема предназначена для исследований устройств с большим КП ( $\geq 20$  дБ), поэтому этап калибровки для этой схемы не предусмотрен;

### *Калибровка ГШ*

- в схеме «Калибровка ГШ» используется метод сравнения с мерой, поэтому вместо этапа калибровки имеется измерение эталонного ИОШТ, т.е. по-



сле подключения эталонного ГШ ко входу → СВЧ необходимо на панели инструментов «Эталон» нажать «Эталон».

#### 7.4.4 Провести измерения, следуя указаниям раздела 5 части III:

##### *Модуляционный метод*

- включить «Учет калибровки» для измерения КШ и КП ИУ (при этом шумы измерителя исключаются);
- собрать схему измерения, при которой выход ИУ соединяется со входом → СВЧ измерителя, а выход ГШ подключается к входу ИУ;
- для ИУ, питание к которым подводится через выход, на измерителях с опцией АПА также нужно подать соответствующее питание для ИУ через адаптер питания (на передней панели измерителя), нажав кнопку ВКЛ, расположенную около разъема адаптера питания;
- нажать «Измерение» на панели инструментов «Измерение»;
- установить требуемый масштаб при помощи функции «Автомасштаб»;
- сохранить результат измерений;

##### *Метод двух отсчетов*

- на панели инструментов «Мастер» нажать «Мастер»;
- следуя указаниям мастера измерения КШ, сначала собрать измерительную схему, при которой выход ИУ соединяется со входом → СВЧ измерителя, а ко входу ИУ подключается СН через вентиль (В); нажать «Далее», начнется процесс измерения «Горячий источник»; далее собрать схему, в которой вместо СН подключается НГШ, нажать кнопку «Далее»;
- установить требуемый масштаб при помощи функции «Автомасштаб»;
- сохранить результат измерений;

##### *Калибровка ГШ*

- подключить градуируемый ГШ ко входу → СВЧ, на панели инструментов «Калибровка ГШ» нажать «Калибровка ГШ»;
- сохранить результат измерений.

7.4.5 Провести расчет погрешности измерений согласно приложению Е части III настоящего РЭ.

## 8 Поверка прибора

Поверка измерителя проводится в соответствии с ЖНКЮ.468166.021 ДЗ «Измеритель коэффициента шума Х5М-04. Методика поверки».

## 9 Текущий ремонт

При поломке измерителя допускается только текущий фирменный ремонт, либо ремонт, который осуществляют предприятия, имеющие соответствующую лицензию. Метод ремонта – обезличенный.

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОВОДИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ ИЗМЕРИТЕЛЯ.**

Перечень возможных неисправностей приведен в приложении А части III

настоящего РЭ; сведения о возможных ошибках программного обеспечения находятся в приложении В части III настоящего РЭ.

Примечание: допускается самостоятельная смена пользователем плавкого предохранителя по указаниям, приведенным ниже.

### **9.1 Смена плавкого предохранителя**

- выключить измеритель, установив кнопку ВКЛ на передней панели измерителя в положение «0»;

**ВНИМАНИЕ: ПЕРЕД СМЕНОЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЯ НЕОБХОДИМО ОТКЛЮЧИТЬ ПРИБОР ОТ ВСЕХ ИСТОЧНИКОВ НАПРЯЖЕНИЯ!**

- отключить шнур сетевой от измерителя, открыть крышку, закрывающую гнездо установки плавкого предохранителя;

- сменить предохранитель на сменный, находящийся в гнезде. В случае отсутствия сменного предохранителя, провести смену на предохранитель В0205 1А или аналог;

**ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ УСТАНОВКА ПРЕДОХРАНИТЕЛЯ НА ЗНАЧЕНИЕ СИЛЫ ТОКА ПРЕВЫШАЮЩЕЕ 1 А.**

- закрыть крышку, подсоединить шнур сетевого питания к измерителю;  
- включить измеритель, установив кнопку ВКЛ на передней панели измерителя в положение «I», убедиться в наличии индикации ВКЛ.

## **10 Хранение, транспортирование, упаковка**

### **10.1 Хранение**

10.1.1 Измеритель до введения в эксплуатацию следует хранить на складах в упаковке предприятия-изготовителя при температуре окружающего воздуха от 5 до 40 °С и относительной влажности воздуха до 80 %.

10.1.2 Измеритель без упаковки допускается хранить при температуре окружающего воздуха от 10 до 35 °С и относительной влажности воздуха не более 80 %.

10.1.3 В помещениях для хранения не должно быть пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию.

### **10.2 Транспортирование**

#### **10.2.1 Меры безопасности при погрузке и выгрузке**

10.2.1.1 Погрузка и выгрузка упакованного измерителя должна проводиться со всеми предосторожностями, исключающими удары и повреждения транспортной упаковки.

10.2.1.2 При погрузке и выгрузке транспортную упаковку не бросать и устанавливать согласно нанесенным на ней знакам.

10.2.1.3 Погрузка и выгрузка не требует применения погрузочно-разгрузочных средств.

### **10.2.2 Условия транспортирования**

10.2.2.1 Транспортировка измерителя осуществляется в закрытых транспортных средствах любого вида в условиях транспортирования:

- температура окружающей среды от минус 50 °С до плюс 70 °С;
- относительная влажность воздуха при 25 °С не более 95 %;
- атмосферное давление от 84 (630) до 106,7 (800) кПа (мм рт. ст.).

10.2.2.2 Измеритель разрешается транспортировать в упакованном виде в условиях, исключающих внешние воздействия, способные вызвать механические повреждения измерителя или нарушить целостность транспортной упаковки в пути следования.

10.2.2.3 При транспортировании воздушным транспортом измеритель в упаковке должен располагаться в отапливаемых герметизированных отсеках.

10.2.2.4 Трюмы судов, кузова автомобилей, используемые для перевозки, не должны содержать паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию.

### **10.3 Упаковка**

10.3.1 Вид упаковки – кейс и картонная коробка.

10.3.2 Упаковка сохраняется вплоть до утилизации измерителя.

### **11 Маркирование и пломбирование**

Вблизи органов управления и присоединения нанесены надписи и обозначения, указывающие их функциональное назначение.




11.1 На передней панели измерителя нанесены следующие обозначения:

- название предприятия-изготовителя;
- тип измерителя;
- знак утверждения типа;
- обозначения органов управления, индикаторов и разъемов.

11.2 На задней панели измерителя нанесены следующие обозначения:

- тип измерителя;
- заводской номер;
- обозначение органов управления, индикаторов и разъемов.

11.3 На транспортную упаковку нанесены следующие обозначения:

- название предприятия-изготовителя;
- адреса получателя и отправителя;
- наименование и серийный номер измерителя;
- манипуляционные знаки «Хрупкое – осторожно!» , «Беречь от влаги» , «Верх»  (согласно ГОСТ 14192).

11.4 Измеритель имеет защитные пломбы, предотвращающие несанкционированное вскрытие.

## **12 Гарантии предприятия-изготовителя**

12.1 Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие измерителя характеристикам, указанным в подразделе 4.4, при соблюдении пользователем условий и правил эксплуатации, хранения и транспортирования.

Гарантийный срок и срок службы указаны в ЖНКЮ.468166.021 ФО.

Предприятие-изготовитель обязуется в течение гарантийного срока проводить ремонт, кроме случаев, описанных ниже.

Предприятие-изготовитель осуществляет платный ремонт и сервисное обслуживание измерителей в течение срока службы.

В течение гарантийного срока предприятие-изготовитель обязуется проводить ремонт измерителя в случае несоответствия его характеристик или наличия механических повреждений при первоначальном осмотре измерителя и комплекта принадлежностей.

12.2 При наличии механических повреждений при первоначальном осмотре или обнаружении несоответствия характеристик в течение гарантийного срока, необходимо составить технически обоснованный акт с указанием причин несоответствия и условий их обнаружения. Упаковать измеритель и комплект принадлежностей, пользуясь указаниями п. 5.2, и отправить их на предприятие-изготовитель для ремонта или замены.

Комплект поставки измерителя и комплекта принадлежностей на предприятие-изготовитель для ремонта или замены должен соответствовать таблице 1.

**Примечание – Допускается по согласованию с предприятием-изготовителем на ремонт или замену высылать не полный комплект, а только устройство, вышедшее из строя. При этом с устройством обязательно высылается формуляр.**

12.3 Гарантии на ремонт измерителя не распространяются в следующих случаях:

- имеются механические повреждения измерителя или комплекта принадлежностей, полученные при эксплуатации, или следы воздействия жидкостей или агрессивных паров;
- отсутствует формуляр;
- формуляр не заполнен или заполнен неверно;
- повреждены пломбы предприятия-изготовителя;
- имеются следы вскрытия корпуса измерителя;
- истек гарантийный срок.

Предприятие-изготовитель осуществляет платный ремонт и сервисное обслуживание измерителей в течение срока службы.

Ремонт, осуществляемый не по гарантиям предприятия-изготовителя, проводится только после оформления договора на проведение ремонта.

## Приложение А (справочное) Библиография

1. Алмазов-Долженко К.И. Коэффициент шума и его измерение на СВЧ. – М.: Научный мир, 2000. – 240 с.
2. Белоусов А.П., Каменецкий Ю.А. Коэффициент шума. – М.: «Радио и связь», 1981. – 112 с.
3. Friis Н.Т. Noise Figures of Radio Receivers // Proc. of the IRE, July, 1944, pp. 419–422.
4. Noise Figure Measurement Accuracy – The Y-Factor Method: Application Note 57-2 [Электронный ресурс] / Agilent Technologies: Innovating the HP Way. – [USA]: Agilent Technologies, 2001. – 16 Feb. – 45 p.





# ИЗМЕРИТЕЛЬ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА

X5M-04

Руководство по эксплуатации

Руководство по программному обеспечению

Часть II ЖНКЮ.468166.021 РЭ1

Предприятие-  
изготовитель: ЗАО «НПФ «Микран»  
Адрес: 634045 Россия, г. Томск  
ул. Вершинина, 47  
тел: +7(3822) 42-18-77, 41-46-35  
тел/факс: +7(3822) 42-36-15  
E-mail: [pribor@micran.ru](mailto:pribor@micran.ru)  
Сайт: [www.micran.ru](http://www.micran.ru)





## Содержание

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЧАСТЬ II. РУКОВОДСТВО ПО ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ .....	5
1 Общие сведения.....	5
2 Установка и настройка программного обеспечения.....	5
2.1 Установка программного обеспечения.....	5
2.2 Настройка сетевых параметров и варианты подключения .....	7
3 Описание программы Graphit.....	11
3.1 Старт программы и описание диалога подключения .....	11
3.2 Пользовательский интерфейс .....	12
3.3 Управление графическими параметрами .....	19
3.4 Функции над трассами .....	23
3.5 Запуск и остановка измерений .....	26
3.6 Маркерные измерения.....	28
3.7 Сохранение результатов измерений и формирование отчётов.....	35



# Руководство по эксплуатации

## Часть II. Руководство по программному обеспечению

### 1 Общие сведения

Большинство измерительных приборов, выпускаемых НПФ Микран, относятся к классу "Виртуальные приборы". Они состоят из некоторого оборудования (измерительного блока), подключаемого к компьютеру, и программного обеспечения, реализующего часть функций прибора – управление, обработку и отображение результатов измерений.

Программное обеспечение (ПО) анализаторов цепей, анализаторов спектра и других приборов, несмотря на существенные различия аппаратуры, имеет много общего. Поэтому в НПФ "Микран" разработано ПО средств измерений – *Graphit*, способное конфигурироваться для работы с конкретным измерительным прибором или несколькими приборами (измерительным комплексом).

В состав ПО *Graphit* входят редактор схем, исполняющая система и набор динамически подключаемых библиотек. Редактор схем позволят описать схему измерения, определить алгоритм взаимодействия программных модулей. Схема измерения считывается исполняющей системой, подгружаются необходимые библиотеки, и выполняется заданный алгоритм измерения. Схема – файл с расширением *gsz*, определяет алгоритм взаимодействия с аппаратурой, последовательность обработки сигнала, состав и содержимое отображаемых на экране графиков и элементов управления.

Пользователю нет необходимости редактировать схемы и вникать в особенности взаимодействия частей программного обеспечения, а достаточно щёлкнуть "мышью" по пиктограмме заранее подготовленной схемы измерения. В результате запустится *Graphit*, загрузится указанная схема. Окно программы примет соответствующий схеме внешний вид, после чего *Graphit* будет представлять собой обычное *Windows*-приложение.

Для работы ПО *Graphit* необходимо, чтобы компьютер удовлетворял следующим минимальным требованиям:

- процессор *Intel® Pentium II®* 600 МГц (или аналог);
- наличие адаптера локальной сети – *Ethernet*;
- оперативная память 512 Мб;
- разрешение экрана 1024 × 768 и выше;
- операционная система *Windows® 2000 (SP 4)*, *Windows® XP (SP 2)*, *Windows® Vista*;
- наличие клавиатуры и манипулятора "мышь".

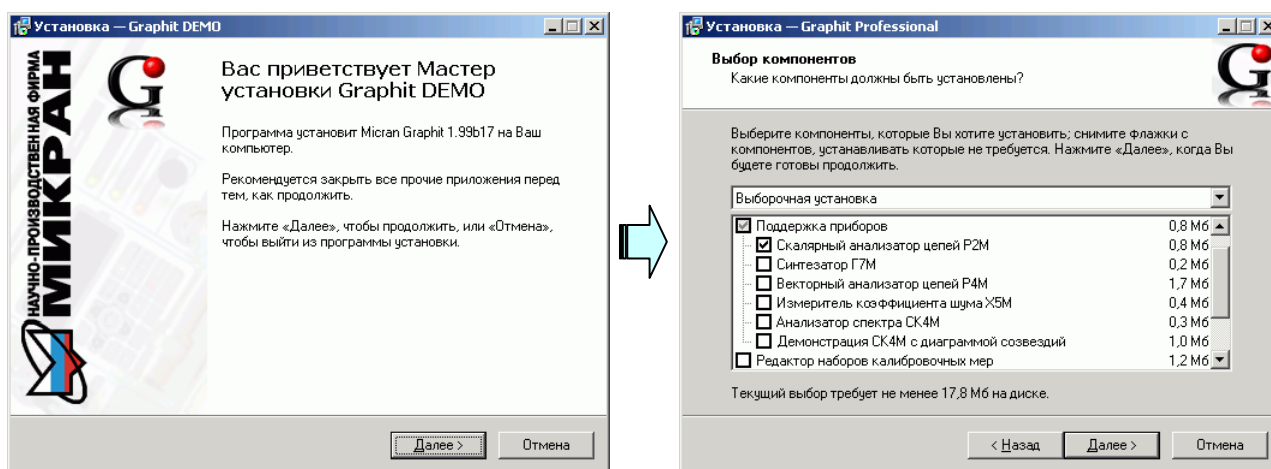
### 2 Установка и настройка программного обеспечения

#### 2.1 Установка программного обеспечения

В комплект поставки прибора входит компакт-диск, содержащий следующие каталоги и файлы:

- Detectors – каталог, содержащий детекторные характеристики (для приборов серии P2M);
- Docs – каталог, содержащий руководство по эксплуатации в файлах pdf-формата;
- Install – каталог, содержащий установочный файл install\_graphit\_n.exe, где n – номер версии;

Для установки на компьютер программного обеспечения необходимо запустить программу install\_graphit\_n.exe, находящуюся в каталоге Install компакт-диска, поставляемого с прибором. В результате запустится "мастер" установки ПО *Graphit*, как показано на рисунке 2.1.



а) старт "мастера" установки

б) выбор устанавливаемых компонентов

Рисунок 2.1 – Установка *Graphit*

В процессе установки будет предложено согласиться с лицензионным соглашением, указать каталог, куда будет установлена программа, и выбрать устанавливаемые компоненты (рисунок 2.1-б). Выбор варианта полной установки избавит от необходимости выбора компонентов и незначительно увеличит объём дискового пространства, занимаемого ПО *Graphit*. Выборочная установка позволит выбрать только необходимые компоненты из следующего списка:

- Поддержка приборов
  - Скалярный анализатор цепей P2M
  - Синтезатор частот Г7М
  - Векторный анализатор цепей P4M
  - Измеритель коэффициента шума X5M
  - Анализатор спектра СК4М
- Редактор наборов калибровочных мер – используется с P4M
- Мастер отчётов
- Программный эмулятор приборов серий P2M и P4M – используется для демонстрации программного обеспечения
- Файлы справки – справочная система ПО *Graphit*.

**Следует отметить**, что для установки программного обеспечения пользователь компьютера должен иметь соответствующие привилегии.

## 2.2 Настройка сетевых параметров и варианты подключения

### 2.2.1 Сетевые параметры

Измерительный блок использует интерфейс *Ethernet* для подключения к компьютеру непосредственно или через оборудование локальной вычислительной сети. Для идентификации прибора в локальной сети используются один из двух наборов сетевых параметров – "Фабричный" или "Пользователя", хранящихся в текстовых файлах на встроенном в прибор *FTP*-сервере. Предприятием-изготовителем устанавливаются следующие значения "Фабричных" параметров прибора:

*IP*-адрес: 169.254.0.254  
Маска подсети: 255.255.0.0  
*IP*-адрес шлюза: 0.0.0.0  
Сетевое имя: h5m-04-серийный номер

На задней панели прибора имеется линейка из шести переключателей "Конфигуратор" (рисунок 2.2), с помощью которых выбирается набор сетевых параметров.

конфигуратор

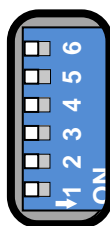


Рисунок 2.2 – Переключатели на задней панели прибора (все выключены)

Первый переключатель выбирает набор сетевых параметров. При выключенном первом переключателе будут использоваться "Фабричные" параметры, а при включенном – параметры "Пользователя".

Второй переключатель разрешает использование протокола автоматической конфигурации *DHCP*. При выключенном переключателе используются *IP*-адрес и маска, заданные в наборе сетевых параметров. При этом "Сетевое имя" игнорируется. При включенном переключателе делается попытка получить значения сетевых параметров от сервера локальной сети. Сервер, получив *DHCP*-запрос, регистрирует "Сетевое имя" и возвращает прибору *IP*-адрес и маску. Если прибор не получил ответа на *DHCP*-запрос, то устанавливаются *IP*-адрес и маска, указанные в наборе сетевых параметров.

Шестой переключатель должен быть всегда в положении выключен. Во включенном положении формируется сигнал *Reset*, препятствующий работе измерительного блока.

**Изменение положений переключателей 1 и 2** скажется только после выключения / включения питания прибора или после кратковременного включения шестого переключателя.

### 2.2.2 Прямое подключение измерительного блока к компьютеру

При прямом подключении измерительный блок и компьютер соединяются, как показано на рисунке 2.3, кабелем витая пара 5 категории, поставляемый вместе с прибором.

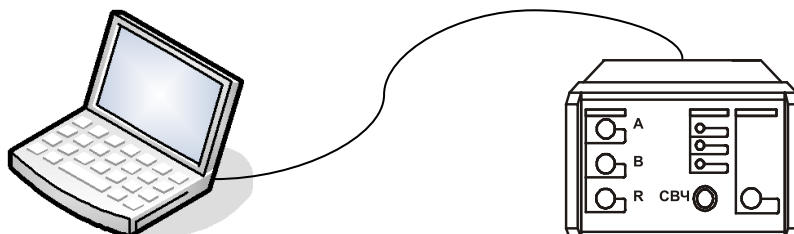


Рисунок 2.3 – Прямое подключение

Этот вариант подключения не требует каких-либо настроек. Достаточно выполнить следующие условия:

Все переключатели конфигуратора на задней панели прибора должны быть выключены, т.е. будет использоваться "Фабричный" набор сетевых параметров.

Параметры *TCP/IP*-протокола в компьютере должны быть установлены по умолчанию, т.е. включена автоматическая конфигурация.

**Необходимо отметить**, что после включения питания измерительного блока, интерфейсы компьютера и измерительного блока обнаруживают друг друга. После чего компьютер начинает процедуру автоматической конфигурации *TCP/IP*-протокола. В течение 30 – 40 секунд компьютер пытается связаться с несуществующим сервером. Не дождавшись ответа, компьютер выбирает адрес из подсети 169.254.0.0, и только после этого будет возможна связь с измерительным блоком.

### 2.2.3 Подключение измерительного блока к локальной сети

В варианте подключения к локальной сети прибором может управлять любой компьютер локальной сети. Одним прибором не могут управлять несколько компьютеров одновременно, но возможно управление одним компьютером несколькими приборами для исследования сложных СВЧ устройств. При необходимости, приборы могут обмениваться синхросигналами.

На рисунках 2.3 и 2.4 приведены варианты подключения измерительного блока.

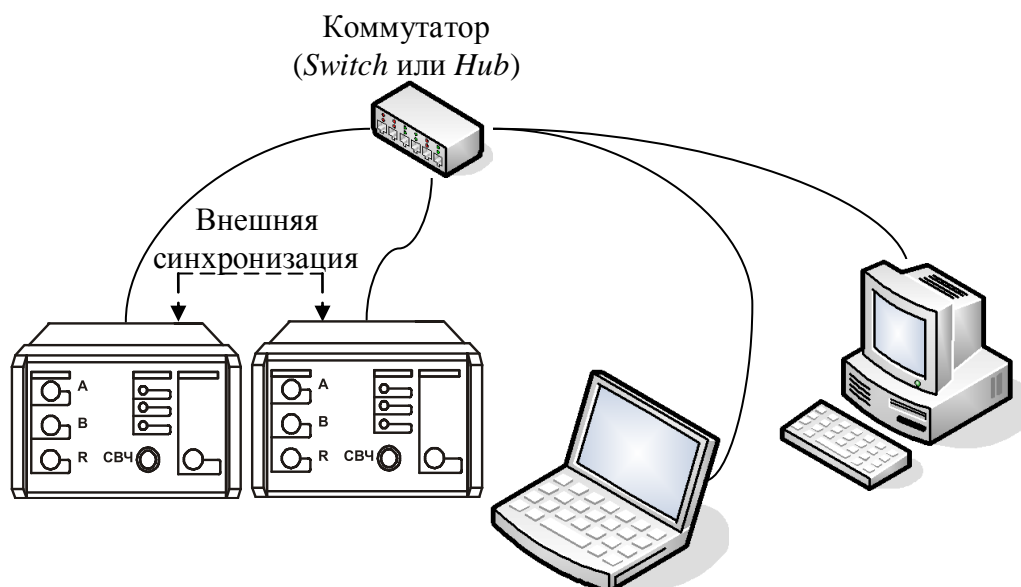


Рисунок 2.4 – Подключение к локальной сети

Для включения прибора в локальную сеть необходимо или разрешить автоматическую конфигурацию – включив переключатель 2, или задать *IP*-адрес прибора в наборе параметров "Пользователя" (см. пункт 2.2.4). Последний вариант надёжен, хотя и не столь удобен как автоматическая конфигурация, для работы которой требуются *DHCP*- и *DNS*-серверы в локальной сети.

При возникновении проблем, обратитесь к администратору локальной сети или попробуйте воспользоваться информацией и рекомендациями, изложенными в приложении Б части III настоящего РЭ.

#### 2.2.4 Установка сетевых параметров

Изменение сетевых параметров измерительного блока может потребоваться при подключении прибора к локальной сети или при подключении нескольких приборов к одному компьютеру.

Изменять можно только набор сетевых параметров "Пользователя". Проще всего это сделать через *WEB*-интерфейс прибора, выполнив следующую последовательность действий.

Если адрес прибора не известен или он не доступен с текущими сетевыми настройками:

- выключите прибор;
- выполните прямое подключение, описанное в пункте 2.2.2;
- выключите все переключатели конфигуратора на задней панели прибора;
- включите прибор и подождите ~30 секунд.

Наберите в адресной строке интернет-браузера *IP*-адрес прибора (169.254.0.254 если используется прямое подключение) и нажмите клавишу "**Enter**". В окне браузера отобразится стартовая страница – "Информация о приборе".

Нажмите на кнопку "Сетевые параметры", чтобы перейти на страницу

управления сетевыми параметрами "Пользователя", приведенную на рисунке 2.5.

Выполнив необходимые изменения, нажмите кнопку "Записать".

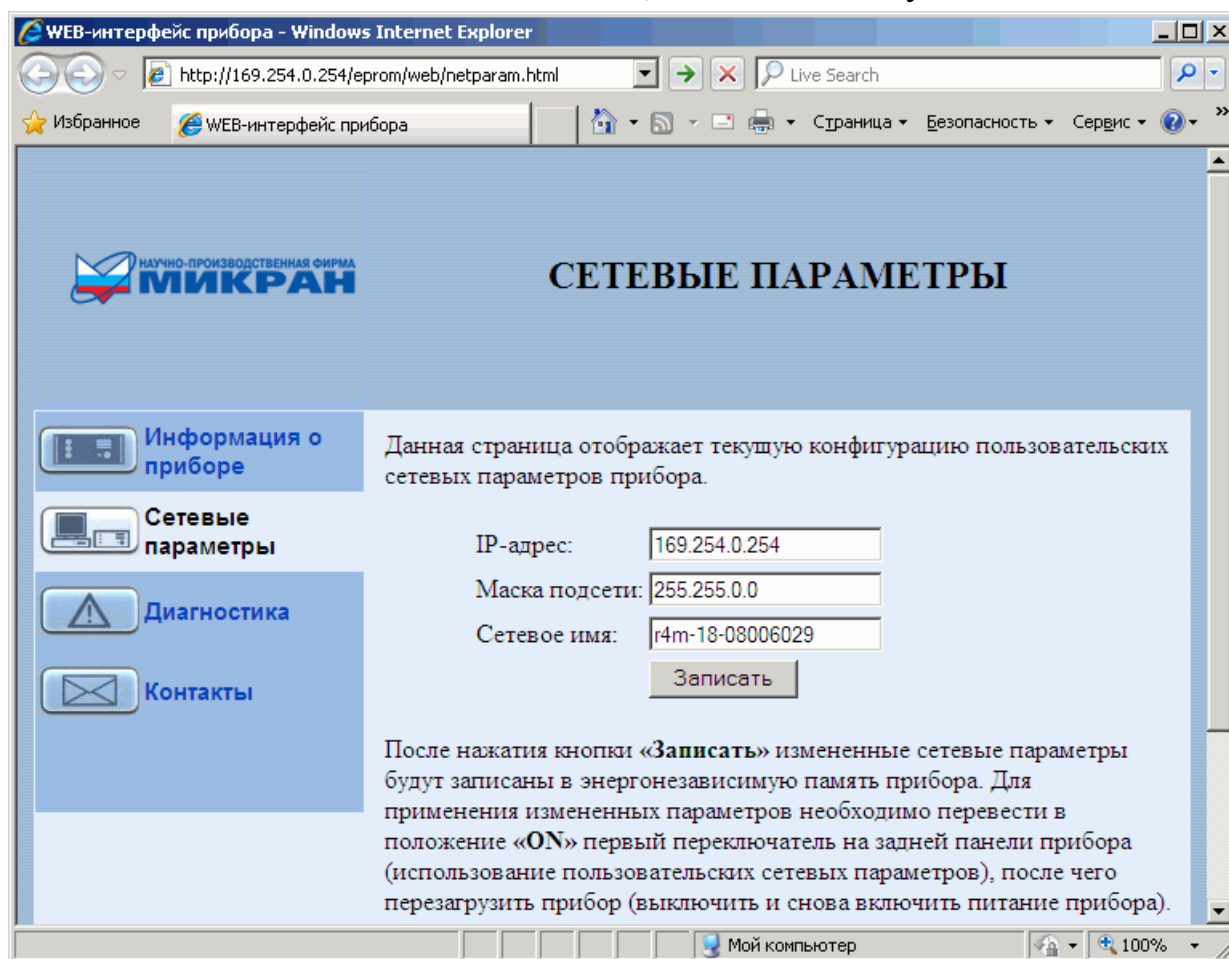


Рисунок 2.5 – Изменение сетевых параметров (для прибора Р4М)

IP-адрес должен быть уникальным в локальной сети. "Сетевое имя" не должно содержать кириллицу, пробелы, символ подчёркивания и другие служебные символы. Маску подсети обычно изменять не требуется.

**Изменение сетевых параметров** скажется только после выключения / включения питания прибора и при включённом первом переключателе "Конфигуратора" на задней панели прибора (рисунок 2.2).



### 3 Описание программы Graphit

#### 3.1 Старт программы и описание диалога подключения

Для старта ПО *Graphit* следует воспользоваться ярлыком схемы измерения, как показано на рисунке 3.1.

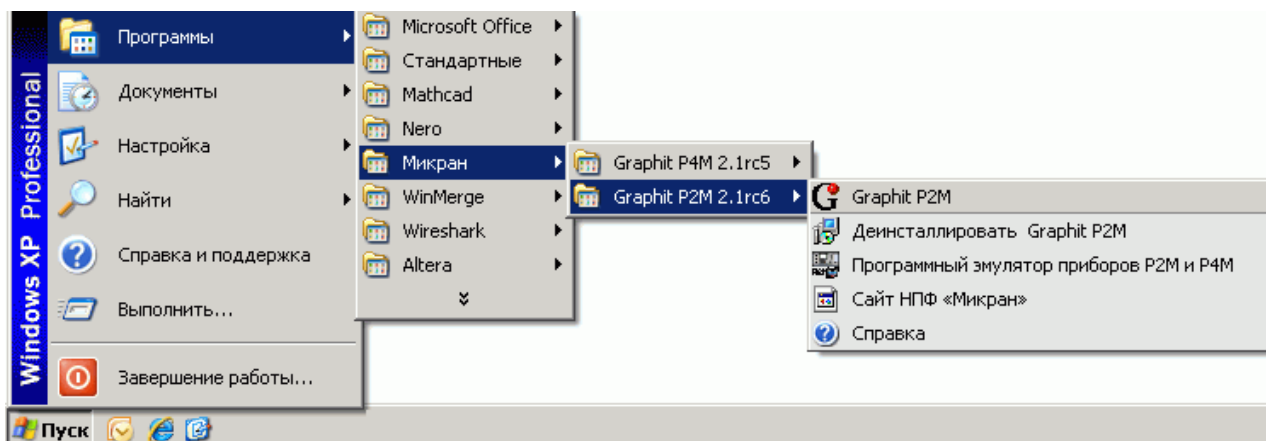


Рисунок 3.1 – Старт ПО *Graphit*

После старта ПО *Graphit* и загрузки схемы измерения появится диалог подключения к прибору (рисунок 3.2).

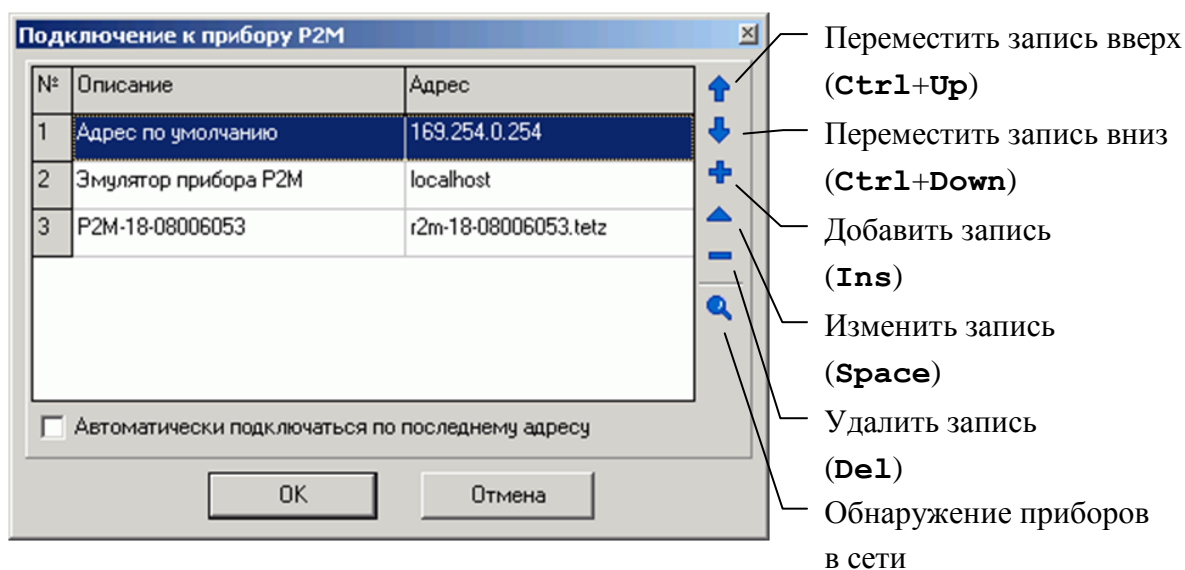


Рисунок 3.2 – Диалоговое окно подключения к прибору

Диалоговое окно подключения к прибору содержит список приборов и соответствующих им *IP*-адресов. В правой части диалога расположены кнопки управления списком, позволяющие добавлять, удалять и изменять элементы списка. Установка флажка "Автоматически подключаться по последнему адресу" приведёт к автоматическому подключению к прибору при следующем старте ПО *Graphit*.

Для выбора элемента списка и нажатий на кнопки могут использоваться как "мышь" так и клавиатура. Клавиши управления курсором – "**Up**" (стрелка вверх) и "**Down**" (стрелка вниз), перемещают выделение в списке. Комбинации

клавиш, соответствующие кнопкам управления списком, приведены на рисунке 3.2. Клавиша "**Enter**" соответствует кнопке "**OK**", а клавиша "**Esc**" соответствует кнопке "Отмена".

После выбора прибора из списка и нажатия кнопки "**OK**" или двойного щелчка по элементу списка выполняется попытка подключения к прибору. Если ПО *Graphit* не удалось подключиться к прибору, то выводится сообщение об ошибке (рисунок 3.3).

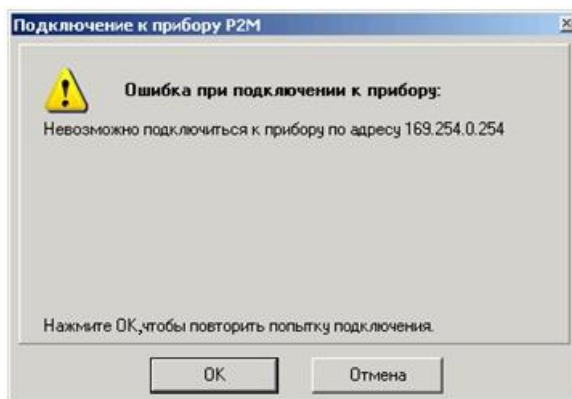


Рисунок 3.3 – Сообщение о неудачном подключении к прибору

После нажатия кнопки "**OK**" диалог подключения к прибору примет исходный вид, приведённый на рисунке 3.2. Кнопка "Отмена" позволяет закрыть диалог, отказавшись от подключения к прибору.

При возникновении проблем с подключением к прибору, попробуйте воспользоваться информацией и рекомендациями, изложенными в приложении Б части III настоящего РЭ.

### 3.2 Пользовательский интерфейс

После загрузки схемы в окне программы отобразятся диаграммы и элементы управления, определённые схемой (рисунок 3.4).

Как и большинство *Windows*-приложений, окно ПО *Graphit* содержит меню, панели инструментов, а также несколько диаграмм и панели управления. Содержимое панелей, полей и пунктов меню, а также их количество зависят от загруженной схемы и настроек пользователя. На рисунке 3.4 меню и панели инструментов расположены в верхней части окна, панели управления содержатся внутри области панелей управления в правой части окна. Пользователь может перемещать манипулятором "мышь" меню, панели инструментов, область панелей управления и располагать их в произвольном месте.

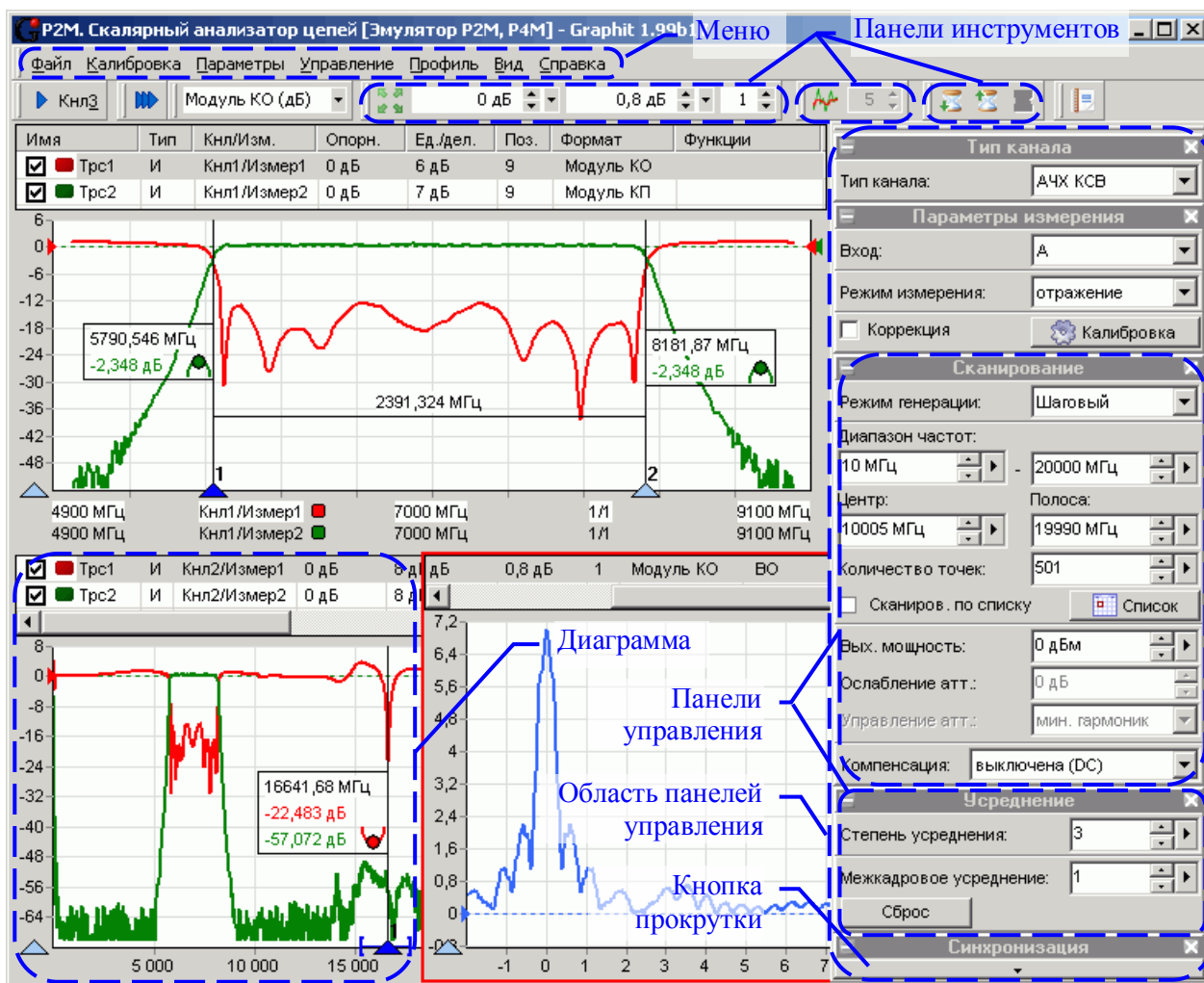


Рисунок 3.4 – Окно ПО *Graphit*

**Чтобы переместить панель инструментов**, следует "взять мышкой" за левый край панели и переместить её в новое положение.

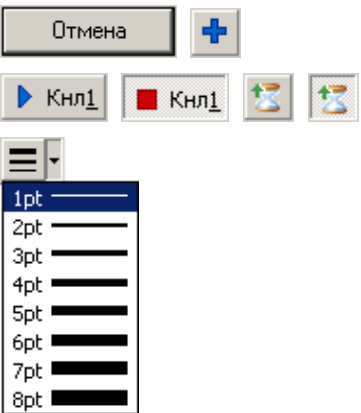
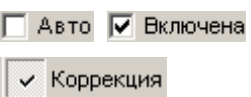
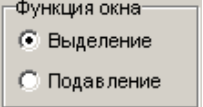
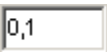
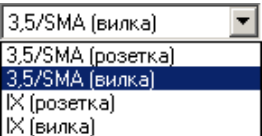

**Панели управления можно переместить** только все вместе, "взяв мышкой" за верхний край области панелей управления.

Комбинация клавиш "**Ctrl+P**" позволит **скрыть область панелей управления** и увеличить размеры диаграмм. Повторное нажатие комбинации клавиш "**Ctrl+P**" отобразит область панелей управления.

Панели управления можно "свёрнуть" или "развернуть" щелкнув "мышью" по заголовку панели или по значку "-" или "+" слева от заголовка. Если панели управления не помещаются в области панелей управления, то сверху или снизу появляется прямоугольник с треугольником – кнопка прокрутки, которая срабатывает при наведении на неё указателя "мыши".

**Элементы управления.** С помощью элементов управления (кнопок, полей ввода и т.п.) задаются параметры работы измерительного блока, выбираются измеряемые параметры и форма их отображения. В таблице 3 представлены используемые в ПО *Graphit* элементы управления.

Т а б л и ц а 3 – Элементы отображения

Название	Вид / описание
Кнопка	 <p>Кнопки с текстом и/или пиктограммой.</p> <p>Кнопки с фиксацией.</p> <p>Кнопки со списком.</p> <p>Нажатие на кнопку приводит к выбору очередного элемента в списке.</p>
Флажок	 <p>Включает (и индицирует) определённые свойства или функции.</p>
Радио-кнопка	 <p>Радио-кнопки всегда объединены в группу. Выбор одной очищает другие.</p>
Поле ввода	 <p>Поле для ввода числа или текста.</p>
Поле со списком	 <p>Предназначено для выбора одного из элементов списка.</p>
Поле с регулировкой значения	 <p>Поле с шагом регулировки равным 1.</p> <p>Поле с возможностью задавать шаг регулировки (после щелчка "мышью" по треугольнику в правой части).</p> <p>Поле с возможностью задания шага или множителя.</p> <p>Экранная клавиатура, появляющаяся после щелчка "мышью" по треугольнику в правой части, позволяет задать значение в поле ввода, а также величину шага или множителя.</p>

Поле ввода с регулировкой значения в правой части имеет пару треугольников, расположенных один над другим. Щелчок "мышью" по нижнему или

верхнему треугольнику соответственно уменьшает или увеличивает значение в поле ввода с некоторым шагом. Шаг задаётся в диалоге, появляющемся после щелчка "мышью" по третьему треугольнику, если таковой имеется. Поля ввода с регулировкой значения, использующие для задания шага экранную клавиатуру, позволяют вместо шага задать множитель – начав ввод с символа "x" (латиницей). Тогда значение в поле ввода будет увеличиваться или уменьшаться в заданное число раз.

При установленном текстовом курсоре<sup>1)</sup> в поле ввода регулировка значения может осуществляться колесом прокрутки на манипуляторе "мышь" или клавишами управления курсором "Up" и "Down".

Элементы управления можно разделить на группы, соответствующие некоторому этапу в процессе измерения и отображения данных. На рисунке 3.5 представлены основные этапы обработки и отображения данных и взаимосвязи между ними.

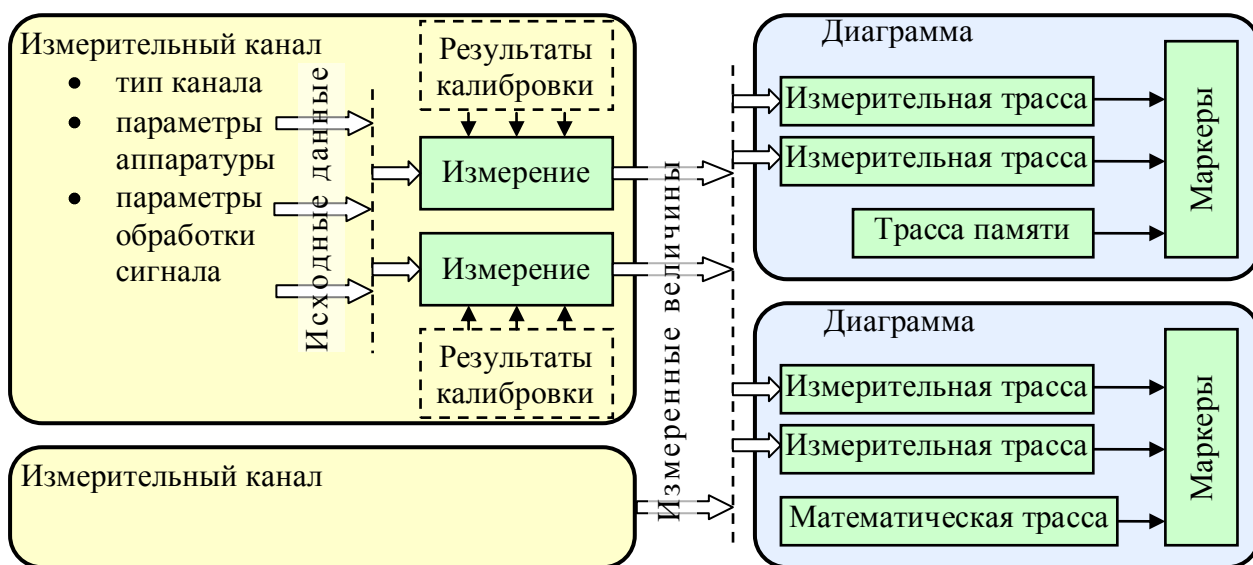


Рисунок 3.5 – Блок-схема обработки данных

Дадим основные определения и термины, используемые для управления прибором и приведённые на рисунке 3.5.

**Измерительный канал** – источник измеренных величин. Определяет алгоритм взаимодействия аппаратных и программных частей и соответствующие им параметры.

**"Измерение"** – часть измерительного канала, выполняющая вычисление измеряемых параметров из оцифрованных сигналов измерительных входов прибора. Как правило, для этого требуются результаты измерений в режиме калибровки. Здесь и далее термин "Измерение" взят в кавычки, чтобы отличить от существительного *измерение*.

**Диаграмма** – область экрана, содержащая графики (трассы), список трасс, координатные оси, линии сетки и маркеры.

<sup>1)</sup> Имеется ввиду фокус ввода клавиатуры (вертикальная черта), а не курсор "мыши".

**Трасса** – последовательность измеренных, рассчитанных или запомненных точек данных, соединённых линией. Существуют следующие типы трасс:

- измерительная трасса, отображающая измеряемые величины;
- трасса памяти, отображающая ранее запомненную измерительную трассу;
- математическая трасса, отображающая результат поточечной арифметической операции над трассами – сложение, вычитание, умножение, деление и т.п.

**Маркеры** – небольшие окна, содержащие численные значения заданных точек трасс. Благодаря широкому набору функций, описанных в разделе 3.6, маркеры способны находить по заданному критерию особые точки на трассе, вычислять вторичные измеряемые параметры (такие как полоса пропускания, коэффициент прямоугольности, добротности и т.п.), выполнять статистическую обработку.

В окне ПО *Graphit* одновременно могут отображаться от 1 до 4 диаграмм и в каждой диаграмме могут отображаться до 30 трасс. На рисунке 3.6 показан пример диаграммы с контекстным меню, появившемся после щелчка правой кнопкой "мыши" по области отображения трасс.

**Чтобы создать или удалить диаграмму**, следует щёлкнуть правой кнопкой "мыши" по области отображения трасс и в появившемся контекстном меню выбрать соответствующий пункт.

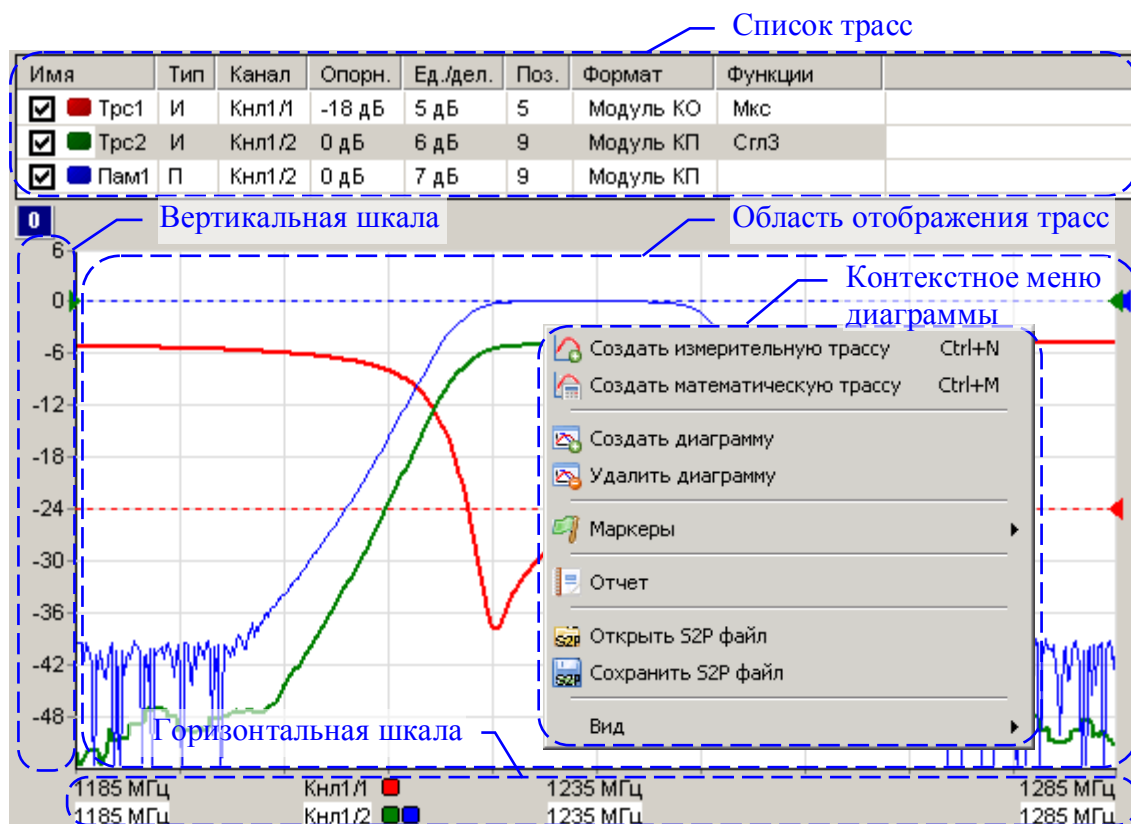


Рисунок 3.6 – Диаграмма

**Список трасс**, расположенный в верхней части диаграммы, представляет собой таблицу, содержащую перечень трасс и их атрибуты. В столбце "Имя"



кроме названия трассы содержится флажок, позволяющий скрыть или отобразить трассу, и индикатор цвета трассы. Двойной щелчок "мышью" по индикатору цвета трассы позволит выбрать цвет в появившемся стандартном диалоге выбора цвета. Двойной щелчок "мышью" по названию трассы позволит переименовать трассу.

В столбце "Канал" содержится название канала и номер или название "Измерения", разделённые символом "/". Столбец "Тип" указывает на тип трассы: "И" – измерительная; "П" – память; "М" – математическая. В столбце "Опорн." указывается опорный уровень, а в столбце "Поз." его позиция на графике. Опорные уровни отображаются на графиках пунктирными горизонтальными линиями с треугольниками на концах. Цвет пунктирной линии и треугольников совпадает с цветом трассы. Можно переместить "мышью" треугольник и тем самым изменить позицию опорного уровня. Двойной щелчок "мышью" по номеру позиции опорного уровня в списке трасс позволит ввести с клавиатуры желаемое значение.

Значение в столбце "Ед./дел.", содержащем цену деления вертикальной шкалы, также можно изменить после двойного щелчка "мышью".

В столбце "Тип" отображается тип трассы – измерительная, память или математическая.

В столбце "Функции" отображаются названия функций, применяемых к результатам измерений (подробнее в разделе 3.4).

Среди отображаемых диаграмм одна выделена красной рамкой. Одна или несколько трасс в списке трасс выделенной диаграммы отмечаются синим фоном. Такие трассы будем называть выделенными. Все элементы управления, касающиеся трасс, имеют отношение только к выделенным трассам. Атрибуты выделенной трассы отображаются и могут быть изменены не только в списке трасс, но и в панели управления или в панели инструментов (подробнее в разделе 3.3). Можно выделить несколько трасс, удерживая клавишу "**Ctrl**" или "**Shift**", и управлять их атрибутами одновременно.

**Чтобы создать измерительную трассу**, следует в контекстном меню области отображения трасс (рисунок 3.6) выбрать соответствующий пункт или нажать комбинацию клавиш "**Ctrl+N**". Затем в контекстном меню созданной трассы (рисунок 3.7-а) или в панелях управления и инструментов (рисунки 3.9 и 3.12) задать необходимые параметры.

**Чтобы создать трассу памяти**, следует в контекстном меню запоминаемой трассы выбрать пункт "Запомнить" или нажать комбинацию клавиш "**Ctrl+R**", чтобы запомнить выделенную измерительную трассу.

**Чтобы создать математическую трассу**, следует в контекстном меню области отображения трасс (рисунок 3.6) выбрать соответствующий пункт или нажать комбинацию клавиш "**Ctrl+M**". Затем в контекстном меню созданной трассы (рисунок 3.7-в) задать операнды и операцию над ними.

**Чтобы удалить трассу**, следует выбрать в контекстном меню удаляемой трассы

сы пункт "Удалить" или выделить трассу и нажать клавишу "Del".

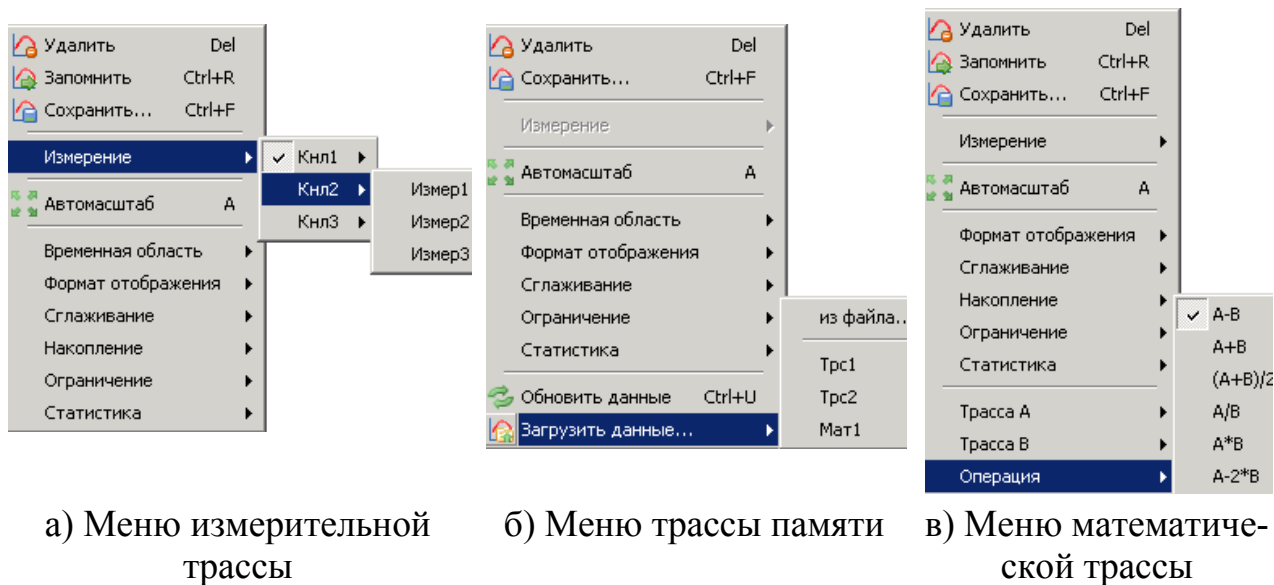


Рисунок 3.7 – Контекстные меню трасс

Список трасс автоматически расширяется при добавлении новой трассы. Можно немного сократить занимаемую списком площадь экрана, скрыв заголовки столбцов, очистив флажок "Вид \ Заголовки столбцов" в контекстном меню области отображения трасс (рисунок 3.6), или нажав клавишу "F12".

Математическая трасса и её операнды должны иметь одинаковое количество точек и принадлежать к одному и тому же "Измерению". По крайней мере, один из операндов должен быть трассой памяти. Операнды задаются в пунктах "Трасса А" и "Трасса В" контекстного меню (рисунок 3.7-в). В пункте "Операция" того же контекстного меню выбирается арифметическая операция, поточечно выполняемая над трассами. Под поточечной операцией, например разностью, понимается следующее: из  $Y$ -значения (откладываемого по оси ординат) первой точки трассы А вычитается  $Y$ -значение первой точки трассы В. Полученная разность записывается в первую точку математической трассы. В качестве  $X$ -значения (откладываемого по оси абсцисс) в первую точку математической трассы записывается  $X$ -значение первой точки трассы А. И так далее для всех остальных точек.

**Масштаб отображения трасс.** На область отображения трасс нанесена координатная сетка  $10 \times 10$  делений. Шаг сетки по вертикали задается в списке трасс в столбце "Ед./дел." (рисунок 3.6). В столбце "Опорн." задается значение опорного уровня, которое должно приходиться на линию сетки с номером заданным в столбце "Поз.". Линии сетки нумеруются снизу вверх, начиная с 0. Например, если задана позиция 10, то опорный уровень будет соответствовать верхнему краю области построения трасс. Следует заметить, что значения на вертикальной шкале соответствуют только выделенной трассе. Если никакая из трасс не выделена или отображение выделенной трассы отключено, то вертикальная шкала не отображается.

**Совет.** Пункт контекстного меню трассы "Автомасштаб" (рисунок 3.7) или на-



жатие клавиши "А" (латиница) позволят подобрать масштаб и опорный уровень выделенной трассы, так чтобы она занимала бóльшую часть области построения трасс. Если предварительно выделить несколько трасс, то для них будет выбран одинаковый масштаб.

Каждая трасса может отображаться в собственном вертикальном масштабе, чего нельзя сказать о масштабе по горизонтали. По горизонтальной оси откладываются величины, тесно связанные с работой измерительного блока, поэтому диапазон изменения этих величин, как и все параметры, регламентирующие его работу, задаётся в измерительном канале. Трассы отображаются в горизонтальном масштабе того или иного канала (если в схеме измерения предусмотрено несколько каналов). Диапазон значений абсцисс измерительных трасс соответствует диапазону перестройки измерительного блока. Абсциссы некоторых точек трасс памяти и математических трасс могут выходить за пределы, заданные в измерительном канале. Такие трассы будут отображаться частично или не отображаться вовсе.

Способ отображения горизонтальной шкалы зависит от состояния флажка "Вид \ Список измерений" контекстного меню диаграммы (рисунок 3.6). При установленном флажке отображаются все используемые в диаграмме "Измерения" с цветовыми метками соответствующих трасс, указываются начало, середина и конец диапазона изменения величины, откладываемой по оси абсцисс, и другие атрибуты "Измерения". При сброшенном флажке шкала приобретает обычный вид – с численными значениями под линиями координатной сетки. При этом значения соответствуют только выделенной трассе. Состояние флажка изменяется щелчком "мыши" или клавишей "F9".

**Совет.** Двойной щелчок "мышью" по горизонтальной шкале или нажатие клавиши "F11" развернёт диаграмму до максимальных размеров, скрыв соседние диаграммы. Повторный двойной щелчок "мышью" по горизонтальной шкале или нажатие клавиши "F11" вернёт диаграмму в прежнее состояние.

### 3.3 Управление графическими параметрами

Управление графическими параметрами осуществляется с помощью кнопок и полей ввода, расположенных на панелях инструментов и панелях управления. Для отображения тех или иных панелей управления следует установить соответствующие флажки в меню "Вид \ Панели управления" (рисунок 3.8).

На панели управления "Расположение диаграмм" (рисунок 3.9) рамка красного цвета обозначает положение выделенной диаграммы. Манипулятором "мышь" можно перемещать прямоугольники, изменяя размеры и расположение диаграмм.

Списки на панели управления "Оформление диаграммы" позволяют выбрать цвет фона области отображения трасс и цвет координатной сетки выделенной диаграммы.

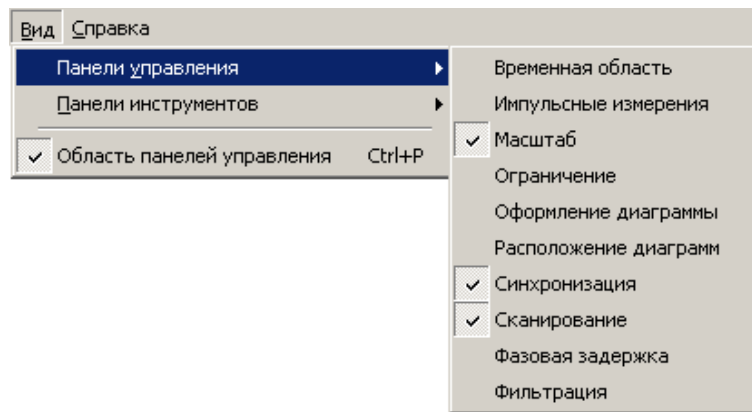


Рисунок 3.8 – Выбор отображаемых панелей управления



Рисунок 3.9 – Панели управления диаграммами

На панели управления "Масштаб", приведённой на рисунке 3.10, могут быть заданы параметры масштаба выделенной трассы по вертикали – опорный уровень, масштаб (цена деления) и позиция опорного уровня. Указанные параметры повторяют параметры, содержащиеся в списке трасс, и рассмотрены в разделе 3.2. Кнопка "Автомасштаб" и одноимённый пункт контекстного меню трассы (рисунок 3.7) однократно подбирают такие масштаб и опорный уровень, чтобы трасса занимала бóльшую часть области построения трасс.

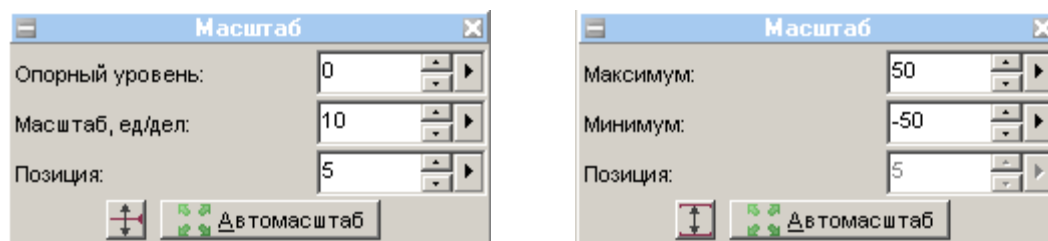


Рисунок 3.10 – Панель управления " Масштаб"

Кнопка с изображением стрелок (слева от кнопки "Автомасштаб" на рисунке 3.10) позволяет изменить способ задания масштаба по вертикали – вместо опорного уровня и цены деления можно будет задавать максимальное и минимальное отображаемые значения. При этом фактически будут задаваться вычисленные из максимума и минимума опорный уровень и цена деления, которые можно будет видеть в соответствующих столбцах списка трасс.

Большая часть элементов управления графическими параметрами расположена в панелях инструментов, отображение которых задаётся в меню "Вид \ Панели инструментов", изображённом на рисунке 3.11.

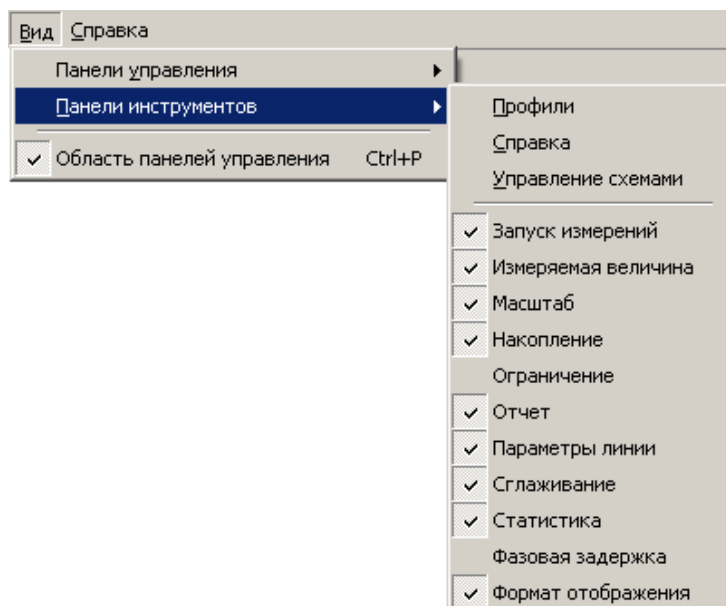


Рисунок 3.11 – Выбор отображаемых панелей инструментов

Рассмотрим панели инструментов, изображённые на рисунке 3.12.

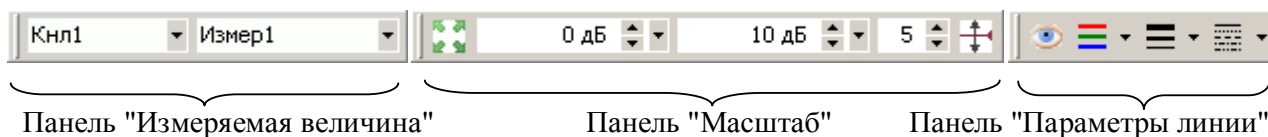


Рисунок 3.12 – Панели инструментов, задающие параметры отображения

Панель инструментов "Измеряемая величина" повторяет пункт "Измерение" контекстного меню измерительной трассы, изображённого на рисунке 3.7-а. Два поля ввода со списком, входящие в состав панели, отображают и позволяют выбрать измерительный канал и "Измерение" для выделенных трасс.

Панель инструментов "Параметры линии" позволяет скрыть или отобразить трассу щелчком "мыши" по кнопке с изображением глаза. Щелчок по цветным полоскам изменит цвет трассы. Щелчок по треугольнику справа от цветных полосок позволит выбрать цвет из перечня возможных цветов. Аналогично щелчок по чёрным полоскам увеличит толщину линии, а щелчок по треугольнику справа отобразит список толщин линий. Следующий элемент управления таким же образом позволит задать тип линии – сплошная, пунктир и т.п. Нужно отметить, что линия графика может быть несплошной только при толщине в 1 пункт. Поэтому при толщине линии более 1 пункта элемент управления, задающий тип линии, отображается как недоступный.

Панель инструментов "Масштаб" отображает и позволяет задать параметры вертикального масштаба трассы – опорный уровень, масштаб (цена деления) и позиция опорного уровня (рассмотрены в разделе 3.2). Эти же параметры можно задать в списке трасс или на панели управления "Масштаб", приведённой на рисунке 3.10. Поля ввода опорного уровня и цены деления выглядят одинаково, и отличить их поможет "подсказка" появляющаяся при наведении курсора "мыши" на элемент управления.

**Функция "Масштабирование"** предоставляет ещё один способ изменения масштаба отображения измеряемых величин. Пользователь может выделить интересующий его фрагмент диаграммы, нажав левую кнопку "мыши" в углу выделяемого фрагмента и переместив курсор "мыши" в противоположный угол, как показано на рисунке 3.13. После отпускания кнопки "мыши" производится масштабирование осей по заданным (очерченным) границам.

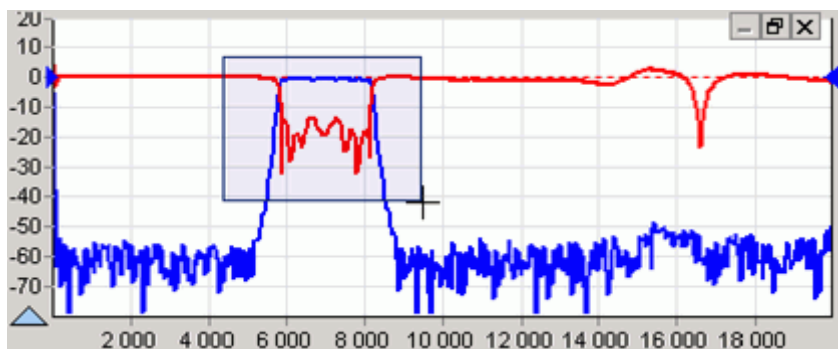


Рисунок 3.13 – Выделение фрагмента на диаграмме

Масштабирование осей зависит от направления движения "мыши" при выделении:

- 1) При выделении "вправо-вниз" на диаграмме рисуется прямоугольник, как показано на рисунке 3.13. После отпускания кнопки "мыши" изменяется вертикальный масштаб выделенных трасс и изменяется диапазон сканирования в соответствующих выделенным трассам измерительных каналов.
- 2) При выделении "влево-вниз" на диаграмме рисуются горизонтальные пунктирные линии. После отпускания кнопки "мыши" изменяется только вертикальный масштаб выделенных трасс.
- 3) При выделении "вправо-вверх" на диаграмме рисуются вертикальные пунктирные линии. После отпускания кнопки "мыши" изменяется диапазон сканирования в соответствующих выделенным трассам измерительных каналов.
- 4) После выделения "влево-вверх" отменяется последнее масштабирование. Можно последовательно отменить несколько функций "Масштабирование", если между ними не использовалась функция "Автомасштаб".

Существует возможность сдвинуть диапазон сканирования. Для этого следует "взять" манипулятором "мышь" горизонтальную шкалу и переместить в нужном направлении, как показано на рисунке 3.14.

После отпускания кнопки "мыши" изменится диапазон сканирования в соответствующих выделенным трассам измерительных каналов.

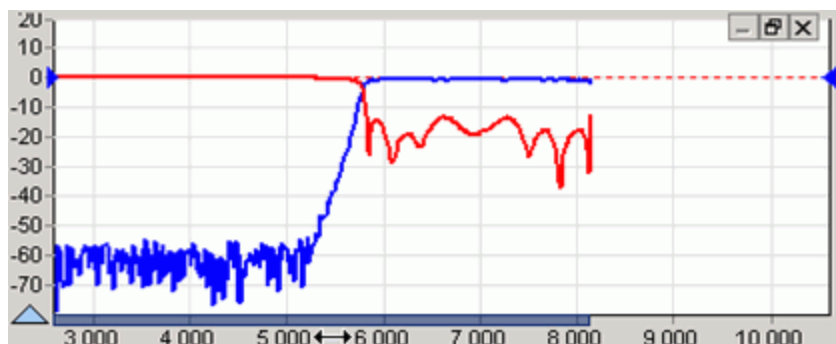


Рисунок 3.14 – Смещение диапазона сканирования

### 3.4 Функции над трассами

Функции над трассами – мощные средства дополнительной обработки и анализа результатов измерений. Перечень функций над трассами определяется типом прибора и схемой измерения. Ниже будут рассмотрены общие для всех приборов функции: "Накопление", "Ограничительные линии", "Сглаживание" и "Статистика". Элементы управления большинства функций над трассами расположены на панелях инструментов, как показано на рисунке 3.15.

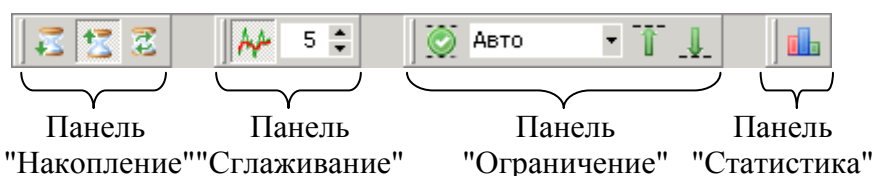


Рисунок 3.15 – Панели инструментов функций над трассами

**Функция "Накопления"** минимальных значений включается нажатием кнопки с изображением песочных часов и стрелки вниз на панели инструментов "Накопление". Соответственно для накопления максимумов следует нажать кнопку с изображением песочных часов и стрелкой вверх. Вместо измеренных значений в каждой точке трассы будут отображаться максимумы или минимумы, накопленные за истекшие кадры (циклы измерения). Если необходимо отображать как измеренные, так и накопленные значения, следует задать новую измерительную трассу. Последняя кнопка "Сброс" на панели инструментов "Накопление" позволяет сбросить накопленную статистику и начать накопление заново.

**Функцией "Сглаживание"** трассы включается кнопкой на панели инструментов "Сглаживание" (рисунок 3.15). Поле ввода с регулировкой значения задаёт размер апертуры сглаживания в процентах от числа точек в трассе:

$$\text{Сглаживание}[\%] = (N + 1) / \text{Количество точек},$$

где  $N + 1$  – размер апертуры,

"Количество точек" в трассе задаётся в измерительном канале.

Процедура сглаживания вычисляет среднее среди соседних точек трассы:

$$S'_i = \frac{1}{N+1} \cdot \sum_{n=-N/2}^{N/2} S_{i+n},$$

где  $S_i$  – отсчёты сглаживаемой трассы;  
 $S'_i$  – сглаженные отсчёты,  
 $N + 1$  – размер апертуры.

Функция сглаживания применяется для подавления случайной составляющей в трассе. Аналогичную задачу – подавления шумов, решает процедура усреднения. Усреднение выполняется в измерительном канале и/или в измерительном блоке и описано в соответствующей части РЭ. На рисунке 3.16 приведены результаты сглаживания (синяя трасса толщиной 2 пункта) и усреднения.

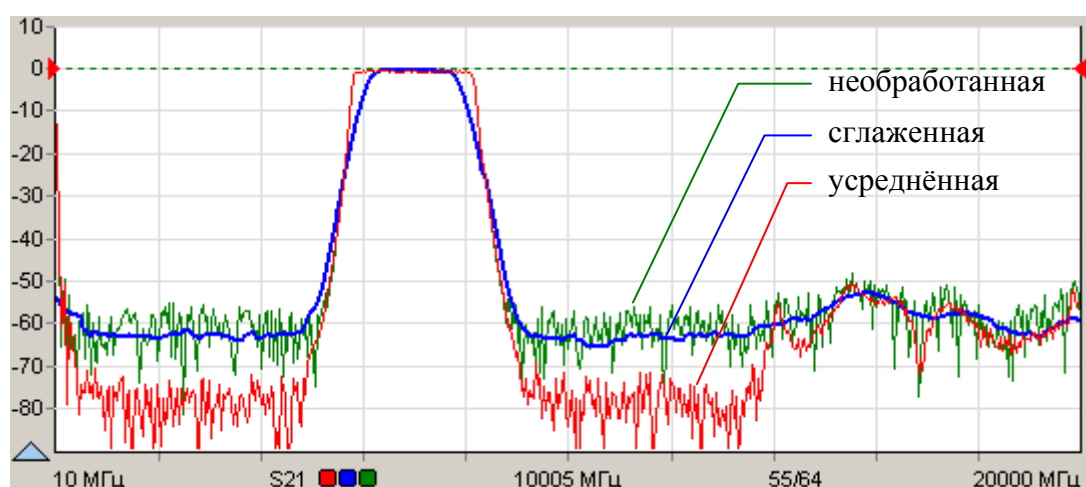


Рисунок 3.16 – Сглаживание и усреднение трасс

Усреднение выполняется в измерительном канале до нелинейных преобразований над сигналами, что приводит к постепенному (в течение заданного числа измерений) увеличению отношения сигнал / шум. В отличие от усреднения сглаживание выдает результат "мгновенно" – сразу после измерения.

**Следует осторожно применять сглаживание.** Вместе с подавлением шумовых выбросов сглаживание искажает форму характеристик. Всплеск сигнала может существенно изменить амплитуду или исчезнуть совсем. Срез фильтра будет выглядеть более пологим, а значит, исказятся полоса пропускания и связанные с ней параметры.

**Функция "Ограничительные линии"** полезна при тестировании и отбраковке серии изделий. Функция проверяет пересечение трассой ограничительных линий, означающие пределы допуска измеряемого параметра изделия.

Ограничительные линии задаются отрезками в диалоговом окне (рисунок 3.17), появляющемся по нажатию кнопки "Верхняя огр. линия" или "Нижняя огр. линия" на панели управления "Ограничение" (рисунок 3.18) или соответствующими кнопками на панели инструментов "Ограничение" (рисунок 3.15).

№	X1	X2	Y1	Y2
1	5200	5800	-50	4
2	5800	8200	4	4
3	8200	8800	4	-50
4				

Рисунок 3.17 – Окно задания ограничительной линии

В столбцах "X" задаются абсциссы отрезков, в столбцах "Y" – ординаты. Кнопки, расположенные над таблицей, позволяют манипулировать строками таблицы, а также сохранять на диск или читать ранее сохранённые ограничительные линии.

Если ограничительная линия, образованная отрезками, имеет разрывы, то результаты измерений в точках разрыва не контролируются.

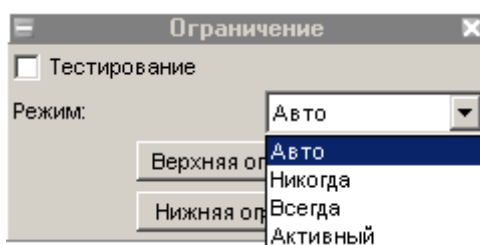


Рисунок 3.18 – Панель управления "Ограничение"

Флажок "Тестирование" на вкладке или кнопка на панели инструментов включают проверку на пересечение трассой ограничительных линий. Результат проверки отображается на диаграмме, как показано на рисунке 3.19.

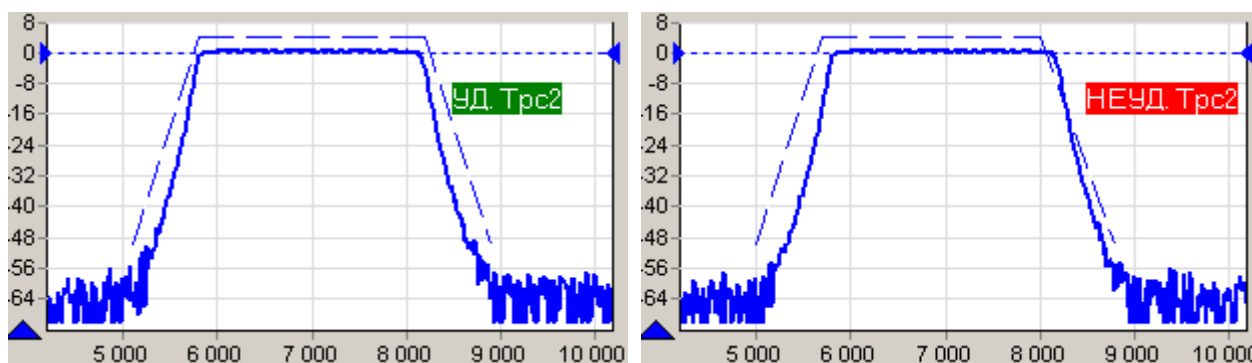


Рисунок 3.19 – Проверка ограничительными линиями

Список "Режим" определяет способ отображения ограничительных линий и позволяет выбрать одно из следующих значений:

- "Авто" – ограничительные линии отображаются, если выделена трасса, для которой применяется ограничение, и включена проверка границ;
- "Никогда" – ограничительные линии не отображаются;
- "Всегда" – ограничительные линии отображаются всегда;
- "Активный" – ограничительные линии отображаются, если выделена (активна) трасса для которой применяется ограничение.



**Функция "Статистика"** находит минимальное и максимальное значения среди точек трассы, а также вычисляет другие статистические характеристики. Результаты расчётов отображаются в области построения трасс, как показано на рисунке 3.20.

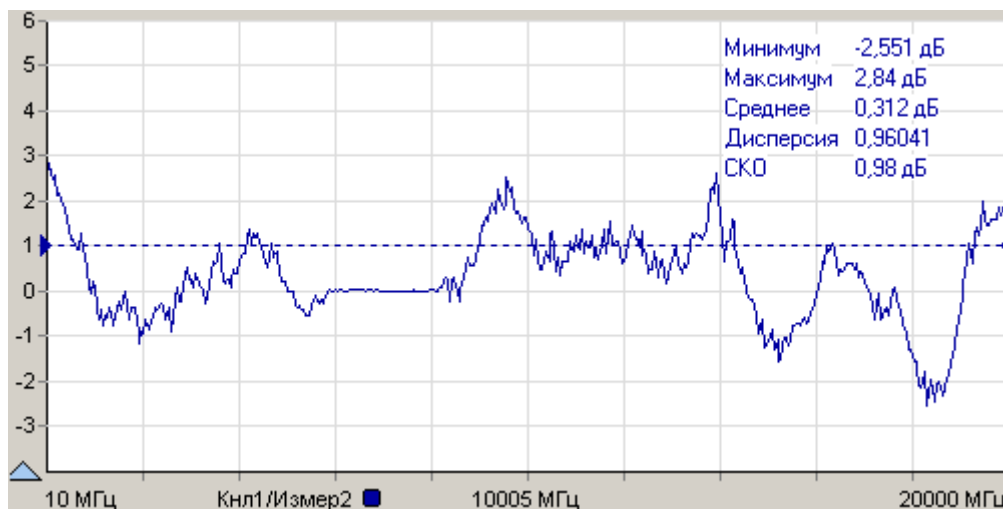


Рисунок 3.20 – Отображение статистики трассы

Отображение статистических данных включается и выключается кнопкой в панели инструментов "Статистика" (рисунок 3.15). Текст со статистическими данными может быть перемещён манипулятором "мышь" в пределах области построения трасс в более удобное положение.

### 3.5 Запуск и остановка измерений

В ПО *Graphit* запускается или останавливается работа измерительного канала. Измерительных каналов может быть несколько и при одновременном запуске они работают по очереди. Измерительный канал, соответствующий выделенной трассе, называется активным каналом. К нему будут применяться все операции связанные с измерительным каналом – запуск и остановка, изменение параметров сканирования и т.п.

Запуск или остановка активного канала осуществляется выбором пункта меню "Управление \ Активный канал" или нажатием кнопки с синим треугольником на панели инструментов (рисунок 3.21). Чтобы остановить измерения, нужно повторно выбрать пункт меню или нажать на кнопку на панели управления.

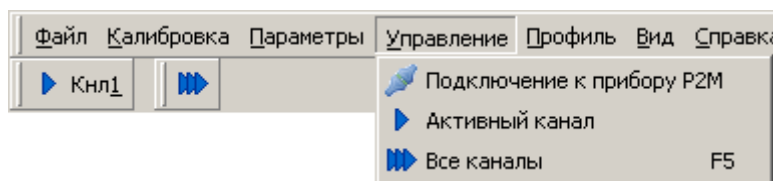


Рисунок 3.21 – Меню управления измерениями

Существует возможность запуска или остановки всех измерительных каналов – выбором пункта меню "Управление \ Все каналы", нажатием клавиши "F5" или нажатием кнопки с тремя треугольниками на панели инструментов



(рисунок 3.21).

**Совет.** Если нет манипулятора "мышь" или им неудобно пользоваться (например, в ноутбуке), можно выбрать пункт меню с помощью клавиатуры. Для этого достаточно нажать клавишу "Alt" или "F10" и клавишами управления курсором выбрать нужный пункт.

После нажатия клавиши "Alt" или "F10" в тексте на многих пунктах меню появляются подчёркнутые символы. Последовательное нажатие клавиши "Alt", затем "**подчёркнутый символ**" эквивалентно выбору пункта меню.

Для большинства приборов измерения должна предшествовать калибровка. Процедура калибровки относится к одному из "Измерений" и начинается после выбора пункта меню "Калибровка \ Калибровка..." (рисунок 3.22) или после нажатия кнопки калибровки на панели управления "Параметры измерения". Выбор калибруемого "Измерения" осуществляется выделением соответствующей трассы.

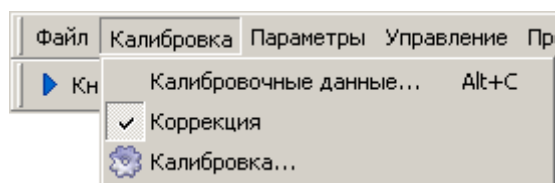


Рисунок 3.22 – Меню калибровки

Флажок "Коррекция" отражает состояние "Измерения", соответствующего выделенной трассе, автоматически устанавливается после успешного завершения калибровки. Очистив флажок, можно запретить использование калибровочных данных.

В некоторых схемах измерений доступен пункт меню "Калибровка \ Калибровочные данные...", выбор которого приводит к появлению диалогового окна (см. рисунок 3.23), позволяющее загрузить, сохранить, посмотреть или отредактировать результаты калибровки.

Процесс измерений обычно сопровождается заданием множества параметров. При завершении ПО *Graphit* текущие значения всех параметров диаграмм, трасс, маркеров и измерительных каналов, исключая калибровочные данные, сохраняются на диск. При старте ПО *Graphit* и открытии схемы все сохранённые параметры восстанавливаются.

Существует возможность сохранения параметров в отдельный файл, называемый профилем. На рисунке 3.24 изображены пункты меню "Настройки" и эквивалентные им кнопки на панели инструментов, позволяющие считать параметры из профиля, сохранить параметры в профиль или восстановить исходные значения всех параметров.

Подробнее процедуры калибровки и управление измерительными каналами рассмотрены в части III настоящего РЭ, посвящённой конкретному измерительному прибору и соответствующим ему измерительным схемам.

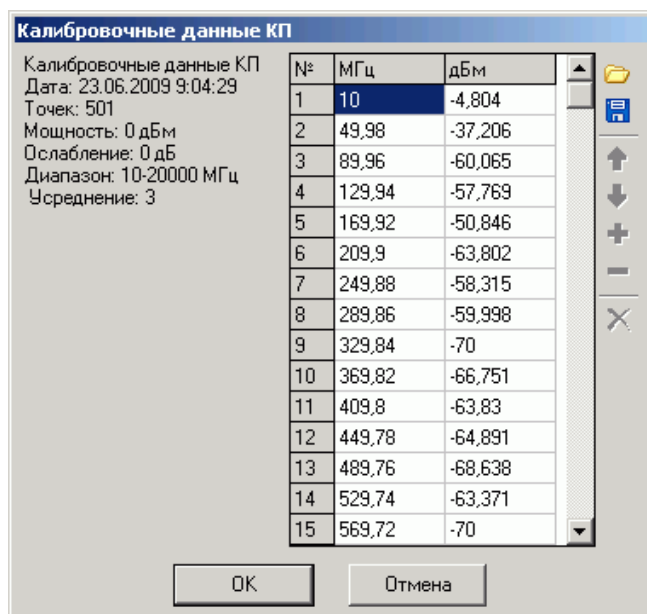


Рисунок 3.23 – Окно управления калибровочными данными

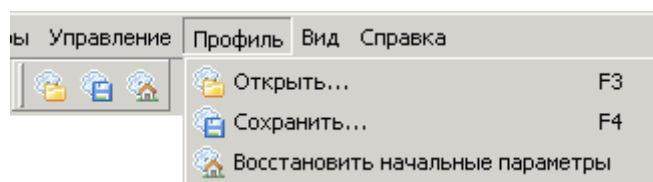


Рисунок 3.24 – Панель инструментов и меню управления профилями

### 3.6 Маркерные измерения

Маркеры – это дополнительное средство анализа результатов измерений. Маркеры отображают в численном виде значения некоторых точек трассы. Какая именно точка трассы будет отображена маркером, зависит от типа и параметров маркера. Для своевременного обновления отображаемой информации и/или поиска по заданному критерию точек на трассе в маркерах задаётся привязка (соответствие) к одной или нескольким трассам.

Маркеры отображаются в виде треугольника с номером над горизонтальной шкалой, вертикальной линии и окна индикации. Если маркер не активен, то отображается только треугольник с номером. Между двумя маркерами может отображаться связь – горизонтальная черта с текстом над ней. Связи между маркерами служат для расчёта и отображения дополнительных параметров исследуемых устройств. Каждая диаграмма может содержать до 20 маркеров и до 10 связей между ними.

**Чтобы создать маркер**, необходимо "взять мышкой" треугольник в левом нижнем углу диаграммы и переместить его в желаемую позицию.

**Чтобы скрыть или отобразить маркер** достаточно дважды щёлкнуть "мышью" по треугольнику или выбрать пункт "Активный" в контекстном меню маркера.

**Чтобы удалить маркер**, нужно его сначала скрыть, а затем переместить треугольник в крайнее левое положение. Пункт контекстного меню диаграммы

"Маркеры \ Сбросить все" или комбинация клавиш "Ctrl+Alt+R" удаляют все маркеры в диаграмме.

На рисунке 3.25 показано контекстное меню маркера, появляющееся после щелчка правой кнопки "мыши" по номеру маркера или по окну индикации маркера. Пункт "Свойства..." позволяет задать параметры маркера (рисунок 3.26), в том числе и те, что перечислены в последующих пунктах контекстного меню. Из отображаемых значений в маркере можно исключить (или добавить) данные тех или иных трасс. Для этого достаточно щёлкнуть правой кнопкой "мыши" по отображаемому значению и выбрав пункт "Не отображать трассу..." или изменить состояние флажков в списке трасс пункта "Отображаемые трассы".

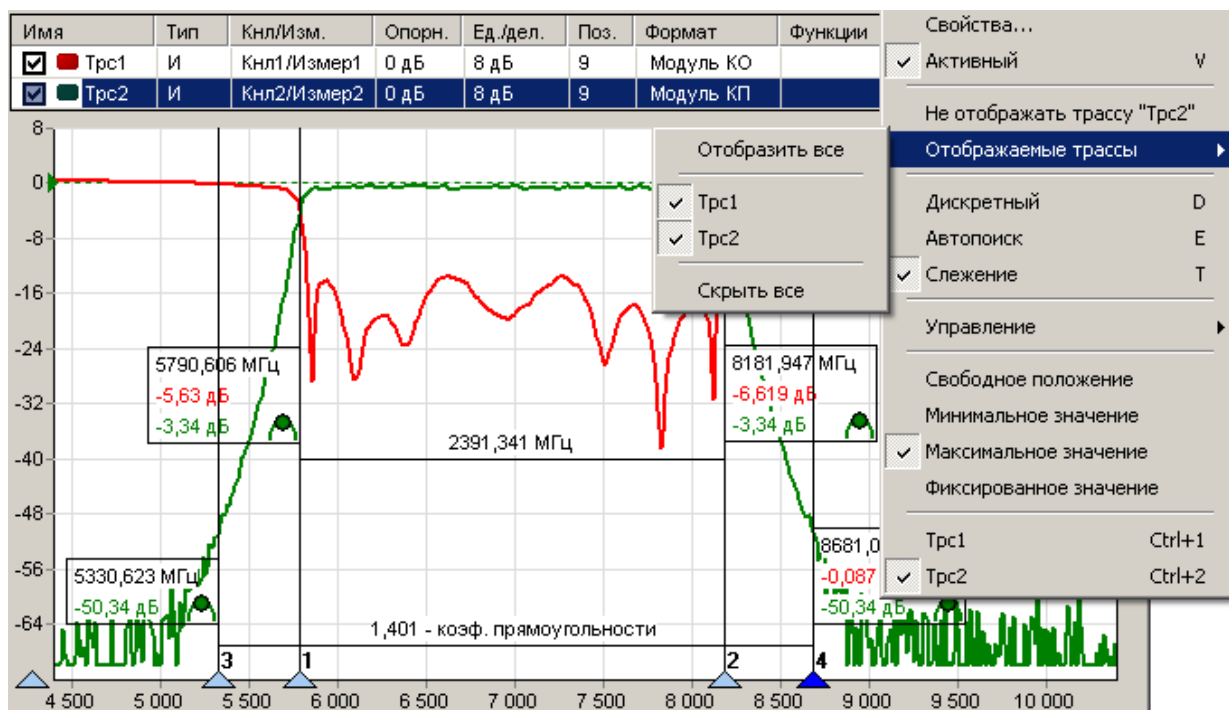
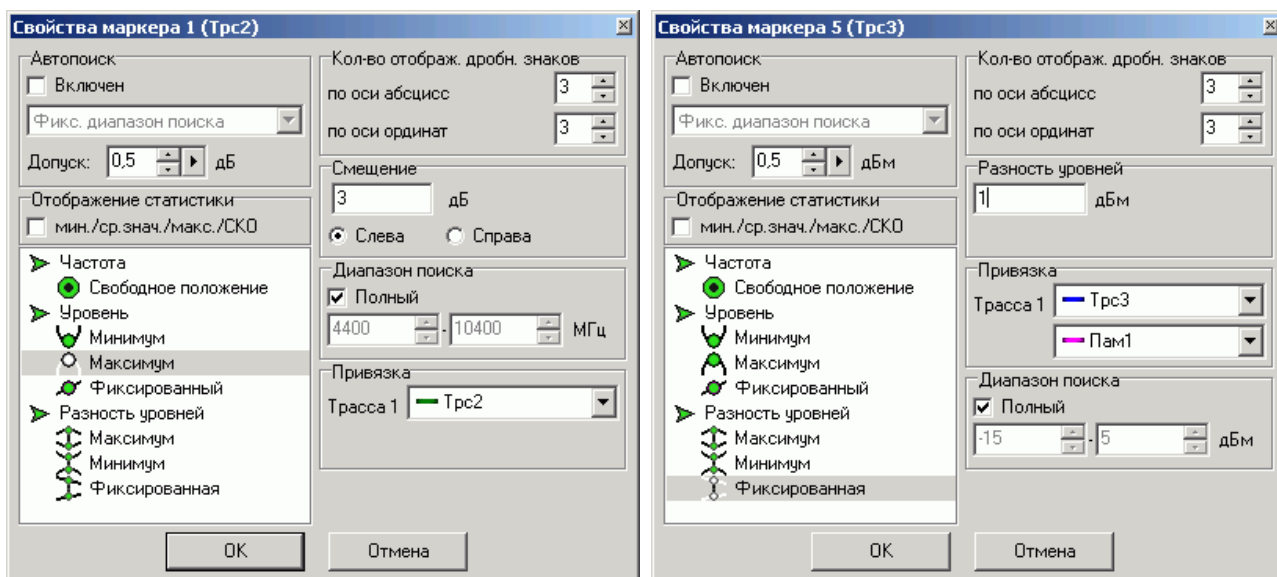


Рисунок 3.25 – Использование маркеров

Установка флажка "Дискретный" в контекстном меню маркера запрещает маркеру находиться между точками трассы, в которых выполнялись измерения. При сброшенном флажке маркер может принимать любые положения, а в окне индикации выводятся интерполированные значения с восклицательным знаком в круглых скобках в конце.

Выбор пункта контекстного меню маркера "Управление \ Установить центр сканирования" изменяет диапазон сканирования измерительного канала, так чтобы маркер оказался в середине диапазона. Диапазон сканирования изменяется только в измерительном канале, которому соответствует трасса, к которой привязан маркер.










а) слежение за уровнем

б) слежение за разностью уровней

Рисунок 3.26 – Свойства маркера

В правом нижнем углу окна индикации маркера отображается значок, обозначающий тип маркера:

-  – свободное положение маркера;
-  – слежение за максимальным уровнем;
-  – слежение за минимальным уровнем;
-  – слежение за заданным уровнем;
-  – слежение за максимальной разностью уровней;
-  – слежение за минимальной разностью уровней;
-  – слежение за заданной разностью уровней.

Цвет значка свидетельствует о привязке маркера к трассе того же цвета.

**Свободное положение маркера.** При установке нового маркера создаётся маркер со свободным (произвольным) положением на горизонтальной оси. Частота может задаваться тремя способами: перемещением маркера "мышью"; двойным щелчком по отображаемому значению частоты и редактированием, или в диалоге "Свойство маркера". Если требуется переместить окно индикации маркера только по вертикали или расположить с другой стороны от вертикальной линии, нажмите клавишу "Shift" на клавиатуре и переместите окно с помощью "мыши".

**Следящие маркеры** от кадра к кадру меняют своё положение по горизонтальной оси – следят по заданному критерию. Для слежения используются значения из одной или нескольких трасс, к которым привязан маркер. В диалоге "Свойства маркера" (рисунок 3.26) задаются привязка к одной или нескольким трассам и критерий слежения: поиск минимума, максимума или заданного значения в указанной трассе или разницы между трассами. Привязка маркера отображается и может быть изменена в контекстном меню маркера (в последней группе пунктов, показанной на рисунке 3.25). Поиск точки, удовлетворяю-

шей критерию, выполняется по всей трассе, при установленном флажке "Полный", или ограничен заданным диапазоном. В последнем случае неполный диапазон обозначается на оси абсцисс в виде синего отрезка, ограниченного прямоугольными скобками, как показано на рисунке 3.27.

При поиске минимума или максимума в трассе существует возможность поиска точки, отличающейся от найденного экстремума на заданное число (обычно децибел), слева или справа от экстремума. Эта возможность позволяет вычислять разнообразные параметры цепей, связанные с полосой частот.

Например, на рисунке 3.25 маркеры 1 и 2 следят за уровнем меньше максимума на 3 дБ АЧХ полосового фильтра. Связь между маркерами 1 и 2 отображает полосу пропускания фильтра по уровню "-3 дБ". Маркеры 3 и 4 следят за уровнем меньше максимума на 50 дБ. В связи между маркерами 3 и 4 вычисляется отношение полосы между маркерами 3 и 4 к полосе между маркерами 1 и 2. В результате получаем коэффициент прямоугольности фильтра.

**Следящий в неполном диапазоне маркер может исчезать или "прилипать" к краю диаграммы**, оказавшись вне диапазона значений оси абсцисс. Это может произойти, например, при смене частотного диапазона или отображении трассы во временную область.

Флажок "Слежение" в контекстном меню маркера по умолчанию установлен. Это означает, что после задания необходимых параметров (критерия слежения и трассы) маркер перейдет в режим слежения. Если задать параметры слежения при сброшенном флажке "Слежение", то маркер выполнит однократный поиск в текущем кадре, переместится на новую позицию и перейдет в "Свободное положение".

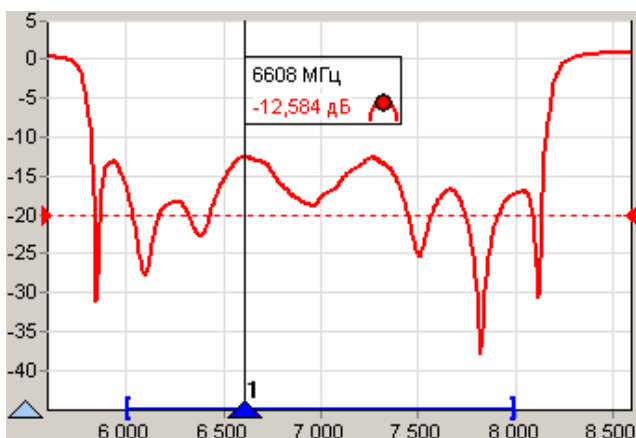


Рисунок 3.27 – Следящий маркер

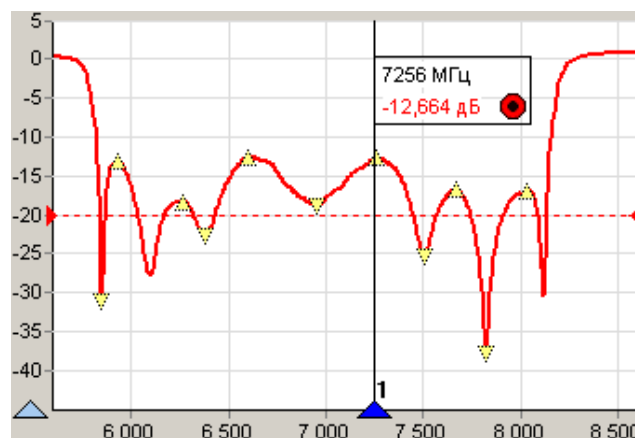


Рисунок 3.28 – Маркер в режиме "Автопоиск"

При установленном флажке "Автопоиск" в контекстном меню маркера меняется его поведение при перемещении "мышью". Нажав левую кнопку "мышь", можно подвести маркер к другому экстремуму и отжать кнопку – отпустить маркер. При перемещении маркера "мышью" на трассе появляются желтые треугольники, обозначающие локальные минимумы и максимумы, как показано на рисунке 3.28. После отпущения маркер найдет ближайший к ново-

му положению экстремум и, если включен режим слежения, перейдёт в режим слежения за ним. Следящий маркер при необходимости поменяет критерий слежения на поиск минимума или максимума, изменит диапазон поиска экстремума, чтобы исключить более значимые экстремумы, и продолжит слежение за экстремумом. Для перемещения маркера в режиме "Автопоиск" можно использовать клавиши "←", "→" на клавиатуре. Стрелка влево переместит к левому ближайшему экстремуму, стрелка вправо – к правому.

Маркер в режиме "Автопоиск" может пропускать экстремумы, отличающиеся от соседних на небольшую величину. В окне свойства маркера (рисунок 3.26) в поле с регулировкой значения "Допуск" можно задать минимальную величину, на которую должны отличаться значения в экстремумах. Следует уменьшить её, чтобы исключить пропуск экстремумов, или увеличить, если вместо экстремумов выделяются шумовые выбросы.

Кроме стрелок влево и вправо для выделенного маркера, отличающегося более светлым фоном номера, существуют следующие комбинации клавиш:

- V** – скрыть / отобразить;
- E** – включить / выключить "Автопоиск";
- T** – выключить "Слежение";
- Ctrl+1÷9** – привязка к трассе 1, 2 ... 9.

Настройки маркеров сохраняются в профиле и восстанавливаются при старте ПО *Graphit* или при загрузке профиля. Кроме того, существует возможность сохранить конфигурацию маркеров в отдельный файл, выбрав пункт контекстного меню диаграммы "Маркеры \ Сохранить...". Выбрав пункт контекстного меню диаграммы "Маркеры \ Загрузить..." можно загрузить ранее сохранённую конфигурацию маркеров.

**Связи между маркерами.** Если нажать левую кнопку "мыши" над значком, обозначающим тип маркера, перевести курсор к другому маркеру и отпустить кнопку "мыши", то создастся связь между маркерами – горизонтальная черта, показанная на рисунке 3.25, над которой отображается некоторое значение. В только что созданной связи это разница значений по оси абсцисс в связанных маркерах. После щелчка правой кнопкой "мыши" по связи появляется контекстное меню, позволяющее изменить свойства связи или удалить её. Диалоговое окно свойств связи маркеров, приведённое на рисунке 3.29, позволяет задавать арифметическое выражение, вычисляющее отображаемое над связью значение.

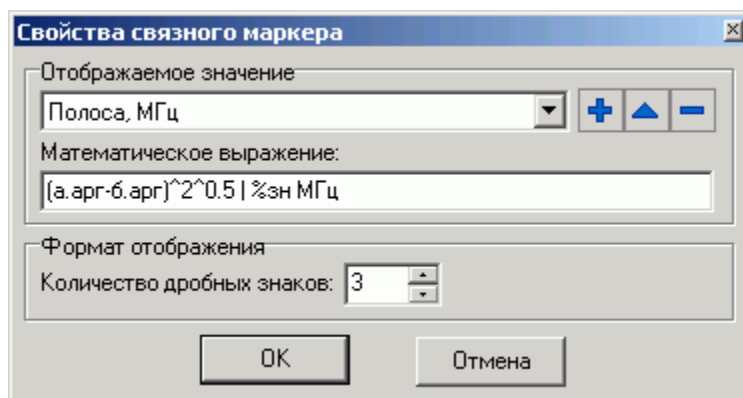


Рисунок 3.29 – Свойства связи маркеров

Арифметическое выражение можно набрать в поле ввода "Математическое выражение" или выбрать из списка сохранённых формул в верхней части диалога. Кнопки справа от списка позволяют сохранить набранное выражение в списке формул, изменить ранее сохранённое выражение или удалить.

Текст арифметического выражения не должен содержать пробелов, все буквы должны быть кириллицей. Допускается использование следующих операторов (в порядке убывания приоритета):

^ – возведение в степень;

\*, / – умножение и деление (имеют равный приоритет, выполняются слева направо);

+, – – сложение и вычитание.

Для изменения последовательности выполнения операций используются круглые скобки.

Для изменения знака (унарный минус) следует использовать следующую конструкцию:

0–выражение.

Для вычисления абсолютного значения:

выражение<sup>^2^0.5</sup>,

т.е. возвести в квадрат, затем извлечь квадратный корень.

В качестве операндов в выражении могут использоваться:

- численные константы (неотрицательные, дробная часть отделена точкой);
- значения из связанных маркеров или любых других.

Маркеры обозначаются в соответствии их номерам: "м1" (буква "м" кириллицей), "м2", "м3" и т.д.

К маркерам, состоящим в связи, можно обратиться по именам "а" и "б". Причём "а" – это маркер с меньшим номером, а "б" – с бóльшим. У каждого маркера доступны для чтения следующие поля:

- арг – значение по оси абсцисс;
- *НазваниеТрассы* – значение по оси ординат из указанной трассы.



При возникновении ошибки в вычислениях – деление на ноль или отсутствие данных, выражение примет значение *NAN (Not An Number)*, которое отобразится над связью.

После арифметического выражения, отделённые вертикальной чертой "|", могут следовать спецификаторы и комментарии. Определены следующие спецификаторы:

- %зн – текущее значение выражения;
- %ср – среднее за время измерения;
- %ско – среднеквадратическое отклонение от среднего;
- %мин – минимальное значение;
- %макс – максимальное значение;
- %выб – выборка (номер кадра).

Всё не совпадающее с перечисленными выше спецификаторами считается комментариями, которые выводятся без изменений. Выводимая спецификаторами статистика сбрасывается после щелчка "мыши" по связи.

Рассмотрим несколько примеров арифметических выражений.

Пример 1:  $a.\text{арг}-b.\text{арг}$  | Полоса: %зн МГц

Здесь вычисляется разность частот связанных маркеров. Полученное значение выводится между словами "Полоса:" и "МГц". В этом примере разность частот может оказаться отрицательной. В следующем примере вычисляется абсолютное значение разности.

Пример 2:  $(a.\text{арг}+b.\text{арг}) / (2 * (a.\text{арг}-b.\text{арг})^{2^{0.5}})$  | Добротность: %зн

Предполагается, что измеряется АЧХ полосового фильтра. Связанные маркеры следят за уровнем на 3 дБ меньше максимума слева и справа. Это задаётся в свойствах маркеров. В выражении вычисляется отношение центральной частоты к полосе пропускания.

Пример 3:  $(a.\text{арг}-b.\text{арг}) / (m1.\text{арг}-m2.\text{арг})$  | %зн – коэф. прямоугольности

В этом примере также предполагается, что измеряется АЧХ полосового фильтра. Связанные маркеры следят за уровнем меньше максимума на 50 дБ. Маркеры "m0" и "m1" следят за уровнем меньше максимума на 3 дБ. Отношение разностей их аргументов даёт коэффициент прямоугольности фильтра.

Пример 4:  $a.\text{Трс1}-a.\text{Пам1}$  | %мин; %ср; %макс; %ско дБ

В этом примере накапливается и отображается статистика отличий значений в трассе "Трс1" от запомненного в памяти 1.



### 3.7 Сохранение результатов измерений и формирование отчётов

Для сохранения результатов измерений существуют следующие возможности:

1. сохранение трассы;
2. сохранение *S2P*-файла; (для приборов серии P2M и P4M)
3. формирование и сохранение отчёта.

**Чтобы сохранить трассу** на диск, следует выбрать пункт "Сохранить" в контекстном меню трассы (рисунок 3.7) или нажать комбинацию клавиш "**Ctrl+F**". В выбранный текстовый файл с расширением *trc* сохраняется последовательность пар чисел. Каждая пара – это соответствующие одной точке трассы значения по осям абсцисс и ординат. Для трасс, отображаемых на диаграмме Смита, сохраняются тройки чисел – частота, амплитуда и фаза.

Прочитать сохранённую трассу можно только в трассу памяти, воспользовавшись пунктом контекстного меню трассы "Загрузить данные..." (рисунок 3.7-б). Если трассы памяти нет, то её нужно предварительно создать, запомнив измерительную или математическую трассу. Следует отметить, что в после чтения диапазон значений, откладываемых по горизонтальной оси, в трассе памяти может не совпадать с диапазоном заданным в измерительном канале. В этом случае трасса памяти будет отображаться частично (не во всём диапазоне) или не отображаться вовсе.

**Чтобы сохранить *S2P*- или *S1P*-файл**, следует выбрать пункт "Сохранить *S2P* файл" в контекстном меню диаграммы (рисунок 3.30). В выбранный текстовый файл с расширением *s2p* сохраняются частота, модуль (в логарифмическом масштабе) и фаза (в градусах) параметров рассеяния  $S_{11}$ ,  $S_{21}$ ,  $S_{12}$ ,  $S_{22}$ . В отличие от сохранения трассы, в *S2P*-файл записываются значения с выходов "Измерений", т.е. до преобразования к некоторому формату отображения и до каких-либо функциональных преобразований над трассами. "Измерения" для записи в качестве того или иного *S*-параметра выбираются автоматически. Если при сохранении *S2P*-файла некоторые *S*-параметры отсутствуют, то вместо них записываются значения (-200 дБ, 0°). Если для некоторых *S*-параметров найдётся несколько подходящих "Измерений", пользователю будет предложено выбрать.

Для чтения *S2P*-файла следует выбрать пункт "Открыть *S2P* файл" в контекстном меню диаграммы. При чтении *S2P*-файла автоматически создаются трассы памяти и привязываются к первому измерительному каналу. Если измерительный канал не инициализирован (т.е. не было произведено подключение к прибору или эмулятору), то никакие трассы отображаться не будут, т.к. не определена ось абсцисс. Другими словами, чтобы посмотреть *S2P*-файлы, необходимо подключение к прибору или эмулятору.

**Чтобы создать отчёт**, следует выбрать один из видов отчётов в контекстном меню диаграммы, приведённом на рисунке 3.30, или нажать кнопку на панели инструментов "Отчёт".

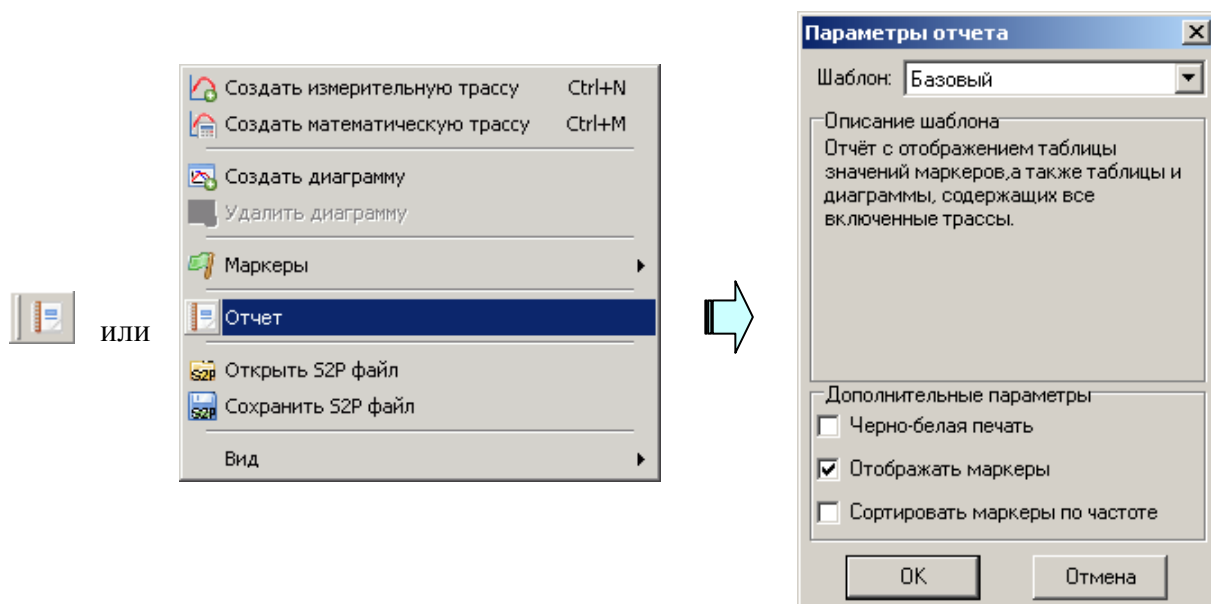


Рисунок 3.30 – Создание отчёта

Мастер отчётов предложит ввести комментарии к отчёту и отобразит окно предварительного просмотра, приведённое на рисунке 3.31.

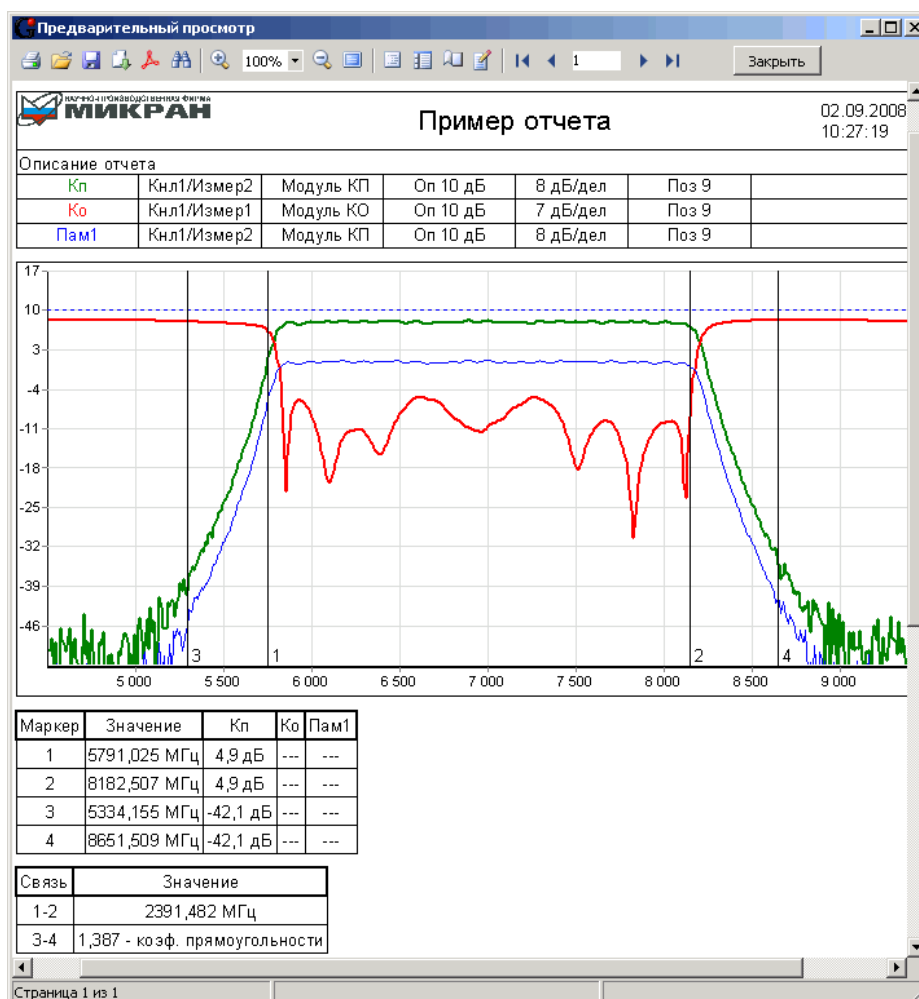


Рисунок 3.31 – Окно просмотра отчёта

Подготовленный отчёт можно напечатать (кнопкой "Печать"), сохранить

в собственном формате (кнопкой с изображением дискеты) или экспортировать (кнопкой с изображением листа со стрелкой) в файл форматов: *PDF*, *HTML*, *RTF* (документ *Word*) и документ *Open Office*.





# ИЗМЕРИТЕЛЬ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА

X5M-04

Руководство по эксплуатации

Работа с измерителем

Часть III ЖНКЮ.468166.021 РЭ2

Предприятие-  
изготовитель: ЗАО «НПФ «Микран»  
Адрес: 634045 Россия, г. Томск  
ул. Вершинина, 47  
тел: +7(3822) 42-18-77, 41-46-35  
тел/факс: +7(3822) 42-36-15  
E-mail: [pribor@micran.ru](mailto:pribor@micran.ru)  
Сайт: [www.micran.ru](http://www.micran.ru)



## Содержание

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЧАСТЬ III. РАБОТА С ИЗМЕРИТЕЛЕМ .....	5
1 Определения, обозначения и сокращения .....	5
1.1 Термины и определения .....	5
1.2 Сокращения .....	6
2 Требования безопасности .....	7
3 Подготовка прибора к работе.....	8
3.1 Эксплуатационные ограничения .....	9
3.2 Распаковывание и повторное упаковывание .....	9
3.3 Порядок установки .....	9
3.4 Подготовка к работе .....	9
3.4.1 Меры по обеспечению безопасности и меры предосторожности .....	9
3.4.2 Подготовка рабочего места.....	10
3.4.3 Начальные установки .....	11
3.4.4 Порядок загрузки программного обеспечения .....	12
3.4.5 Контрольно-профилактические работы .....	12
4 Порядок работы .....	19
4.1 Меры безопасности при работе с прибором .....	19
4.2 Расположение органов настройки и включения прибора.....	20
4.3 Сведения о порядке подготовки к проведению измерений .....	22
4.3.1 Первое подключение к персональному компьютеру (ПК).....	22
4.3.2 Проверка работоспособности прибора .....	26
4.4 Порядок проведения измерений.....	28
4.4.1 Основные измерения КШ и КП по схеме «Модуляционный метод». ..	28
4.4.2 Основные измерения КШ и КП по схеме «Метод двух отсчетов» ....	33
4.4.3 Основные измерения по схеме «Калибровка ГШ» .....	36
4.4.4 Рекомендации по выбору параметров и проведению измерений .....	38
4.4.5 Перечень рекомендаций по проведению измерений .....	40
5 Утилизация.....	42
ПРИЛОЖЕНИЕ А (СПРАВОЧНОЕ) ПЕРЕЧЕНЬ ВОЗМОЖНЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ .....	43
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (СПРАВОЧНОЕ) РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ПРИ НАСТРОЙКЕ СЕТЕВЫХ ПАРАМЕТРОВ.....	47
ПРИЛОЖЕНИЕ В (СПРАВОЧНОЕ) СООБЩЕНИЯ ОБ ОШИБКАХ .....	54
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (СПРАВОЧНОЕ) КРАТКАЯ ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ СПРАВКА.....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ Д (СПРАВОЧНОЕ) ОБЗОР ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА	

ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ .....	60
ПРИЛОЖЕНИЕ Е (СПРАВОЧНОЕ) РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ КШ.....	66
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (СПРАВОЧНОЕ) БИБЛИОГРАФИЯ .....	71



# Руководство по эксплуатации

## Часть III. Работа с измерителем

### 1 Определения, обозначения и сокращения

#### 1.1 Термины и определения

В настоящем РЭ используются следующие определения:

**1.1.1 виртуальный прибор:** Прибор, состоящий из измерительного блока, подключаемого к компьютеру, и программного обеспечения, реализующего часть функций прибора – управление, обработку и отображение результатов измерений.

**1.1.2 измеритель:** X5M-04 ЖНКЮ.468166.021 ТУ.

**1.1.3 измерительный блок:** Аппаратная часть виртуального прибора, подключаемая к компьютеру.

**1.1.4 метод двух отсчетов:** Метод (измерительная схема или режим), при котором управление подачей шумового сигнала от «горячего» или «холодного» источников осуществляется вручную. При этом вычисление коэффициента шума производится по методу Y-фактора.

**1.1.5 механические повреждения:** Глубокие царапины, деформации на рабочих поверхностях центрального или внешнего проводников соединителей измерителя, вмятины на корпусе измерителя, а также другие повреждения, непосредственно влияющие на его технические характеристики. Механические повреждения являются следствием неправильной транспортировки, хранения или эксплуатации.

**1.1.6 модуляционный метод:** Метод (измерительная схема или режим), при котором управляющее питание генератора шума является модулированным.

**1.1.7 пользователь (потребитель):** Физическое лицо, допущенное к эксплуатации измерителя и осуществляющее его эксплуатацию в соответствии с настоящим РЭ.

**1.1.8 прибор:** Любой измеритель серии X5M.

**1.1.9 рабочие поверхности центральных проводников:** Поверхности центральных проводников, осуществляющие электрический контакт при соединении соединителей.

**1.1.10 размах показаний:** Наибольшая разность между отдельными повторными показаниями измерителя, соответствующими одному и тому же действительному значению измеряемой величины при неизменных внешних условиях.

**1.1.11 ремонт:** Комплекс операции по восстановлению исправности или работоспособности измерителя или его составных частей.

## 1.2 Сокращения

В настоящем РЭ применены следующие сокращения:

А – аттенюатор;

АП – адаптер питания;

АРУ – автоматическая регулировка усиления;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

В – вентиль;

ВЧ – высокая частота;

ГШ – генератор шума;

ДИИС – департамент информационно-измерительных систем ЗАО «НПФ

Микран»;

ИКШ – измеритель коэффициента шума (измеритель);

ИОШТ – избыточная относительная шумовая температура;

ИПР – измеритель присоединительных размеров;

ИУ – исследуемое устройство;

КД – конструкторская документация;

КО – коэффициент отражения;

КП – модуль коэффициента передачи по мощности (коэффициент усиления по мощности);

КСВ – коэффициент стоячей волны;

КСВН – коэффициент стоячей волны по напряжению;

КШ – коэффициент шума;

ЛПД – лавиннопролетный диод;

НГШ – низкотемпературный генератор шума;

ОГ – опорный генератор;

ОТК – отдел технического контроля;

ПГ – погрешность;

ПК – персональный компьютер;

ПЧ – промежуточная частота;

РЭ – руководство по эксплуатации;

СВЧ – сверхвысокие частоты;

СН – согласованная нагрузка;

ТХ – технические характеристики;

ФАПЧ – фазовая автоподстройка частоты;

ФНЧ – фильтр нижних частот;

ЦОС ПЧ – блок цифровой обработки сигналов ПЧ;

ENR – excess noise ratio (power ratio).

## 2 Требования безопасности


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

2.1.2 К работе с прибором допускается персонал с соответствующей инженерной квалификацией, прошедший подготовку по работе с данным прибором согласно настоящему РЭ и имеющий допуск к работе с напряжением до 1000 В.

2.1.3 При эксплуатации измерителя необходимо соблюдать требования: «Правила эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ ВОЗМОЖНО ПОРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ.**

2.1.4 В измерителях имеется напряжение  $\sim (220 \pm 22)$  В, поэтому при эксплуатации и контрольно-профилактических работах, проводимых с измерителем, строго соблюдайте соответствующие меры предосторожности:

- перед подключением измерителя к сети или подключением к нему других приборов необходимо убедиться в исправности шнура сетевого и соединить зажим защитного заземления, обозначенный символом  и находящийся на задней панели прибора, с заземляющим проводником (в крайнем случае, с зануленным зажимом питающей сети);

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ ВОЗМОЖНО ПОРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ.**

- зажим защитного заземления следует отсоединять после отключения измерителя от сети питания и от других приборов;

**ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПОДАВАТЬ НА ВХОД СВЧ ИЗМЕРИТЕЛЯ МОЩНОСТЬ И ПОСТОЯННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ПРЕВЫШАЮЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕННЫЕ НА ПЕРЕДНЕЙ ПАНЕЛИ ПРИБОРА РЯДОМ СО ЗНАКОМ **

**ВНИМАНИЕ!  
ПРИ ПОЯВЛЕНИИ ЗАПАХА ГАРИ, ДЫМА И Т.П. НЕЗАМЕДЛИТЕЛЬНО ОБЕСТОЧИТЬ ПРИБОР!  
ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ ИСПОЛЬЗУЙТЕ АНТИСТАТИЧЕСКИЕ БРАСЛЕТЫ.**

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

**ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ВКЛЮЧАТЬ В СЕТЬ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НЕЗАЗЕМЛЕННЫЙ ПРИБОР! ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ КОММУТАЦИИ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ (КАЛИБРОВКИ) ПРИ ВКЛЮЧЕННОМ РЕЖИМЕ «ИЗМЕРЕНИЕ»; ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАРУШАТЬ ЗАЩИТНЫЕ ПЛОМБЫ, ПРОИЗВОДИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ.**

2.1.5 При чистке соединителей спиртом необходимо соблюдать следующие правила:

- пары спирта взрывоопасны, поэтому чистку соединителей нужно проводить в хорошо проветриваемом помещении;
- чистку соединителей прибора проводить только при выключенном электропитании;
- во избежание случайного пролития и возгорания спирта чистку необходимо проводить на специально подготовленном чистом рабочем месте в отдалении от потенциальных очагов воспламенения;
- при случайном пролитии спирта на рабочем месте необходимо немедленно протереть рабочее место легковпитывающим материалом и утилизировать данный материал надлежащим образом;
- при воспламенении спирта запрещается производить тушение водой и средствами на водной основе; тушение проводится порошковыми, углекислотными огнетушителями, песком.

2.1.6 При использовании в измерениях низкотемпературных генераторов шума, заполняемых жидким азотом, необходимо соблюдать следующие правила:

- заливку производить только через воронку;
- поскольку в начале заливки происходит бурное кипение азота, следует наливать малой струей (при этом в резервуаре устанавливается низкая температура), не допуская попадания брызг жидкости на одежду, обувь, открытые участки тела;
- заполненный генератор шума должен быть закреплен;
- запрещается сливать азот из НГШ;
- новую заливку следует производить только после полного испарения всего азота.

### **3 Подготовка прибора к работе**

Подготовка прибора к работе осуществляется после ознакомления с разделом «Требования безопасности», а также после ознакомления с содержанием части I и II настоящего РЭ. Данный раздел представляет собой развернутые указания, приведенные в разделе 5 части I настоящего РЭ.

**ВНИМАНИЕ!**

**Перед началом подготовки прибора к работе необходимо занести в форму-**

## ляр дату ввода прибора в эксплуатацию.

### 3.1 Эксплуатационные ограничения

3.1.1 Эксплуатация измерителя должна производиться в условиях, указанных в разделе 4 части I настоящего РЭ.

3.1.2 Напряжение питания сети должно соответствовать значениям, указанным в разделе технических характеристик 4.4 настоящего РЭ.

3.1.3 Не рекомендуется непрерывная работа измерителя более 16 ч. Временной интервал между рабочими циклами не менее 2 часов.

### 3.2 Распаковывание и повторное упаковывание

3.2.1 Распаковывание и повторное упаковывание производится согласно разделу 5.2 части I настоящего РЭ.

### 3.3 Порядок установки

3.3.1 Перед установкой измерителя путем внешнего осмотра убедитесь в отсутствии дефектов и поломок по причине некачественной упаковки или неправильного транспортирования.

3.3.2 Установить измеритель на ровную горизонтальную поверхность рабочего стола так, чтобы все ножки измерителя упирались в нее, и обеспечивался свободный доступ к разъемам задней и передней панелей, а также к выключателю питания; разверните измеритель в удобное для работы положение.


3.3.3 Для обеспечения нормальной вентиляции расстояние между задней панелью измерителя и соседними предметами должно быть не менее 100 мм.

3.3.4 После установки измерителя на рабочее место, необходимо выдерживать его не менее двух часов в рабочих условиях.

### 3.4 Подготовка к работе

#### 3.4.1 Меры по обеспечению безопасности и меры предосторожности

3.4.1.1 В измерителях имеется напряжение  $\sim (220 \pm 22)$  В, поэтому при эксплуатации и контрольно-профилактических работах, проводимых с измерителем, строго соблюдайте соответствующие меры предосторожности:

- перед подключением измерителя к сети или подключением к нему других приборов необходимо убедиться в исправности шнура сетевого и соединить зажим защитного заземления, обозначенный символом  и находящийся на задней панели прибора, с заземляющим проводником (в крайнем случае, с зануленным зажимом питающей сети);

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ ВОЗМОЖНО ПОРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ.**

- зажим защитного заземления следует отсоединять после отключения

измерителя от сети питания и от других приборов;

**ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПОДАВАТЬ НА ВХОД СВЧ ИЗМЕРИТЕЛЯ МОЩНОСТЬ И ПОСТОЯННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ПРЕВЫШАЮЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕННЫЕ НА ПЕРЕДНЕЙ ПАНЕЛИ ПРИБОРА РЯДОМ СО ЗНАКОМ **

**ВНИМАНИЕ!**

**ПРИ ПОЯВЛЕНИИ ЗАПАХА ГАРИ, ДЫМА И Т.П. НЕЗАМЕДЛИТЕЛЬНО ОБЕСТОЧИТЬ ПРИБОР!**

**ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ ИСПОЛЬЗУЙТЕ АНТИСТАТИЧЕСКИЕ БРАСЛЕТЫ.**

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

**ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ВКЛЮЧАТЬ В СЕТЬ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НЕЗАЗЕМЛЕННЫЙ ПРИБОР! ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ КОММУТАЦИИ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ (КАЛИБРОВКИ) ПРИ ВКЛЮЧЕННОМ РЕЖИМЕ «ИЗМЕРЕНИЕ»; ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАРУШАТЬ ЗАЩИТНЫЕ ПЛОМБЫ, ПРОИЗВОДИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ.**

3.4.1.3 При использовании в измерениях низкотемпературных генераторов шума, заполняемых жидким азотом, необходимо соблюдать следующие правила:


- заливку производить только через воронку;
- поскольку в начале заливки происходит бурное кипение азота, следует наливать малой струей (при этом в резервуаре устанавливается низкая температура), не допуская попадания брызг жидкости на одежду, обувь, открытые участки тела;
- заполненный генератор шума должен быть закреплен;
- запрещается сливать азот из НГШ;
- новую заливку следует производить только после полного испарения всего азота.

### **3.4.2 Подготовка рабочего места**

3.4.2.1 Рабочее место должно соответствовать следующим климатическим условиям:

- температура окружающего воздуха от 5°C до 40°C;
- относительная влажность воздуха не более 90 % (при 25 °C);
- атмосферное давление от 70 до 106,7 кПа (от 525 до 800 мм рт.ст.) .

3.4.2.2 Необходимо проверить наличие системы защитного заземления.

Запрещается заземлять измеритель через систему отопления и другие системы, не приспособленные для этой цели. При отсутствии системы заземления необходимо воспользоваться зануленным зажимом питающей сети. Допускается не соединять клемму измерителя  с системой заземления или зануленным зажимом питающей сети только в том случае, когда в сети электропитания предусмотрена жила защитного заземления; в этом случае нужно убедиться, что контакт заземления в розетке действительно обеспечивает требуемое сопротивление заземления.

3.4.2.3 Рабочее место должно быть снабжено сетью электропитания с переменным напряжением  $\sim (220 \pm 22)$  В.

3.4.2.4 В помещении, где установлен измеритель, не должно быть вибрации и сильных электромагнитных полей.

3.4.2.5 При наличии внешних электромагнитных помех измерение шумовых параметров рекомендуется проводить в экранированном помещении.

3.4.2.6 Рабочее место должно быть хорошо проветриваемым для поддержания стабильности климатических условий и выветривания паров спирта при проведении чистки соединителей.

### 3.4.3 Начальные установки

Подготовка прибора к работе осуществляется только после выполнения указаний раздела 3.3 и предыдущих подразделов раздела 3.4.

3.4.3.1 После подготовки установки прибора и подготовки рабочего места соединить вход  $\rightarrow$  ПЧ на задней панели измерителя с выходом  $\leftarrow$  ПЧ соответствующим кабелем из комплекта поставки прибора (см. «Кабель» в таблице 1 части I настоящего РЭ).

3.4.3.2 Установить органы управления в начальные состояния:

#### *Передняя панель измерителя*


- кнопка включения / выключения питания (в правом нижнем углу панели) – в состояние «0»;

- для приборов с опцией АПА кнопка включения / выключения питания, расположенная рядом с соответствующим разъемом – в отжатое состояние;

#### *Задняя панель измерителя*

- все переключатели конфигурирования – в состояние OFF (соответствует нумерованной стороне переключателей) при прямом подключении измерителя к ПК (см. подключение по способу 1 в п.4.3.1).

3.4.3.3 Провести визуальный осмотр и при необходимости провести чистку входа  $\rightarrow$  СВЧ (см. следующий подраздел);

3.4.3.4 Соединить клемму  прибора с системой заземления или зануленным зажимом питающей сети;

3.4.3.5 Соединить измеритель шнуром питания с сетью электропитания; при этом все индикаторы на передней панели должны быть в выключенном состоянии.

3.4.3.6 Подготовить к работе ГШ, пользуясь указаниями, приведенными в руководстве по эксплуатации на него.

### 3.4.4 Порядок загрузки программного обеспечения

Установка программы управления производится согласно соответствующего п.2 части II настоящего РЭ.

### 3.4.5 Контрольно-профилактические работы

3.4.5.1 При измерении шумовых параметров не последнюю роль играют вопросы согласования, потерь, качества соединителей в СВЧ тракте. Потери в СВЧ тракте, особенно в участке от выхода ГШ до входа ИУ, увеличивают погрешность измерения, поэтому соблюдайте чистоту контактирующих поверхностей СВЧ соединителей, соединяя четко, без перекосов состыковывайте разъемы, затяжку гаек делайте крепкими, но без особых усилий (рекомендуется пользоваться тарированными гаечными ключами). Необходимо проводить визуальный контроль целостности соединителей измерителя. В случае явных следов повреждения следует обратиться к группе технической поддержки предприятия-изготовителя (контактная информация указана на титульном листе).

3.4.5.2 При измерениях КШ необходимо быть уверенным в том, что выходное сопротивление ГШ максимально приближено к 50 Ом и меняется несущественно при включении и выключении ГШ. В противном случае необходимо использовать согласующие трансформаторы. Подобные требования предъявляются и к входу /выходу ИУ.

3.4.5.3 Визуальный контроль проводить в следующей последовательности:

- сверить заводской номер измерителя, указанный на задней панели корпуса, и номер, указанный в формуляре; при обнаружении несоответствий дальнейшая работа с измерителем запрещается, оформляется акт несоответствия, проводится выяснение и устранение причин несоответствия;

- проверить наличие и целостность пломб предприятия-изготовителя, отсутствие следов вскрытия измерительного блока, проверить целостность кабелей *Enternet*, соединительного кабеля и шнура сетевого. При обнаружении несоответствий дальнейшая работа с измерителем запрещается, оформляется акт несоответствия, проводится выяснение и устранение причин несоответствия;

- провести визуальный контроль целостности и чистоты соединителей измерительного блока, переходов, ИУ; при обнаружении посторонних частиц провести чистку их соединителей в соответствии со следующими подразделами;

**ВНИМАНИЕ: ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ СОЕДИНИТЕЛЯ КАКОГО-ЛИБО УСТРОЙСТВА, ДАЛЬНЕЙШАЯ РАБОТА С ЭТИМ УСТРОЙСТВОМ ЗАПРЕЩАЕТСЯ. УСТРОЙСТВО БРАКУЕТСЯ И ИЗОЛИРУЕТСЯ С ЦЕЛЬЮ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ И ПОВРЕЖДЕНИЯ ГОДНЫХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ ДРУГИХ УСТРОЙСТВ.**

- провести визуальный контроль целостности и чистоты соединителей устройств, которые будут подключаться к измерителю; при обнаружении по-



сторонних частиц провести чистку соединителей в соответствии со следующими подразделами.

3.4.5.4 Чистка соединителей проводится в следующей последовательности:

- протереть поверхности соединителей, указанные стрелками на рисунке 3.1, палочкой с ватным тампоном, смоченным в спирте;

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРИМЕНЯТЬ МЕТАЛИЧЕСКИЕ ПРЕДМЕТЫ ДЛЯ ЧИСТКИ СОЕДИНИТЕЛЕЙ.**

- провести чистку остальных внутренних поверхностей соединителей, продув их воздухом;

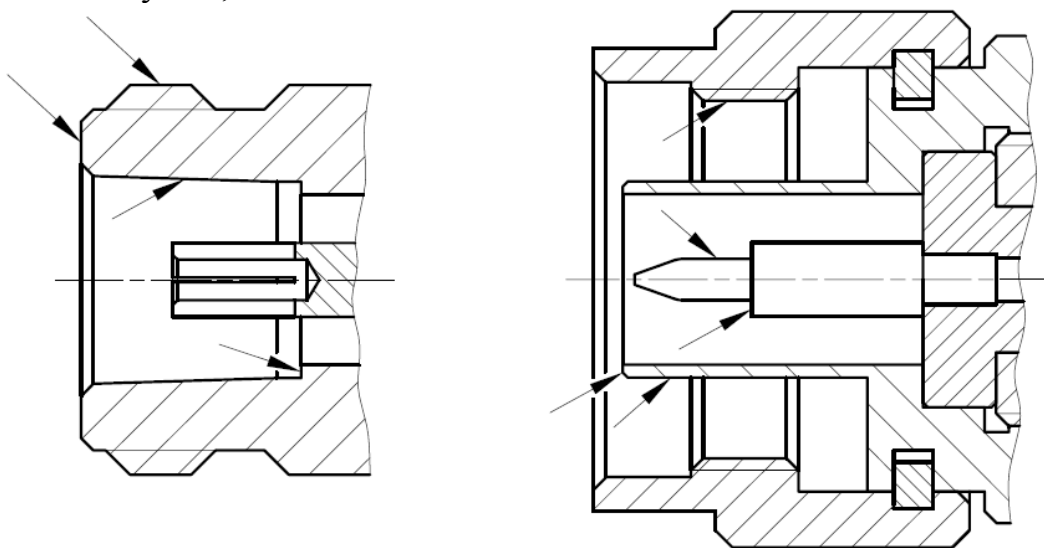


Рисунок 3.1 – Очищаемые поверхности

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОТИРАТЬ ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПРОВОДНИК СОЕДИНИТЕЛЕЙ «РОЗЕТКА». ЧИСТКУ ПРОВОДИТЬ ПРОДУВКОЙ ВОЗДУХОМ.**

- просушить соединители, убедиться в отсутствии остатков спирта внутри соединителей;

- провести визуальный контроль чистоты соединителей, убедиться в отсутствии посторонних частиц. В случае необходимости чистку повторить.

3.4.5.5 Контроль качества соединителей осуществляется через проверку присоединительных размеров «А» соединителей типов III и N по ГОСТ РВ 51914 с помощью комплекта измерителей присоединительных размеров КИПР-7 (см. таблицу 2 части I настоящего РЭ). При измерении присоединительных размеров с помощью другого оборудования методика проведения измерений может отличаться от приведенной ниже. Периодичность проверки присоединительных размеров соединителей измерителя и комплекта его принадлежностей определяется интенсивностью их использования, но не реже одного раза на каждые 50 прикручиваний. Проверку присоединительных размеров соединителей устройств, подключаемых к измерителю и комплекту при-

надлежностей необходимо проводить с периодичностью, указанной в соответствующей эксплуатационной документации, в случае отсутствия таковой, проверку рекомендуется проводить каждый раз непосредственно перед подключением.

Перед проведением измерений с помощью КИПР-7 необходимо провести калибровку или установку нуля. В результате проведения этой операции фиксируется «нулевой» уровень, от которого при измерениях будут проводиться отсчеты измеряемых размеров.

#### *Калибровка*

Калибровка проводится с помощью планки, входящей в комплект КИПР-7 и используемого измерителя присоединительных размеров. Калибровка проводится по следующей методике:

- установить ИПР на планку для совмещения плоскости торца втулки и контактной поверхности измерительного наконечника, как показано на рисунке 3.2;

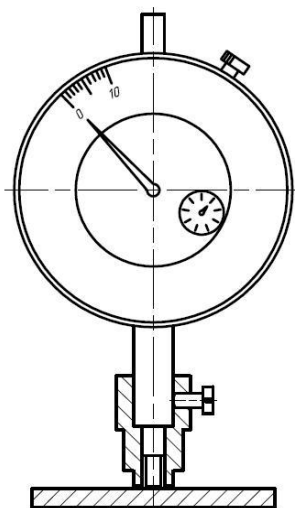


Рисунок 3.2 – Установка нуля

- совместить нулевую отметку поворотной шкалы индикатора с положением большой стрелки, зафиксировать «нулевое» положение (отметить положение стрелки малой шкалы индикатора);

- несколько раз (не менее трех) поднять и опустить измеритель на планку, проверяя каждый раз при опускании совмещение большой стрелки с нулевой отметкой шкалы, размах показаний не должен превышать половины деления большой шкалы.

#### *Проверка размера «А» соединителя «розетка»*

Проверка присоединительного размера «А» соединителей типов III и N, «розетка» проводится с помощью измерителя присоединительных размеров «ИПР-7-розетка» после проведения калибровки. Измерение присоединительного размера «А» проводить по методике:

- взять устройство с проверяемым соединителем, ввести в него «ИПР-7-

розетка», как показано на рисунке 3.3; при этом втулка должна войти во внешний проводник соединителя, торец втулки должен плотно, без перекосов соприкасаться с плоскостью внешнего проводника, контактная поверхность измерительного наконечника с опорной плоскостью центрального проводника;

- за результат измерений считать отклонение стрелок от «нулевого» положения;

- повторить предыдущие операции несколько раз (не менее трех), каждый раз поворачивая ИПР на угол, приблизительно равный  $120^\circ$ ;

- если хотя бы один результат выходит за пределы заданного поля допуска, указанного в ГОСТ РВ 51914, то проверяемый соединитель считать непригодным;

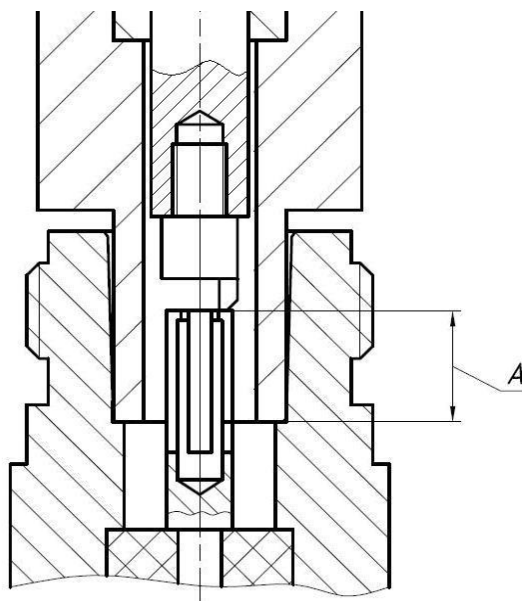


Рисунок 3.3 – Проверка размера «А» соединителя «розетка»

Примечание: в случае если результат одного измерения отличается от других более чем на 0,1 мм, провести повторные измерения.

- если все измеренные значения находятся в пределах допуска, то за действительное значение проверяемого размера принять среднеарифметическое значение из всех измеренных.

#### *Проверка размера «А» соединителя «вилка»*

- взять устройство с проверяемым соединителем, ввести в него «ИПР-7-вилка», как показано на рисунке 3.4. При этом центральный проводник соединителя «вилка» должен войти в отверстие измерительного наконечника, контактная поверхность измерительного наконечника должна соприкоснуться с плоскостью центрального проводника, торец втулки с опорной плоскостью внешнего проводника; сочленение торца втулки с опорной плоскостью внешнего проводника должно быть плотным, без перекосов;

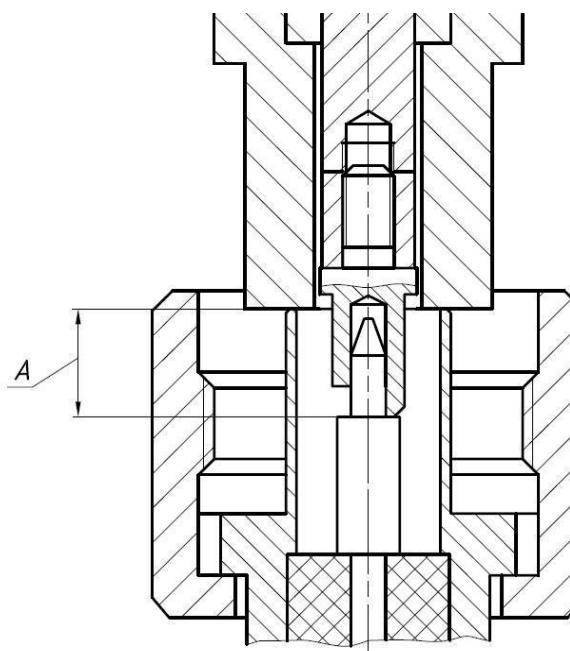


Рисунок 3.4 – Проверка размера «А» соединителя «вилка»

- за результат измерений считать отклонение стрелок от «нулевого» положения;
- повторить предыдущие операции несколько раз (не менее трех), каждый раз поворачивая ИПР на угол, приблизительно равный  $120^\circ$ ;
- если хотя бы один результат выходит за пределы заданного поля допуска, указанного в ГОСТ РВ 51914, то проверяемый соединитель считать непригодным;

Примечание: в случае если результат одного измерения отличается от других более чем на 0,1 мм, провести повторные измерения.

- если все измеренные значения находятся в пределах допуска, то за действительное значение проверяемого размера принять среднеарифметическое значение из всех измеренных.

#### 3.4.5.6 Сочленение соединителей.

Перед сочленением следует провести визуальный контроль целостности и чистоты соединителей подключаемых устройств и, при необходимости, выполнить проверку присоединительных размеров.

#### **ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ ПОДКЛЮЧЕНИЕ:**

- УСТРОЙСТВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ СОЕДИНИТЕЛЕЙ;
  - УСТРОЙСТВ, У КОТОРЫХ БЫЛИ ОБНАРУЖЕНЫ МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ СОЕДИНИТЕЛЕЙ ИЛИ ПОСТОРОННИЕ ЧАСТИЦЫ, КОТОРЫЕ НЕ УДАЛЯЮТСЯ В ПРОЦЕССЕ ЧИСТКИ;
  - УСТРОЙСТВ, У СОЕДИНИТЕЛЕЙ КОТОРЫХ ВЫЯВЛЕНЫ НЕСООТВЕТСТВИЯ ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ.
- НЕВЫПОЛНЕНИЕ ЭТИХ ДЕЙСТВИЙ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К МЕХАНИЧЕСКИМ ПОВРЕЖДЕНИЯМ СОЕДИНИТЕЛЕЙ УСТРОЙСТВ.**

При сочленении необходимо зафиксировать корпус одного из подключаемых устройств. Это необходимо для исключения его смещения при сочленении. Фиксация корпуса может достигаться несколькими способами:

- фиксация устройства с помощью зажимов или ключей;
- фиксация может обеспечиваться массой и конструкцией самого устройства;

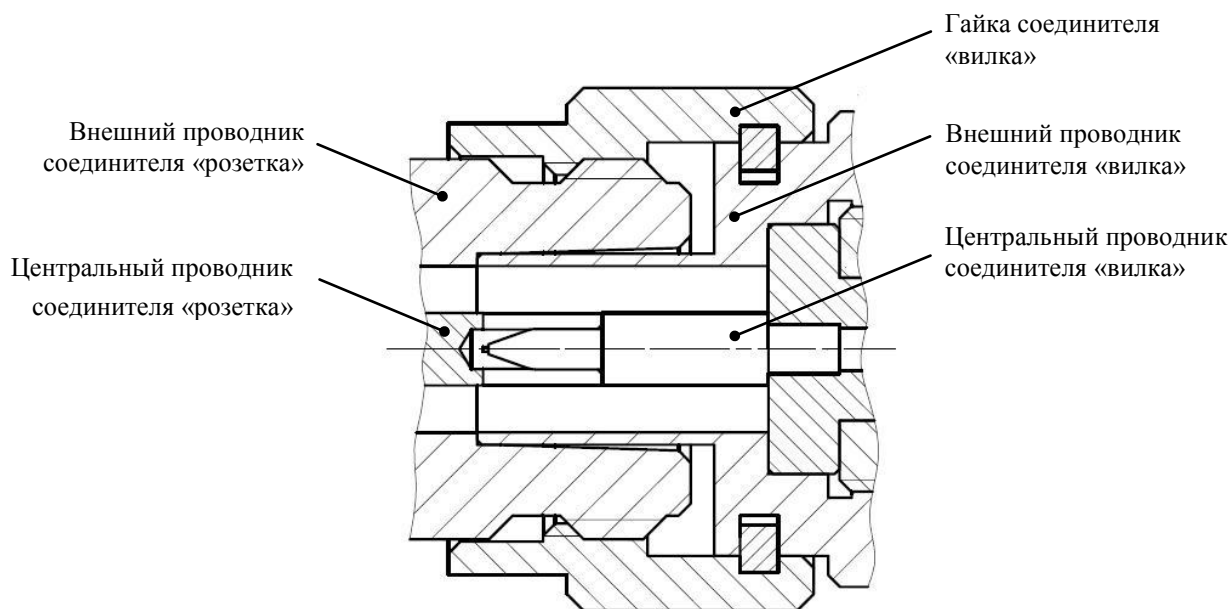
- фиксацию положения можно обеспечить, удерживая устройство руками.

Устройство, фиксация которого обеспечена, будем называть зафиксированным или устройством, к которому проводится подключение. Устройство, которое не зафиксировано – подключаемым (отключаемым) устройством.

Непосредственно сочленение проводить по следующей методике:

- аккуратно совместить соединители сочленяемых устройств;
- удерживая подключаемое устройство, руками накрутить гайку соединителя «вилка»; при этом рабочие поверхности центральных проводников и опорные плоскости внешних проводников должны соприкоснуться, как показано на рисунке 3.5;

**ВНИМАНИЕ: СОЧЛЕНЕНИЕ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ТОЛЬКО ВРАЩЕНИЕМ ГАЙКИ СОЕДИНИТЕЛЯ «ВИЛКА».**  
**ЗАПРЕЩАЕТСЯ ВРАЩАТЬ КОРПУС ПОДКЛЮЧАЕМОГО УСТРОЙСТВА. ВРАЩЕНИЕ КОРПУСА ПОДКЛЮЧАЕМОГО УСТРОЙСТВА ПРИВОДИТ К МЕХАНИЧЕСКОМУ ПОВРЕЖДЕНИЮ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ПРОВОДНИКОВ ОБОИХ УСТРОЙСТВ.**



(слева – соединитель «розетка», справа – «вилка»)

Рисунок 3.5 – Сочленение соединителей типов III или N

- затянуть с помощью тарированного ключа гайку соединителя «вилка», при этом следует удерживать подключаемое устройство пальцами или с помощью ключа гаечного, предохраняя его от проворачивания. Окончательное затя-

гивание гайки соединителя «вилка» проводить, удерживая ключ за канавкой на конце ручки в месте, указанном стрелкой на рисунке 3.6. Затягивание прекратить в момент излома ручки ключа.

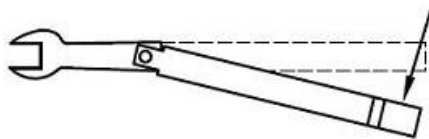


Рисунок 3.6 – Допустимый излом ключа

**Примечание:** излом ручки ключа, изображенный на рисунке 3.6, достаточен для достижения требуемого усилия затягивания.

**ВНИМАНИЕ:** НЕ ДОПУСКАЕТСЯ ПРОВОДИТЬ ЗАТЯГИВАНИЕ ДО ИЗЛОМА КЛЮЧА, ИЗОБРАЖЕННОГО НА РИСУНКЕ 3.7.

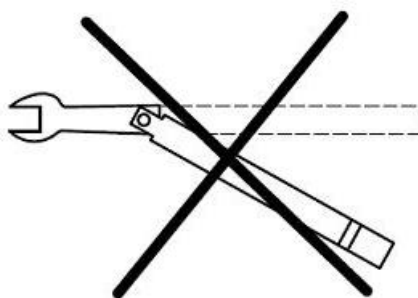


Рисунок 3.7 – Недопустимый излом ключа

#### 3.4.5.7 Расчленение соединителей.

Расчленение соединителей проводится в последовательности обратной сочленению.

В ходе выполнения всей операции следует удерживать отключаемое устройство в таком положении, чтобы центральный проводник его соединителя находился на той же прямой, что и до расчленения.

**ВНИМАНИЕ:** ИЗМЕНЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ПРОВОДНИКОВ РАСЧЛЕНЯЕМЫХ УСТРОЙСТВ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К МЕХАНИЧЕСКОМУ ПОВРЕЖДЕНИЮ ИХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ.

Расчленение соединителей проводить по методике:

- с помощью ключа, которым проводилось затягивание, ослабить крепление гайки соединителя «вилка», при этом удерживать подключаемое 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 до

расчленения, пальцами раскрутить гайку соединителя «вилка»;  
- расчленить соединители.

## 4 Порядок работы

### 4.1 Меры безопасности при работе с прибором

4.1.1 В измерителях имеется напряжение  $\sim (220 \pm 22)$  В, поэтому при эксплуатации и контрольно-профилактических работах, проводимых с измерителем, строго соблюдайте соответствующие меры предосторожности:

- перед подключением измерителя к сети или подключением к нему других приборов необходимо убедиться в исправности шнура сетевого и соединить зажим защитного заземления, обозначенный символом  и находящийся на задней панели прибора, с заземляющим проводником (в крайнем случае, с заземленным зажимом питающей сети);

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ ВОЗМОЖНО ПОРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ.**

- зажим защитного заземления следует отсоединять после отключения измерителя от сети питания и от других приборов;

**ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПОДАВАТЬ НА ВХОД СВЧ ИЗМЕРИТЕЛЯ МОЩНОСТЬ И ПОСТОЯННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ПРЕВЫШАЮЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕННЫЕ НА ПЕРЕДНЕЙ ПАНЕЛИ ПРИБОРА РЯДОМ СО ЗНАКОМ **

**ВНИМАНИЕ!  
ПРИ ПОЯВЛЕНИИ ЗАПАХА ГАРИ, ДЫМА И Т.П. НЕЗАМЕДЛИТЕЛЬНО ОБЕСТОЧИТЬ ПРИБОР!  
ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ ИСПОЛЬЗУЙТЕ АНТИСТАТИЧЕСКИЕ БРАСЛЕТЫ.**

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

**ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ВКЛЮЧАТЬ В СЕТЬ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НЕЗАЗЕМЛЕННЫЙ ПРИБОР! ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ КОММУТАЦИИ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ (КАЛИБРОВКИ) ПРИ ВКЛЮЧЕННОМ РЕЖИМЕ «ИЗМЕРЕНИЕ»; ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАРУШАТЬ ЗАЩИТНЫЕ ПЛОМБЫ, ПРОИЗВОДИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ.**

4.1.3 При использовании в измерениях низкотемпературных генераторов шума, заполняемых жидким азотом, необходимо соблюдать следующие прави-



ла:

- заливку производить только через воронку;
- поскольку в начале заливки происходит бурное кипение азота, следует наливать малой струей (при этом в резервуаре устанавливается низкая температура), не допуская попадания брызг жидкости на одежду, обувь, открытые участки тела;
- заполненный генератор шума должен быть закреплен;
- запрещается сливать азот из НГШ;
- новую заливку следует производить только после полного испарения всего азота.


## 4.2 Расположение органов настройки и включения прибора

Вид передней панели представлен на рисунке 4.1.

4.2.1 На передней панели расположены следующие поясняющие надписи и разъемы:

- ГШ +28 В – выход сигнала модулятора напряжения питания ГШ и индикатор, сигнализирующий о работе модулятора ГШ (в левом нижнем углу панели), слева от которого располагается надпись ВКЛ; во включенном состоянии индикатор информирует о подаче постоянного напряжения плюс 28 В, а при выключенном – об отсутствии напряжения;

- → СВЧ – СВЧ вход измерителя; предназначен для подачи шумового сигнала от генератора шума на этапе калибровки и шумового сигнала от исследуемого устройства на этапе измерения искомым КШ и КП; уровень мощности и постоянного напряжения входных сигналов не должны превышать значений,

обозначенных на передней панели прибора рядом со знаком ;

- ПЕРЕГРУЗКА – индикатор перегрузки по мощности измерительного тракта; при загорании индикатора следует уменьшать мощность входного сигнала до тех пор, пока индикатор не погаснет;

- ВКЛ – кнопка включения / выключения питания (в правом нижнем углу панели), справа от которой располагается надпись ВКЛ и световой индикатор, который информирует соответственно о включенном / выключенном электропитании; начальное состояние – «0»;

- разъем адаптера питания (для приборов с опцией АПА, не изображен на рисунке), справа от которого располагается кнопка включения / выключения питания; данный разъем позволяет подавать питание до  $\pm 20$  В и 500 мА на исследуемые усилители и конверторы через центральный проводник входа → СВЧ.



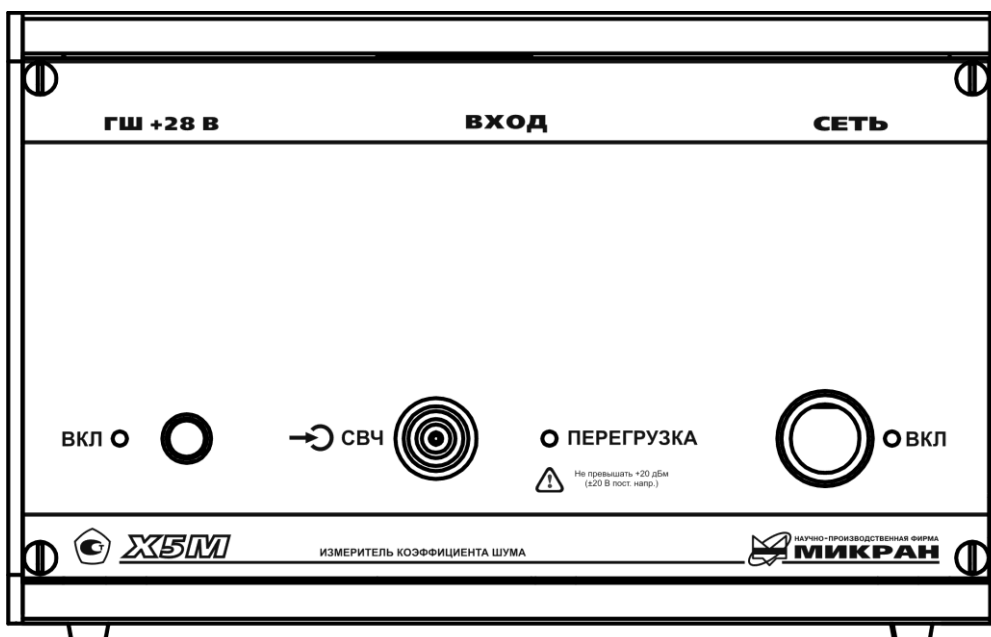




Рисунок 4.1 – Передняя панель измерителя




4.2.2 Вид задней панели измерителя представлен на рисунке 4.2.

На задней панели расположены следующие разъемы и гнезда:


- «~220 В 50 Гц 1 А» – разъем для подключения сетевого шнура;
- ПРОГРАММАТОР – сервисный разъем для программирования;


-  – разъем защитного заземления измерителя;

-  ПЧ – выход сигнала промежуточной частоты;

-  ПЧ – вход сигнала промежуточной частоты; перед началом работы с измерителем необходимо соединить вход  ПЧ с выходом  ПЧ; для этого в комплекте поставки прибора имеется кабель, применяемый в качестве перемычки (см. Кабель в таблице 1);

- ГШ2 – выход сигнала управления внешним модулятором ГШ.

-  СИНХР – вход сигнала синхронизации; данная синхронизация является программной, т.е. позволяет синхронизовать действия программного обеспечения различных измерителей;

-  СИНХР – выход сигнала синхронизации; данная синхронизация является программной, т.е. позволяет синхронизовать действия программного обеспечения различных измерителей;

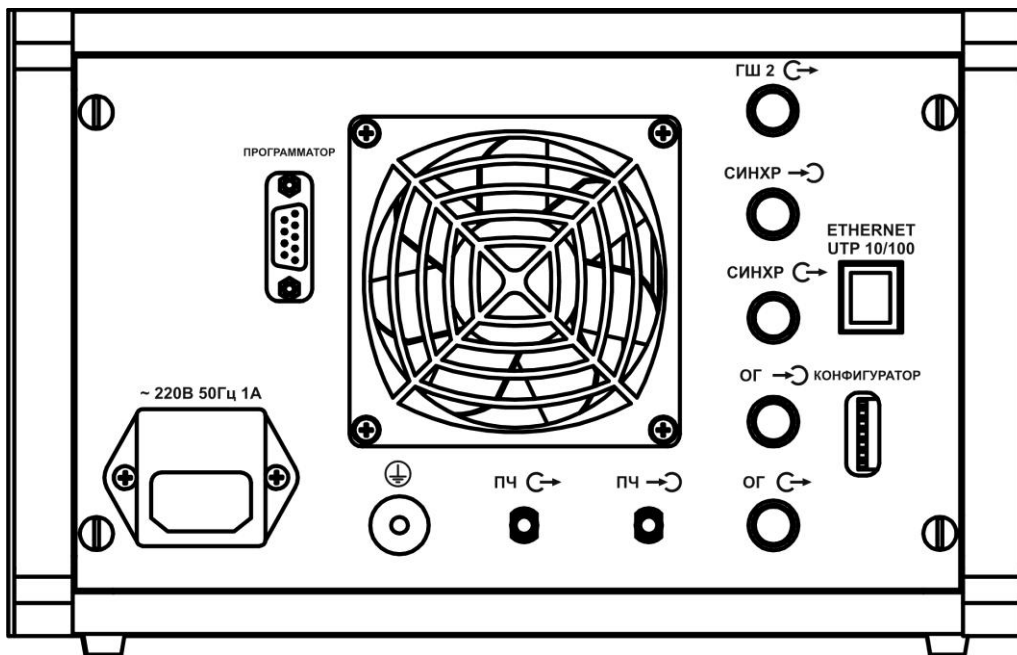


Рисунок 4.2 – Задняя панель измерителя

- →ОГ – вход опорного генератора;
- ⤵ОГ – выход опорного генератора;
- ETHERNET UTP 10/100 – разъемы для подключения измерителя к компьютеру с помощью кабеля *Ethernet*, через который осуществляется управление измерителем по протоколу TCP/IP;
- КОНФИГУРАТОР – ряд переключателей, которые позволяют устанавливать необходимые наборы сетевых параметров, определяющих тип логического подключения к управляющему компьютеру (управление осуществляется по протоколу TCP/IP); в начальном состоянии все переключателя должны находиться в состоянии OFF (соответствует нумерованной стороне переключателей).

#### 4.3 Сведения о порядке подготовки к проведению измерений

Перед измерениями необходимо ознакомиться с требованиями безопасности (см. п.2), подготовить прибор к работе в соответствии с п.3, подготовить дополнительную аппаратуру в соответствии с РЭ на нее. Перед подключением измерителя к сети электропитания еще раз следует убедиться в наличие следующего:

- климатическая обстановка соответствует рабочей;
- прибор заземлен;
- имеется напряжение питания  $\sim (220 \pm 22)$  В;
- кнопка включения /выключения питания ВКЛ находится в положении «0»;
- переключатели конфигуратора находятся в положении OFF.

##### 4.3.1 Первое подключение к персональному компьютеру (ПК)

Подключение измерителя к ПК осуществляется на двух уровнях: физиче-

ском и логическом.

На физическом уровне подключение измерителя осуществляется через интерфейс *Ethernet* непосредственно к ПК (*способ 1*) или через активное сетевое оборудование, например *Hub* или *Switch* (*способ 2*). Для подключения используется неэкранированная витая пара пятой категории (*UTP cat. 5*).

Логическое подключение осуществляется двумя способами: либо с помощью *host*-имени измерителя, либо с помощью *IP*-адреса измерителя (вид *TCP/IP*-подключения зависит от настроек конфигулятора, см. часть II настоящего РЭ). Ниже приведены различные способы подключения.

#### *Способ 1. Прямое подключение измерителя к ПК (рекомендуемое).*

Перед подключением измерителя необходимо убедиться, что параметры *IP*-протокола в компьютере установлены по умолчанию<sup>1)</sup> (при появлении затруднений см. приложение Б); для этого необходимо иметь права администратора. При данном способе используется подключение с помощью *IP*-адреса измерителя, что определяется настройками конфигулятора (подключение с помощью *host*-имени в этом случае использовать не рекомендуется):

**Шаг 1.** Установить все переключатели конфигулятора (конфигулятор находится на задней панели измерителя, см. рисунок 4.2) в положение OFF (нумерованная сторона конфигулятора соответствует положению ON).

**Шаг 2.** Подсоединить измеритель кабелем *Ethernet* (разъем *Ethernet* находится на задней панели измерителя) к соответствующему разъему сетевой карты ПК; при этом дополнительное сетевое оборудование (*Hub* или *Switch*) не используется.

**Шаг 3.** Включить измеритель переключением переключателя ВКЛ на передней панели в состояние «I», при этом должен загореться индикатор питания ВКЛ; выдержать прибор в течение времени установления рабочего режима (1 час).


**Шаг 4.** Проверить наличие мигания индикаторных светодиодов измерителя и ПК, расположенных на розетке разъема *Ethernet*, которые свидетельствуют об обмене информацией по протоколу *Ethernet* измерителя и ПК.

**Шаг 5.** Запустить ПО *Graphit* по схеме «Модуляционный метод» (Пуск \ Программы \ Микран \ GraphitX5M \ Измеритель коэффициента шума X5M \ Модуляционный метод). Если *Graphit* уже запущен по другой схеме, то через пункт меню «Файл \ Открыть» выбрать файл «X5M\_modulation.gsz».

**Шаг 6.** В появившемся окне «Подключение к прибору X5M» (если ПО *Graphit* уже запущено, то выбрать пункт Управление \ Подключение к прибору X5M) выбрать строку «Адрес по умолчанию 169.254.0.254». Нажать «ОК».

После выполнения вышеприведенных операций окно ввода адреса долж-

---

<sup>1)</sup> Наиболее универсальным способом проверки является следующий. Нажать  + R (либо Пуск \ Выполнить...); в появившейся командной строке набрать латинскими *ncra.cpl*, далее нажать ОК. После этого появится окно сетевых подключений. Щелкнуть правой клавишей мыши на активном сетевом подключении и в контекстном меню выбрать «Свойства». В открывшемся диалоге (рис. Б.5, слева) выбрать "Протокол Интернета *TCP/IP*" и нажать кнопку "Свойства". Установить пункт "Получить *IP*-адрес автоматически" (рис. Б.5, справа).

но исчезнуть, а панель «Параметры измерения» активизироваться. При появлении сообщения об ошибке, нажав «ОК», попробуйте через минуту повторить **Шаг 6**. При повторном появлении сообщения об ошибке, выключив измеритель, попробуйте повторить **Шаг 3 – Шаг 6**, не дожидаясь установления режима.

**ВНИМАНИЕ: МЕЖДУ ВЫКЛЮЧЕНИЕМ И ВКЛЮЧЕНИЕМ ИЗМЕРИТЕЛЯ НЕОБХОДИМО ВЫДЕРЖАТЬ ВРЕМЕННОЙ ИНТЕРВАЛ НЕ МЕНЕЕ 30 с! ПРИ ПОВТОРНОМ ПОДКЛЮЧЕНИИ ВЫДЕРЖАТЬ ПРИБОР ВО ВКЛЮЧЕННОМ СОСТОЯНИИ НЕ МЕНЕЕ 30–40 с (ВРЕМЯ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСА ПК)!**

При отрицательном результате попробуйте учесть замечания, приведенные в части II и приложении Б и повторить **Шаг 1 – Шаг 6**, не дожидаясь установления рабочего режима. Если проблема не решится, обратитесь к группе технической поддержки (контактная информация указана на титульном листе).

*Способ 2. Подключение измерителя к локальной сети (только по согласованию с администратором сети).*

Измеритель подключается к сети, например, через активное сетевое оборудование – сетевой концентратор (*Hub*) или сетевой коммутатор (*Switch*).

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: К ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ ДОЛЖНО БЫТЬ ПОДКЛЮЧЕНО НЕ БОЛЕЕ ОДНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ, ИМЕЮЩЕГО НАСТРОЙКИ ПО УМОЛЧАНИЮ.**

При использовании данного способа осуществляется автоконфигурирование сетевых параметров, т.е. ПО *Graphit* автоматически выбирает тип логического подключения: либо с помощью *IP*-адреса, либо с помощью *host*-имени. В этом случае для того, чтобы измерителю был присвоен *IP*-адрес, в локальной сети должен находиться *DHCP*-сервер. Для подключения с помощью *host*-имени измерителя помимо *DHCP*-сервера нужен также *DNS*-сервер.

Вместо автоконфигурации сетевых параметров возможен способ подключения с помощью статического *IP*-адреса измерителя, задаваемого пользователем. Чтобы изменить *IP*-адрес измерителя, введенный по умолчанию, на *IP*-адрес пользователя, см. часть II настоящего РЭ.

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: КАК ПОДКЛЮЧЕНИЕ ЧЕРЕЗ IP-АДРЕС ИЛИ HOST-ИМЯ ИЗМЕРИТЕЛЯ, ТАК И ВСЕ ИЗМЕНЕНИЯ НАСТРОЕК ПРОТОКОЛА ДОЛЖНЫ ПРОИЗВОДИТЬСЯ КВАЛИФИЦИРОВАННЫМ ПЕРСОНАЛОМ ПО СОГЛАСОВАНИЮ С АДМИНИСТРАТОРАМИ ЛОКАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ. ПРЕДПРИЯТИЕ-ИЗГОТОВИТЕЛЬ НЕ НЕСЕТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА НЕКОРРЕКТНУЮ РАБОТУ ИЗМЕРИТЕЛЯ И СБОИ В РАБОТЕ ЛОКАЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТЕЙ, ВОЗНИКШИЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ УСТАНОВКИ НЕПРАВИЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТОКОЛА ТСР/Р.**

Для подключения измерителя к локальной сети необходимо выполнить следующее:


**Шаг 1.** Установить второй переключатель конфигуратора (конфигуратор находится на задней панели измерителя) в положение ON (нумерованная сторона конфигуратора соответствует положению ON), а все остальные переключатели – в положение OFF. В этом случае будет выполняться автоконфигурация сетевых параметров; *host*-имя будет считано из фабричного набора сетевых параметров.

**Шаг 2.** Подсоединить измеритель кабелем *Ethernet* (разъем *Ethernet* находится на задней панели измерителя) к сети через сетевой концентратор (*Hub*) или сетевой коммутатор (*Switch*).

**Шаг 3.** Включить измеритель переводением переключателя ВКЛ на передней панели в состояние «I», при этом должен загореться индикатор питания ВКЛ; выдержать прибор в течение времени установления рабочего режима (1 час).

**Шаг 4.** Проверить наличие мигания сетевых индикаторов измерителя (расположенных на розетке разъема *Ethernet*), сетевого коммутатора или концентратора; которые свидетельствуют об обмене информацией по протоколу *Ethernet* измерителя и сети.

**Шаг 5.** Запустить ПО *Graphit* по схеме «Модуляционный метод» (Пуск \ Программы \ Микран \ *GraphitX5M* \ Измеритель коэффициента шума X5M \ Модуляционный метод).

**Шаг 6.** В появившемся окне «Подключение к прибору X5M» (если ПО *Graphit* уже запущено, то выбрать пункт Управление \ Подключение к прибору X5M) щелкнуть указателем мыши по пиктограмме  «Обнаружение приборов по сети» (для версии *Graphit* выше 2.1rc5). В появившемся окне «Обнаружение приборов по сети» нажать «Поиск...». В появившемся списке приборов выбрать измеритель с соответствующими названием и серийным номером (серийный номер приводится на этикетке на задней панели измерителя в строке ЗАВ№).

В случае если приборы в сети не обнаружены, закрыв окна «Обнаружение приборов по сети» и «Подключение к прибору X5M», попробуйте через минуту повторить **Шаг 6**. При повторном появлении сообщения об ошибке, выключив измеритель, попробуйте повторить **Шаг 3 – Шаг 6**, не дожидаясь установления рабочего режима.

**ВНИМАНИЕ: МЕЖДУ ВЫКЛЮЧЕНИЕМ И ВКЛЮЧЕНИЕМ ИЗМЕРИТЕЛЯ НЕОБХОДИМО ВЫДЕРЖАТЬ ВРЕМЕННОЙ ИНТЕРВАЛ НЕ МЕНЕЕ 30 с! ПРИ ПОВТОРНОМ ПОДКЛЮЧЕНИИ ВЫДЕРЖАТЬ ПРИБОР ВО ВКЛЮЧЕННОМ СОСТОЯНИИ НЕ МЕНЕЕ 30–40 с (ВРЕМЯ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСА ПК)!**

При отрицательном результате поиска попробуйте учесть замечания, приведенные в части II и приложении Б. Если проблема не решится, обратитесь к администратору локальной сети или группе технической поддержки.

В случае положительного результата поиска, выбрав соответствующий прибор, нажать «Добавить адрес». Полученный адрес появится в окне «Подключение к прибору X5M» в конце списка. Выбрав прибор в последней строке из списка, нажать «ОК».

После выполнения вышеприведенных операций окно ввода адреса должно исчезнуть, а панель «Параметры измерения» активизироваться. При появлении сообщения об ошибке, нажав «ОК», попробуйте через минуту подключиться заново, не выключая измеритель. При повторном появлении сообщения об ошибке выключите измеритель и через 30 с повторите **Шаг 1 – Шаг 6**, выдержав измеритель во включенном состоянии не менее 30–40 с. При отрицательном результате попробуйте учесть замечания, приведенные в части II и приложении Б. Если проблема не решится, обратитесь к администратору локальной сети или группе технической поддержки (контактная информация указана на титульном листе).


#### *Другие варианты подключения.*

Помимо приведенных выше способов возможно подключение по статическому IP-адресу, задаваемого пользователем. Способ подключения через статический IP-адрес измерителя аналогичен способу подключения с автоконфигурацией сетевых параметров. Отличия заключаются в том, что вместо второго переключателя конфигурирования необходимо включить первый и в диалоговом окне подключения вместо осуществления поиска необходимо вручную задать IP-адрес измерителя; также в командной строке необходимо добавить соответствующий маршрут с помощью команды *route add* (см. приложение Б).

### **4.3.2 Проверка работоспособности прибора**



Для проведения измерений собственного КШ и собственного КП (для версии *Graphit* не ниже 2.1rc5), помимо измерителя потребуется также генератор шума (ГШ). Необходимо выполнить следующее.

**Шаг 1.** Произвести подключение согласно подразделу 4.3.1.

**ВНИМАНИЕ: ЗАЗЕМЛИТЕ ПРИБОР (КЛЕММА ЗАЗЕМЛЕНИЯ  НАХОДИТСЯ НА ЗАДНЕЙ ПАНЕЛИ ПРИБОРА)!**

**Шаг 2.** Подготовить к работе ГШ, пользуясь указаниями, приведенными в РЭ на него.

**Шаг 3.** Подключить ГШ к измерителю (см. рисунок 4.3):

- подключить ГШ к входу « СВЧ» X5M;
- разъем питания ГШ соединить с выходом «ГШ + 28 В» X5M при помощи кабеля питания ГШ (кабеля соединительного из состава поверяемого X5M). В случае если тип соединителя ГШ не совпадает с типом соединителя входа « СВЧ» измерителя, необходимо воспользоваться соответствующими дополнительными переходами.



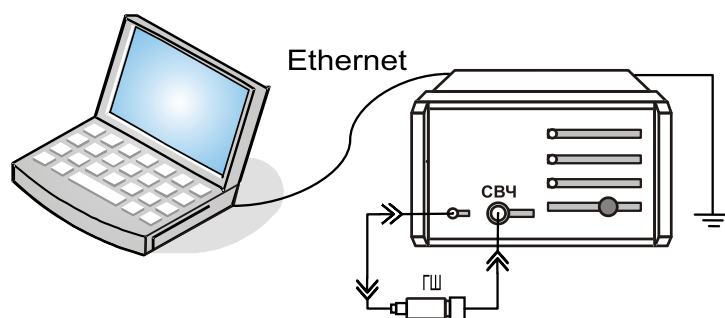


Рисунок 4.3 – Схема калибровки в режиме «Модуляционный метод»

**Шаг 4.** В ПО *Graphit* установить начальные значения параметров измерения:

- выбрать пункт «Профиль \ Восстановить начальные параметры»;
- на панели управления «Параметры измерения» (Вид \ Панель управления \ Параметры измерения) установить: нижнюю и верхнюю границы частотного диапазона измерений; ширину фильтра ПЧ, в котором будет производиться расчет интегральных КШ и КП; степень усреднения, которая будет определять требуемый уровень флюктуаций; и ослабление по ПЧ и по ВЧ (для измерителей с опцией АТА), в случае если входной сигнал имеет слишком большой уровень;

- на панели управления «Общие параметры» (Вид \ Панель управления \ Общие параметры) ввести: температуру окружающей среды, тип и частоту гетеродина (для ИУ с преобразованием частоты), время установления ГШ, необходимое для выхода ГШ в режим после подачи (или отключения) на него напряжения, подтверждая все операции ввода данных нажатием клавиши *Enter*.

**Шаг 5.** В меню «Параметры» выбрать пункт «Характеристика ГШ». При этом должна появиться таблица со значениями избыточной относительной шумовой температуры (ИОШТ или ENR) ГШ, зависящей от частоты. Сравнить эти значения со значениями, приведенными в сертификате калибровки, либо в свидетельстве о поверке используемого ГШ. При необходимости исправить таблицу или занести в нее значения из свидетельства о поверке (сертификата калибровки) ГШ. Для этого необходимо щелкнуть указателем мыши в поле со значением частоты и ввести необходимое число, нажать *Enter*, ввести соответствующее значение нормированной величины, снова нажать *Enter* и ввести другое значение частоты, и т.д.; после того, как все числа будут введены, нажать кнопку «ОК». Если значение нормированной величины введено лишь для одной частоты, это значение будет использовано для всего диапазона частот.

**Шаг 6.** Начать процесс измерений, нажав «Измерение». Убедиться, что индикатор состояния ГШ мигает. Для вывода результатов измерений в область диаграмм на экране компьютера, в списке измерительных трасс щелчком указателя мыши выбрать «Трс2» с привязкой «КШ». Нажать на клавиатуре латинскую А, либо на панели управления «Масштаб» нажать «Автомасштаб». На экране должна появиться зависимость собственного КШ от частоты.

**Шаг 7.** Определить, пользуясь маркерами, максимальное значение собст-

венного КШ Х5М во всем измерительном диапазоне частот. Для этого необходимо:

- щелкнуть указателем на треугольник в нижнем левом углу диаграммы, и удерживая в нажатом состоянии левую клавишу мыши, потянуть треугольник вправо;

- в контекстном меню (вызывается нажатием правой клавиши мыши) появившегося маркера отметить пункт «Максимальное значение», а в подменю «Отображаемые трассы» отметить пункт «Отобразить всё»;

- полученную зависимость сохранить с помощью «Менеджера отчётов» Х5М (на панели инструментов щелкнуть на пиктограмму «Настройка и создание отчета по текущей диаграмме», нажать два раза «ОК», далее нажать пиктограмму «Сохранить в PDF»).

Максимальное значение собственного КШ не должно превышать 8.

**Шаг 8.** В контекстном меню диаграммы (вызывается нажатием правой клавиши мыши) выбрать «Сбросить все маркеры»; остановить процесс измерений, нажав на панели инструментов «Измерение».

#### 4.4 Порядок проведения измерений

Перед проведением измерений необходимо ознакомиться с перечнем типичных ошибок (см. приложение Д), приводящим к погрешностям нахождения КШ и КП.

##### 4.4.1 Основные измерения КШ и КП по схеме «Модуляционный метод»

Под модуляционным методом понимается такой метод, при котором управляющее питание ГШ является модулированным. Другими словами, при этом методе включение и выключение ГШ, находящегося под управлением измерителя, осуществляется автоматически.

В режиме «Модуляционный метод» измерения КШ и КП для определенного ИУ производятся по методу Y-фактора [1]; при этом прямыми измерениями являются измерения мощностей, подаваемых на АЦП ИКШ, при «горячем» и «холодном» источниках шума на входе измерительной системы. Непосредственный расчет КШ и КП производится в ПО *Graphit*.

Данный режим рассчитан, в основном, на использование твердотельных ГШ, которые во включенном состоянии (т.е. при подаче на них постоянного напряжения + 28 В) имитируют тепловой шум «горячей» пятидесятиомной резистивной нагрузки, а в выключенном состоянии представляют собой ту же нагрузку, но «холодной» температуры (точнее температуры окружающей среды, при которой проводятся измерения). Возможно использование ГШ других типов.

Вычисление КШ и КП основано на предположении идеального согласования устройств измерительной системы. По умолчанию в качестве стандартной температуры используется  $T_0 = 290 \text{ K}$ .

Измерение проходит в два этапа:

- калибровка (при этом производится измерение собственного КШ изме-



рителя);

- измерение (при этом измеряется КШ и КП исследуемого устройства).


Для проведения измерений собственного КШ и собственного КП (для версии *Graphit* не ниже 2.1rc5), помимо измерителя потребуется также ГШ.

Порядок проведения измерений следующий.

#### 4.4.1.1 Калибровка

Калибровку имеет смысл проводить для ИУ, КП которых не превышает 20 дБ, в противном случае она практически не влияет на результат измерений.


**Шаг 1.** Произвести подключение согласно подразделу 4.3.1.

**ВНИМАНИЕ: ЗАЗЕМЛИТЕ ПРИБОР (КЛЕММА ЗАЗЕМЛЕНИЯ  НАХОДИТСЯ НА ЗАДНЕЙ ПАНЕЛИ ПРИБОРА)!**

**Шаг 2.** Подготовить к работе ГШ, пользуясь указаниями, приведенными в РЭ на него.

**Шаг 3.** Подключить ГШ к измерителю (см. рисунок 4.4):

- подключить ГШ к входу « СВЧ» X5M;

- разъем питания ГШ соединить с выходом «ГШ + 28 В» X5M при помощи кабеля питания ГШ (кабеля соединительного из состава поверяемого X5M). В случае если тип соединителя ГШ не совпадает с типом соединителя входа « СВЧ» измерителя, необходимо воспользоваться соответствующими дополнительными переходами.

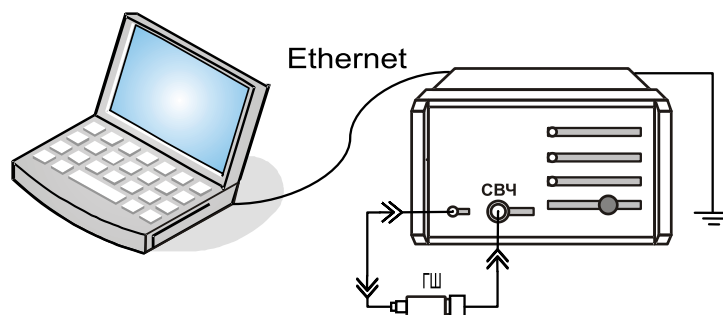


Рисунок 4.4 – Схема калибровки ГШ

**Шаг 4.** В ПО *Graphit* установить начальные значения параметров измерения:

- выбрать пункт «Профиль \ Восстановить начальные параметры»;

- на панели управления «Параметры измерения» (Вид \ Панель управления \ Параметры измерения) установить: нижнюю и верхнюю границы частотного диапазона измерений; ширину фильтра ПЧ, в котором будет производиться расчет интегральных КШ и КП; степень усреднения, которая будет определять требуемый уровень флюктуаций; и ослабление по ПЧ и по ВЧ (для измерителей с опцией АТА), в случае если входной сигнал имеет слишком большой уровень;

- на панели управления «Общие параметры» (Вид \ Панель управления \ Общие параметры) ввести: температуру окружающей среды, тип и частоту ге-

теродина (для ИУ с преобразованием частоты), время установления ГШ, необходимое для выхода ГШ в режим после подачи (или отключения) на него напряжения, подтверждая все операции ввода данных нажатием клавиши *Enter*.


**Шаг 5.** В меню «Параметры» выбрать пункт «Характеристика ГШ». При этом должна появиться таблица со значениями избыточной относительной шумовой температуры (ИОШТ или ENR) ГШ, зависящей от частоты. Сравнить эти значения со значениями, приведенными в сертификате калибровки, либо в свидетельстве о поверке используемого ГШ. При необходимости исправить таблицу или занести в нее значения из свидетельства о поверке (сертификата калибровки) ГШ. Для этого необходимо щелкнуть указателем мыши в поле со значением частоты и ввести необходимое число, нажать *Enter*, ввести соответствующее значение нормированной величины, снова нажать *Enter* и ввести другое значение частоты, и т.д.; после того, как все числа будут введены, нажать кнопку «ОК». Если значение нормированной величины введено лишь для одной частоты, это значение будет использовано для всего диапазона частот.

**Шаг 6.** Начать процесс калибровки, нажав «Калибровка»; далее, следуя указаниям мастера, провести калибровку. При этом индикатор состояния ГШ должен мигать. Этап калибровки завершается нажатием «Готово» в окне мастера калибровки.

#### 4.4.1.2 Измерение

Измерение, в общем случае, необходимо проводить после этапа калибровки. Когда ИУ имеет КП по мощности больше 20 дБ, измерение КШ можно проводить без предварительной калибровки. Порядок проведения простейшего измерения следующий.

**Шаг 1.** Произвести подключение согласно подразделу 4.3.1 и при необходимости провести калибровку согласно подразделу 4.4.1.1. Точки измерений будут соответствовать частотам, на которых выполнялась калибровка. Следует заметить, что заявленная точность измерений достигается только при работе в точках калибровки.

**ВНИМАНИЕ: ЗАЗЕМЛИТЕ ПРИБОР (КЛЕММА ЗАЗЕМЛЕНИЯ  НАХОДИТСЯ НА ЗАДНЕЙ ПАНЕЛИ ПРИБОРА)!**

**Шаг 2.** Подготовить к работе ГШ и ИУ, пользуясь указаниями, приведенными в соответствующих РЭ.

**Шаг 3.** Собрать измерительную схему (см. рисунок 4.5 и 4.6):

- подключить ГШ к входу ИУ; в случае если тип соединителя ГШ не совпадает с типом соединителя входа ИУ, необходимо воспользоваться соответствующими дополнительными переходами;

- соединить ИУ: при измерении КШ и КП приемно-усилительных устройств без преобразования частоты или с преобразованием, но имеющих внутренний генератор (гетеродин) и ФНЧ – как показано на рисунке 4.5; при тестировании устройств с преобразованием частоты, не имеющих внутреннего генератора и ФНЧ – в соответствии с рисунком 4.6. Если выходная мощность ИУ

превышает допустимые входные значения, указанные в ТХ, или вызывает срабатывание индикатора перегрузки, то необходимо использовать соответствующий аттенюатор А;

- разъем питания ГШ соединить с выходом «ГШ + 28 В» X5M при помощи кабеля питания ГШ (кабеля соединительного из состава X5M).

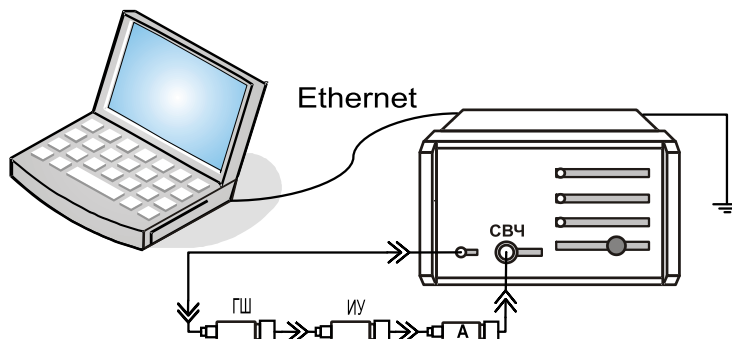


Рисунок 4.5 – Схема измерений ИУ без преобразования по частоте или с внутренним генератором и ФНЧ

**Шаг 4.** В ПО *Graphit* установить начальные значения параметров измерения:

- выбрать пункт «Профиль \ Восстановить начальные параметры»;
- на панели управления «Параметры измерения» (Вид \ Панель управления \ Параметры измерения) установить: нижнюю и верхнюю границы частотного диапазона измерений; ширину фильтра ПЧ, в котором будет производиться расчет интегральных КШ и КП; степень усреднения, которая будет определять требуемый уровень флюктуаций; и ослабление по ПЧ и по ВЧ (для измерителей с опцией АТА), в случае если входной сигнал имеет слишком большой уровень;

- на панели управления «Общие параметры» (Вид \ Панель управления \ Общие параметры) ввести: температуру окружающей среды, тип и частоту гетеродина (для ИУ с преобразованием частоты), время установления ГШ, необходимое для выхода ГШ в режим после подачи (или отключения) на него напряжения, подтверждая все операции ввода данных нажатием клавиши *Enter*;

- в случае если проводилась калибровка, то необходимо отметить галочкой пункт меню «Параметры \ Учет калибровки»;

- если при измерении используется дополнительный внешний аттенюатор для уменьшения интегральной мощности входного сигнала<sup>1)</sup>, то требуется ввести значения ослабления данного аттенюатора в таблицу «Смещение коэффициента передачи» в меню «Параметры» ПО *Graphit* (если ослабление введено только для одного значения частоты, то это ослабление будет использовано во всем диапазоне частот), если в измерительную схему включены до-

<sup>1)</sup> Встроенным аттенюатором можно устранить перегрузку измерительного канала по промежуточной частоте, что отображается индикатором ПЕРЕГРУЗКА на передней панели измерителя. При перегрузке входных цепей с учетом использования внутреннего аттенюатора измерения будут проведены не корректно, для устранения перегрузки необходимо применять дополнительный внешний аттенюатор, либо воспользоваться ослаблением по ВЧ (только для измерителей с опцией АТА).

полнительные переходы и ФНЧ, то возникающие при этом потери необходимо учесть таким же образом; подключение внешнего аттенюатора расширяет диапазон измерения КП; при измерении устройств с КП, превышающим 30 дБ, без использования внешнего аттенюатора требуется установить необходимое ослабление ПЧ на панели управления «Параметры измерения»<sup>1)</sup> (измерители с опцией АТА позволяют вводить ослабление и по ВЧ) и проверить отсутствие перегрузки входного усилителя измерителя »;

- для ИУ с преобразованием частоты результат можно наблюдать как в исходном диапазоне частот, так и в диапазоне преобразованных частот; для этого на панели управления «Общие параметры» выбрать требуемое.

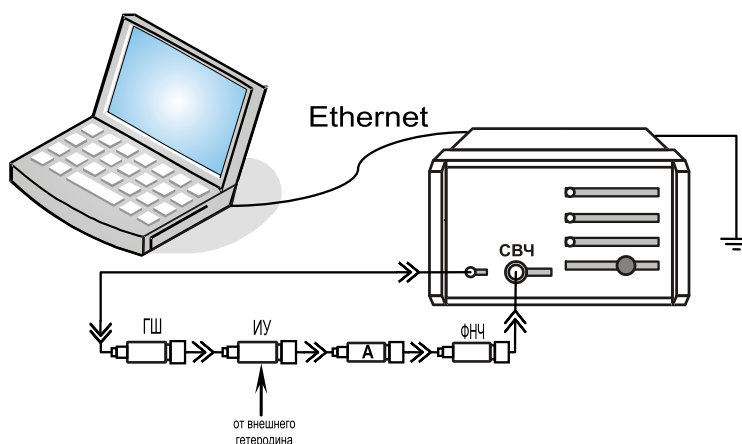


Рисунок 4.6 – Схема измерений ИУ с преобразованием по частоте, не имеющего внутреннего генератора и ФНЧ

**Шаг 5.** В меню «Параметры» выбрать пункт «Характеристика ГШ». При этом должна появиться таблица со значениями избыточной относительной шумовой температуры (ИОШТ или ENR) ГШ, зависящей от частоты. Сравнить эти значения со значениями, приведенными в сертификате калибровки, либо в свидетельстве о поверке используемого ГШ. При необходимости исправить таблицу или занести в нее значения из свидетельства о поверке (сертификата калибровки) ГШ. Для этого необходимо щелкнуть указателем мыши в поле со значением частоты и ввести необходимое число, нажать *Enter*, ввести соответствующее значение нормированной величины, снова нажать *Enter* и ввести другое значение частоты, и т.д.; после того, как все числа будут введены, нажать кнопку «ОК». Если значение нормированной величины введено лишь для одной частоты, это значение будет использовано для всего диапазона частот.



**Шаг 6.** Начать процесс измерений, нажав «Измерение». Убедиться, что индикатор состояния ГШ мигает. Для вывода результатов измерений в область диаграмм на экране компьютера, в списке измерительных трасс щелчком указателя мыши выбрать «Трс2» с привязкой «КШ». Нажать на клавиатуре латинскую А, либо на панели управления «Масштаб» нажать «Автомасштаб». На экране должна появиться зависимость собственного КШ от частоты.

<sup>1)</sup> При этом изменение входной мощности наблюдаться не должно, т.к. будет осуществляться ее автоматический пересчет.

**Шаг 7.** При необходимости установить маркер и создать отчет. Для этого:

- щелкнуть указателем на треугольник в нижнем левом углу диаграммы и, удерживая в нажатом состоянии левую клавишу мыши, потянуть треугольник вправо;

- в контекстном меню (вызывается нажатием правой клавиши мыши) появившегося маркера в подменю «Отображаемые трассы» отметить пункт «Отобразить все»;

- полученную зависимость сохранить с помощью менеджера отчетов X5M (на панели инструментов щелкнуть на пиктограмму «Настройка и создание отчета по текущей диаграмме» , нажать два раза «ОК», далее нажать пиктограмму «Сохранить в PDF» ).

**Шаг 8.** В контекстном меню диаграммы (вызывается нажатием правой клавиши мыши) выбрать «Маркеры \ Сбросить все»; остановить процесс измерений, нажав на панели инструментов «Измерение».

**Шаг 9.** Провести расчет погрешности измерений согласно приложению Е.

#### **4.4.2 Основные измерения КШ и КП по схеме «Метод двух отсчетов»**

Определение КШ методом двух отсчетов основано на измерении разности мощности шумов при двух различных температурах источника: комнатной температуры (согласованная нагрузка – СН) и температуры кипения жидкого азота (низкотемпературный генератор шума – НГШ), либо жидкого гелия. В данном случае управление подачей шумового сигнала от «горячего» или «холодного» источников осуществляется вручную. Возможно использование ГШ других типов, например твердотельных ГШ (при этом нужно будет пересчитать ENR в шумовую температуру и ввести это значение в качестве температуры окружающей среды).

В режиме «Метод двух отсчетов» измерения КШ и КП для определенного ИУ производятся по методу Y-фактора [1]; при этом прямыми измерениями являются измерения мощностей, подаваемых на АЦП ИКШ, при «горячем» и «холодном» источниках шума на входе измерительной системы. Непосредственный расчет КШ и КП производится в ПО *Graphit*.

Данный режим рассчитан, в основном, на использование низкотемпературных ГШ. Также режим рассчитан на ИУ, у которых КП больше 20 дБ, поэтому процесс калибровки не предусмотрен, т.к. из формулы (4.1) следует, что при больших значениях КП вычитаемое, содержащее калибровочные данные, пренебрежимо мало. Т.к. калибровка не проводится, то для получения более точных результатов можно вводить поправку измеренных значений КШ на величину потерь в вентиле и составляющей второго каскада (измерителя); это осуществляется вручную (4.4.4.4). При этом значения КШ измерителя и КП ИУ на определенной частоте берутся из автоматического (модуляционного) режима измерений.


Вычисление КШ и КП основано на предположении идеального согласования устройств измерительной системы. По умолчанию в качестве стандарт-

ной температуры используется  $T_0 = 290$  К.

#### 4.4.2.1 Измерение

Простейшее измерение проводится в следующей последовательности.

**Шаг 1.** Произвести подключение согласно подразделу 4.3.1 за исключением того, что запуск ПО *Graphit* осуществить по схеме «Метод двух отсчетов» (Пуск \ Программы \ Микран \ GraphitX5M \ Измеритель коэффициента шума X5M \ Метод двух отсчетов). Если *Graphit* уже запущен по другой схеме, то через пункт меню «Файл \ Открыть» выбрать файл «X5M\_twice\_power.gsz».

**ВНИМАНИЕ: ЗАЗЕМЛИТЕ ПРИБОР (КЛЕММА ЗАЗЕМЛЕНИЯ  НАХОДИТСЯ НА ЗАДНЕЙ ПАНЕЛИ ПРИБОРА)!**

**Шаг 2.** Подготовить к работе ГШ и ИУ, пользуясь указаниями, приведенными в соответствующих РЭ.

**Шаг 3.** Собрать измерительную схему (см. рисунок 4.7):

- подключить ГШ к входу ИУ; в случае если тип соединителя ГШ не совпадает с типом соединителя входа ИУ, необходимо воспользоваться соответствующими дополнительными переходами;

- соединить ИУ: при измерении КШ и КП приемно-усилительных устройств без преобразования частоты или с преобразованием, но имеющих внутренний генератор (гетеродин) и ФНЧ – как показано на рисунке 4.7, при тестировании устройств с преобразованием частоты, не имеющих внутреннего генератора и ФНЧ – аналогично рисунку 4.6. Если выходная мощность ИУ превышает допустимые входные значения, указанные в ТХ, или вызывает срабатывание индикатора перегрузки, то необходимо использовать соответствующий аттенюатор А (аналогично рисунку 4.6).

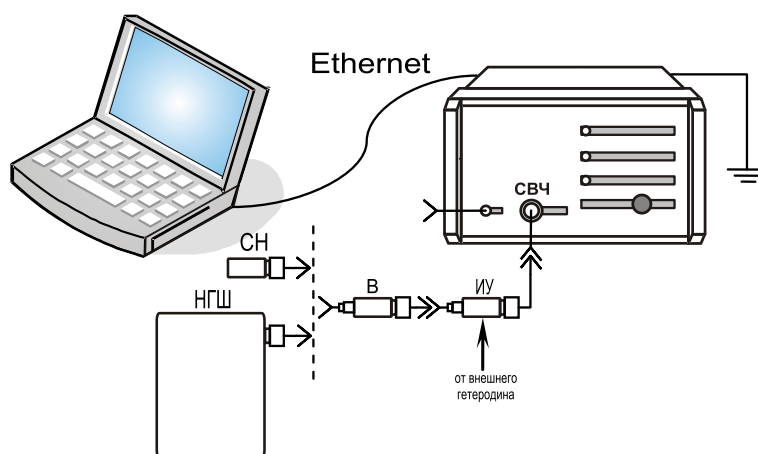


Рисунок 4.7 – Схема измерений КШ методом двух отчетов

**Шаг 4.** В ПО *Graphit* установить начальные значения параметров измерения:

- выбрать пункт «Профиль \ Восстановить начальные параметры»;
- на панели управления «Параметры измерения» (Вид \ Панель управления \ Параметры измерения) установить: нижнюю и верхнюю границы частотного диапазона измерений; ширину фильтра ПЧ, в котором будет произ-



водиться расчет интегральных КШ и КП; степень усреднения, которая будет определять требуемый уровень флуктуаций; и ослабление по ПЧ и по ВЧ (для измерителей с опцией АТА), в случае если входной сигнал имеет слишком большой уровень;

- на панели управления «Общие параметры» (Вид \ Панель управления \ Общие параметры) ввести: температуру окружающей среды (она же температура СН или температура «горячего источника»), подтвердив операцию ввода данных нажатием клавиши *Enter*;

- если при измерении используется дополнительный внешний аттенюатор для уменьшения интегральной мощности входного сигнала<sup>1)</sup>, то требуется ввести значения ослабления данного аттенюатора в таблицу «Смещение коэффициента передачи» в меню «Параметры» ПО *Graphit* (если ослабление введено только для одного значения частоты, то это ослабление будет использовано во всем диапазоне частот), если в измерительную схему включены дополнительные переходы и ФНЧ, то возникающие при этом потери необходимо учесть таким же образом; подключение внешнего аттенюатора расширяет диапазон измерения КП; при измерении устройств с КП, превышающим 30 дБ, без использования внешнего аттенюатора требуется установить необходимое ослабление ПЧ на панели управления «Параметры измерения»<sup>2)</sup>, (измерители с опцией АТА позволяют вводить ослабление и по ВЧ) и проверить отсутствие перегрузки входного усилителя измерителя ».

**Шаг 5.** В меню «Параметры» выбрать пункт «Температура холодного источника». При этом должна появиться таблица со значениями температуры, зависящими от частоты. Сравнить эти значения со значениями, приведенными в сертификате калибровки, либо в свидетельстве о поверке используемого ГШ. При необходимости исправить таблицу или занести в нее значения из свидетельства о поверке (сертификата калибровки) ГШ. Для этого необходимо щелкнуть указателем мыши в поле со значением частоты и ввести необходимое число, нажать *Enter*, ввести соответствующее значение нормированной величины, снова нажать *Enter* и ввести другое значение частоты, и т.д.; после того, как все числа будут введены, нажать кнопку «ОК». Если значение нормированной величины введено лишь для одной частоты, это значение будет использовано для всего диапазона частот.

**Шаг 6.** Начать процесс измерений, нажав «Мастер». Следуя указаниям мастера, собрать соответствующие измерительные схемы. Для уменьшения влияния разницы коэффициентов отражения нагрузок (СН и НГШ) использовать вентиль (поскольку вентили достаточно узкополосные устройства, то для перекрытия требуемого диапазона частот может потребоваться несколько вен-

---

<sup>1)</sup> Встроенным аттенюатором можно устранить перегрузку измерительного канала по промежуточной частоте, что отображается индикатором ПЕРЕГРУЗКА на передней панели измерителя. При перегрузке входных цепей с учетом использования внутреннего аттенюатора измерения будут проведены не корректно, для устранения перегрузки необходимо применять дополнительный внешний аттенюатор, либо воспользоваться ослаблением по ВЧ (только для измерителей с опцией АТА).



<sup>2)</sup> Для достаточно сильного входного сигнала при этом изменение измеренной мощности наблюдаться не должно, т.к. будет осуществляться ее автоматический пересчет.

тилей). Сначала на вход ИУ подключить СН, нажать «Далее» (при этом индикатор питания ГШ +28 В должен загореться); затем вместо СН подсоединить НГШ (если низкотемпературный генератор шума проходного типа, то присоединить к его входу согласованную нагрузку), также нажать «Далее» (индикатор питания ГШ +28 В должен погаснуть), по завершении измерений мощности нажать «Готово». Для вывода результатов измерений в область диаграмм на экране компьютера, в списке измерительных трасс щелчком указателя мыши выбрать «Трс2» с привязкой «КШ». Нажать на клавиатуре латинскую А, либо на панели управления «Масштаб» нажать «Автомасштаб». На экране должна появиться зависимость собственного КШ от частоты.

**Шаг 7.** При необходимости установить маркер и создать отчет. Для этого:

- щелкнуть указателем на треугольник в нижнем левом углу диаграммы и, удерживая в нажатом состоянии левую клавишу мыши, потянуть треугольник вправо;

- в контекстном меню (вызывается нажатием правой клавиши мыши) появившегося маркера в подменю «Отображаемые трассы» отметить пункт «Отобразить все»;

- полученную зависимость сохранить с помощью менеджера отчетов X5M (на панели инструментов щелкнуть на пиктограмму «Настройка и создание отчета по текущей диаграмме» , нажать два раза «ОК», далее нажать пиктограмму «Сохранить в PDF» ).

**Шаг 8.** В контекстном меню диаграммы (вызывается нажатием правой клавиши мыши) выбрать «Маркеры \ Сбросить все».

#### 4.4.3 Основные измерения по схеме «Калибровка ГШ»

В схеме «Калибровка ГШ» используется метод сравнения с мерой, поэтому вместо этапа калибровки имеется измерение эталонного ИОШТ. Данный режим, в основном, рассчитан на использование твердотельных ГШ; тем не менее, возможно применение других типов ГШ. В приведенном ниже примере управление твердотельным ГШ осуществляется вручную с помощью мастера калибровки.

Вычисление ENR основано на предположении идеального согласования ГШ с ИКШ, а также на предположении постоянства КСВН выходов ГШ во включенном и выключенном состояниях. По умолчанию в качестве стандартной температуры используется  $T_0 = 290 \text{ K}$ .

##### 4.4.3.1 Измерение

Простейшая калибровка ГШ проводится в следующей последовательности.

**Шаг 1.** Произвести подключение согласно подразделу 4.3.1 за исключением того, что запуск ПО *Graphit* осуществить по схеме «Калибровка ГШ» (Пуск \ Программы \ Микран \ GraphitX5M \ Измеритель коэффициента шума X5M \ Калибровка ГШ). Если *Graphit* уже запущен по другой схеме, то через пункт меню «Файл \ Открыть» выбрать файл «X5M\_calibrator.gsz».





## **ВНИМАНИЕ: ЗАЗЕМЛИТЕ ПРИБОР (КЛЕММА ЗАЗЕМЛЕНИЯ НАХОДИТСЯ НА ЗАДНЕЙ ПАНЕЛИ ПРИБОРА)!**



**Шаг 2.** Подготовить к работе эталонный и калибруемый ГШ, пользуясь указаниями, приведенными в РЭ на них.

**Шаг 3.** Ввести калибровочные значения эталонного ГШ. Для этого в меню «Параметры» выбрать пункт «Характеристика эталонного ГШ». При этом должна появиться таблица со значениями ENR, зависящими от частоты. Сравнить эти значения со значениями, приведенными в сертификате калибровки, либо в свидетельстве о поверке используемого ГШ. При необходимости исправить таблицу или занести в нее значения из свидетельства о поверке (сертификата калибровки) ГШ. Для этого необходимо щелкнуть указателем мыши в поле со значением частоты и ввести необходимое число, нажать *Enter*, ввести соответствующее значение нормированной величины, снова нажать *Enter* и ввести другое значение частоты, и т.д.; после того, как все числа будут введены, нажать кнопку «ОК». Если значение нормированной величины введено лишь для одной частоты, это значение будет использовано для всего диапазона частот.

**Шаг 4.** В ПО *Graphit* установить начальные значения параметров измерения:

- выбрать пункт «Профиль \ Восстановить начальные параметры»;
- на панели управления «Измерение» (Вид \ Параметры измерения) установить: нижнюю и верхнюю границы частотного диапазона измерений; ширину фильтра ПЧ, в котором будет производиться расчет интегральных КШ и КП; степень усреднения, которая будет определять требуемый уровень флюктуаций; и ослабление по ПЧ и по ВЧ (для измерителей с опцией АТА), в случае если входной сигнал имеет слишком большой уровень, подтверждая все операции ввода данных нажатием клавиши *Enter*. Для большей точности следует выбрать диапазон частот и количество точек такими, чтобы сканирование происходило по частотам, которые указаны в характеристике эталонного ГШ.

**Шаг 5.** Подключить эталонный ГШ к измерителю (см. рисунок 4.8):

- подключить эталонный ГШ к входу « СВЧ» X5M;
- разъем питания ГШ соединить с выходом «ГШ + 28 В» X5M при помощи кабеля питания ГШ (кабеля соединительного из состава поверяемого X5M). В случае если тип соединителя ГШ не совпадает с типом соединителя входа « СВЧ» измерителя, необходимо воспользоваться соответствующими дополнительными переходами.

**Шаг 6.** Начать процесс измерений, нажав «Эталон». Следуя указаниям мастера, нажмите «Далее»; при этом будет производиться измерение «горячего источника» (индикатор питания «ГШ +28 В» должен загореться). После этого мастер предложит выключить ГШ, при управлении ГШ от разъема «ГШ +28 В» это произойдет автоматически после нажатия кнопки «Далее»; при этом будет производиться измерение «холодного источника» (индикатор питания «ГШ +28 В» должен погаснуть). По завершении измерений мощности нажать

«Готово».

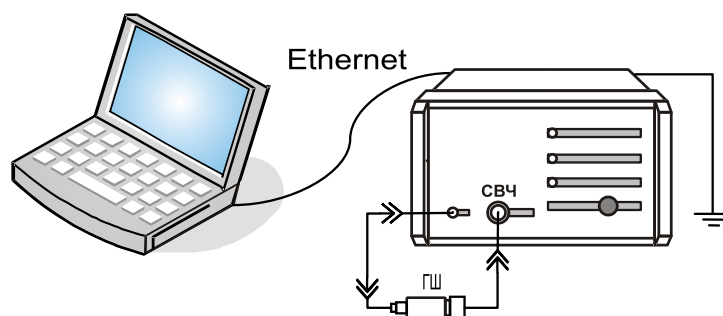




Рисунок 4.8 – Схема калибровки ГШ

**Шаг 7.** Прodelать **Шаг 5 – 6** для калибруемого ГШ, подключив его вместо эталонного. При этом на шаге **Шаг 6** вместо «Эталон» следует нажать «Калибровка ГШ». После проведения измерений на экране должна появиться зависимость ENR калибруемого ГШ от частоты. Для вывода результатов измерений в область диаграмм на экране компьютера, в списке измерительных трасс щелчком указателя мыши выбрать «Трс1» с привязкой «ГШ(ENR)». Нажать на клавиатуре латинскую А, либо на панели управления «Масштаб» нажать «Автомасштаб».

**Шаг 8.** При необходимости установить маркер и создать отчет. Для этого:

- щелкнуть указателем на треугольник в нижнем левом углу диаграммы и, удерживая в нажатом состоянии левую клавишу мыши, потянуть треугольник вправо;

- в контекстном меню (вызывается нажатием правой клавиши мыши) появившегося маркера в подменю «Отображаемые трассы» отметить пункт «Отобразить все»;

- полученную зависимость сохранить с помощью менеджера отчетов X5M (на панели инструментов щелкнуть на пиктограмму «Настройка и создание отчета по текущей диаграмме» , нажать два раза «ОК», далее нажать пиктограмму «Сохранить в PDF» ).

#### 4.4.4 Рекомендации по выбору параметров и проведению измерений

##### 4.4.4.1 Установка диапазона частот для ИУ с преобразованием

При тестировании устройств, выполняющих преобразование частоты, кроме рабочего диапазона частот, на экран можно выводить дополнительную ось, отображающую диапазон входных частот исследуемого устройства, при этом значения ИОШТ (ENR) при измерении будут соответствовать входному диапазону. Для этого на панели управления «Общие параметры» необходимо выбрать тип гетеродина и отображаемые частоты.

##### 4.4.4.2 Выбор соответствующего источника шума

Выходной сигнал источника шума характеризуется диапазоном рабочих частот и ИОШТ (ENR). Типичные значения ИОШТ (ENR): 15 дБ и 6 дБ.

Рекомендуется использовать источник шума с ИОШТ (ENR) 15 дБ:

- для измерений КШ до 30 дБ, общее применение;
- для калибровки полного динамического диапазона измерителя (перед измерением устройств, имеющих большой КП).

Использовать источник шума с ИОШТ (ENR) 6 дБ правильнее при проведении измерений КШ:

- устройств с КП, чувствительным к изменению импеданса источника шума;
- устройств с очень низким КШ;
- устройств с КШ, не превышающим 15 дБ.

Низкая ИОШТ (ENR) источника шума минимизирует погрешность, вызванную нелинейностью детекторной характеристики. При использовании таких источников требуется меньшее внутреннее ослабление для перекрытия динамического диапазона измерений, если КП исследуемого устройства не очень высок. Малое ослабление уменьшает КШ измерителя, что приводит к уменьшению погрешности.

#### **4.4.4.3 Установка ширины полосы пропускания фильтра ПЧ и степени усреднения**

При измерениях КШ появляются достаточно большие флуктуации результата измерений, поэтому, теоретически, время, требуемое для определения истинного среднего значения шума, стремится к бесконечности. На практике усреднение измеренных данных выполняется за определенный промежуток времени. Поэтому разница между измеренным усредненным значением и истинным средним будет флуктуировать. Для уменьшения этого эффекта необходимо увеличить либо число усреднений, либо полосу пропускания фильтра ПЧ, так как в этом случае большее количество компонент шума за единицу времени будет усреднено; хотя в общем случае КШ не зависит от полосы пропускания измерителя, а является функцией частоты. При уменьшении полосы пропускания требуется увеличить число усреднений, чтобы погрешность измерений не возросла. При увеличении числа усреднений погрешность уменьшается, это приводит к замедлению времени измерений, поэтому необходим компромисс между скоростью проведения и требуемой точностью измерений. Обычно рекомендуется проводить измерения на максимально возможной полосе пропускания, которая в свою очередь должна быть меньше полосы пропускания исследуемого устройства.

#### **4.4.4.4 Коэффициент шума системы**

Для определения КШ компонент, входящих в систему, требуется знать шум, вносимый каждым каскадом, и КП.

КШ системы, состоящей из двух каскадов, рассчитывается по формуле:

$$F_{sys} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1}$$

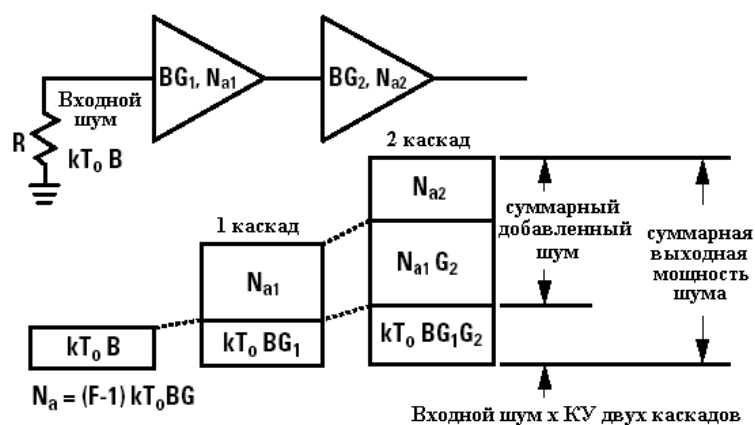


Рисунок 4.9 – Иллюстрация влияния второго каскада на измерение КШ

Величину  $\frac{F_2 - 1}{G_1}$  называют вкладом второго каскада. Из приведенного выражения следует, что КП первого каскада полностью определяет влияние последующих. Аналогично, данное выражение можно распространить и на систему, состоящую из  $N$  каскадов. Если это выражение переписать для  $F_1$ , при известных значениях  $F_{sys}$  и  $G_1$ , то можно провести коррекцию результата измерений.

#### 4.4.5 Перечень рекомендаций по проведению измерений

##### Выбор соответствующего источника шума

- проверяйте перекрытие частотного диапазона;
- по возможности, используйте источник шума с малой ИОШТ (ENR).

##### Уменьшение влияния паразитных колебаний

- используйте переходы и соединители с чистыми и исправными разъемами;
- используйте резьбовые соединители;
- применяйте кабели с двойной изоляцией;
- заземляйте измеритель.

##### Уменьшение рассогласования

- используйте вентиль;
- используйте аттенюатор;
- используйте источник шума с малым значением ИОШТ (ENR) и/или встроенным аттенюатором.

##### Выбор числа усреднений и оптимальной ширины полосы пропускания

- выберете число (степень) усреднений, соответствующее минимальному разбросу измеренных данных или в соответствии со скоростью проведения измерений;
- используйте полосу пропускания измерителя, не превышающую полосу

пропускания ИУ.

### **Устранение нелинейного режима работы**

При проведении измерений устраняйте все прогнозируемые источники нелинейности:

- устройства, требующие дополнительных входных сигналов для поддержания работоспособности (цепи с ФАПЧ);
- автоколебательные генераторы или устройства со слабой фильтрацией сигнала гетеродина;
- усилители или смесители, работающие в режиме близком к насыщению, или логарифмические усилители;
- устройства с автоматической регулировкой усиления или ограничители;
- устройства с большим КП без дополнительного ослабления.

### **Измерение характеристик смесителей**

- измеряйте КШ одной или двух боковых полос в соответствии с особенностями работы смесителя (конвертера);
- при измерении КШ двойной боковой полосы необходимо выбирать частоту гетеродина на сколько можно близкой к входному диапазону частот, т.к. при этом равенство КП для обоих каналов наиболее вероятно;
- при измерении КШ одной боковой полосы, необходимо выбирать частоту гетеродина на сколько можно дальше от входного диапазона частот с целью обеспечения лучшей избирательности;
- во избежание нежелательных продуктов преобразования осуществляйте фильтрацию сигнала по входу и/или выходу.

### **Компенсация потерь**

- вводите соответствующий поправочный коэффициент при использовании соединительных кабелей, переходов, аттенюаторов или иных средств, вносящих дополнительные потери.

### **Температура окружающей среды**

Следует помнить, что величина КШ зависит от температуры, при которой проводятся измерения! Поэтому:

- вводите температуру окружающей среды для автоматической корректировки значений ИОШТ (ENR) источника шума (так называемая температурная компенсация).

Т.к. стандартная температура по умолчанию равна 290 К, то, если в качестве температуры окружающей среды выставить это значение, когда температура окружающей среды отлична от стандартной, можно получить т.н. рабочий (или реальный) КШ [1], который используется, например, в основном уравнении радиолокации.

Автоматическая температурная компенсация производится с некоторой погрешностью, поэтому для более точных измерений температура окружающей

среды должна быть равна стандартной температуре.

Более подробный перечень рекомендаций приведен в приложении Д.

### **Стандарт**

Величина КШ зависит от выбранной стандартной температуры  $T_0$ . Согласно отечественных стандартов  $T_0 = 293$  К, в то время как согласно зарубежных стандартов  $T_0 = 290$  К. Таким образом, измеренный по разным стандартам КШ для одного и того же ИУ будут незначительно отличаться. По умолчанию в измерителе используется  $T_0 = 290$  К, поэтому при измерениях относительно отечественных стандартов требуется дополнительный ручной пересчет.

### **5 Утилизация**

В случае поломки измерителя по истечении срока службы, измеритель подлежит утилизации. Утилизацию измерителя осуществляет предприятие-изготовитель, либо предприятия, имеющие соответствующую лицензию.

## Приложение А (справочное) Перечень возможных неисправностей

Перечень возможных неисправностей, причин их возникновения, а также рекомендации по действиям при возникновении аварийных режимов приведены в таблице А.1. При возникновении ошибок и неисправностей, не описанных ниже, пожалуйста, постарайтесь зафиксировать эти неисправности (желательно при этом сохранить текущий профиль программы управления (Профиль \ Сохранить...), который по умолчанию будет сохранен в папке: C:\Documents and Settings\*имя\_пользователя*\ Application Data\ Micran\ Graphit\ profiles и скопировать изображение экрана монитора при помощи клавиши Print Screen) и выслать эту информацию по электронному адресу, указанному на титульном листе, с подробным описанием возникшей проблемы.

Т а б л и ц а А.1 – Возможные неисправности

Наименование неисправности, внешние признаки проявления	Вероятные причины неисправности	Метод устранения
<b>Проблемы общего характера</b>		
Измеритель не включается	Измеритель не включен в сеть или неисправен сетевой кабель	Включите в сеть либо замените неисправный кабель
	Сгорел предохранитель	Замените предохранитель на исправный (см. п. <b>Ошибка! Источник ссылки не найден.</b> части I настоящего РЭ)
<b>Ошибки программного обеспечения</b>		
При запуске программы управления появляется сообщение об ошибке	Сбой в программе	Список ошибок ПО в приложении В.
	Используется неподходящая операционная система	Установите соответствующую операционную систему
При первом запуске ПО <i>Graphit</i> и подключении к прибору сообщение об ошибке не появляется, но программа не реагирует на действия оператора	Аппаратная несовместимость	Обратитесь в службу технической поддержки на предприятие-изготовитель (контактная информация указана на титульном листе)

<p>В управляющие программе периодически выскакивают ошибки различного рода, либо не удается запустить процесс измерений, либо возникают ошибки при измерениях, связанные с работой программы управления</p>	<p>Возможно, после сбоя и перезагрузки ПО <i>Graphit</i>, либо при ее переустановке сбились настройки профиля программы управления</p>	<p>Пожалуйста, сохраните текущий профиль (Профиль \ Сохранить...) и вышлите сохраненный профиль, который по умолчанию будет находится в папке:  C:\Documents and Settings\  <i>имя_пользователя</i>\ Application Data\ Micran\ Graphit\ profiles, по электронному адресу, указанному на титульном листе. Также желательно выслать текст ошибки (например, скопировав изображение экрана клавишей Print Screen). После этого необходимо выбрать пункт Профиль \ Восстановить начальные параметры и перезапустить программу управления; в случае отрицательного результата, либо в случае невозможности запуска ПО <i>Graphit</i> необходимо зайти в C:\Documents and Settings\  <i>имя_пользователя</i>\ Application Data\ Micran\ Graphit\ defprofiles и вручную удалить файлы, содержащие в названии имя измерителя. Перезапустить ПО <i>Graphit</i></p>
---	--	---


### Проблемы подключения к ПК

#### *Проблемы общего характера*

<p>При подключении к ПК (по <i>способ 1</i> или <i>способ 2</i>, п.4.3.1) появляется сообщение об ошибке подключения</p>	<p>Измеритель не включен</p>	<p>Включите измеритель</p>
	<p>Неправильно выбраны настройки сетевого подключения либо внутренние настройки сети</p>	<p>См. рекомендации в РЭ Часть II п.4.3.1 и в приложении Б</p>



	Кабель <i>Ethernet</i> не подключен или неисправен.	Подключите / замените кабель <i>Ethernet</i> .
	Измеритель старого типа и используется неподходящий кабель <i>Ethernet</i>	Используйте кабель <i>Ethernet</i> с соединением типа <i>cross-over</i>
<i>Проблемы прямого подключения к ПК (п.4.3.1 способ 1)</i>		
При прямом подключении измерителя к ПК (п.4.3.1 способ 1) не удается установить соединение с измерителем (появляется сообщение об ошибке подключения)	Неправильные сетевые настройки операционной системы	См. сноску в п.4.3.1, способ 1
	Неправильные настройки конфигууратора	См. п. 4.3.1, способ 1
	Брандмауэр Windows, или файрвол, или антивирусные программы блокируют порт 8888, по которому осуществляется подключение измерителя	Обратитесь к системному администратору (необходимо перенастроить перечисленные системы безопасности и попробовать подключиться снова)
<i>Проблемы подключения к ПК через локальную сеть (п.4.3.1 способ 2)</i>		
При подключении измерителя к ПК через локальную сеть (п.4.3.1 способ 2), измеритель при поиске обнаруживается под адресом по умолчанию 169.254.0.254	Неправильные сетевые настройки операционной системы	См. приложение Б
	Неправильные настройки конфигууратора	См. п. 4.3.1, способ 2
	При включении измерителя он делает 10 запросов на получение IP-адреса от DHCP-сервера, в случае неудачи устанавливается адрес по умолчанию. Возможно, соединение измерителя с ПК через <i>Ethernet</i> -кабель сделано после включения прибора.	Проверьте качество <i>Ethernet</i> -соединения измерителя с локальной сетью, выключите и через 30 с включите измеритель снова и подключитесь к нему

	В памяти измерителя отсутствуют необходимые файлы сетевых настроек *.xml	Обратитесь в группу технической поддержки (контактная информация указана на титульном листе). Приносим извинения.
При подключении измерителя к ПК через локальную сеть (п.4.3.1 способ 2) он обнаруживается в сети (после осуществления поиска, см. 4.3.1), но, тем не менее, выдает ошибку подключения	Возможно, клиент сервиса <i>DNS</i> запомнил предыдущее имя прибора, которое ему присваивал <i>DNS</i> -сервер, в то время как имя сменилось	Необходимо очистить кэш распознавателя <i>DNS</i> : в командной строке (вызывается  + R, либо Пуск \ Выполнить...) выполнить команду: ipconfig /flushdns и далее команду: arp -d Подключиться заново
	Неисправный кабель <i>Ethernet</i>	Замените кабель <i>Ethernet</i>
<b>Проблемы при измерениях</b>		
Значения КШ принимают слишком большие значения (порядка 40 дБ)	Не поступает сигнал ПЧ	Проверьте, имеется ли Кабель и какое качество его сочленения с входом и выходом ПЧ на задней панели прибора (см. п.7.2)
	Неверно подается шумовой ВЧ сигнал	Проверьте правильность подключения ГШ и его работоспособность
На кривой КШ присутствуют выбросы и пики, размах которых превышает 1 дБ	Измеритель принимает внешние сигналы (например, поблизости располагаются базовые станции сотовой связи), либо плохое согласование, либо некачественные соединители	Проверить качество сочленения соединителей, для этого воспользоваться тарированными ключами; проверить качество соединителей (см. п. 3.4.3.6 части III); проводите измерения в экранированном помещении

## Приложение Б (справочное)

### Решение проблем при настройке сетевых параметров

Приборы серий Р2М, Р4М, Х5М, СК4М, Г7М используют интерфейс *Ethernet* для связи с компьютером. Протокол *Ethernet* предполагает общую среду передачи и адресацию в ней. Адреса сетевых адаптеров *Ethernet* – *MAC*-адреса, уникальны и задаются при изготовлении приборов.

Кроме физического протокола *Ethernet* приборами поддерживается ряд сетевых протоколов: *TCP* – для приёма команд и передачи результатов измерений; *UDP* – для обнаружения приборов в сети; *ICMP* – для диагностики; *DHCP* – для автоматической конфигурации сетевых параметров и регистрации имени прибора в *DNS*; *FTP* – для файлового доступа к параметрам и таблицам прибора; *HTTP* – для диагностики и задания параметров прибора через *WEB*-интерфейс.

В пакетах *Ethernet* в качестве данных передаются пакеты протокола более высокого уровня – *IP* (*Internet Protocol*). В свою очередь протокол *TCP* (*Transmission Control Protocol*) использует в качестве транспорта *IP*-протокол. На рисунке Б.1 показан стек (иерархия) используемых протоколов.

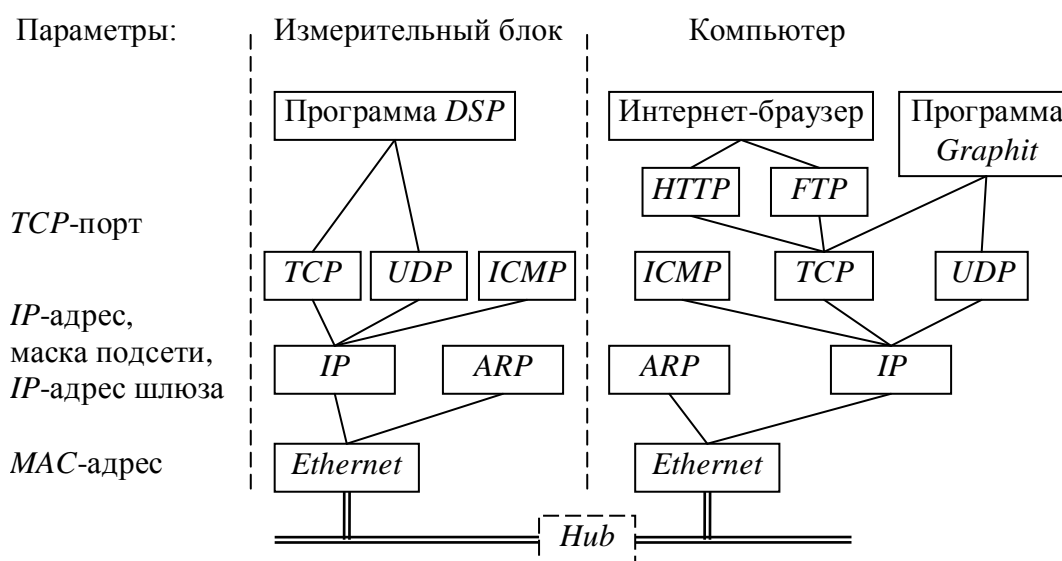


Рисунок Б.1 – Используемые протоколы

*ARP* (*Address Resolution Protocol*) обеспечивает перевод *IP*-адресов в *MAC*-адреса, для чего заполняет *ARP*-таблицу соответствий *IP*-адресов *MAC*-адресам. *ICMP* (*Internet Control Message Protocol*) предназначен для диагностики сети, используется утилитой *ping.exe*.

*IP*-адрес – это 32-разрядное целое число, которое принято записывать по-байтно, разделяя точками. Например, 127.0.0.1. Большинство *IP*-адресов уникальны и однозначно адресуют компьютер (точнее, его сетевой адаптер) в сети *Internet*. Биты, составляющие *IP*-адрес, делятся на две группы – некоторое количество старших бит означает номер подсети, а в остальных младших битах содержится номер узла. Число бит, приходящихся на номер подсети, определя-

ет маска подсети. Биты маски подсети, равные 1, соответствуют той части *IP*-адреса, которая содержит номер подсети, а оставшиеся биты *IP*-адреса составляют номер узла, как показано на рисунке Б.2.

<i>IP</i> -адрес:	&	№ подсети	№ узла
Маска:		11111111111111111111111111111111	0000000000
Результат:		№ подсети	0000000000
 <i>IP</i> -адрес:	 &	 № подсети	 № узла
Инвертированная маска:		00000000000000000000000000000000	1111111111
Результат:		00000000000000000000000000000000 № узла	

Рисунок Б.2 – Выделение номеров подсети и узла

Поразрядное объединение по "И" маски подсети с *IP*-адресом даст номер подсети, а инверсия маски подсети и поразрядное объединение по "И" с *IP*-адресом даст номер узла. Существует ограничение на номер узла – он не должен состоять из всех нулей или из всех единиц. Маску подсети также принято записывать побайтно. Например, маска на рисунке Б.2 записывается как 255.255.252.0.

Компьютеры (узлы), принадлежащие одной подсети, разделяют общую среду передачи или, другими словами, включены в один коммутатор (*Hub* или *Switch*). Впрочем, коммутаторов может быть несколько – подключенных друг к другу. Подсети подключаются друг к другу через маршрутизаторы (шлюзы), которые представляют собой компьютеры с несколькими сетевыми интерфейсами или специальные устройства.

Модуль *IP* – подпрограмма на компьютере или в приборе, получив задание передать пакет, выделяет из *IP*-адреса назначения № подсети, сравнивает его с номером своей подсети. В случае совпадения пакет передаётся непосредственно получателю, иначе пакет передаётся через шлюз.

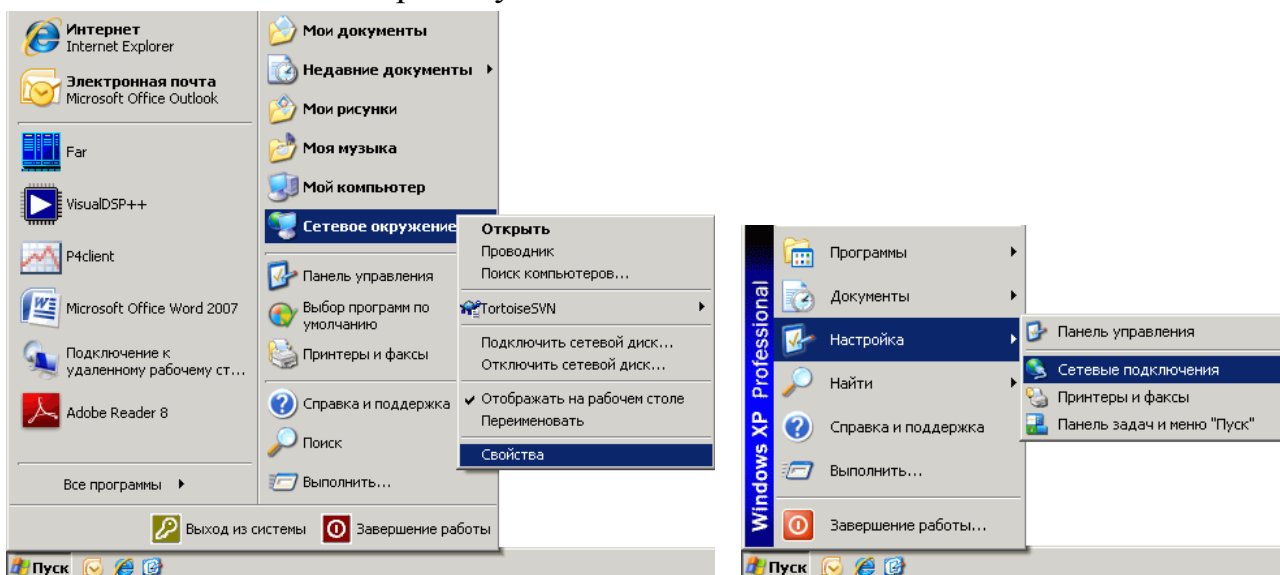
Сетевые параметры сохраняются в энергонезависимой памяти прибора и могут изменяться пользователем. Предприятием-изготовителем устанавливаются следующие значения сетевых параметров прибора:

- IP*-адрес: 169.254.0.254
- Маска подсети: 255.255.0.0
- TCP*-порт: 8888
- MAC*-адрес: 00.1e.0d.01.xx.xx
- IP*-адрес шлюза: 0.0.0.0
- Сетевое имя: h5m-04-серийный номер

Приведённые выше параметры обеспечивают прямое подключение прибора к компьютеру без каких-либо настроек, при условии, что параметры *IP*-протокола в компьютере установлены по умолчанию. Под параметрами по

умолчанию понимается использование авто-конфигурации *IP*-протокола.

Чтобы проверить и при необходимости изменить параметры *IP*-протокола, следует щелкнуть "мышью" по кнопке "Пуск". В открывшемся меню "Пуск" щёлкнуть правой кнопкой "мыши" по пункту "Сетевое окружение" и в контекстном меню выбрать пункт "Свойства", как показано на рисунке Б.3-а. Если меню "Пуск" имеет классический вид (рисунок Б.3-б), то следует выбрать пункт "Сетевые подключения". В появившемся окне "Сетевые подключения" (рисунок Б.4) щёлкнуть правой кнопкой "мыши" по пиктограмме "Подключение по локальн..." и выбрать пункт контекстного меню "Свойства".



а) Меню "Пуск" в *Windows XP*

б) Классическое меню "Пуск"

Рисунок Б.3

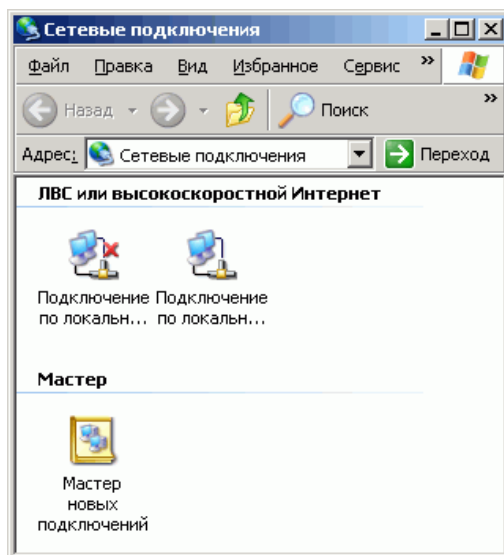
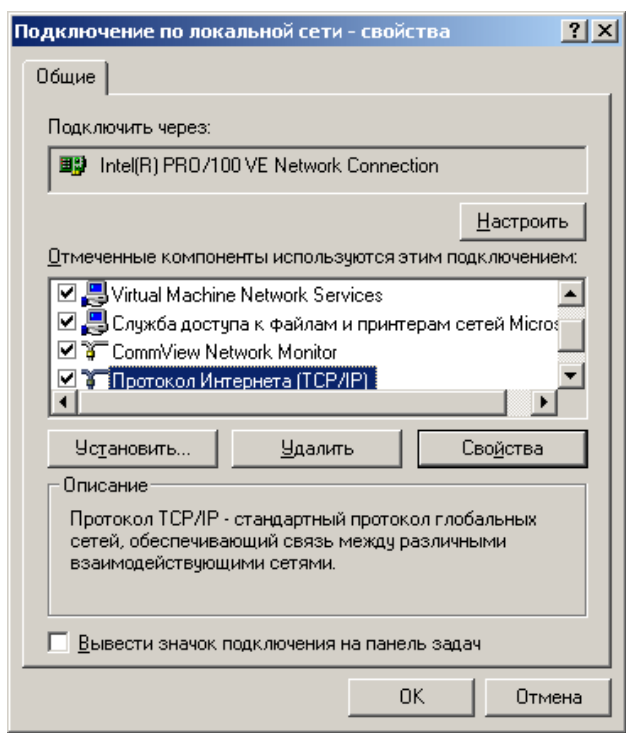


Рисунок Б.4

В открывшемся диалоге (рисунок Б.5) выбрать "Протокол Интернета *TCP/IP*" и нажать кнопку "Свойства". Установленный пункт "Получить *IP*-адрес автоматически" (правая часть рисунка Б.5) разрешает использование протокола динамической конфигурации *DHCP* (*Dynamic Host Computer Configura-*

tion Protocol). В локальной сети должен быть сервер *DHCP*, который выделяет рабочим станциям *IP*-адреса и сообщает им другие параметры (маску, шлюз и т.п.). Если в сети отсутствует *DHCP*-сервер, *Windows 2000* (и выше) выбирает адрес из диапазона 169.254.0.1 ÷ 169.254.255.254. Такая ситуация возникает при прямом соединении измерителя и компьютера. Предустановленный *IP*-адрес прибора принадлежит этому же диапазону. В результате компьютер и прибор оказываются в одной подсети, что является необходимым условием для работы. Следует заметить, при отключении компьютера от локальной сети и подключении к прибору *Windows* требуется около минуты для переконфигурирования *IP*-протокола. Однако *Windows* по ряду причин может не перейти на подсеть 169.254.0.0.



Решение каких-либо проблем, связанных с работой сети, начинается с проверки работы самого низкого уровня – уровня *IP*-протокола. Текущие настройки *IP*-протокола можно видеть при помощи команды `ipconfig`:

```
C:\>ipconfig
Настройка протокола IP для Windows NT
Адаптер Ethernet E9303:
Адрес IP . . . . . : 192.168.24.1
Маска подсети. . . . . : 255.255.255.248
Основной шлюз. . . . . :
```

Расширенный вариант команды `ipconfig /all` позволит узнать, включено ли автоматическое конфигурирование – в строке "DHCP разрешен" должно быть "Да". Впрочем, если имеется возможность ручного задания параметров *IP*-протокола (права администратора), можно обойтись и без *DHCP*-сервиса.

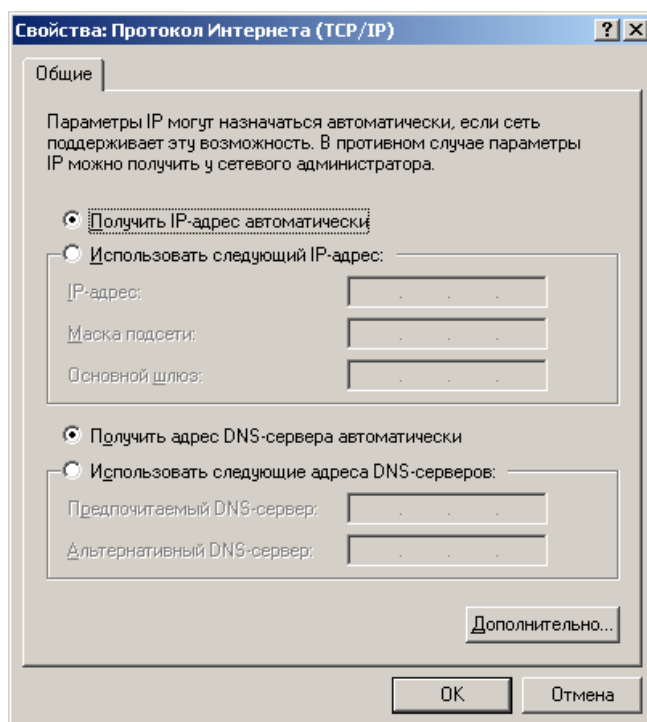


Рисунок Б.5 – Параметры *IP*-протокола

Чтобы досрочно обновить *IP*-адрес компьютера, можно воспользоваться командами

```
ipconfig /release
ipconfig /renew
```

Обычно достаточно последней команды. Адрес не изменится, если в свойствах *IP*-протокола отключена автоматическая конфигурация.

Команда `ping` (от англ.: *Ping-Pong* – настольный теннис) позволяет послать диагностический пакет на удалённую машину (в нашем случае – прибор), которая должна ответить тем же. Например:

```
C:\>ping 169.254.0.254
Обмен пакетами с 169.254.0.254 по 32 байт:
Ответ от 169.254.0.254: число байт=32 время<10мс TTL=64
Ответ от 169.254.0.254: число байт=32 время<10мс TTL=64
Ответ от 169.254.0.254: число байт=32 время<10мс TTL=64
Ответ от 169.254.0.254: число байт=32 время<10мс TTL=64
```

Иногда полезно добавить ключ `-t`, чтобы диагностика велась непрерывно.

Если прибор ответил на команду `ping`, то с настройками сетевых параметров всё в порядке. В редких случаях ответ на команду `ping` может вернуть не прибор, а другое устройство в локальной сети, занявшее *IP*-адрес. Для проверки достаточно выключить прибор и повторить команду `ping`.

Команда `arp` выводит *ARP*-таблицу, из которой видны *MAC*-адреса интерфейсов, с которыми осуществлялся обмен последние несколько минут. Например:

```
C:\>arp -a
```

```
Интерфейс: 192.168.1.88 on Interface 0x1000003
```

Адрес IP	Физический адрес	Тип
192.168.1.1	00-04-76-18-9d-b7	динамический
192.168.1.232	00-1e-0d-01-00-4f	динамический

MAC-адреса приборов серии P2M начинаются с чисел 00-1e-0d-01. Из приведённого выше примера видно, что IP-адрес 192.168.1.232 принадлежит измерительному блоку.

Часто возникает необходимость подключиться к прибору с адресом из другой подсети. При этом нет желания или возможности изменять IP-адреса компьютера и прибора. Для примера рассмотрим следующую ситуацию. Прибор имеет IP-адрес 169.254.0.254 и в основном используется в прямом соединении с ноутбуком. Изредка прибор подключают к локальной сети. Чтобы в этих редких случаях не менять адрес прибора, можно воспользоваться командой `route`, которая позволяет добавить маршрут до некоторой подсети. Синтаксис команды следующий:

```
route add подсеть mask маска_подсети IP_компьютера if номер_интерфейса,
```

где *подсеть* и *маска\_подсети* – номер и маска подсети назначения, *IP\_компьютера* – IP-адрес компьютера, точнее того интерфейса, через который будет выполняться обмен с прибором.

Чтобы узнать номер интерфейса, необходимо выполнить команду `route` с аргументом `print`:

```
C:\>route print
```

```
=====
```

```
Список интерфейсов
```

```
0x1 ..... MS TCP Loopback interface
0x3 ...00 d0 b7 b1 27 7d ..... Intel(R) PRO/100+ LAN Adapter
=====
```

```
Активные маршруты:
```

Сетевой адрес	Маска сети	Адрес шлюза	Интерфейс	Метрика
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.118.100	192.168.118.21	1
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.118.0	255.255.255.0	192.168.118.21	192.168.118.21	1
192.168.118.21	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.118.255	255.255.255.255	192.168.118.21	192.168.118.21	1
224.0.0.0	224.0.0.0	192.168.118.21	192.168.118.21	1
255.255.255.255	255.255.255.255	192.168.118.21	192.168.118.21	1

```
Основной шлюз: 192.168.118.100
```

```
=====
```

```
Постоянные маршруты:
```



Отсутствует

Из листинга следует, что номер интерфейса: 0x3, IP-адрес: 192.168.118.21, а команда добавления маршрута до подсети 169.254.0.0 должна иметь вид:

```
route add 169.254.0.0 mask 255.255.0.0 192.168.118.21 if 0x3
```

Чтобы удалить маршрут, следует выполнить команду

```
route delete 169.254.0.0
```

Впрочем, маршрут исчезнет после перезагрузки компьютера.

Приведённое выше описание команд не претендует на полноту, оно содержит лишь необходимый минимум. При желании узнать больше об управлении сетевыми параметрами компьютера, можно воспользоваться справочной системой *Windows* или обратиться к соответствующей литературе.

## Приложение В (справочное) Сообщения об ошибках

В процессе эксплуатации прибора могут появляться сообщения об ошибках. Повторяющиеся сообщения об ошибках свидетельствуют о неисправности прибора или неверных условиях эксплуатации.

В таблице В.1 приведены критические ошибки измерителя, после возникновения, которых работа прибора останавливается. Сообщение о критической ошибке отображается во всплывающем диалоговом окне.

Т а б л и ц а В.1 – Критические ошибки измерителя

№ ошибки	Мнемоника	Описание ошибки
-32768	MI_CRITICAL_ERROR	Прибор находится в состоянии критической ошибки, вызванной одной из предыдущих команд.
-32767	MI_UNKNOWN_COMMAND	Неизвестная команда
-32766	MI_UNKNOWN_PARAMETER	Неизвестный параметр в команде
-32765	MI_PARAMETER_INCORRECT	Недопустимое значение параметра
-32764	MI_NO_PARAMETERS	В предыдущих командах не заданы параметры измерения
-32763	MI_SMALL_SIZE	Размер команды меньше, чем ожидает прибор.
-32761	MI_LO1_NO_PLL	Нет захвата ФАПЧ синтезатора 1
-32760	MI_LO2_NO_PLL	Нет захвата ФАПЧ синтезатора 2
-32756	MI_ADC_ERROR	Ошибка АЦП
-32755	MI_SIZE_ERROR	Неправильный размер команды (превышает 1 кБ или нечетный)
-32754	MI_SIGNATURE_ERROR	Неверная сигнатура – сбой потока команд
-32753	MI_EPROM_ERROR	Ошибка записи в <i>EPROM</i>
-32752	MI_EPROM_MISMATCH	Ошибка проверки после записи в <i>EPROM</i>
-32749	MI_LVDS_TIMEOUT	Пакет, посланный по кольцу <i>LVDS</i> , не вернулся
-32748	MI_LVDS_DEVICE_ERROR	Неизвестный номер устройства, указанный в пакете <i>LVDS</i>
-32747	MI_LVDS_REGISTER_ERROR	Неизвестный номер регистра, указанный в пакете <i>LVDS</i>
-32512	MIAPI_REQUEST_FAIL	Ошибка при выполнении запроса в приборе
-32511	MIAPI_FILE_SYSTEM_ERROR	Ошибка в файловой системе прибора
-32510	MIAPI_PATH_NOTFOUND	Не найден каталог в приборе
-32509	MIAPI_FILE_NOTFOUND	Не найден файл в приборе
-32508	MIAPI_READ_ERROR	Ошибка чтения в приборе
-32507	MIAPI_WRITE_ERROR	Ошибка записи в приборе

-32506	MIAPI_ACCESS_DENIED	Недостаточно привилегий
-32505	MIAPI_CRC_ERROR	Несовпадение контрольной суммы прочитанного файла в приборе
-32504	MIAPI_ILLEGAL_BOOTFILE	Попытка записи недопустимого файла загрузки
-32503	MIAPI_NOT_ENOUGH_SPACE	Недостаточно места
-32502	MIAPI_NOT_ENOUGH_FILESIZE	Размер файла меньше ожидаемого
-32501	MIAPI_FTP_TIMEOUT	Вышло время ожидания <i>FTP</i>

## Приложение Г (справочное) Краткая теоретическая справка

Одним из основных требований, предъявляемых к приемным устройствам аппаратуры связи и навигации, является способность приема слабых сигналов.

Причиной измерения шумовых свойств является стремление к минимизации шумов приемных систем. Одним из решений проблемы повышения чувствительности является увеличение мощности входного сигнала. Это возможно либо при увеличении мощности передающей станции или при увеличении мощности, выделяемой приемной антенной, которое в общем случае возможно при увеличении ее апертуры, что, в конечном счете, имеет ограничения с экономической точки зрения или с точки зрения обоснованности технического решения. Другим, более приемлемым, вариантом является минимизация шума элементов (блоков) приемных систем. К факторам, которые ограничивают их чувствительность, относятся собственные шумы. Для нормирования уровня собственных шумов приемных устройств и отдельных узлов и блоков применяется понятие КШ.

КШ  $F$  приемного устройства или любого четырехполюсника определяется по формуле:

$$F = \frac{S_i/N_i}{S_o/N_o} = \frac{N_a + G \cdot N_i}{G \cdot N_i} \quad (\text{Г.1})$$

где  $S_i/N_i$  – отношение сигнал / шум на входе ИУ;

$S_o/N_o$  – отношение сигнал / шум на выходе;

$G$  – согласованный КП исследуемого устройства;

$N_a$  – шум, вносимый исследуемым устройством.

Таким образом, КШ характеризует ухудшение отношения сигнал / шум при прохождении через ИУ (рисунок Г.1).

КШ  $NF$ , дБ, рассчитывается по формуле:

$$NF = 10 \cdot \lg(F)$$

КШ не зависит от уровня входного сигнала, а непосредственно является характеристикой исследуемого устройства.

Идеальный усилитель – это устройство, которое усиливает шум совместно с сигналом и сохраняет при этом отношение сигнал / шум на входе и выходе одинаковым. Реальный усилитель вносит шум, вызываемый отдельными его компонентами, что приводит к ухудшению отношения сигнал / шум.

Теория измерения КШ применима к системам, которые, по крайней мере, имеют один вход и один выход (четырёхполюсники), и не распространяется на двухполюсники, такие как нагрузки или генераторы. Качество генераторов характеризуется отношением уровня несущей к шуму или спектральной плотностью мощности шума (спектральной чистотой). Смесители, являющиеся шес-

типоллюсниками, можно рассматривать и как четырехполусники с подключенным внутренним или внешним гетеродином.

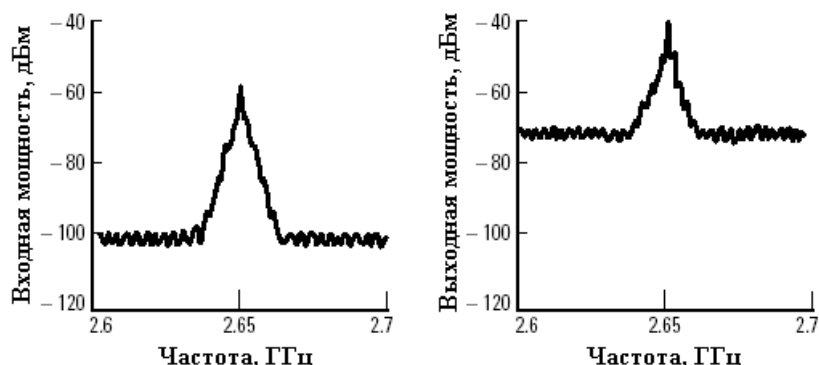


Рисунок Г.1 – Типичный пример, иллюстрирующий ухудшение отношения сигнал / шум, в результате добавления собственного шума приемно-усилительного устройства

Шум, рассматриваемый в процессе измерений, представляет собой случайные флуктуации, возникающими в электрических устройствах.

Одним из разновидностей входного шума является тепловой, который возникает в проводниках благодаря хаотическому движению заряженных частиц, которое не зависит от величины протекающего постоянного тока и приложенной ЭДС.

Найквист на основе термодинамического анализа показал, что дифференциальное значение среднего квадрата действующей величины шумовой ЭДС в полосе частот  $df$  на сопротивлении  $R$  при температуре  $T$  :

$$\overline{de_n^2} = 4kTRp(f)df \quad (\text{Г.2})$$

$$\overline{e_n^2} = 4kT \int_{f_1}^{f_2} R(f)p(f)df \quad (\text{Г.3})$$

где  $p(f) = \frac{hf}{kT} (e^{\frac{hf}{kT}} - 1)^{-1} \approx 1$

$k$  – постоянная Больцмана;

$h$  – постоянная Планка;

$T$  – абсолютная температура, К;

$R = R(f)$  – активная составляющая сопротивления, Ом;

$f$  – частота, Гц;

$f_1$  и  $f_2$  – граничные частоты анализируемого диапазона.

Для частот ниже 100 ГГц,  $T = 290$  К,  $0,992 < p(f) < 1$ :

$$\overline{e_n^2} = 4kRT(f_2 - f_1) = 4kRTB$$

Номинальная мощность  $P_{ном}$ , Вт (или Дж/с), источника тепловых шумов на комплексно-сопряженной нагрузке:

$$P_{ном} = \frac{\overline{e_n^2}}{4R} = kTB \quad (\Gamma.4)$$

Формула (Г.4) является фундаментальной, имеет общий характер и определяет закон передачи шумовой мощности в нагрузку при условии согласования. Из этой формулы можно сделать следующие заключения:

номинальная шумовая мощность теплового источника:

- не зависит от величины внутреннего сопротивления источника;
- не зависит от величины протекающего постоянного тока;
- определяется лишь абсолютной температурой  $T$  и рассматриваемой полосой частот  $B$ .

(формула справедлива лишь для источников с равномерным в пределах полосы  $B$  частотным спектром и при постоянных сопротивлениях источника сигнала и нагрузки в той же полосе).

Спектр теплового шума близок к равномерному в пределах СВЧ диапазона.

Дробовой шум вызывается эффектом квантования электрического тока. Существуют и другие явления, связанные с квантованием, которые производят шум подобный дробовому. К примеру, генерация и рекомбинация пары электрон/дырка или деление эмиттерного тока между базой и коллектором.

Есть много причин, вызывающих шум, в электрических цепях. Сочетание всех эффектов формирования шума часто рассматривается под общим названием – тепловой шум.

До сих пор существуют серьезные практические трудности, связанные с попыткой положить в основу измерений непосредственно уравнение (Г.1). В частности, не так просто измерить с высокой точностью составляющую эффективной ширины полосы частот  $B$  и согласованного КП  $G$ . Одним из альтернативных методов измерений КШ, который реализован в измерителе Х5М-04, является модуляционный метод, основанный на измерении отношения мощности шумов, соответствующих двум различным температурам источника. Принцип измерения представлен на рисунке Г.2.

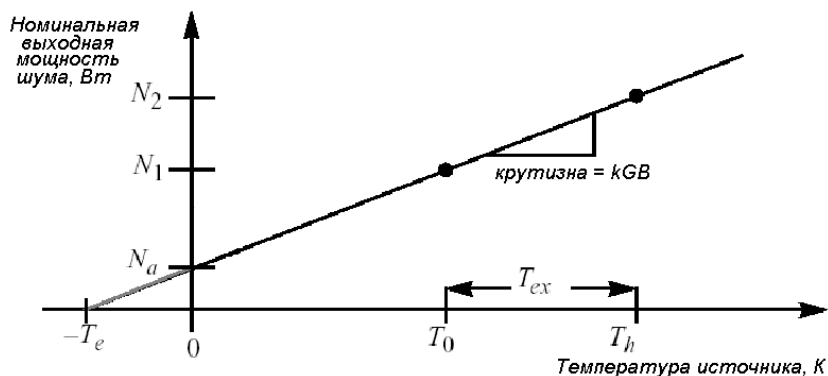


Рисунок Г.2

При этом КШ вычисляется по формуле:

$$F = 1 + \frac{N_a}{S \cdot T_o} \quad (\Gamma.5)$$

где  $S = kGB$  – крутизна характеристики.

Источники шума (ГШ), обеспечивающие работу при двух разных температурах (включенное и выключенное состояние), должны иметь калиброванный уровень выходной мощности, характеризующийся избыточной относительной шумовой температурой (в международной литературе – excess noise ratio (ENR)). Значения ИОШТ (ENR), дБ, в зависимости от частоты указываются на ГШ (либо поставляются на жестком носителе).

$$ENR_{дБ} = 10 \lg \left( \frac{T_h - T_c}{T_o} \right) \quad (\Gamma.6)$$

где  $T_h$  – температура «горячего» источника, К;

$T_c$  – температура «холодного» источника, К;

$T_o = 290$  К – принятая стандартная температура.

Для описания шумовых характеристик устройств иногда используют понятие «эквивалентная шумовая температура» ( $T_e$ , рисунок Г.2).  $T_e$  определяется как температура эталона (черного тела или согласованной нагрузки), при которой мощность его излучения в рабочем диапазоне частот равна мощности собственных шумов исследуемого устройства.

Эквивалентная шумовая температура наиболее часто используется для описания систем с низким КШ, поскольку имеет в этом диапазоне большую разрешающую способность. Для сравнения в таблице Г.1 приведены низкие значения КШ и соответствующие им значения эквивалентной шумовой температуры.

Т а б л и ц а Г.1 – Сопоставление КШ и шумовой температуры

$NF$ , дБ	$F$	$T_e$ , К
0,5	1,122	35,4
0,6	1,148	43,0
0,7	1,175	50,7
0,8	1,202	58,7
0,9	1,230	66,8
1,0	1,259	75,1
1,1	1,288	83,6
1,2	1,318	92,3

КШ и эквивалентная шумовая температура связаны следующим соотношением:  $F = 1 + \frac{T_e}{T_o}$

## Приложение Д (справочное) Обзор факторов, влияющих на погрешность измерений

Поскольку определение КШ является чрезмерно чувствительным измерением низкоуровневых сигналов, то появляются дополнительные источники погрешностей, которые отсутствуют при измерении сигналов с большим уровнем.

Источники погрешностей делятся на два класса: устранимые и неустранимые за период измерений. Неустранимые источники определяют суммарную погрешность измерений, при условии, что устранимые будут исключены. К устранимым погрешностям можно отнести те погрешности, которые возникают при следующих условиях:

<p><b>1. Выбран неверный источник шума:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> при измерении малого КШ используется ГШ с большим ИОШТ (ENR);</li><li><input type="checkbox"/> между ГШ и ИУ стоит переходник, имеющий значительное ослабление, которое, фактически, меняет ENR;</li><li><input type="checkbox"/> введено некорректное значение для ENR;</li><li><input type="checkbox"/> частотный диапазон ГШ не соответствует диапазону измерений;</li></ul> <p><b>2. Не соблюдены требования по ЭМС:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> используются загрязненные соединители;</li><li><input type="checkbox"/> используются нерезьбовые соединители (например BNC- разъем);</li><li><input type="checkbox"/> используются слабозранированные кабели;</li><li><input type="checkbox"/> не используется экранирование при наличии других излучающих приборов (анализаторы спектра, приборы сотовой связи и др.).</li></ul> <p><b>3. Нет достаточного согласования:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> при плохом согласовании рекомендуется использовать аттенюаторы и предусилители.</li></ul> <p><b>4. Не используется усреднение:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> для уменьшения флуктуаций и стабилизации результатов увеличьте усреднение (преимущественно на этапе калибровки).</li></ul> <p><b>5. Нелинейность в измерительной схеме:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> в схеме имеются цепи ФАПЧ;</li><li><input type="checkbox"/> в схеме наблюдаются осцилляции;</li><li><input type="checkbox"/> усилители или смесители работают в режиме насыщения;</li></ul>	<p><b>7. Не учтено преобразование частот:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> ширина полосы частот при измерениях отличается от требуемой;</li><li><input type="checkbox"/> не учтена трехдецибелльная коррекция в случае, когда в ИУ используется однополосная модуляция, ее необходимо проводить вручную;</li><li><input type="checkbox"/> частота гетеродина находится слишком близко к частоте входного радиосигнала, что приводит к его прохождению в тракт ПЧ ИУ;</li><li><input type="checkbox"/> используется некачественный гетеродин, либо уровень сигнала гетеродина не достаточен для смесителя;</li><li><input type="checkbox"/> ширина полосы входного шумового сигнала выходит за рамки интересующей частотной области;</li><li><input type="checkbox"/> недостаточно отфильтрован выход ИУ, сигнал гетеродина ИУ проходит на вход ИКШ;</li><li><input type="checkbox"/> частотный план не задокументирован, что приводит к ошибкам.</li></ul> <p><b>8. Не введена коррекция измерений:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> не проводилась, либо проводилась давно, калибровка измерителя;</li><li><input type="checkbox"/> не включен режим «Учет калибровки» (Параметры \ Учет калибровки);</li><li><input type="checkbox"/> не используется ослабление по ПЧ или ВЧ в случае превышения уровня входного сигнала (Вид \ Панель управления \ Параметры измерения);</li><li><input type="checkbox"/> КП ИУ слишком мал, рекомендуется использовать малошумящие усилители;</li><li><input type="checkbox"/> не учтены аттенюаторы, используемые в измери-</li></ul>
--	---

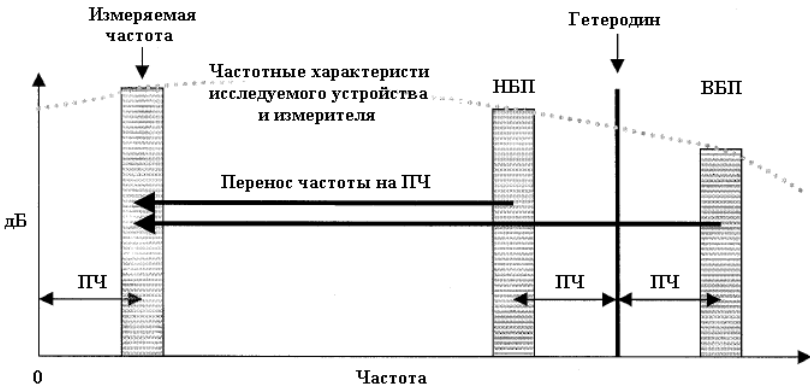


<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> имеется АРУ или ограничители;</li> <li><input type="checkbox"/> в ИУ слишком большой КП;</li> <li><input type="checkbox"/> значительные флюктуации питающего напряжения;</li> <li><input type="checkbox"/> измеритель или система не прогреты;</li> <li><input type="checkbox"/> в ИУ имеется логарифмический усилитель;</li> <li><input type="checkbox"/> измеритель находится в перегрузке.</li> </ul> <p><b>6. Не учтены потери в соединительных кабелях, переходниках и т.п.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> потери в кабелях, переходах и т.п. в X5M учитываются вручную.</li> </ul>	<p>тельной схеме (ввести величину ослабления в Параметры \ Смещение коэффициента передачи);</p> <p><b>9. Полоса частот измерений не соответствует ИУ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> выбирайте полосу частот измерений не больше чем полоса пропускания ИУ.</li> </ul> <p><b>10. Введенная температура окружающей среды не соответствует действительности.</b></p>
--	---

Разъяснение некоторых из перечисленных устранимых источников погрешности приведено в таблице Д.1. Более подробную информацию о вышеперечисленном можно найти в [4].

Т а б л и ц а Д.1 – Описание некоторых ПГ

Название	Описание
1	2
Использование загрязненных или поврежденных соединителей и переходов	<p>Значения ИОШТ (ENR) приводятся непосредственно для выходного разъема ГШ. Переходы могут вносить дополнительные потери или ухудшать согласование тракта, что увеличивает общую погрешность измерений. Если применение переходов обязательно, то требуется учитывать потери, которые они вносят.</p> <p>Даже слабое загрязнение соединителей или переходов может ухудшить контакт и повлиять на прохождение в измерительный тракт побочных колебаний. Не следует использовать переходы, у которых закончился срок службы, или повреждена поверхность внутреннего или внешнего проводника, во избежание дополнительных потерь.</p>
Электромагнитная восприимчивость	<p>Любые побочные (паразитные) колебания, вносимые в систему, воспринимаются как мощность шума исследуемого устройства, что приводит к погрешности по амплитуде. В качестве источников паразитных колебаний могут выступать: люминесцентные лампы, соседние приборы, местное телевидение и радиовещание, базовые станции сотовой телефонии и другие. Для уменьшения данного эффекта необходимо: проверять чистоту и исправность разъемов применяемых соединителей или переходов; использовать резьбовые соединители (к примеру, BNC соединители очень чувствительны к побочным колебани-</p>

	ям); применять кабели с двойной изоляцией, заземлять измеритель; проводить измерения в экранированной комнате.
Изменение импеданса ГШ во «включенном» и «выключенном» состоянии	В процессе измерений ГШ автоматически включается и выключается, это приводит к изменению его выходного импеданса, которое отражается на согласовании с исследуемым устройством. Для уменьшения этого эффекта, применяются источники шума с малой ИОШТ ( $ENR < 10$ дБ), которые ограничивают изменения коэффициента отражения при включенном/выключенном состоянии в пределах 0,01, или источники шума со встроенным аттенуатором.
Флуктуации измеренных данных	Любые измерения КШ сопровождаются некоторой нестабильностью результата измерения, связанной со случайной природой шумового сигнала. Результирующая повторяющаяся погрешность измерений является функцией: КШ и КП ИУ, ИОШТ (ENR) ГШ, полосы пропускания измерителя и степени усреднения. Поскольку параметры ИУ и ГШ обычно не могут быть изменены, то этот эффект минимизируется при помощи выбора соответствующей полосы пропускания и степени усреднения измерителя.
Ограниченная полоса пропускания исследуемого устройства	Основное предположение при измерении КШ заключается в том, чтобы амплитудно-частотная характеристика исследуемого устройства была постоянна в пределах полосы пропускания измерителя. Таким образом, при анализе узкополосных систем необходимо соответственно уменьшать полосу пропускания измерителя.  Если полоса пропускания исследуемого устройства будет меньше полосы пропускания измерителя, это приведет к возникновению погрешности измерения КП, что скажется на коррекции собственного КШ измерителя.
Преобразователи частоты	1) Необходимо определить какую из боковых полос (НБП – нижняя боковая полоса, ВБП – верхняя боковая полоса) требуется анализировать в процессе измерений.  

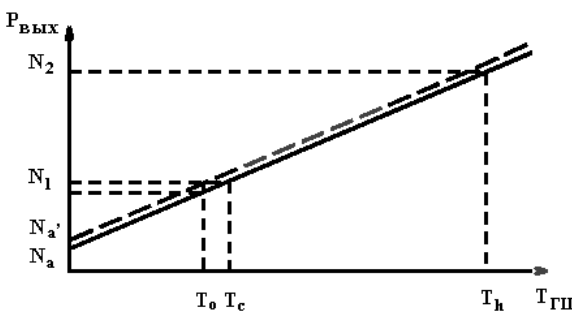
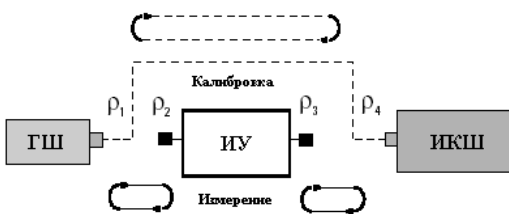
Преобразователи частоты, такие как приемники (конверторы) и смесители, обычно разрабатываются для переноса одной боковой полосы входного сигнала на промежуточную частоту. Тем не менее, на промежуточную частоту переносится не только полезный сигнал, но и продукты преобразования, включая зеркальный канал, гармонические составляющие, паразитные составляющие, просачивание гетеродина и другие. В частности для приемников (конверторов) паразитные сигналы не так существенны, в отличие от смесителей, благодаря внутренней фильтрации.

При измерении КШ преобразователей, использующих две боковые полосы (радиометрия), не требуется дополнительных фильтров. При измерении одной боковой полосы необходимо использовать фильтр, что не всегда оправдано, либо проводить измерения двойной боковой с соответствующей коррекцией результата измерений. Фильтрация входного сигнала позволяет ограничить требуемый диапазон частот во избежание нежелательного преобразования с гармониками гетеродина, которое увеличивает измеренный КШ. Фильтрация выходного сигнала ограничивает просачивание сигнала гетеродина и побочных продуктов преобразования на вход измерителя.

2) При измерении КШ двойной боковой полосы необходимо выбирать частоту гетеродина как можно ближе к входному диапазону частот.

Для минимизации влияния частотной характеристики исследуемого смесителя на различие НБП и ВБП рекомендуется уменьшать промежуточную частоту. Существуют два ограничения: промежуточная частота не должна быть меньше начальной частоты измерителя, и влияние шума боковых полос гетеродина.

	<p>3) Для снижения требований к избирательности используемых фильтров при измерении КШ одной боковой полосы, необходимо выбирать частоту гетеродина на сколько можно дальше от входного диапазона частот.</p>
Компенсация потерь	<p>При вводе поправочного коэффициента, учитывающего потери в радиоизмерительном тракте, погрешность измерения будет зависеть от точности определения этого коэффициента. Желательно проводить измерения без соединительных кабелей и переходников, которые вносят дополнительные потери или ухудшают согласование тракта.</p> <p>Не рекомендуется использовать соединительные кабели (переходы) до исследуемого устройства, если оно является усилительным, и после ИУ, в ином случае.</p>
Нелинейный режим	<p>В основу измерений КШ положен линейный режим работы как ИУ, так и самого измерителя. При проведении измерений необходимо устранять все прогнозируемые источники нелинейности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- устройства, требующие дополнительных входных сигналов для поддержания работоспособности (цепи с ФАПЧ);</li> <li>- автоколебательные генераторы или устройства со слабой фильтрацией сигнала гетеродина;</li> <li>- усилители или смесители, работающие в режиме близком к насыщению, или логарифмические усилители;</li> <li>- устройства с автоматической регулировкой усиления или ограничители;</li> <li>- устройства с большим КП без дополнительного ослабления.</li> </ul>

<p>Температура окружающей среды</p>	<p>При изменении температуры окружающей среды изменяются значения ИОШТ (ENR) источника шума, что приводит к смещению результата измерений.</p> 
<p>Рассогласование радиоизмерительного тракта</p>	<p>Рассогласование между ГШ и исследуемым устройством, исследуемым устройством и измерителем, ГШ и измерителем влечет за собой многократное переотражение шумового сигнала.</p>  <p>Для минимизации эффекта рассогласования часто используются вентили или аттенюаторы. Основным недостатком вентиля является ограниченность их рабочего частотного диапазона, а аттенюаторов – вносимые дополнительные потери. Наилучшим способом все же является использование источника шума с малой ИОШТ (ENR) и/или встроенным аттенюатором.</p>
<p>Погрешность калибровки значений ИОШТ (ENR) источника шума</p>	<p>Погрешность, обусловленная различием между калиброванными значениями ИОШТ (ENR), представленными на корпусе источника шума (или на жестком носителе), и действительными значениями.</p>

## Приложение Е (справочное) Расчет погрешности измерений КШ

Помимо погрешностей измерителя, указанных в технических характеристиках прибора, при реальных измерениях возникает ряд других погрешностей, который также необходимо учитывать. В итоге погрешность результатов измерений КШ, как правило, на порядок превышает инструментальную погрешность.

В данном разделе на примере типичной измерительной схемы приводится пошаговый расчет погрешности результата измерения КШ в предположении, что основные устранимые погрешности сведены к минимуму (см. предыдущее приложение). Также предполагается, что неустраняемые погрешности некоррелированы и независимы. В разделе дается описание погрешностей, возникающих в измерительной схеме, приведенной на рисунке Е.1. Далее приводится пример расчета погрешности измерения КШ с применением электронного калькулятора.

### Пример измерительной системы

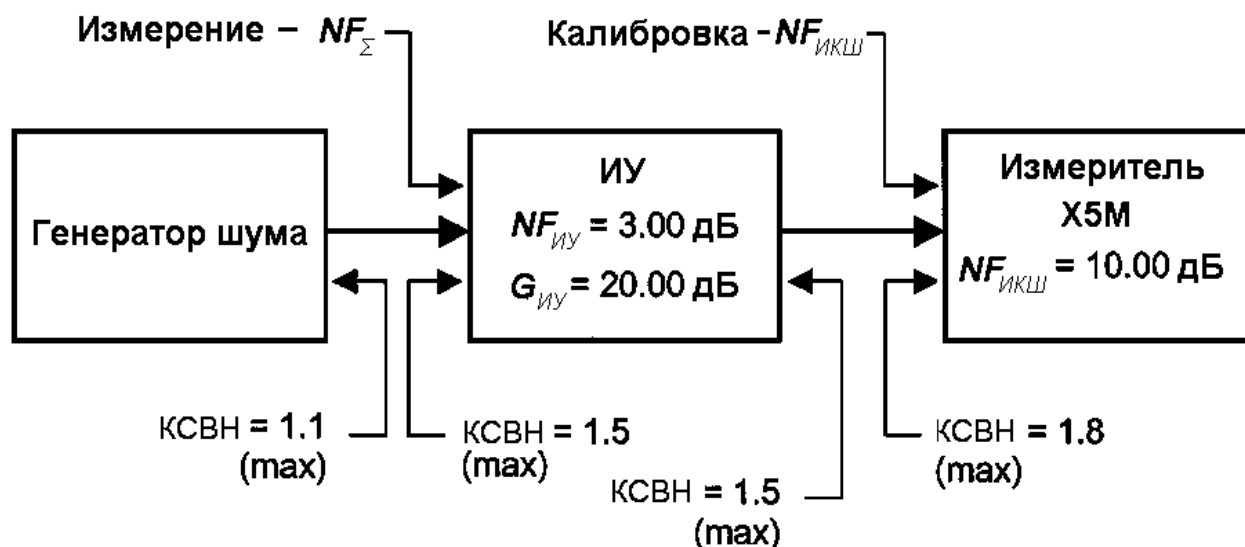


Рисунок Е.1 – Пример измерительной схемы

К неустраняемым погрешностям в схеме на рисунке Е.1 можно отнести:

- погрешность  $NF_{ИКШ}$ , вносимая на этапе калибровки;
- погрешность КШ измерительной схемы  $NF_{\Sigma}$ , вносимая на этапе исследования ИУ;
- рассогласование переходов в сечении ГШ-ИКШ на этапе калибровки;
- рассогласование переходов в сечении ГШ-ИУ на этапе измерения;
- погрешность задания ENR для ГШ

### *Основная формула расчета погрешности измерения КШ ИУ*

Для расчета погрешности измерения КШ ИУ используется следующая

формула [4]

$$\delta NF_{ИУ} = \sqrt{\left(\frac{F_{\Sigma}}{F_{ИУ}} \delta NF_{\Sigma}\right)^2 + \left(\frac{F_{ИКШ}}{F_{ИУ} G_{ИУ}} \delta NF_{ИКШ}\right)^2 + \left(\frac{F_{ИКШ}-1}{F_{ИУ} G_{ИУ}} \delta G_{ИУ,дБ}\right)^2 + S \left(\left(\frac{F_{\Sigma}}{F_{ИУ}} - \frac{F_{ИКШ}}{F_{ИУ} G_{ИУ}}\right) \delta ENR\right)^2} \quad (E.1)$$

где  $F_{ИУ}$  – КШ ИУ в отн. ед.;

$NF_{ИУ}$  – КШ ИУ в дБ;

$F_{ИКШ}$  – КШ ИКШ в отн. ед.;

$NF_{ИКШ}$  – КШ ИКШ в дБ;

$F_{\Sigma}$  – КШ измерительной схемы в отн. ед.;

$NF_{\Sigma}$  – КШ измерительной системы в дБ;

$G_{ИУ}$  – коэффициент усиления ИУ в отн. ед.;

$G_{ИУ,дБ}$  – коэффициент усиления ИУ в дБ;

$ENR$  – ИОШТ ГШ в дБ;

$\delta$  – символ, связанный с погрешностью в дБ;

$S = 1$  – для измерений без преобразования частот;

$S = 0$  – для измерений, включающих преобразование частот.

### ***Пошаговый расчет погрешности измерения КШ ИУ***

В данном подразделе приводится пошаговый расчет погрешности измерения КШ. Как правило, эти операции прodelьваются автоматически с помощью компьютера, файл по расчету погрешностей находится у предприятия-изготовителя.

#### **Шаг 1. Измерение собственного КШ $NF_{ИКШ}$ и КП ИУ $G_{ИУ,дБ}$ .**

а) С помощью соответствующего раздела РЭ проведите калибровку прибора (учет калибровки обнулит собственный КШ измерителя).

б) Определите  $NF_{ИКШ}$ , т.е. КШ измерителя. Для этого необходимо провести измерение КШ по схеме калибровки, но «Учет калибровки» должен быть выключен (Параметры \ Учет калибровки). Допустим,  $NF_{ИКШ} = 10$  дБ.

в) Вставьте ИУ и измерьте коэффициент усиления ИУ  $G_{ИУ,дБ}$  и КШ  $NF_{ИУ}$  с учетом калибровки. Возьмем для примера  $G_{ИУ,дБ} = 20$  дБ и  $NF_{ИУ} = 3$  дБ.

#### **Шаг 2. Расчет КШ системы $NF_{\Sigma}$ и перевод в отн. ед.**

а) Переведите все значения из дБ в относительные единицы и занесите их в соответствующую таблицу, примером которой является таблица Е.1:

- переведите  $NF_{\Sigma}$  в  $F_{\Sigma}$ ;
- переведите  $NF_{ИКШ}$  в  $F_{ИКШ}$ ;
- переведите  $G_{ИУ}$  в  $G_{ИУ}$ ;

б) Рассчитайте КШ измерительной системы:

Т а б л и ц а Е.1 – Пример расчета КШ измерительной системы

Величина	дБ	отн. ед. = $10^{(\text{величина в дБ})/10}$
$F_{\text{ИКШ}}$	10	10
$G_{\text{ИУ}}$	20	100
$F_{\text{ИУ}}$	3	1,995
$F_{\Sigma} = F_{\text{ИУ}} + (F_{\text{ИКШ}} - 1)/G_{\text{ИУ}}$	3,19	2,085

### Шаг 3. Расчет погрешности рассогласования

а) Переведите максимальные значения КСВН в каждом соединительном сечении в коэффициент отражения ( $\rho$ ) (см. таблица Е.2) (значения КСВН можно взять либо у соответствующего производителя, либо измерить при помощи, например, прибора Р2М). Используйте либо измеренные значения, либо максимальные значения, приведенные в спецификации приборов.

Т а б л и ц а Е.2 – Пример расчета КО

Величина	КСВН	КО $\rho = (\text{КСВН} - 1)/(\text{КСВН} + 1)$
Выход ГШ	1,1	0,048
Вход ИУ	1,5	0,200
Выход ИУ	1,5	0,200
Вход ИКШ	1,8	0,286

б) Рассчитайте различные погрешности рассогласования, основываясь на коэффициенте отражения (см. таблица Е.3):

- отрицательная погрешность равна:  $-20 \lg(1 - \rho_{\text{источник}} \rho_{\text{нагрузка}})$  дБ;
- положительная погрешность:  $+20 \lg(1 + \rho_{\text{источник}} \rho_{\text{нагрузка}})$  дБ.
- выберите максимальное значение (подчеркнуто):

Т а б л и ц а Е.3 – Пример расчета ПГ рассогласования

Сечение	Отрицательная ПГ	Положительная ПГ	Максимальная ПГ	Обозначение
Выход ГШ – вход ИУ	<u>0,083</u>	0,082	0,083	$\delta_{\text{ГШ-ИУ}}$
Выход ГШ – вход ИКШ	<u>0,119</u>	0,117	0,119	$\delta_{\text{ГШ-ИКШ}}$
Выход ИУ – вход ИКШ	<u>0,511</u>	0,483	0,511	$\delta_{\text{ИУ-ИКШ}}$



#### Шаг 4. Расчет суммарных погрешностей

На этом шаге потребуются максимальные ПГ рассогласования, определенные на предыдущем шаге и инструментальные погрешности, определяемые предприятием-изготовителем.

Инструментальные погрешности следующие:

- погрешность определения собственного коэффициента шума  $\delta NF_{нел}$ , обусловленная нелинейностью прибора; возьмем, к примеру,  $\delta NF_{нел} = 0,1$  дБ;
- погрешность определения собственного коэффициента усиления  $\delta G_{нел}$ , обусловленная нелинейностью прибора; возьмем, к примеру,  $\delta G_{нел} = 0,15$  дБ;
- флуктуации при измерении собственного КШ  $\delta F_{фл}$  для заданного аппаратного усреднения; примем  $\delta F_{фл} = 0,03$  дБ;
- флуктуации  $\delta G_{фл}$  при измерении КП для заданного аппаратного усреднения; примем  $\delta G_{фл} = 0,03$  дБ;
- погрешность  $\delta F_z$ , обусловленная зависимостью собственного КШ от импеданса источника сигнала, примем ее равной 0,5 дБ;
- ПГ ИОШТ (или ENR) генератора шума  $\delta ENR$ ; возьмем, к примеру,  $\delta ENR = 0,1$  дБ.

Если калибровка и измерение производятся на одной и той же частоте, то используется одно и то же значение  $\delta ENR$ ; в этом случае член  $\delta ENR$  появляется только однажды в уравнении (Е.1). В случае, когда в процессе измерения используется преобразование частот, значение  $\delta ENR$  на частоте калибровки будет отличаться от значения  $\delta ENR$  на частоте измерения. При этом член  $\delta ENR$  также появится и в формулах (Е.2), (Е.3), (Е.4). С целью упрощения операции учета эффектов преобразования в уравнения введены коэффициенты  $S$  и  $C$ :

- формула (Е.1):  $S = 1$  для случая без преобразования частот,  $S = 0$  для измерений с преобразованием частот;
- в формулах (Е.2) – (Е.4)  $C = 0$  для измерений без преобразования частот,  $C = 1$  – с преобразованием.

Приведем пример для измерения без преобразования частот.

**а) Рассчитайте  $\delta NF_{\Sigma}$  (дБ)**

$$\delta NF_{\Sigma} = \sqrt{(\delta_{ГШ\_ИУ})^2 + (\delta NF_{нел})^2 + C(\delta ENR_{изм})^2} = \sqrt{0,083^2 + 0,1^2 + 0} = 0,130 \text{ дБ}, \quad (\text{Е.2})$$

где  $\delta ENR_{изм}$  – ПГ ИОШТ на частоте измерений;

**б) Рассчитайте  $\delta NF_{ИКШ}$  (дБ)**

$$\begin{aligned} \delta NF_{ИКШ} &= \sqrt{(\delta_{ГШ\_ИКШ})^2 + (\delta NF_{нел})^2 + C(\delta ENR_{кал})^2 + (\delta F_{фл})^2 + (\delta F_z)^2} = \\ &= \sqrt{0,119^2 + 0,1^2 + 0 + 0,03^2 + 0,5^2} = 0,524 \text{ дБ} \end{aligned}, \quad (\text{Е.3})$$

где  $\delta ENR_{кал}$  – ПГ ИОШТ на частоте калибровки;

**в) Рассчитайте  $\delta G_{ИУ}$  (дБ)**

$$\begin{aligned} \delta G_{ИУ, дБ} &= \sqrt{(\delta_{ГШ\_ИУ})^2 + (\delta_{ГШ\_ИКШ})^2 + (\delta_{ИУ\_ИКШ})^2 + (\delta G_{нел})^2 + C(\delta ENR_{изм})^2 + (\delta G_{фл})^2} = \\ &= \sqrt{0,083^2 + 0,119^2 + 0,511^2 + 0,15^2 + 0 + 0,03^2} = 0,553 \text{ дБ}. \end{aligned} \quad (\text{Е.4})$$

#### Шаг 5. Расчет итоговой погрешности измерения КШ

Подставляя соответствующие значения в уравнение (Е.1), получим:

$$\begin{aligned}
\delta NF_{HY} &= \sqrt{\left(\frac{F_{\Sigma}}{F_{HY}} \delta NF_{\Sigma}\right)^2 + \left(\frac{F_{IKW}}{F_{HY} G_{HY}} \delta NF_{IKW}\right)^2 + \left(\frac{F_{IKW}-1}{F_{HY} G_{HY}} \delta G_{HY, \partial B}\right)^2 + S \left(\left(\frac{F_{\Sigma}}{F_{HY}} - \frac{F_{IKW}}{F_{HY} G_{HY}}\right) \delta ENR\right)^2} = \\
&= \sqrt{\left(\frac{2,085}{1,995} 0,171\right)^2 + \left(\frac{10}{1,995 \cdot 100} 0,524\right)^2 + \left(\frac{10-1}{1,995 \cdot 100} 0,553\right)^2 + 1 \cdot \left(\left(\frac{2,085}{1,995} - \frac{10}{1,995 \cdot 100}\right) \cdot 0,1\right)^2} = 0,172 \partial B.
\end{aligned}$$

**Приложение Ж**  
**(справочное)**  
**Библиография**

1. Алмазов-Долженко К.И. Коэффициент шума и его измерение на СВЧ. – М.: Научный мир, 2000. – 240 с.
2. Белоусов А.П., Каменецкий Ю.А. Коэффициент шума. – М.: «Радио и связь», 1981. – 112 с.
3. Friis H.T. Noise Figures of Radio Receivers // Proc. of the IRE, July, 1944, pp. 419–422.
4. Noise Figure Measurement Accuracy – The Y-Factor Method: Application Note 57-2 [Электронный ресурс] / Agilent Technologies: Innovating the HP Way. – [USA]: Agilent Technologies, 2001. – 16 Feb. – 45 p.



Для заметок

