



# ИЗМЕРИТЕЛЬ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА

Х5М-18

Руководство по эксплуатации

Работа с измерителем

Часть III ЖНКЮ.468166.011РЭ2

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)

© Микран, 2011



## Содержание

Руководство по эксплуатации Часть III. Работа с измерителем.....	7
1 Определения, обозначения и сокращения .....	7
1.1 Термины и определения .....	7
1.2 Сокращения.....	8
2 Требования безопасности .....	9
3 Подготовка прибора к работе.....	10
3.1 Эксплуатационные ограничения .....	11
3.2 Распаковывание и повторное упаковывание.....	11
3.3 Порядок установки.....	11
3.4 Подготовка к работе.....	11
4 Порядок работы .....	21
4.1 Меры безопасности при работе с прибором .....	21
4.2 Расположение органов настройки и включения прибора.....	22
4.3 Сведения о порядке подготовки к проведению измерений.....	24
4.4 Порядок проведения измерений .....	30
5 Утилизация.....	44
Приложение А (справочное) Перечень возможных неисправностей.....	45
Приложение Б (справочное) Решение проблем при настройке сетевых параметров .....	49
Приложение В (справочное) Сообщения об ошибках .....	56
Приложение Г (справочное) Краткая теоретическая справка.....	58
Приложение Д (справочное) Обзор факторов, влияющих на погрешность измерений.....	62
Приложение Е (справочное) Расчет погрешности измерений КШ.....	68
Приложение Ж (справочное) Библиография.....	73







# **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-18 ЖНКЮ.468166.011ТУ.

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 проводиться в условиях, указанных в разделе 4 части I РЭ.

3.1.2 Напряжение питания сети должно соответствовать значениям, указанным в разделе технических характеристик 4.5 настоящего РЭ.

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

### **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 выдержать 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 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 ИЗМЕРИ-**

ТЕЛЯ 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 °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.).

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  ПЧ на задней панели измерителя с выходом  ПЧ соответствующим кабелем из комплекта поставки прибора (см. «Кабель» в таблице 3 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  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 1, палочкой с ватным тампоном, смоченным в спирте;

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

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

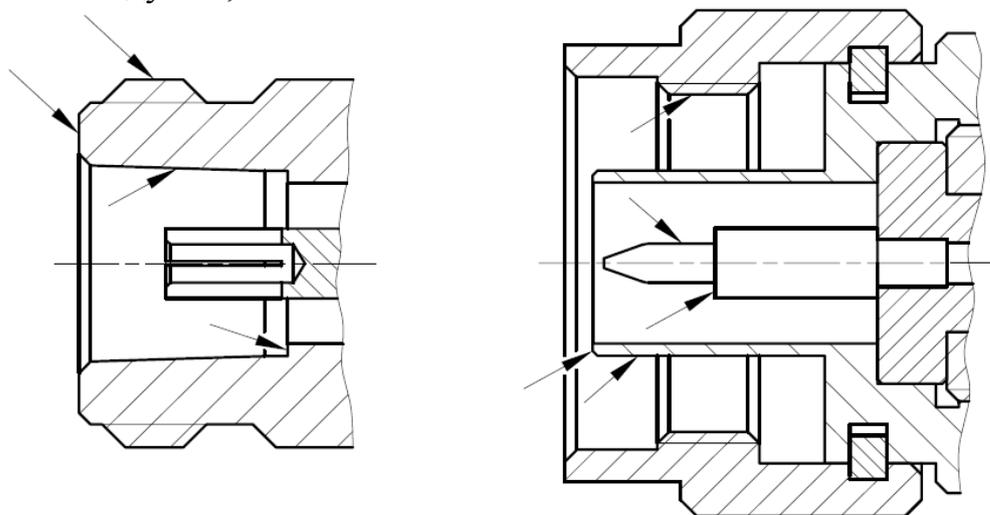


Рисунок 1 – Очищаемые поверхности

**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 4 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 принадлежностей 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 2;

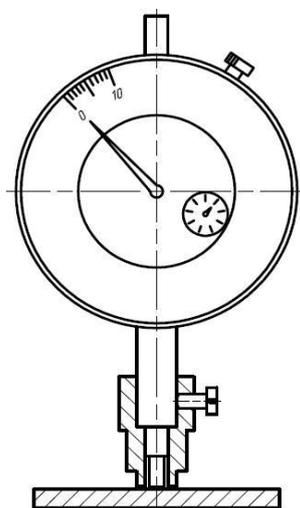


Рисунок 2 – Установка нуля

- 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 Ш 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; 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;

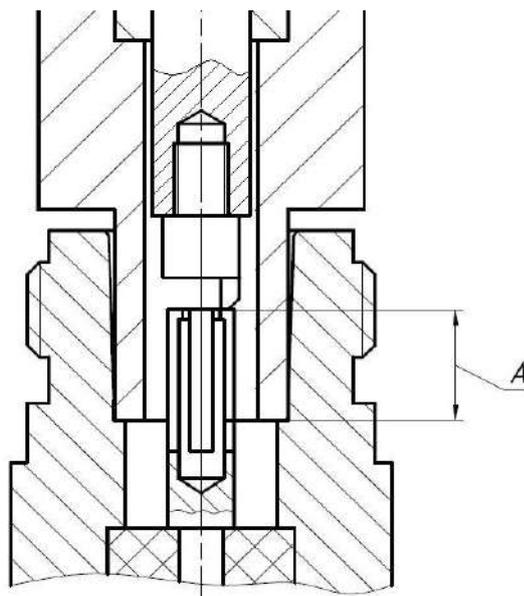


Рисунок 3 – Проверка размера «А» соединителя «розетка»

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 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;

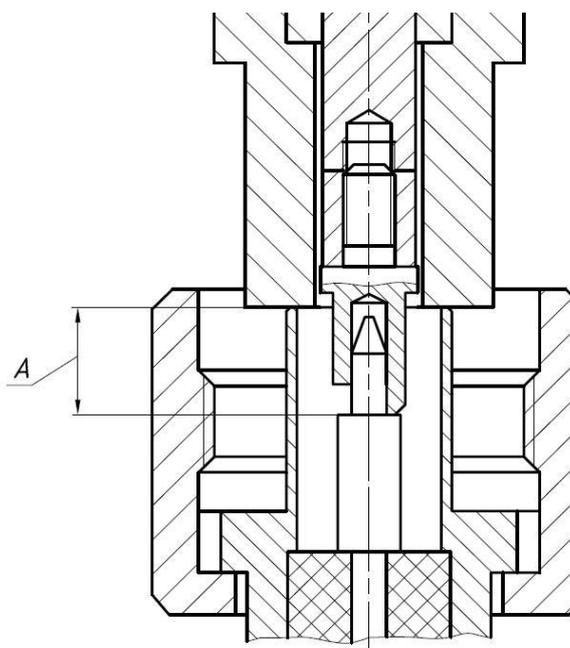


Рисунок 4 – Проверка размера «А» соединителя «вилка»

- 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;

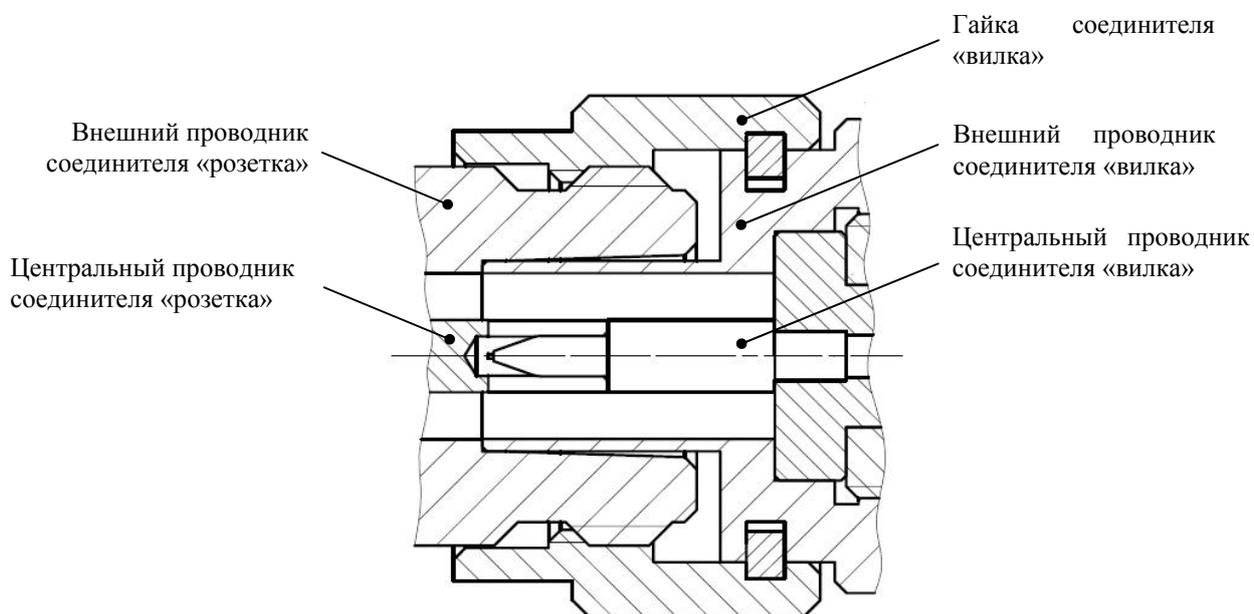
- фиксацию положения можно обеспечить, удерживая устройство руками.

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 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 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 6. Затягивание прекратить в момент излома ручки ключа.

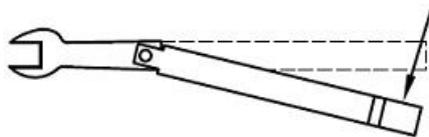


Рисунок 6 – Допустимый излом ключа

**Примечание:** излом ручки ключа, изображенный на рисунке 6, достаточен для достижения требуемого усилия затягивания.

**ВНИМАНИЕ:** НЕ ДОПУСКАЕТСЯ ПРОВОДИТЬ ЗАТЯГИВАНИЕ ДО ИЗЛОМА КЛЮЧА, ИЗОБРАЖЕННОГО НА РИСУНКЕ 7.

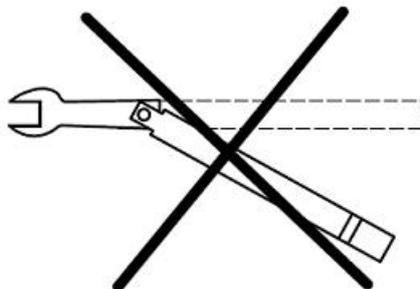


Рисунок 7 – Недопустимый излом ключа

#### 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 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.**

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 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.

## 4.2 Расположение органов настройки и включения прибора

Вид передней панели представлен на рисунке 8.

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 искомых 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.

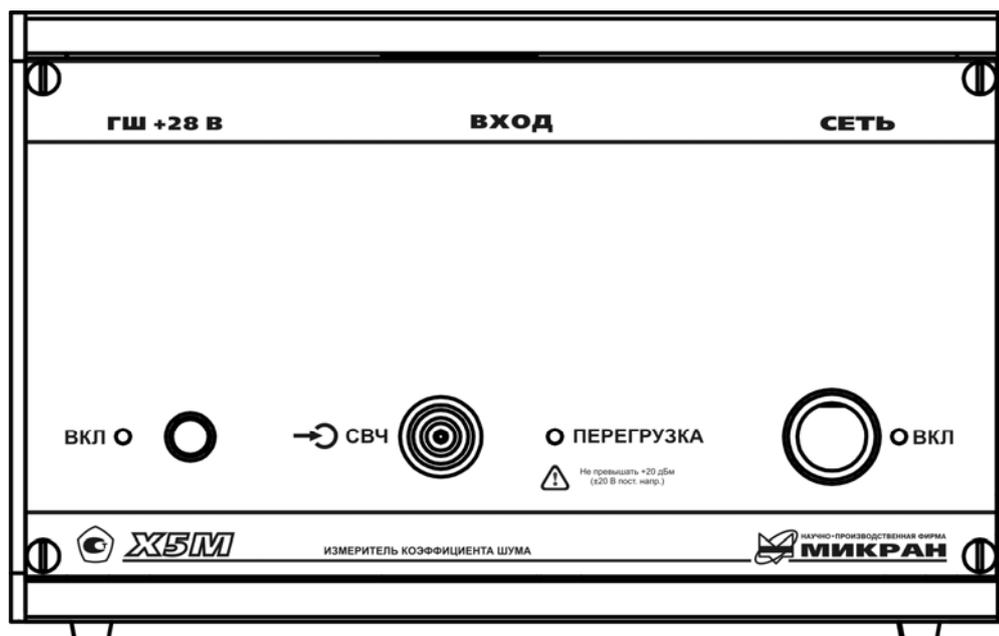


Рисунок 8 – Передняя панель измерителя

4.2.2 Вид задней панели измерителя представлен на рисунке 9.

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 СВЧ в таблице 3);

- 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;

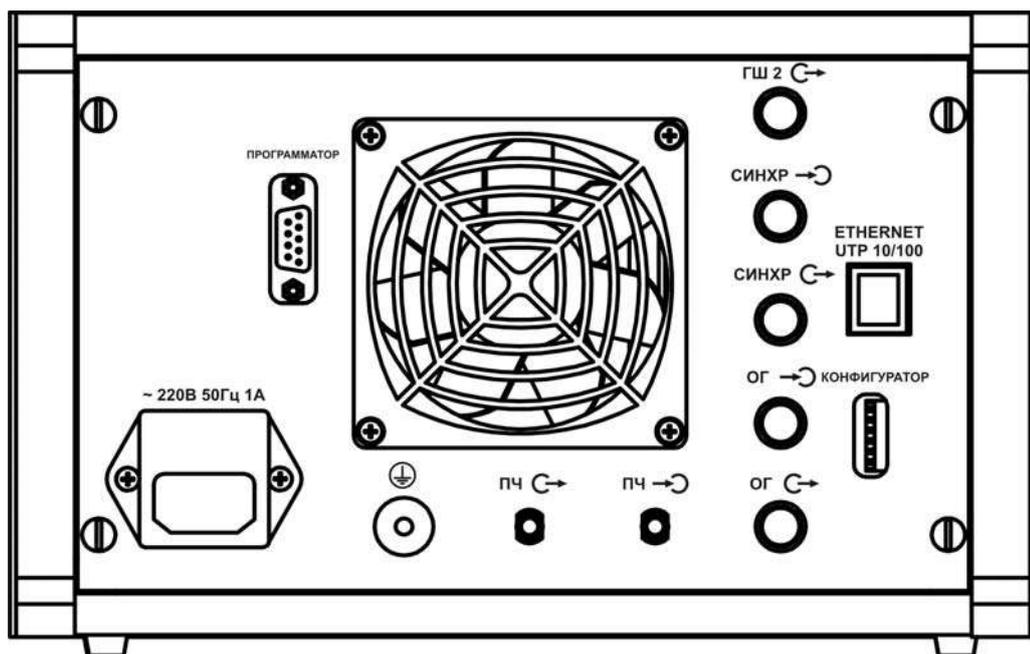


Рисунок 9 – Задняя панель измерителя

- → 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 наличии 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 9) 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 *ncpa.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 TCP/IP.**

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 конфигуратора 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 10):

- 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.

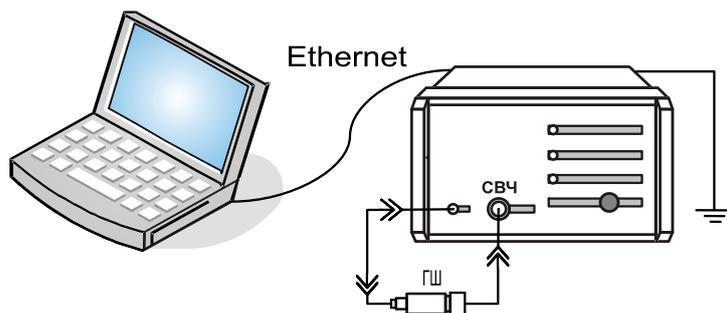


Рисунок 10 – Схема калибровки в режиме «Модуляционный метод»

**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 собствен-

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  $T_0 = 290$  К.

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 11):

- 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.

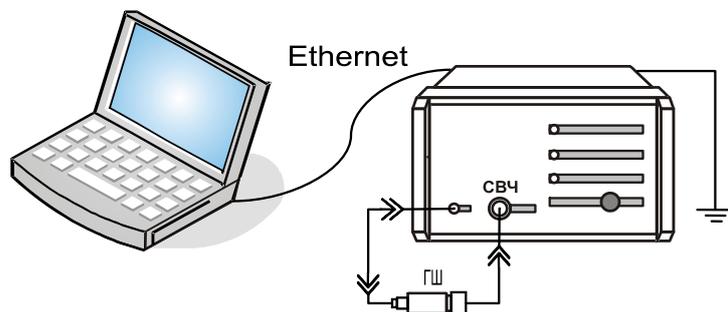


Рисунок 11 – Схема калибровки ГШ

**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 гетеродина (для ИУ с преобразованием частоты), время установления ГШ, необходимое для выхода ГШ в режим после подачи (или отключения) на него напряже-

ния, 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 12 и 13):

- 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 12; при тестировании устройств с преобразованием частоты, не имеющих внутреннего генератора и ФНЧ – в соответствии с рисунком 13. Если выходная мощность ИУ превышает допустимые входные значения, указанные в ТХ, или вызывает срабатывание индикатора перегрузки, то необходимо использовать соответствующий аттенуатор А;

- разъем питания ГШ соединить с выходом «ГШ + 28 В» X5M при помо-

щи кабеля питания ГШ (кабеля соединительного из состава X5M).

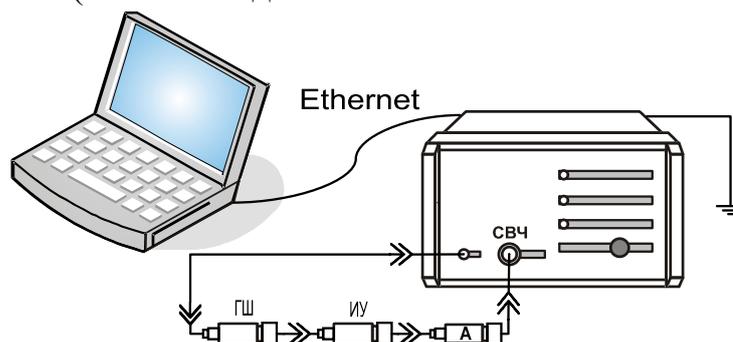


Рисунок 12 – Схема измерений ИУ без преобразования по частоте или с внутренним генератором и ФНЧ

**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 аттенуатор для уменьшения интегральной мощности входного сигнала<sup>1)</sup>, то требуется ввести значения ослабления данного аттенуатора 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 аттенуатора расширяет диапазон измерения КП; при измерении устройств с КП, превышающим 30 дБ, без использования внешнего аттенуатора требуется установить необходимое ослабление ПЧ на панели управления «Параметры измерения»<sup>2)</sup> (измерители с опцией АТА

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

<sup>2)</sup> При этом изменение входной мощности наблюдаться не должно, т.к. будет осуществляться

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.

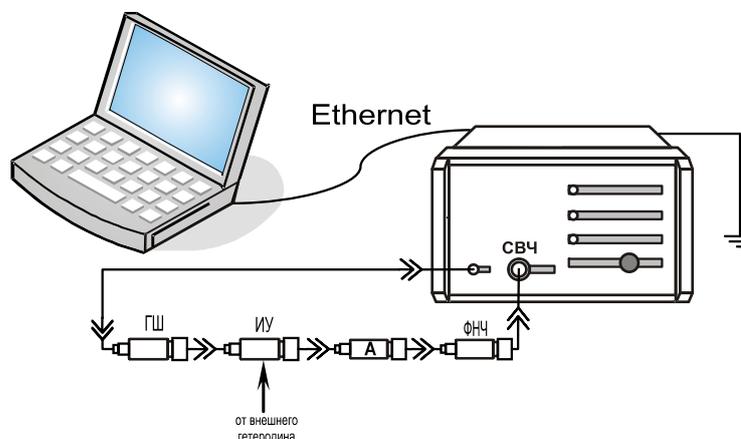


Рисунок 13 – Схема измерений ИУ с преобразованием по частоте, не имеющего внутреннего генератора и ФНЧ

**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.

**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 14):

- 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 14, при тестировании устройств с преобразованием частоты, не имеющих внутреннего генератора и ФНЧ – аналогично рисунку 13. Если выходная мощность ИУ превышает допустимые входные значения, указанные в ТХ, или вызывает срабатывание индикатора перегрузки, то необходимо использовать соответствующий аттенюатор А (аналогично рисунку 13).

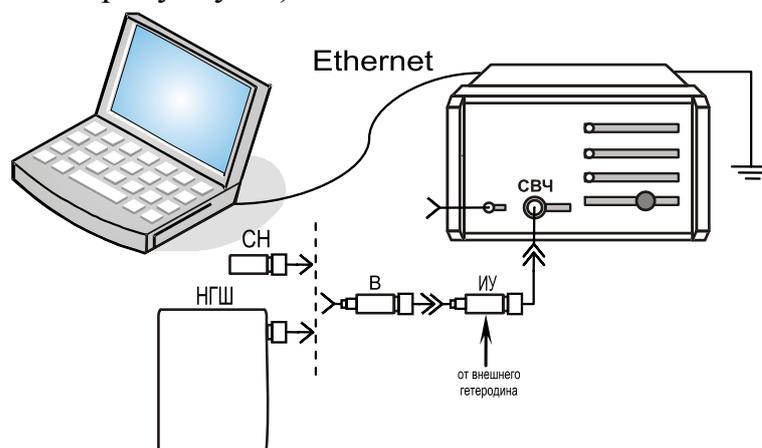


Рисунок 14 – Схема измерений КШ методом двух отчетов

**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 производиться расчет интегральных КШ и КП; степень усреднения, которая будет определять требуемый уровень флюктуаций; и ослабление по ПЧ и по ВЧ (для изме-

рителей 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  $T_0 = 290$  К.

##### 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.gsз».



## **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 15):

- 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».

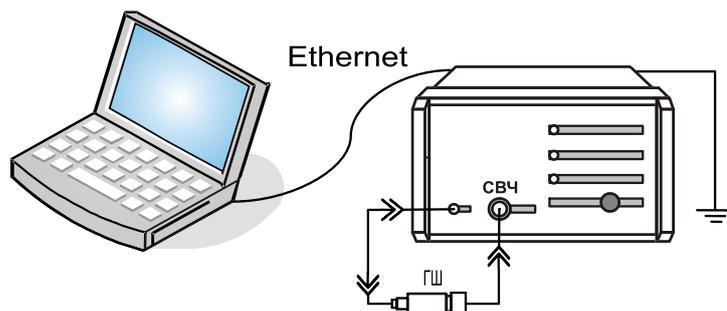


Рисунок 15 – Схема калибровки ГШ

**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 A, 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:

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

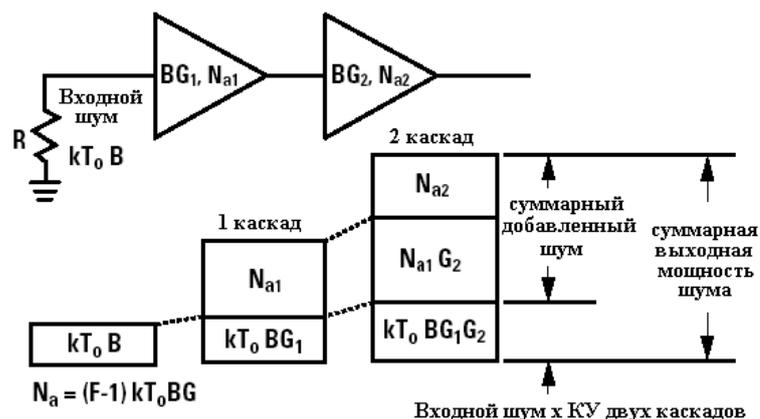


Рисунок 16 – Иллюстрация влияния второго каскада на измерение КШ

Величину  $\frac{F_2 - 1}{G_1}$  называют вкладом второго каскада. Из приведенного вы-

ражения 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.9.1 части I настоящего РЭ)
<b>Ошибки программного обеспечения</b>		
При запуске ПО <i>Graphit</i> 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)
В ПО <i>Graphit</i> периодически выскакивают	Возможно, после сбоя и перезагрузки ПО	Пожалуйста, сохраните текущий профиль (Профиль \

<p>ошибки различного рода, либо не удастся запустить процесс измерений, либо возникают ошибки при измерениях, связанные с работой программы управления</p>	<p><i>Graphit</i>, либо при ее переустановке сбились настройки профиля программы управления</p>	<p>Сохранить...) и вышлите сохраненный профиль, который по умолчанию будет находиться 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>
<p>При работе в ПО <i>Graphit</i> не удастся остановить процесс измерений или закрыть ПО <i>Graphit</i>.</p>	<p>Зависание ПО <i>Graphit</i>.</p>	<p>Вызвать диспетчер задач, нажав Alt + Ctrl + Del и затем «Диспетчер задач»; на вкладке «Процессы» выбрать из списка процесс launcher.exe и далее нажать кнопку «Завершить процесс».</p>
<p><b>Проблемы подключения к ПК</b></p>		
<p><i>Проблемы общего характера</i></p>		
<p>При подключении к ПК</p>	<p>Измеритель не вклю-</p>	<p>Включите измеритель</p>

(по способ 1 или способ 2, п.4.3.1) появляется сообщение об ошибке подключения	чен	
	Неправильно выбраны настройки сетевого подключения либо внутренние настройки сети	См. рекомендации в РЭ Часть II п.4.3.1 и в приложении Б
	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	Проверьте качество <i>Ethernet</i> -соединения измерителя с локальной сетью, выключите и через 30 с включите измеритель снова и подключитесь к нему

	умолчанию. Возможно, соединение измерителя с ПК через <i>Ethernet</i> -кабель сделано после включения прибора.	
	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: <code>ipconfig /flushdns</code> и далее команду: <code>arp -d</code> 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 СВЧ и какое качество его сочленения с входом и выходом ПЧ на задней панели прибора (см. п. 7.2 части I)
	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 стандартный 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 стандартных 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 *host*-имени прибора в *DNS*; *FTP* – для файлового доступа к параметрам и таблицам прибора; *HTTP* – для диагностики и задания параметров прибора через *WEB*-интерфейс.

Подробное описание стандартных сетевых протоколов в настоящем руководстве не приводится.

За дополнительной информацией можно обратиться к стандартам RFC791 (протокол *TCP*), RFC793 (протокол *IP*), RFC826 (протокол *ARP*), RFC3828 (протокол *UDP*), RFC792 (протокол *ICMP*), RFC2131 (протокол *DHCP*), RFC959 (протокол *FTP*), RFC2616 (протокол *HTTP*).

В пакетах *Ethernet* в качестве данных передаются пакеты стандартного 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.

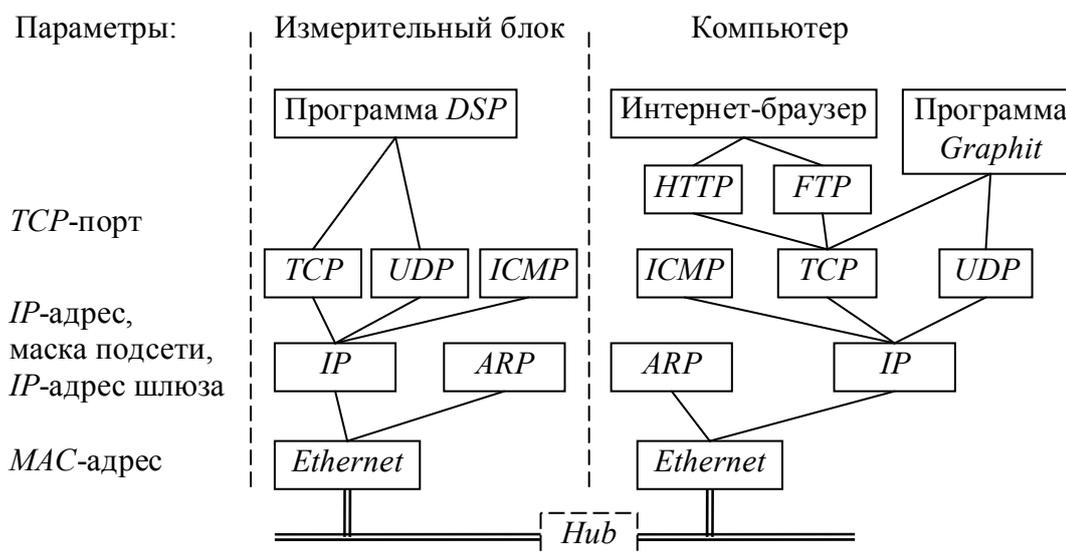


Рисунок Б.1 – Используемые протоколы

*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 побайтно, 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, определяет 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:	&	111111111111111111111111	0000000000
Результат:		№ подсети	0000000000
<i>IP</i> -адрес:		№ подсети	№ узла
Инвертированная маска:	&	000000000000000000000000	1111111111
Результат:		000000000000000000000000 № 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 передается непосредственно получателю, иначе пакет передается через шлюз.

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

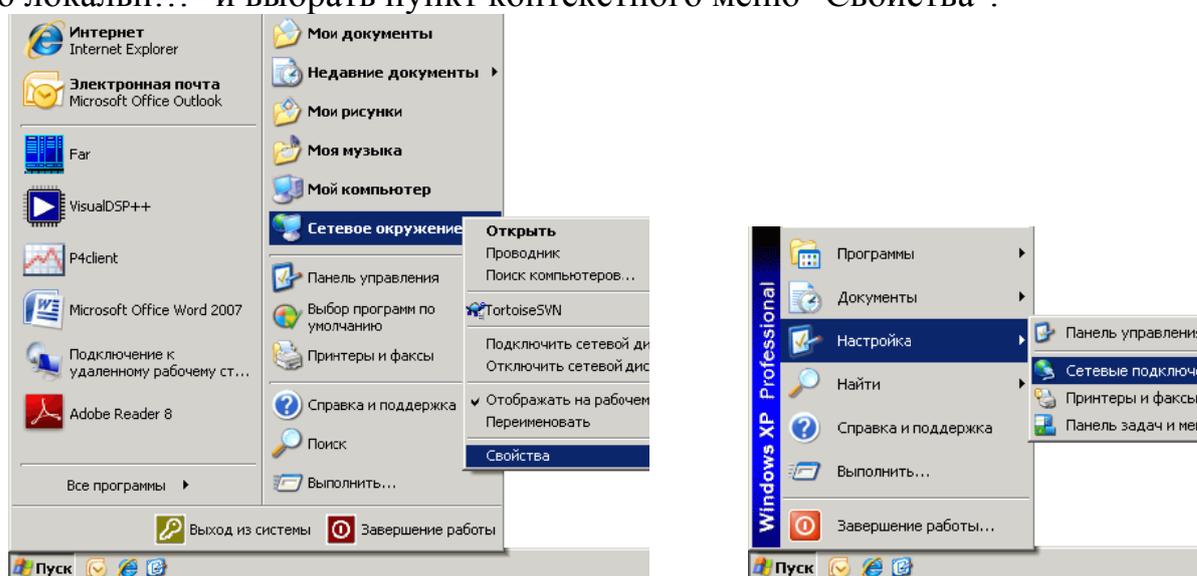
*IP*-адрес: 169.254.0.254  
 Маска подсети: 255.255.0.0  
*TCP*-порт: 8888  
*MAC*-адрес: 00.1e.0d.01.xx.xx

IP-адрес шлюза: 0.0.0.0

Сетевое имя: h5m-18-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 щёлкнуть "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

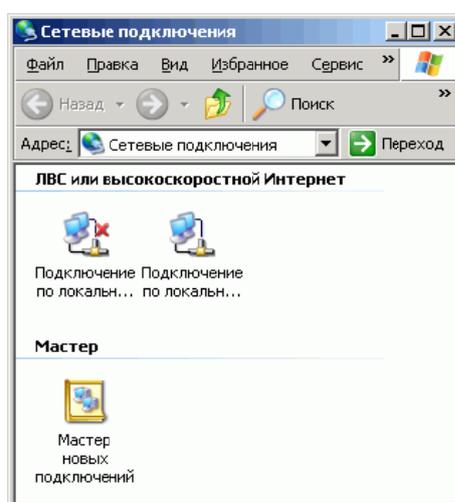
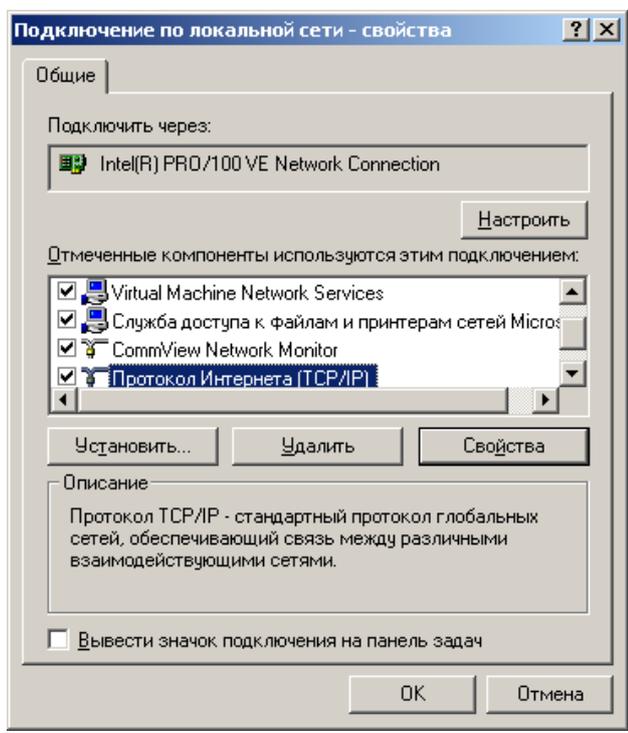


Рисунок Б.4

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 Configuration 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. Предусмотренный 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.

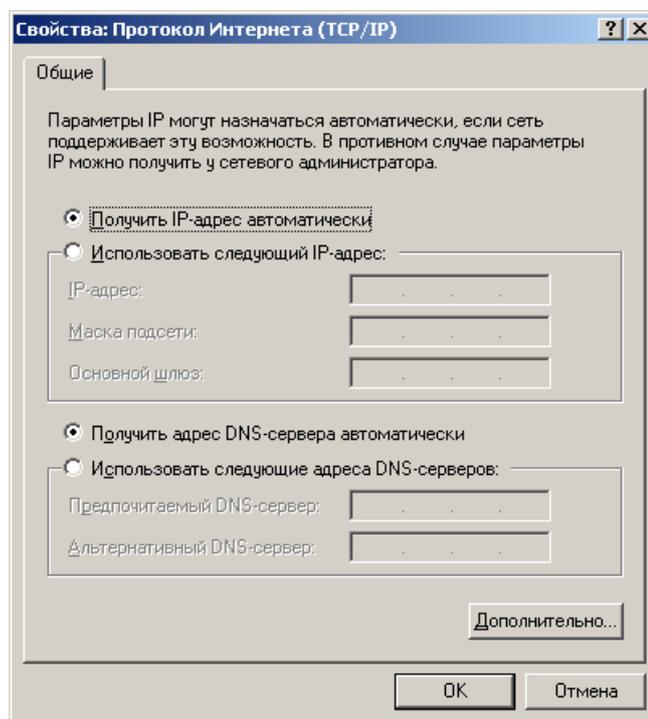


Рисунок Б.5 – Параметры IP-протокола

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
```

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	MI_API_REQUEST_FAIL	Ошибка при выполнении запроса в приборе
-32511	MI_API_FILE_SYSTEM_ERROR	Ошибка в файловой системе прибора
-32510	MI_API_PATH_NOTFOUND	Не найден каталог в приборе
-32509	MI_API_FILE_NOTFOUND	Не найден файл в приборе
-32508	MI_API_READ_ERROR	Ошибка чтения в приборе
-32507	MI_API_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 (четыреполюсники), и не распространяется на двухполюсники, такие как нагрузки или генераторы. Качество генераторов характеризуется отношением уровня несущей к шуму или спектральной плотности мощности шума (спектральной чистотой). Смесители, являющиеся шес-

типоллюсниками, можно рассматривать и как четырехполосники с подключенным внутренним или внешним гетеродином.

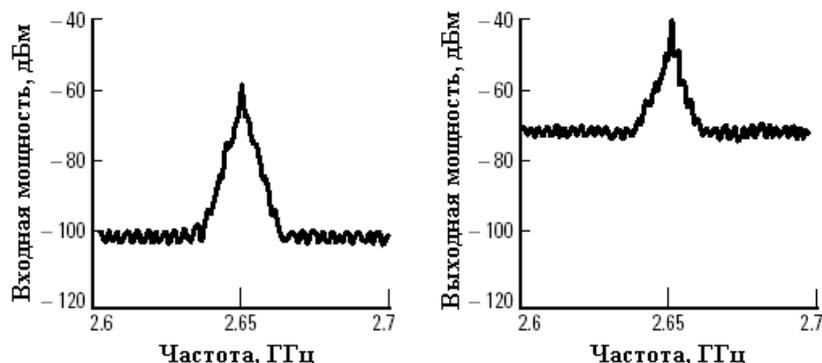


Рисунок Г.1 – Типичный пример, иллюстрирующий ухудшение отношения сигнал / шум, в результате добавления собственного шума приемно-усилительного устройства

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:

$$P_{ном} = \frac{\overline{e_n^2}}{4R} = kTB \quad (\text{Г.4})$$

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 X5M-18, является модуляционный метод, основанный на измерении отношения мощности шумов, соответствующих двум различным температурам источника. Принцип измерения представлен на рисунке Г.2.

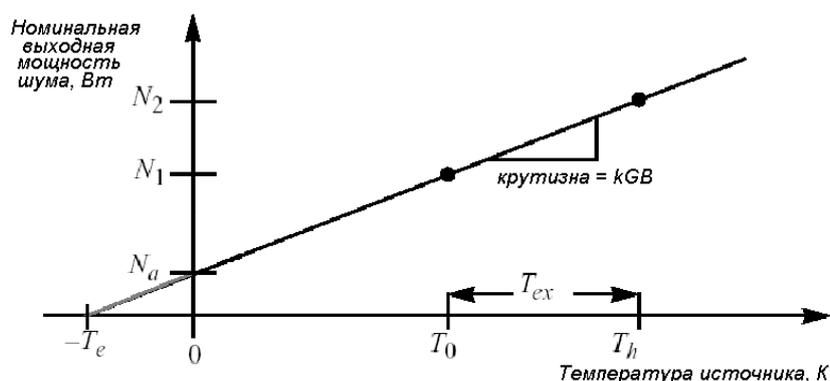


Рисунок Г.2

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).

$$ENR_{dB} = 10 \lg \left( \frac{T_h - T_c}{T_o} \right) \quad (\Gamma.6)$$

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:

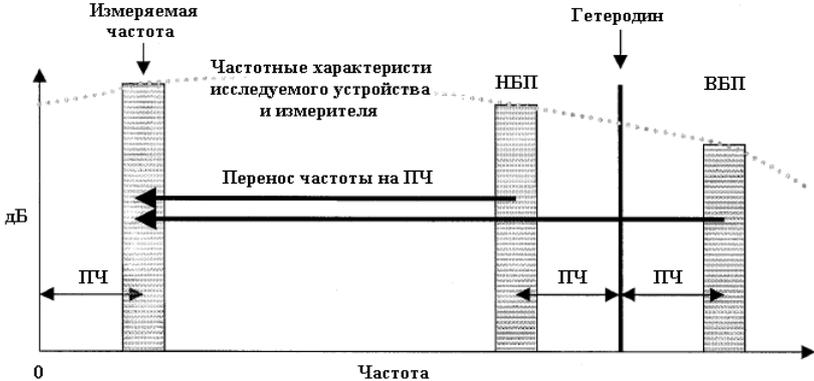
<p><b>1. Выбран неверный источник шума:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> при измерении малого КШ используется ГШ с большим ИОШТ (ENR);</li><li><input type="checkbox"/> между ГШ и ИУ стоит переходник, имеющий значительное ослабление, которое, фактически, меняет ENR;</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 слабоэкранированные 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» (<b>Панель управления \ Учет калибровки</b>);</li><li><input type="checkbox"/> не используется ослабление по ПЧ или ВЧ в случае превышения уровня входного сигнала (<b>Вид \ Панель управления \ Параметры измерения</b>);</li><li><input type="checkbox"/> КП ИУ слишком мал, рекомендуется использо-</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>вать малошумящие усилители;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> не учтены аттенюаторы, используемые в измерительной схеме (ввести величину ослабления в <b>Параметры \ Смещение коэффициента передачи</b>);</li> </ul> <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.</p> <p>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 колебаниям); применять кабели с двойной изоляцией, заземлять измери-</p>

	<p>тель; проводить измерения в экранированной комнате.</p>
<p>Изменение импеданса ГШ во «включенном» и «выключенном» состоянии</p>	<p>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 (<math>ENR &lt; 10</math> дБ), которые ограничивают изменения коэффициента отражения при включенном/выключенном состоянии в пределах 0,01, или источники шума со встроенным аттенуатором.</p>
<p>Флуктуации измеренных данных</p>	<p>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 (<math>ENR</math>) 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.</p>
<p>Ограниченная полоса пропускания исследуемого устройства</p>	<p>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.</p> <p>Если полоса пропускания исследуемого устройства будет меньше полосы пропускания измерителя, это приведет к возникновению погрешности измерения КП, что скажется на коррекции собственного КШ измерителя.</p>
<p>Преобразователи частоты</p>	<p>1) Необходимо определить какую из боковых полос (НБП – нижняя боковая полоса, ВБП – верхняя боковая полоса) требуется анализировать в процессе измерений.</p>  <p>Преобразователи частоты, такие как приемники (конверторы) и смесители, обычно разрабатываются для переноса одной боковой полосы входного сигнала на промежуточную частоту. Тем</p>

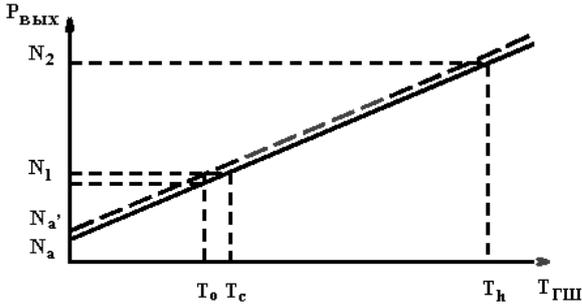
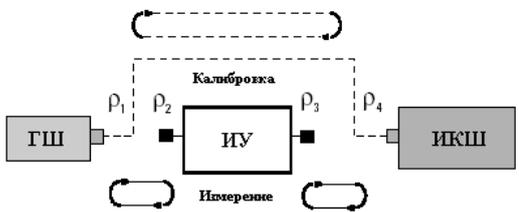
не менее, на промежуточную частоту переносится не только полезный сигнал, но и продукты преобразования, включая зеркальный канал, гармонические составляющие, паразитные составляющие, просачивание гетеродина и другие. В частности для приемников (конверторов) паразитные сигналы не так существенны, в отличие 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>
Температура окружающей	<p>При изменении температуры окружающей среды изменяются значения ИОШТ (ENR) источника шума, что приводит к сме-</p>

<p>среды</p>	<p>щению 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 используют вентили или аттенюаторы. Основным недостатком вентилей 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

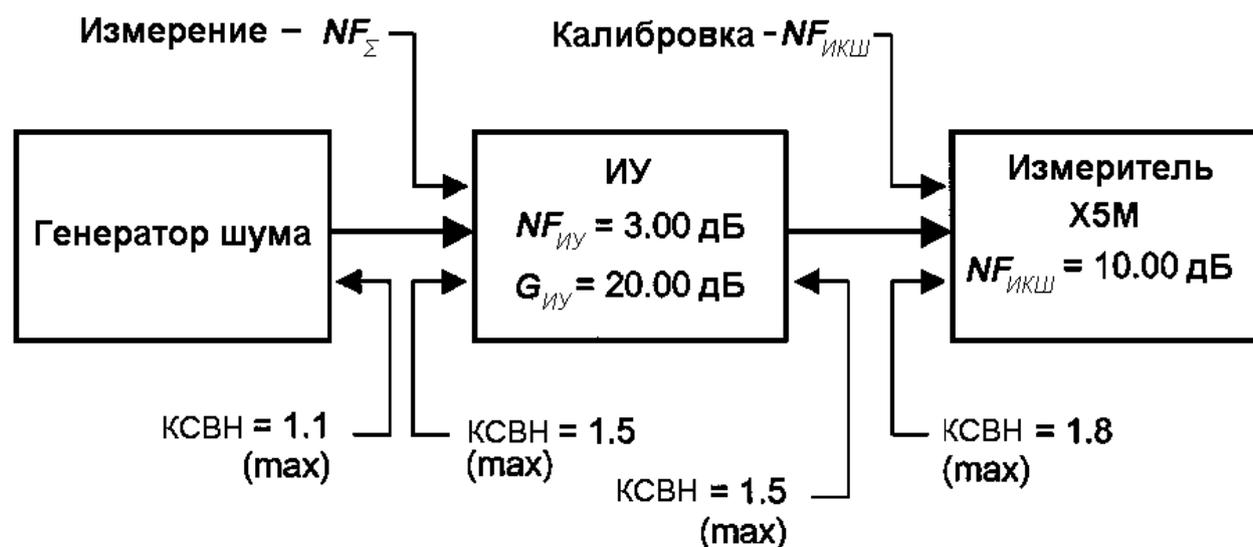


Рисунок Е.1 – Пример измерительной схемы

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)**

$$\delta NF_{\Sigma} = \sqrt{(\delta_{ГШ\_ИУ})^2 + (\delta NF_{нел})^2 + C(\delta ENR_{изм})^2} = \sqrt{0,083^2 + 0,1^2 + 0} = 0,130 \text{ дБ}, \quad (E.2)$$

где  $\delta ENR_{изм}$  – ПГ ИОШТ на частоте измерений;

**б) Рассчитайте  $\delta NF_{ИКШ}$  (дБ)**

$$\begin{aligned} \delta NF_{ИКШ} &= \sqrt{(\delta_{ГШ\_ИКШ})^2 + (\delta NF_{нел})^2 + C(\delta ENR_{кал})^2 + (\delta F_{фл})^2 + (\delta F_z)^2} = \\ &= \sqrt{0,119^2 + 0,1^2 + 0 + 0,03^2 + 0,5^2} = 0,524 \text{ дБ} \end{aligned} \quad (E.3)$$

где  $\delta ENR_{кал}$  – ПГ ИОШТ на частоте калибровки;

**в) Рассчитайте  $\delta G_{ИУ}$  (дБ)**

$$\begin{aligned} \delta G_{ИУ,дБ} &= \sqrt{(\delta_{ГШ\_ИУ})^2 + (\delta_{ГШ\_ИКШ})^2 + (\delta_{ИУ\_ИКШ})^2 + (\delta G_{нел})^2 + C(\delta ENR_{изм})^2 + (\delta G_{фл})^2} = \\ &= \sqrt{0,083^2 + 0,119^2 + 0,511^2 + 0,15^2 + 0 + 0,03^2} = 0,553 \text{ дБ}. \end{aligned} \quad (E.4)$$

#### Шаг 5. Расчет итоговой погрешности измерения КШ

Подставляя соответствующие значения в уравнение (Е.1), получим:

$$\begin{aligned}
\delta NF_{HY} &= \sqrt{\left(\frac{F_{\Sigma}}{F_{HY}} \delta NF_{\Sigma}\right)^2 + \left(\frac{F_{HKW}}{F_{HY} G_{HY}} \delta NF_{HKW}\right)^2 + \left(\frac{F_{HKW}-1}{F_{HY} G_{HY}} \delta G_{HY, \partial B}\right)^2 + S \left(\left(\frac{F_{\Sigma}}{F_{HY}} - \frac{F_{HKW}}{F_{HY} G_{HY}}\right) \delta ENR\right)^2} = \\
&= \sqrt{\left(\frac{2,085}{1,995} 0,171\right)^2 + \left(\frac{10}{1,995 \cdot 100} 0,524\right)^2 + \left(\frac{10-1}{1,995 \cdot 100} 0,553\right)^2 + 1 \cdot \left(\left(\frac{2,085}{1,995} - \frac{10}{1,995 \cdot 100}\right) \cdot 0,1\right)^2} = 0,172 \partial B.
\end{aligned}$$

**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