

**C1205, C1207, C1209, C1214, C1220, C1409,  
C1420, C2209, C2409, C2220, C2420, C4209,  
C4409, C4220, C4420**

## **АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ ВЕКТОРНЫЕ**

**РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**  
Технические характеристики

РЭ 6687–125–21477812–2015

Версия 25.2 28.07.2025





АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ ВЕКТОРНЫЕ

C1205, C1207, C1209, C1214, C1220

C1409, C1420

C2209, C2409, C2220, C2420

C4209, C4409, C4220, C4420

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Часть 1

Технические характеристики

Июль 2025 г

## Содержание

<b>1 Введение</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Меры безопасности при эксплуатации</b> .....	<b>6</b>
<b>3 Описание и принцип работы</b> .....	<b>8</b>
3.1 Назначение .....	8
3.2 Состав .....	9
3.3 Технические характеристики .....	17
3.3.1 Основные технические характеристики .....	17
3.3.2 Справочные технические характеристики .....	26
3.3.3 Функциональные возможности .....	48
3.4 Устройство и принцип работы .....	59
<b>4 Подготовка к работе</b> .....	<b>66</b>
4.1 Распаковывание и повторное упаковывание .....	66
4.1.1 Распаковывание .....	66
4.1.2 Упаковывание .....	67
4.2 Общие положения .....	68
4.3 Внешний осмотр .....	69
4.4 Чистка соединителей .....	69
4.5 Проверка присоединительных размеров .....	71
4.6 Подключение и отключение устройств .....	73
4.7 Порядок включения и выключения прибора .....	75
<b>5 Порядок работы</b> .....	<b>76</b>
5.1 Расположение органов управления .....	76
5.2 Передняя панель .....	91
5.3 Задняя панель .....	94
5.4 Порядок проведения измерений .....	98
<b>6 Поверка</b> .....	<b>108</b>
<b>7 Проверка работоспособности</b> .....	<b>109</b>
<b>8 Техническое обслуживание</b> .....	<b>109</b>
8.1 Общие указания .....	109
8.2 Порядок проведения технического обслуживания .....	109

## Содержание

9 Текущий ремонт .....	111
10 Хранение .....	112
11 Транспортирование .....	112
12 Приложение А (справочное) Обзор приборов .....	114

## 1 Введение

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для изучения устройства, принципа действия, правил использования, транспортирования и хранения анализаторов цепей векторных (далее – анализатор или прибор).

Руководство по эксплуатации состоит из двух частей.

В первой части содержатся общие сведения об анализаторах, приведены основные и справочные технические характеристики, указаны состав, условия эксплуатации, транспортирования и хранения.

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

Перед началом эксплуатации анализаторов необходимо ознакомиться с настоящим руководством и методикой поверки для контроля метрологических характеристик.

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

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

---

### ВНИМАНИЕ!

Документ является результатом и творческого труда и интеллектуальной деятельности сотрудников предприятия-изготовителя. Не допускается использование данного документа, равно как и его части, без указания наименования документа и наименования предприятия-изготовителя.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ коммерческое использование данного документа, равно как и его части, без письменного согласия предприятия-изготовителя.

---

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

## 2 Меры безопасности при эксплуатации

При эксплуатации прибора необходимо соблюдать требования: ГОСТ IEC 61010-1-2014, «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок».

---

ВНИМАНИЕ!


К работе с прибором могут быть допущены лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с электро- и радиоизмерительными приборами.


---

---

ВНИМАНИЕ!

Перед включением прибора в сеть следует проверить исправность кабеля питания, при подключении к сети – надежность заземления.

Заземление прибора рекомендуется производиться через кабель питания, подключаемый к сетевому соединителю прибора и трехполюсной розетке сети. Дополнительно рекомендуется соединить клемму «», расположенную на задней панели прибора, с шиной защитного заземления.

До начала работы с прибором его корпус (клемма «») должен быть соединен с корпусом измеряемого устройства.

Разрыв линии защитного заземления может сделать работу с прибором опасной.

---

---

ЗАПРЕЩАЕТСЯ

Производить соединение или разъединение кабеля питания при включенном приборе.

Нарушать защитные пломбы, производить самостоятельный ремонт.

---

## Защита от электростатического разряда

На рабочем месте должны быть приняты меры по обеспечению защиты от воздействия статического электричества по ГОСТ IEC TR 61340-5-2-2021.

---

### ВНИМАНИЕ!

Для предотвращения повреждения анализатора и персонала важно руководствоваться методами обращения со статически чувствительными устройствами, описанными в отраслевых стандартах.

---

---

Защита от электростатического разряда очень важна при подключении к прибору, либо при отключении от него измеряемого устройства. Статическое электричество может накопиться на вашем теле и при разряде повредить чувствительные элементы внутренних цепей либо прибора, либо измеряемого устройства.

### ВНИМАНИЕ!

Для предотвращения повреждения оператора и анализатора чаще всего используется антистатическая браслетная система. В этом случае соблюдайте следующее:

- используйте заземленный проводящий настольный коврик под измеряемым устройством;
  - надевайте на руку заземленный антистатический браслет, подсоединенный к заземленному проводящему настольному коврику через последовательно подключенный резистор 1 МОм.
-

### 3 Описание и принцип работы

#### 3.1 Назначение

Анализаторы цепей векторные предназначены для измерений комплексных коэффициентов передачи и отражения (элементов матрицы рассеяния) многополюсников.

Область применения – проверка, настройка и разработка различных радиотехнических устройств в условиях промышленного производства и лабораторий, в том числе в составе автоматизированных измерительных стендов.

Таблица 1 – Полное торговое наименование, тип, обозначение и номера

<b>Анализаторы цепей векторные</b> <b>C1205, C1207, C1209, C1214, C1220, C2209, C2220, C4209, C4220</b> <b>C1409, C1420, C2409, C2420, C4409, C4420</b>	
Регистрационный номер Государственного реестра	65960-16
Свидетельство об утверждении типа	RU.C.35.639.A № 64437

Для работы в автоматизированных измерительных стендах анализаторы цепей векторные поддерживают дистанционное управление по протоколам COM, TCP/IP Socket.

### 3.2 Состав

Анализаторы отличаются друг от друга верхней границей диапазона рабочих частот, количеством измерительных портов, расположенных на передней панели, наличием соединителей для прямого доступа к входам измерительных и опорных приемников, а также наличием соединителей для подключения расширителей по частоте. Функциональные особенности кратко перечислены в таблице 2 и [приложении А](#). Внешний вид анализаторов приведен в п. [Расположение органов управления](#).

Таблица 2 – Функциональные особенности

Анализатор	Диапазон рабочих частот
Двухпортовые приборы	
C1205	от 100 кГц до 4,8 ГГц
C1207	от 100 кГц до 7 ГГц
C1209	от 100 кГц до 9 ГГц
C1214	от 100 кГц до 14 ГГц
C1220	от 100 кГц до 20 ГГц
Четырехпортовые приборы	
C1409	от 100 кГц до 9 ГГц
C1420	от 100 кГц до 20 ГГц
Приборы с переключателями для прямого доступа к приемникам	
C2209	от 100 кГц до 9 ГГц (2 порта)
C2409	от 100 кГц до 9 ГГц (4 порта)
C2220	от 100 кГц до 20 ГГц (2 порта)
C2420	от 100 кГц до 20 ГГц (4 порта)

Анализатор	Диапазон рабочих частот
Приборы с переключками для подключения расширителей частот	
C4209	от 100 кГц до 9 ГГц (2 порта)
C4409	от 100 кГц до 9 ГГц (4 порта)
C4220	от 100 кГц до 20 ГГц (2 порта)
C4420	от 100 кГц до 20 ГГц (4 порта)

Анализаторы работают под управлением внешнего персонального компьютера с установленным программным обеспечением, которое проводит обработку информации и выполняет функцию пользовательского интерфейса. Для связи с персональным компьютером используется интерфейс USB 2.0. Персональный компьютер не входит в комплект поставки.

Комплект поставки указан в таблице 3.

Таблица 3 – Комплект поставки

Наименование	Обозначение	Количество, шт
Анализатор цепей векторный, в составе:	C1205 или C1207 или C1209 или C1214 или C1220 или C1409 или C1420 или C2209 или C2409 или C2220 или C2420 или C4209 или C4409 или C4220 или C4420 <sup>1</sup>	1
• Аппаратные опции	AUX	опционально <sup>2</sup>
Кабель питания	–	1
USB кабель	–	1
USB flash накопитель, содержащий:	–	1
• Программное обеспечение	S2VNA или S4VNA	1

Наименование	Обозначение	Количество, шт
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Программные опции</li> </ul>	– <sup>3</sup>	опционально <sup>4</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Руководство по эксплуатации</li> </ul>	РЭ 6687–125–21477812–2015	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Методику поверки</li> </ul>	РТ-МП-3531-441-2016 (РНДМ.468166.002 МП)	1
Формуляр	ФО 6687-125-21477812-2015	1
Принадлежности	–	–

**ПРИМЕЧАНИЯ:**

1 Конкретная модель анализатора определяется при заказе.

2 Наличие аппаратных опций определяется по отдельному заказу.

3 Обозначение дополнительного программного обеспечения и опций см. во части II руководства по эксплуатации

4 Наличие программных опций определяется по отдельному заказу и подтверждается файлом лицензии и бумажным экземпляром лицензии на право пользования. Файл лицензии и установочные файлы программных опций находятся на USB flash накопителе из комплекта поставки анализатора.

5 Программное обеспечение совместно с документацией может поставляться на другом носителе информации.

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

7 Руководство по эксплуатации содержит две части.

Каждый из анализаторов имеет опцию AUX (дополнительную функциональную возможность), наличие которой определяется при заказе. При выборе указанной опции в состав прибора включается плата двухканального вольтметра постоянного тока, позволяющая измерять и отображать значения напряжений синхронно с перестройкой по частоте во время измерений комплексных коэффициентов передачи и отражения.

Необходимые для эксплуатации анализаторов принадлежности, к которым относятся измерительные кабели и переходы, а также средства калибровки, приведены в таблице 4. Указанные принадлежности поставляются по отдельному заказу. Комплект из одних принадлежностей может применяться в составе с несколькими приборами. Допускается использовать коммерчески доступные принадлежности любых производителей с аналогичными параметрами.

Таблица 4 – Принадлежности

<b>Принадлежности</b>
<a href="#"><u>Кабели измерительные</u></a>
<a href="#"><u>Переходы измерительные</u></a>
<a href="#"><u>Автоматические калибровочные модули</u></a>
<a href="#"><u>Наборы мер</u></a>
<a href="#"><u>Ключи тарированные</u></a>

Измерительные кабели предназначены для подключения многопортовых исследуемых устройств (ИУ) к портам анализатора. Рекомендуемые кабели указаны в таблице 5.

Таблица 5 – Кабели измерительные

<b>Наименование</b>	<b>Обозначение</b>	<b>Производитель</b>
<b>Прецизионные</b>		
Кабель измерительный	TESTPRO3	Radiall
Кабель измерительный	NTC195	Flexco Microwave
Кабель измерительный	CBL	ООО "ПЛАНАР"
<b>Общего применения</b>		
Кабель измерительный	C50	ООО "ПЛАНАР"

Наименование	Обозначение	Производитель
Кабель измерительный	КС18А, КСФ26	НПФ Микран
ПРИМЕЧАНИЕ – Количество кабелей и типы их соединителей определяются при заказе.		

Для предотвращения поломки кабелей следует использовать переходы. Перечень рекомендуемых переходов указан в таблице 6.

Таблица 6 – Переходы измерительные

Наименование	Обозначение	Производитель
<b>Прецизионные</b>		
Переход измерительный	05S121, 05K121, 03S121, 03K121, 03S105, 03K105, 03KR121, 03KR105	Rosenberger
Переход измерительный	ADP1A	ООО "ПЛАНАР" (НПК Таир)
Переход измерительный	ПКН2	НПФ Микран
ПРИМЕЧАНИЕ – Количество переходов и типы их соединителей определяются при заказе.		

Средства калибровки предназначены для выполнения коррекции ошибок перед использованием, позволяющей существенно снизить погрешность измерений комплексных коэффициентов передачи и отражения.

Для калибровки анализаторов могут использоваться автоматические калибровочные модули, наборы мер с резистивными согласованными нагрузками или с согласованными нагрузками с подвижным поглотителем, а также наборы мер с отрезками прецизионных линий передачи. Перечень рекомендуемых средств калибровки приведен в таблицах 7-10, требования к параметрам нагрузок из состава наборов мер перечислены в таблице 9.

Таблица 7 – Автоматические калибровочные модули

Наименование	Обозначение	Производитель
<b>Прецизионные</b>		
Автоматический калибровочный модуль	АСМ, АСП	ООО "ПЛАНАР"
ПРИМЕЧАНИЕ – Количество и типы автоматических калибровочных модулей определяются при заказе.		

Таблица 8 – Набор мер

Наименование	Обозначение	Производитель
<b>Прецизионные</b>		
Набор мер коэффициентов передачи и отражения	ZV-Z270, ZV-Z235	Rohde & Schwarz
<b>Общего применения</b>		
Набор мер коэффициентов передачи и отражения	85032F, 85054B, 85033E, 85052B	Keysight Technologies
Набор мер коэффициентов передачи и отражения	НКММ	НПФ Микран
Комплект мер калибровочных	N9.1, N18.1	ООО "ПЛАНАР"
ПРИМЕЧАНИЕ – Количество и типы наборов калибровочных мер определяются при заказе.		

Таблица 9 – Рекомендуемые параметры нагрузок из состава набора мер

Наименование характеристики	Значение
Модуль коэффициента отражения нагрузок согласованных, не более	0,050
Абсолютная погрешность определения действительных значений модуля коэффициента отражения нагрузок согласованных в диапазоне частот:	
от 0 до 10 ГГц	±0,005
св. 10 до 20 ГГц	±0,008
Модуль коэффициента отражения нагрузок короткозамкнутых и холостого хода, не менее	0,970
Абсолютная погрешность определения действительных значений фазы коэффициента отражения нагрузок короткозамкнутых и холостого хода в диапазоне частот, градус:	
от 0 до 10 ГГц	±1,0
св. 10 до 20 ГГц	±1,5

Для предотвращения поломки соединителей и обеспечения максимальной повторяемости результата измерений подключение устройств рекомендуется выполнять с помощью тарированных ключей. Перечень рекомендуемых ключей приведен в таблице 10.

**ВНИМАНИЕ!**

Затягивание соединителей следует выполнять с помощью тарированного ключа с нормированным значением крутящего момента:

- от 1,1 до 1,5 Н·м для соединителей тип N и III;
- от 0,8 до 1,0 Н·м для соединителей тип 3,5 мм и IX.

Таблица 10 – Ключи тарированные

<b>Наименование</b>	<b>Обозначение</b>	<b>Производитель</b>
Ключ тарированный	КТ	НПФ Микран
Ключ тарированный	АNO TW	Anoison
Ключ тарированный	TW-3	НПК Таир
Ключ тарированный	B19T135	Arance
ПРИМЕЧАНИЕ – Количество и типы ключей определяются при заказе.		

### 3.3 Технические характеристики

#### 3.3.1 Основные технические характеристики

Диапазоны и пределы погрешностей измерений комплексных коэффициентов передачи и отражения приведены для рабочего диапазона температур окружающей среды и при изменении температуры не более чем на  $\pm 1$  °С после выполнения полной однопортовой (только для коэффициента отражения) или полной двухпортовой калибровки при уровне выходной мощности 0 дБм.

Для получения указанных в таблице 11 пределов погрешности измерений модуля и фазы коэффициентов передачи и отражения следует применять прецизионные измерительные кабели, переходы и средства калибровки. При использовании принадлежностей общего применения пределы погрешности могут быть увеличены. В этом случае для определения действительных значений погрешности необходимо использовать МИ 3411-2013 «Государственная система обеспечения единства измерений. Анализаторы цепей векторные. Методика определения метрологических характеристик».

Метрологические и технические характеристики анализаторов приведены в таблицах 11 и 12, нескорректированные параметры в таблице 13, эффективные (скорректированные) параметры в таблице 14.

Таблица 11 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон рабочих частот, МГц:	
C1205	от 0,1 до 4800
C1207	от 0,1 до 7000
C1209, C2209, C4209, C1409, C2409, C4409 <sup>1</sup>	от 0,1 до 9000
C1214	от 0,1 до 14000
C1220, C2220, C4220, C1420, C2420, C4420	от 0,1 до 20000
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты источника выходного сигнала	$\pm 2 \cdot 10^{-6}$

Наименование характеристики	Значение характеристики
<p>Диапазон установки уровня выходной мощности, дБм:</p> <p>C1205</p> <p>C1207, C1209, C2209, C4209, C1409, C2409, C4409</p> <p>C1214, C1220, C2220, C4220, C1420, C2420, C4420</p>	<p>от минус 60 до плюс 10</p> <p>от минус 60 до плюс 15</p> <p>от минус 60 до плюс 10</p>
<p>Пределы допускаемой относительной погрешности установки уровня выходной мощности, дБ</p>	<p>±1,5</p>
<p>Диапазон измерений модуля коэффициента отражения</p>	<p>от 0 до 1</p>
<p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения <a href="#">2, 3, 4</a></p>	<p><math>\pm[Ed + (Er-1) \cdot  S_{ii}  + Es \cdot  S_{ii} ^2]</math></p>
<p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения, градус <a href="#">5</a></p>	<p><math>\pm[1,0+(180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta  S_{ii}  /  S_{ii} )]</math></p>
<p>Диапазон измерений модуля коэффициента передачи в диапазоне частот, дБ:</p> <p>C1205:</p> <p>от 100 кГц до 1 МГц</p> <p>св. 1 МГц до верхней границы</p> <p>C1207, C1209, C2209, C4209, C1409, C2409, C4409:</p> <p>от 100 кГц до 1 МГц</p> <p>св. 1 МГц до 8 ГГц</p>	<p>от минус 90 до 10</p> <p>от минус 133 до 10</p> <p>от минус 90 до 15</p> <p>от минус 133 до 15</p>

Наименование характеристики	Значение характеристики
<p>св. 8 ГГц до верхней границы</p> <p>C1214, C1220, C4220, C1420, C4420:</p> <p>от 100 кГц до 1 МГц</p> <p>св. 1 МГц до верхней границы</p> <p>C2220, C2420:</p> <p>от 100 кГц до 1 МГц</p> <p>св. 1 МГц до верхней границы</p>	<p>от минус 123 до 15</p> <p>от минус 100 до 0</p> <p>от минус 123 до 10</p> <p>от минус 100 до 0</p> <p>от минус 120 до 10</p>
<p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи <a href="#">6, 7</a></p>	$\pm  S_{ji}  \cdot [(E_t - 1) + E_s \cdot  S_{ii}  + E_l \cdot  S_{jj}  + E_x \cdot  S_{ji} ^{-1} + L \cdot  S_{ji} ^2]$
<p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента передачи, градус <a href="#">8</a></p>	$\pm [0,5 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta  S_{ji}  /  S_{ji} )]$
<p>Уровень собственного шума приёмников в диапазоне частот, дБм/Гц, не более:</p> <p>C1205, C1207, C1209, C2209, C4209, C1409, C2409, C4409:</p> <p>от 100 кГц до 1 МГц</p> <p>св. 1 МГц до 8 ГГц</p> <p>св. 8 ГГц до верхней границы</p> <p>C1214, C1220, C4220, C1420, C4420:</p> <p>от 100 кГц до 1 МГц</p> <p>св. 1 МГц до верхней границы</p> <p>C2220, C2420:</p> <p>от 100 кГц до 1 МГц</p> <p>св. 1 МГц до верхней границы</p>	<p>минус 100</p> <p>минус 143</p> <p>минус 133</p> <p>минус 110</p> <p>минус 133</p> <p>минус 110</p> <p>минус 130</p>

Наименование характеристики	Значение характеристики
<p>Среднее квадратическое отклонение трассы при измерении модуля коэффициентов передачи и отражения в диапазоне частот и полосе фильтра промежуточной частоты 3 кГц, дБ, не более:</p> <p>C1205, C1207, C1209, C2209, C4209, C1409, C2409, C4409:</p> <p>от 100 кГц до 1 МГц</p> <p>св. 1 МГц до верхней границы</p> <p>C1214, C1220, C2220, C4220, C1420, C2420, C4420:</p> <p>от 100 кГц до 1 МГц</p> <p>св. 1 МГц до верхней границы</p>	<p>0,005</p> <p>0,001</p> <p>0,020</p> <p>0,001</p>

**ПРИМЕЧАНИЯ:**

1 Верхняя граница диапазона рабочих частот для C4209, C4409 составляет 9600 МГц. Метрологические характеристики для указанных анализаторов в диапазоне частот свыше 9000 МГц не нормируются.

2 Пределы погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения нормированы для двухполюсников или четырехполюсников с бесконечным ослаблением.

3 В формуле приняты следующие обозначения:

- $|S_{ii}|$  – действительный (или измеренный) модуль коэффициента отражения исследуемого устройства (далее – ИУ) в линейном масштабе;
- $\Delta|S_{ii}|$  – предел допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения в линейном масштабе;
- $|S_{ii}|$  и  $\Delta|S_{ii}|$  являются безразмерными.

4 В формуле приняты следующие обозначения:

- $E_d$  – эффективная направленность;
- $E_r$  – эффективный трекинг отражения;

Наименование характеристики	Значение характеристики
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>E_s</math> – эффективное согласование источника.</li> </ul> <p>Эффективные (скорректированные) параметры анализаторов приведены в таблице 14.</p>	
<p>5 Погрешность фазы нормируется в диапазоне модуля коэффициента отражения <math> S_{ii} </math> от 0,018 до 1,000 (от минус 35 до 0 дБ).</p>	
<p>6 В формуле приняты следующие обозначения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math> S_{ji} </math> – действительный (или измеренный) модуль коэффициента передачи в линейном масштабе;</li> <li>• <math> S_{ii} </math> и <math> S_{jj} </math> – действительный (или измеренный) модуль коэффициента отражения входа и выхода ИУ в линейном масштабе;</li> <li>• <math>\Delta S_{ji} </math> – предел допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи в линейном масштабе;</li> <li>• <math> S_{ji} </math>, <math> S_{ii} </math>, <math> S_{jj} </math> и <math>\Delta S_{ji} </math> являются безразмерными.</li> </ul>	
<p>7 В формуле приняты следующие обозначения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>E_t</math> – эффективный трекинг передачи;</li> <li>• <math>E_l</math> – эффективное согласование нагрузки;</li> <li>• <math>L = L_0 \cdot 10^{\frac{P_{\text{ВЫХ}}}{10}}</math> – коэффициент, характеризующий нелинейность амплитудной характеристики приёмников;</li> <li>• <math>P_{\text{ВЫХ}}</math> – уровень выходной мощности при измерении, дБм;</li> <li>• <math>E_x = 10^{\frac{D + 10 \lg(\frac{\Delta f_{\text{ПЧ.М}}}{\Delta f_{\text{ПЧ.Н}})} - P_{\text{ВЫХ}}}{20}}</math> – максимальный уровень собственного шума (изоляция);</li> <li>• <math>D</math> – нижняя граница диапазона измерений модуля коэффициента передачи, дБ;</li> <li>• <math>\Delta f_{\text{ПЧ.М}}</math> – ширина полосы пропускания фильтра промежуточной частоты при измерении, Гц;</li> <li>• <math>\Delta f_{\text{ПЧ.Н}}</math> – номинальная ширина полосы пропускания фильтра промежуточной частоты, равная 1 Гц.</li> </ul> <p>Эффективные (скорректированные) параметры приведены в таблице 14. Параметры <math>E_x</math> и <math>L_0=L</math> указаны для уровня выходной мощности 0 дБм и полосы фильтра промежуточной частоты 1 Гц.</p> <p>8 В формуле <math>\Delta S_{ji} </math> и <math> S_{ji} </math> приведены в линейном масштабе.</p>	

Таблица 12 – Основные технические характеристики

Наименование характеристики	Значение характеристики
<p>Количество измерительных портов:</p> <p>C1205, C1207, C1209, C1214, C1220, C2209, C2220, C4209, C4220</p> <p>C1409, C1420, C2409, C2420, C4409, C4420</p>	<p>2</p> <p>4</p>
<p>Параметры измерительных портов:</p> <p>тип соединителей:</p> <p>C1205, C1207, C1209, C1214, C2209, C4209, C1409, C2409, C4409</p> <p>C1220, C2220, C4220, C1420, C2420, C4420</p> <p>волновое сопротивление, Ом</p> <p>нескорректированные параметры, дБ, не менее</p>	<p>N, розетка</p> <p>NMD 3,5 мм, вилка</p> <p>50</p> <p>см. таблицу 13</p>
<p>Подключение к компьютеру для управления:</p> <p>тип соединителя</p> <p>интерфейс</p>	<p>USB B</p> <p>USB 2.0</p>
<p>Напряжение питания от сети переменного тока частотой 50 Гц, В</p>	<p>от 198 до 242</p>
<p>Потребляемая мощность, Вт, не более:</p> <p>C1205, C1207, C1209, C2209</p> <p>C1214, C1220, C2220</p> <p>C1409, C2409</p>	<p>40</p> <p>110</p> <p>75</p>

Наименование характеристики	Значение характеристики
C1420, C2420	200
C4209	75
C4409	145
C4220	145
C4420	270
Время установления рабочего режима, мин, не более	40
Время непрерывной работы, ч, не менее	16
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм, не более:	
C1205, C1207, C1209	425 × 235 × 96
C2209, C4209, C1409, C2409, C4409	355 × 440 × 96
C1214, C1220, C2220, C4220	430 × 440 × 140
C1420, C2420, C4420	600 × 440 × 140
Масса, кг, не более:	
C1205, C1207, C1209	5,5
C2209, C4209	7,0
C1409, C2409, C4409	10,0
C1214, C1220, C2220, C4220	14,0
C1420, C2420, C4420	22,0

Наименование характеристики	Значение характеристики
Рабочие условия эксплуатации:	
температура окружающего воздуха, °С	от плюс 5 до плюс 40
относительная влажность воздуха при температуре плюс 25 °С, %, не более	90
атмосферное давление, кПа	от 70,0 до 106,7

Таблица 13 – Нескорректированные параметры

Диапазон частот	Направленность, дБ	Согласование источника, дБ	Согласование нагрузки, дБ
С1205, С1207, С1209, С4209, С1409, С4409			
от 100 кГц до 1 МГц	12	12	12
св. 1 МГц до верхней границы	18	20	20
С2209, С2409			
от 100 кГц до 1 МГц	12	12	12
св. 1 МГц до верхней границы	15	15	15
С1214, С1220, С2220, С4220, С1420, С2420, С4420			
от 100 кГц до 1 МГц	10	10	10
св. 1 МГц до 10 ГГц	20	15	15
св. 10 ГГц до верхней границы	15	15	15

Таблица 14 – Эффективные (скорректированные) параметры

Диапазон частот	Ed	Es	EI	(Er-1)	(Et-1)	Ex	LO
C1205							
от 100 кГц до 1 МГц	0,005	0,010	0,005	0,006	0,012	$3,2 \cdot 10^{-5}$	$1,15 \cdot 10^{-3}$
св. 1 МГц до верхней границы	0,005	0,010	0,005	0,006	0,006	$2,2 \cdot 10^{-7}$	$1,15 \cdot 10^{-3}$
C1207, C1209, C2209, C4209, C1409, C2409, C4409							
от 100 кГц до 1 МГц	0,005	0,010	0,005	0,006	0,012	$3,2 \cdot 10^{-5}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$
св. 1 МГц до 8 ГГц	0,005	0,010	0,005	0,006	0,006	$2,2 \cdot 10^{-7}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$
св. 8 ГГц до 9 ГГц	0,005	0,010	0,005	0,006	0,006	$0,7 \cdot 10^{-6}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$
C1214, C1220, C4220, C1420, C4420							
от 100 кГц до 1 МГц	0,005	0,010	0,005	0,006	0,023	$1,0 \cdot 10^{-5}$	0,0
св. 1 МГц до 10 ГГц	0,005	0,010	0,005	0,006	0,006	$0,7 \cdot 10^{-6}$	$1,15 \cdot 10^{-3}$
св. 10 ГГц до верхней границы	0,008	0,013	0,008	0,012	0,006	$0,7 \cdot 10^{-6}$	$1,15 \cdot 10^{-3}$

Диапазон частот	Ed	Es	EI	(Er-1)	(Et-1)	Ex	L0
C2220, C2420							
от 100 кГц до 1 МГц	0,005	0,010	0,005	0,006	0,023	$1,0 \cdot 10^{-5}$	0,0
св. 1 МГц до 10 ГГц	0,005	0,010	0,005	0,006	0,006	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$1,15 \cdot 10^{-3}$
св. 10 ГГц до верхней границы	0,008	0,013	0,008	0,012	0,006	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$1,15 \cdot 10^{-3}$

### 3.3.2 Справочные технические характеристики

Таблица 15 – Справочные технические характеристики

Наименование характеристики	Значение характеристики
Частота	
Минимальный шаг установки частоты, Гц	1
Минимальное время измерения на одной частоте, мкс:	
C1205, C1207, C1209, C2209, C4209, C1409, C2409, C4409	10
C1214, C1220, C2220, C4220, C1420, C2420, C4420	12
Время на переключение порта источника на порт приёмника, мс, не более	10
Время измерений при количестве точек 1601 в рабочем диапазоне частот, полосе	

Наименование характеристики	Значение характеристики
<p>пропускания фильтра промежуточной частоты 1 МГц и выполненной двухпортовой калибровки, мс:</p> <p>C1205, C1207, C1209, C2209, C4209, C1409, C2409, C4409</p> <p>C1214, C1220, C2220, C4220, C1420, C2420, C4420</p>	<p>33,3</p> <p>40,8</p>
Количество точек измерений	от 2 до 500 001
<b>Выходная мощность</b>	
Минимальный шаг изменения выходной мощности, дБ	0,05
<b>Спектр выходного сигнала</b>	
Относительный уровень гармонических составляющих спектра выходного сигнала в диапазоне частот, дБн, не более <sup>1</sup>	минус 25
Относительный уровень негармонических составляющих спектра выходного сигнала, дБн, не более <sup>1</sup>	минус 30
<b>Полоса измерительного фильтра</b>	
<p>Полоса пропускания фильтра промежуточной частоты (с коэффициентом 1/1,5/2/3/5/7), Гц:</p> <p>C1220, C2220</p> <p>C1205, C1207, C1209, C2209, C4209, C4220, C1214, C1409, C1420, C2409, C2420, C4409, C4420</p>	<p>от 1 до 1·10<sup>6</sup></p> <p>от 1 до 2·10<sup>6</sup></p>

Наименование характеристики	Значение характеристики
<b>Динамический диапазон</b>	
<p>Динамический диапазон при полосе пропускания фильтра промежуточной частоты 1 Гц, дБ, не менее:</p> <p><b>C1205:</b></p> <p>от 100 кГц до 1 МГц</p> <p>св. 1 МГц до верхней границы</p> <p><b>C1207, C1209, C2209, C4209, C1409, C2409, C4409:</b></p> <p>от 100 кГц до 1 МГц</p> <p>св. 1 МГц до 8 ГГц</p> <p>св. 8 ГГц до верхней границы</p> <p><b>C1214, C1220, C4220, C1420, C4420:</b></p> <p>от 100 кГц до 1 МГц</p> <p>св. 1 МГц до верхней границы</p> <p><b>C2220, C2420:</b></p> <p>от 100 кГц до 1 МГц</p> <p>св. 1 МГц до верхней границы</p>	<p>110</p> <p>153</p> <p>115</p> <p>158</p> <p>148</p> <p>120</p> <p>143</p> <p>120</p> <p>140</p>
<b>Коэффициент передачи и отражения</b>	
<p>Отклонение результата измерений модуля коэффициента передачи и отражения при изменении температуры окружающей среды, дБ/°С, не более</p>	<p>0,02</p>

Наименование характеристики	Значение характеристики
Пределные входные сигналы	
Максимально допустимый уровень входной мощности на измерительном порту, дБм	26
Максимально допустимое входное напряжение постоянного тока на измерительном порту, В	35
Приборы с перемычками для прямого доступа к приёмникам	
<p>Максимальный рабочий уровень входной мощности, дБм:</p> <p>C2209, C2409:</p> <p style="padding-left: 40px;">«REF IN»</p> <p style="padding-left: 40px;">«SOURCE IN»</p> <p style="padding-left: 40px;">«MEAS IN»</p> <p>C2220, C2420:</p> <p style="padding-left: 40px;">«REF IN»</p> <p style="padding-left: 40px;">«SOURCE IN»</p> <p style="padding-left: 40px;">«MEAS IN»</p>	<p>минус 3</p> <p>плюс 15</p> <p>минус 3</p> <p>минус 5</p> <p>плюс 10</p> <p>минус 5</p>
<p>Максимально допустимый уровень входной мощности, дБм:</p> <p style="padding-left: 40px;">«REF IN», «REF OUT»</p> <p style="padding-left: 40px;">«SOURCE IN», «SOURCE OUT»</p> <p style="padding-left: 40px;">«MEAS IN», «MEAS OUT»</p>	<p>плюс 13</p> <p>плюс 26</p> <p>плюс 13</p>

Наименование характеристики	Значение характеристики
<p>Максимально допустимое входное напряжение постоянного тока, В:</p> <p>«REF IN», «REF OUT»</p> <p>«SOURCE IN», «SOURCE OUT»</p> <p>«MEAS IN», «MEAS OUT»</p>	<p>0</p> <p>35</p> <p>0</p>
<p>Диапазон установки уровня выходной мощности «SOURCE OUT», дБм:</p> <p>C2209, C2409</p> <p>C2220, C2420</p>	<p>от минус 60 до плюс 15</p> <p>от минус 60 до плюс 10</p>
<p>Приборы с переключателями для подключения расширителей по частоте</p>	
<p>Максимальный рабочий уровень входной мощности, дБм:</p> <p>C4209, C4409:</p> <p>«A IN», «B IN», «T IN»</p> <p>«LO IN»</p> <p>«R IN»</p> <p>C4220, C4420:</p> <p>«A IN», «B IN», «T IN»</p> <p>«LO IN»</p> <p>«R IN»</p>	<p>0</p> <p>плюс 3</p> <p>0</p> <p>0</p> <p>плюс 10</p> <p>0</p>

Наименование характеристики	Значение характеристики
<p>Максимально допустимый уровень входной мощности, дБм:</p> <p>C4209, C4409:</p> <p>«A IN», «A OUT», «B IN», «B OUT», «T IN», «T OUT»</p> <p>«LO IN», «LO OUT»</p> <p>«R IN», «R OUT»</p> <p>C4220, C4420:</p> <p>«A IN», «A OUT», «B IN», «B OUT», «T IN», «T OUT»</p> <p>«LO IN», «LO OUT»</p> <p>«R IN», «R OUT»</p>	<p></p> <p>плюс 13</p> <p>плюс 10</p> <p>плюс 13</p> <p></p> <p>плюс 13</p> <p>плюс 13</p> <p>плюс 13</p>
<p>Максимально допустимое входное напряжение постоянного тока, В:</p> <p>C4209, C4409:</p> <p>«A IN», «A OUT», «B IN», «B OUT», «T IN», «T OUT»</p> <p>«LO IN», «LO OUT»</p> <p>«R IN», «R OUT»</p> <p>C4220, C4420:</p> <p>«A IN», «A OUT», «B IN», «B OUT», «T IN», «T OUT»</p> <p>«LO IN», «LO OUT»</p>	<p></p> <p>0</p> <p>10</p> <p>0</p> <p></p> <p>0</p> <p>0</p>

Наименование характеристики	Значение характеристики
«R IN», «R OUT»	0
<p>Диапазон установки уровня выходной мощности гетеродинного сигнала «LO OUT», дБм:</p> <p>C4209, C4409: от 3,9 ГГц до 9 ГГц</p> <p>C4220, C4420: от 3,9 ГГц до 20 ГГц</p>	<p>от минус 6 до плюс 3</p> <p>от минус 6 до плюс 6</p>
<p>Диапазон установки уровня выходной мощности испытательного сигнала «RF OUT», дБм:</p> <p>C4209, C4409: от 100 кГц до 9,6 ГГц</p> <p>C4220, C4420: от 100 кГц до 20 ГГц</p>	<p>от минус 60 до плюс 15</p> <p>от минус 60 до плюс 10</p>
Номинальная частота ПЧ по входам «A IN», «B IN», «R IN», «T IN», МГц:	
C4209, C4220, C4420, C4409:	15,45
<b>Опорный генератор</b>	
<p>Вход внешнего опорного генератора:</p> <p>соединитель</p> <p>тип соединителя</p>	<p>«10 MHz Ref In/Out»</p> <p>BNC, розетка</p>

Наименование характеристики	Значение характеристики
частота опорного генератора, МГц	10
уровень мощности входного сигнала, дБм	от 0 до +4
входное сопротивление, $\Omega$	50
Выход опорного генератора «10 MHz Ref Out:	
соединитель	«10 MHz Ref In/Out»
тип соединителя	BNC, розетка
частота опорного генератора, МГц	10
уровень мощности выходного сигнала на нагрузке 50 $\Omega$ , дБм	от +1 до +5
Триггер	
Вход триггера для внешнего запуска:	
соединитель	«Ext Trig In»
тип соединителя	BNC, розетка
амплитуда входного сигнала (ТТЛ-совместимый), В	от 0 до 5
напряжение высокого уровня, В	от 2,7 до 5
напряжение низкого уровня, В	от 0 до 0,5
минимальная длительность, мкс	2
входное сопротивление, к $\Omega$ , не менее	10

Наименование характеристики	Значение характеристики
Выход триггера:	
соединитель	«Ext Trig Out»
тип соединителя	BNC, розетка
максимальный выходной ток, мА	20
напряжение низкого уровня, В	0
напряжение высокого уровня, В	3,5
<b>Вольтметр постоянного тока (опция AUX)</b>	
Входы «AUX In1» и «AUX In2»:	
диапазон измерений напряжения постоянного тока, В	от минус 1 до плюс 1 от минус 10 до плюс 10
пределы допускаемой относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока, %	±1
входное сопротивление, кΩ, не менее	10
количество каналов	2
тип соединителя	BNC, розетка
<b>Требования к компьютеру</b>	
Операционная система	Windows 7 и выше
<p>ПРИМЕЧАНИЕ – Уровень гармонических и негармонических составляющих определяется в диапазоне частот от 1 МГц до верхней границы и при выходной мощности 0 дБм для C1205, C1207, C1209, C2209, C4209, C1409, C2409, C4409 и минус 5 дБм для C1214, C1220, C2220, C4220, C1420, C2420, C4420.</p>	

Таблица 16 – Дополнительная форма представления погрешности измерений для анализаторов С1205, С1207, С1209, С2209, С4209, С1409, С2409, С4409

Наименование характеристики	Значение характеристики
<p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения в диапазоне его значений:</p> <p>от минус 15 до 0 дБ</p> <p>от минус 25 до минус 15 дБ</p> <p>от минус 35 до минус 25 дБ</p>	<p><math>\pm 0,4</math> дБ / <math>\pm 3^\circ</math></p> <p><math>\pm 1,0</math> дБ / <math>\pm 6^\circ</math></p> <p><math>\pm 3,0</math> дБ / <math>\pm 20^\circ</math></p>
<p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи в диапазоне его значений в диапазоне частот:</p> <p>от 100 кГц до 1 МГц:</p> <p>от плюс 5 до плюс 15 дБ</p> <p>от минус 30 до плюс 5 дБ</p> <p>от минус 50 до минус 30 дБ</p> <p>от минус 70 до минус 50 дБ</p> <p>св. 1 МГц до 8 ГГц:</p> <p>от плюс 5 до плюс 15 дБ</p> <p>от минус 70 до плюс 5 дБ</p> <p>от минус 90 до минус 70 дБ</p> <p>от минус 110 до минус 90 дБ</p>	<p><math>\pm 0,2</math> дБ / <math>\pm 2^\circ</math></p> <p><math>\pm 0,1</math> дБ / <math>\pm 1^\circ</math></p> <p><math>\pm 0,2</math> дБ / <math>\pm 2^\circ</math></p> <p><math>\pm 1,0</math> дБ / <math>\pm 6^\circ</math></p> <p><math>\pm 0,2</math> дБ / <math>\pm 2^\circ</math></p> <p><math>\pm 0,1</math> дБ / <math>\pm 1^\circ</math></p> <p><math>\pm 0,2</math> дБ / <math>\pm 2^\circ</math></p> <p><math>\pm 1,0</math> дБ / <math>\pm 6^\circ</math></p>

Наименование характеристики	Значение характеристики
<p>св. 8 ГГц до верхней границы:</p> <p>от плюс 5 до плюс 15 дБ</p> <p>от минус 60 до плюс 5 дБ</p> <p>от минус 80 до минус 60 дБ</p> <p>от минус 100 до минус 80 дБ</p>	<p><math>\pm 0,2</math> дБ / <math>\pm 2^\circ</math></p> <p><math>\pm 0,1</math> дБ / <math>\pm 1^\circ</math></p> <p><math>\pm 0,2</math> дБ / <math>\pm 2^\circ</math></p> <p><math>\pm 1,0</math> дБ / <math>\pm 6^\circ</math></p>
<p>Эффективные параметры в диапазоне частот:</p> <p>от 100 кГц до 1 МГц:</p> <p>направленность, дБ, не менее</p> <p>согласование источника, дБ, не менее</p> <p>согласование нагрузки, дБ, не менее</p> <p>трекинг отражения, дБ</p> <p>трекинг передачи, дБ</p> <p>св. 1 МГц до верхней границы:</p> <p>направленность, дБ, не менее</p> <p>согласование источника, дБ, не менее</p> <p>согласование нагрузки, дБ, не менее</p> <p>трекинг отражения, дБ</p> <p>трекинг передачи, дБ</p>	<p>+46</p> <p>40</p> <p>46</p> <p><math>\pm 0,05</math></p> <p><math>\pm 0,10</math></p> <p>46</p> <p>40</p> <p>46</p> <p><math>\pm 0,05</math></p> <p><math>\pm 0,05</math></p>

Наименование характеристики	Значение характеристики
<p><b>ПРИМЕЧАНИЯ:</b></p> <p>1 Характеристики, указанные в настоящей таблице, являются справочными и предназначены для упрощения расчета погрешности модуля и фазы коэффициентов передачи и отражения во время эксплуатации.</p> <p>2 Для анализатора С1205 верхняя граница диапазона измерений модуля коэффициента передачи 10 дБ.</p>	

Таблица 17 – Дополнительная форма представления погрешности измерений для анализаторов С1214, С1220, С2220, С4220, С1420, С2420, С4420

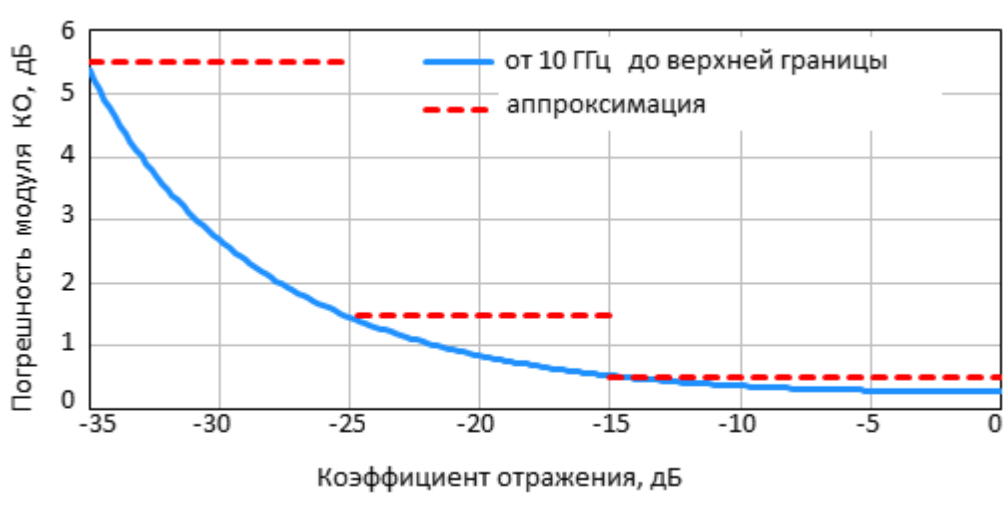
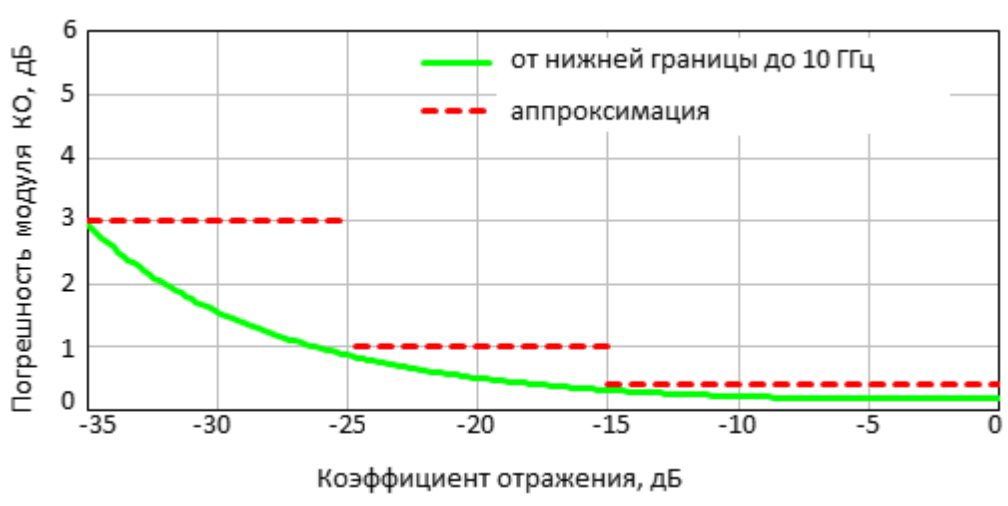
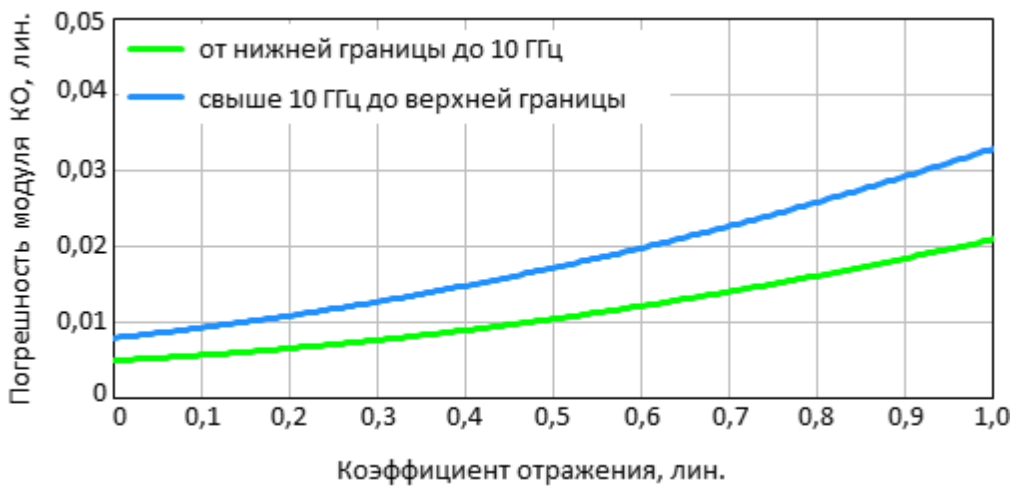
Наименование характеристики	Значение характеристики
<p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения в диапазоне его значений в диапазоне частот:</p> <p>от 100 кГц до 10 ГГц:</p> <p>от минус 15 до 0 дБ</p> <p>от минус 25 до минус 15 дБ</p> <p>от минус 35 до минус 25 дБ</p> <p>св. 10 ГГц до верхней границы:</p> <p>от минус 15 до 0 дБ</p> <p>от минус 25 до минус 15 дБ</p> <p>от минус 35 до минус 25 дБ</p>	<p><math>\pm 0,4</math> дБ / <math>\pm 3^\circ</math></p> <p><math>\pm 1,0</math> дБ / <math>\pm 6^\circ</math></p> <p><math>\pm 3,0</math> дБ / <math>\pm 20^\circ</math></p> <p><math>\pm 0,5</math> дБ / <math>\pm 4^\circ</math></p> <p><math>\pm 1,5</math> дБ / <math>\pm 10^\circ</math></p> <p><math>\pm 5,5</math> дБ / <math>\pm 30^\circ</math></p>
<p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля и фазы</p>	

Наименование характеристики	Значение характеристики
коэффициента передачи в диапазоне его значений в диапазоне частот:	
от 100 кГц до 1 МГц:	
от минус 40 до 0 дБ	$\pm 0,2$ дБ / $\pm 2^\circ$
от минус 60 до минус 40 дБ	$\pm 0,3$ дБ / $\pm 3^\circ$
от минус 80 до минус 60 дБ	$\pm 1,1$ дБ / $\pm 7^\circ$
св. 1 МГц до верхней границы:	
от 0 до плюс 10 дБ	$\pm 0,2$ дБ / $\pm 2^\circ$
от минус 60 до 0 дБ	$\pm 0,1$ дБ / $\pm 1^\circ$
от минус 80 до минус 60 дБ	$\pm 0,2$ дБ / $\pm 2^\circ$
от минус 100 до минус 80 дБ	$\pm 1,0$ дБ / $\pm 6^\circ$
Эффективные параметры в диапазоне частот:	
от 100 кГц до 1 МГц:	
направленность, дБ, не менее:	46
согласование источника, дБ, не менее	40
согласование нагрузки, дБ, не менее	46
трекинг отражения, дБ	$\pm 0,05$
трекинг передачи, дБ	$\pm 0,20$
св. 1 МГц до 10 ГГц:	

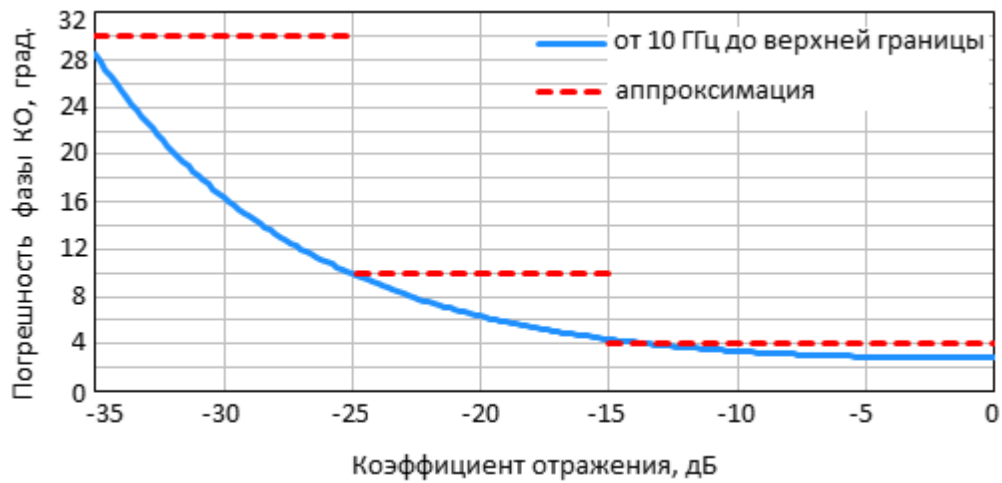
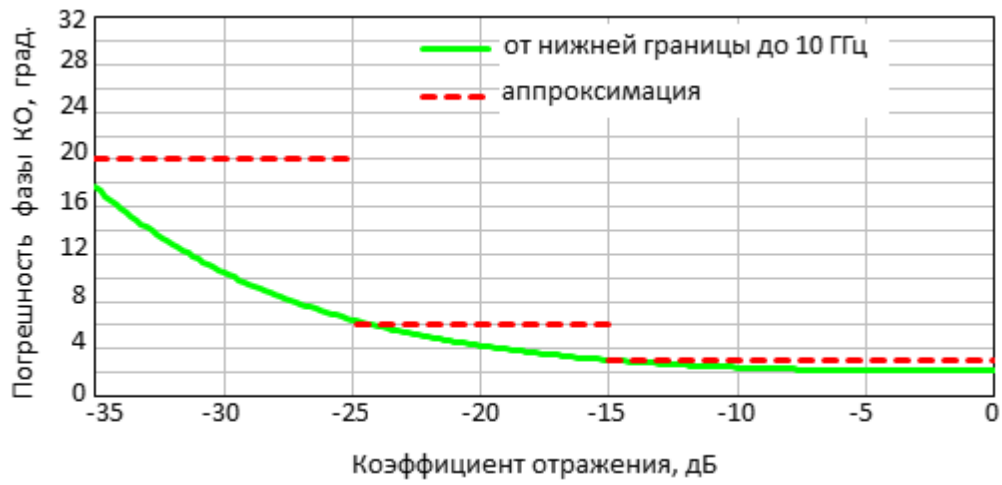
Наименование характеристики	Значение характеристики
направленность, дБ, не менее:	46
согласование источника, дБ, не менее	40
согласование нагрузки, дБ, не менее	46
трекинг отражения, дБ	$\pm 0,05$
трекинг передачи, дБ	$\pm 0,05$
св. 10 ГГц до верхней границы:	
направленность, дБ, не менее:	42
согласование источника, дБ, не менее	38
согласование нагрузки, дБ, не менее	42
трекинг отражения, дБ	$\pm 0,10$
трекинг передачи, дБ	$\pm 0,05$
<p>ПРИМЕЧАНИЕ – Характеристики, указанные в настоящей таблице, являются справочными и предназначены для упрощения расчета погрешности модуля и фазы коэффициентов передачи и отражения во время эксплуатации.</p>	

Ниже представлена погрешность измерений модуля и фазы коэффициентов передачи и отражения в графическом виде.

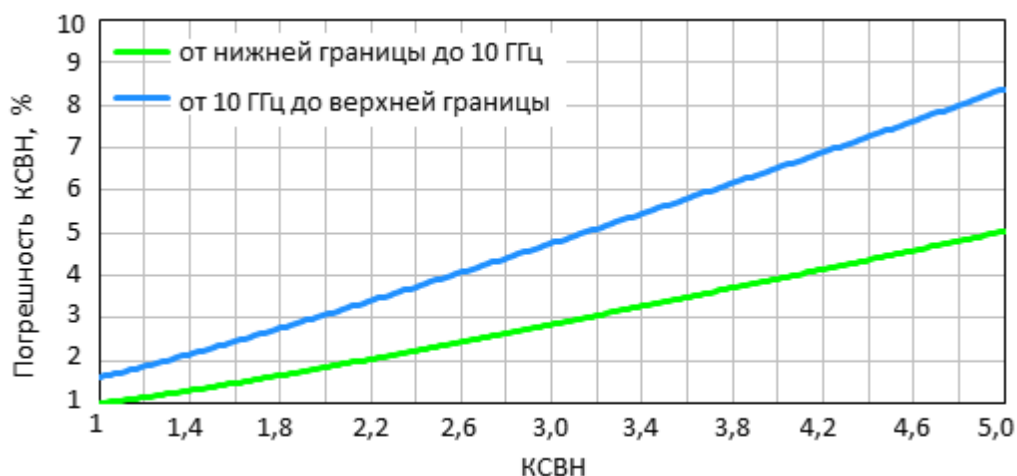
## Погрешность измерений модуля коэффициента отражения



## Погрешность измерений фазы коэффициента отражения



## Погрешность измерений коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН)



Пределы допускаемой погрешности измерений КСВН выражаются в процентах и определяются по формуле:

$$\delta K_{\text{CTU}} = \pm [2 \cdot \Delta |S_{ii}| \cdot 100] / [1 - |S_{ii}|^2 - \Delta |S_{ii}| \cdot (|S_{ii}| + 1)]$$

В формуле приняты следующие обозначения (см. таблицу 11):

$\delta K_{\text{CTU}}$  – пределы допускаемой погрешности измерений КСВН в процентах;

$|S_{ii}|$  – действительный (или измеренный) модуль коэффициента отражения исследуемого устройства (далее - ИУ) в линейном масштабе;

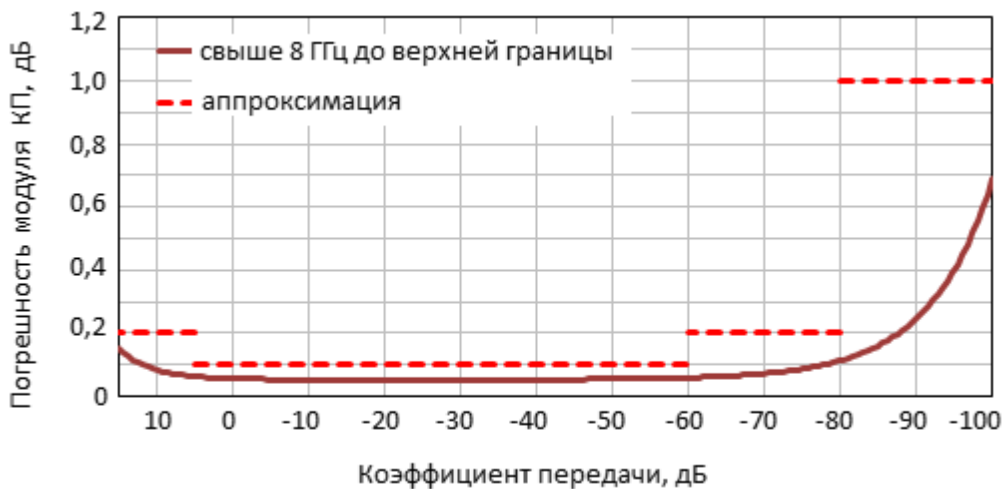
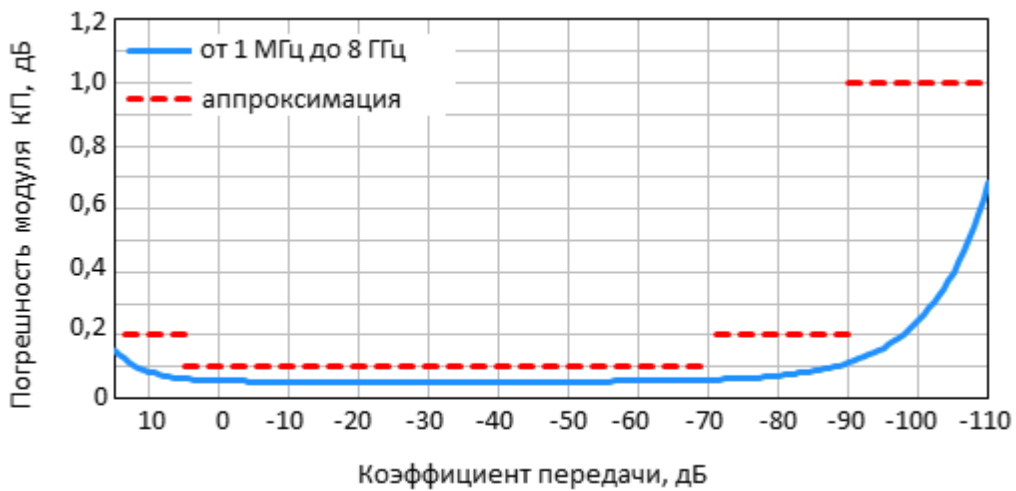
$\Delta |S_{ii}|$  – предел допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения в линейном масштабе;

$|S_{ii}|$  и  $\Delta |S_{ii}|$  являются безразмерными.

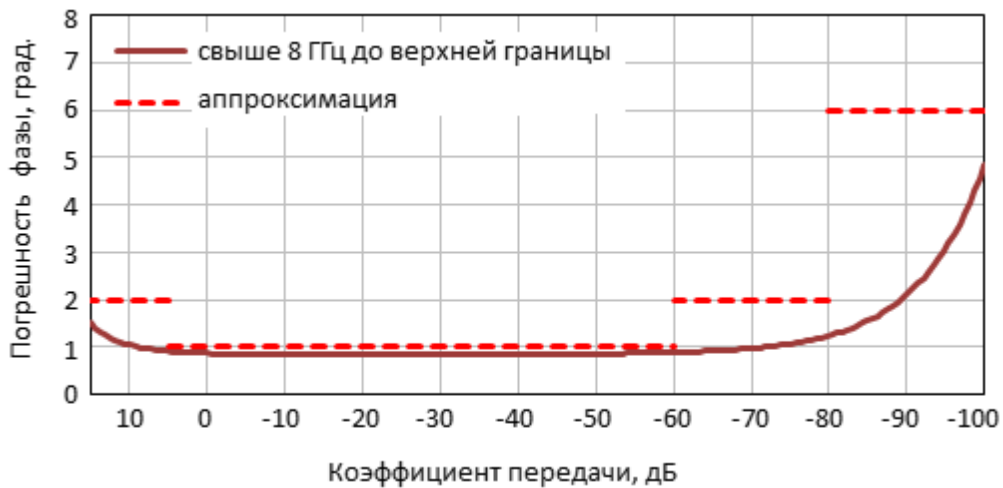
Таблица 18 – Дополнительная форма представления погрешности измерений КСВН

Наименование характеристики	Значение характеристики
Пределы допускаемой погрешности измерений КСВН в диапазоне значений КСВН от 1 до 5 в диапазоне частот:	
от 100 кГц до 10 ГГц	$\pm 1,0 \cdot K_{\text{CTU}} \%$
свыше 10 ГГц до верхней границы	$\pm 1,5 \cdot K_{\text{CTU}} \%$
Примечание – Характеристики, указанные в настоящей таблице, являются справочными и предназначены для упрощения расчета погрешности модуля и фазы коэффициентов передачи и отражения во время эксплуатации.	

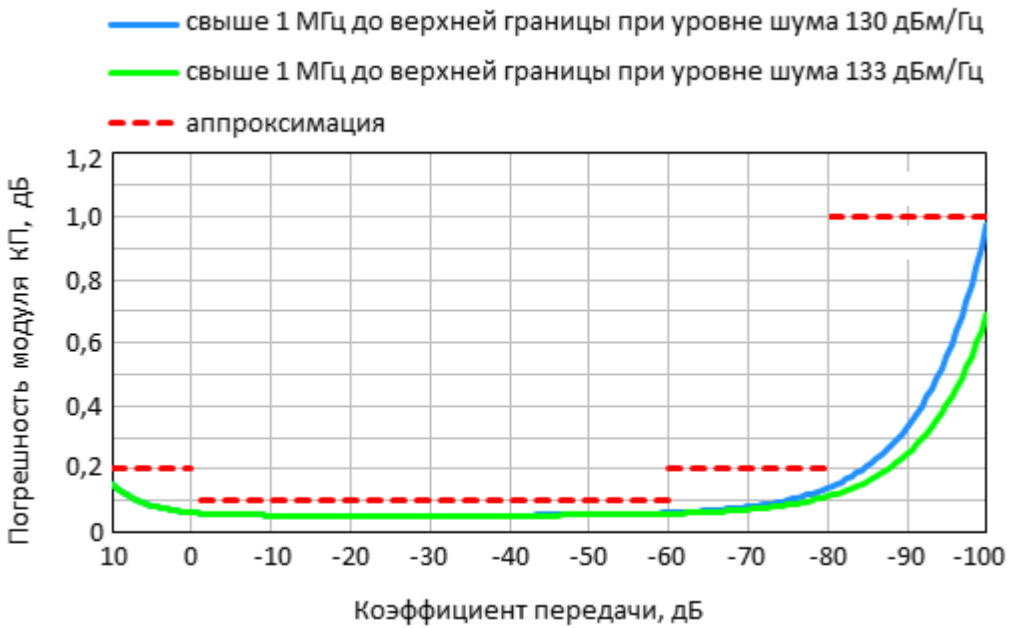
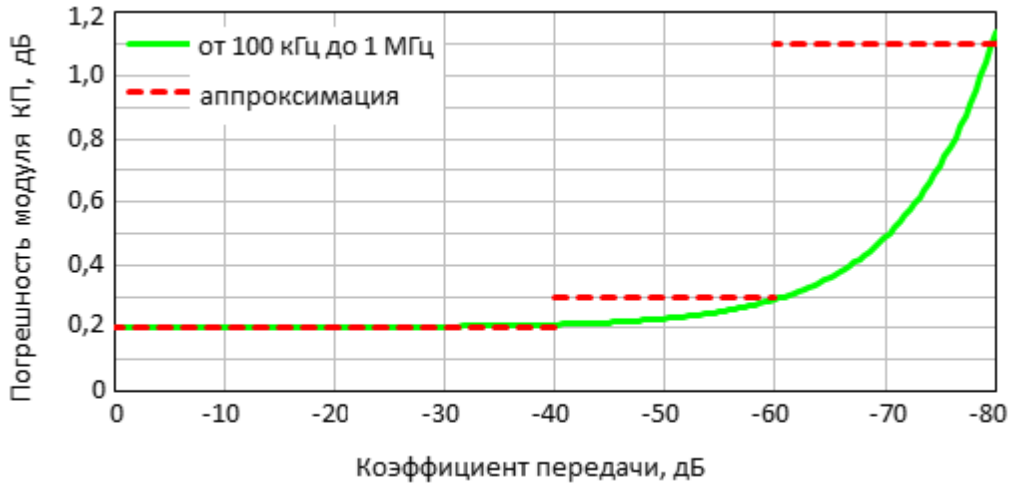
**Погрешность измерений модуля коэффициента передачи  
согласованных устройств анализаторов С1205, С1207, С1209, С2209,  
С4209, С1409, С2409, С4409**



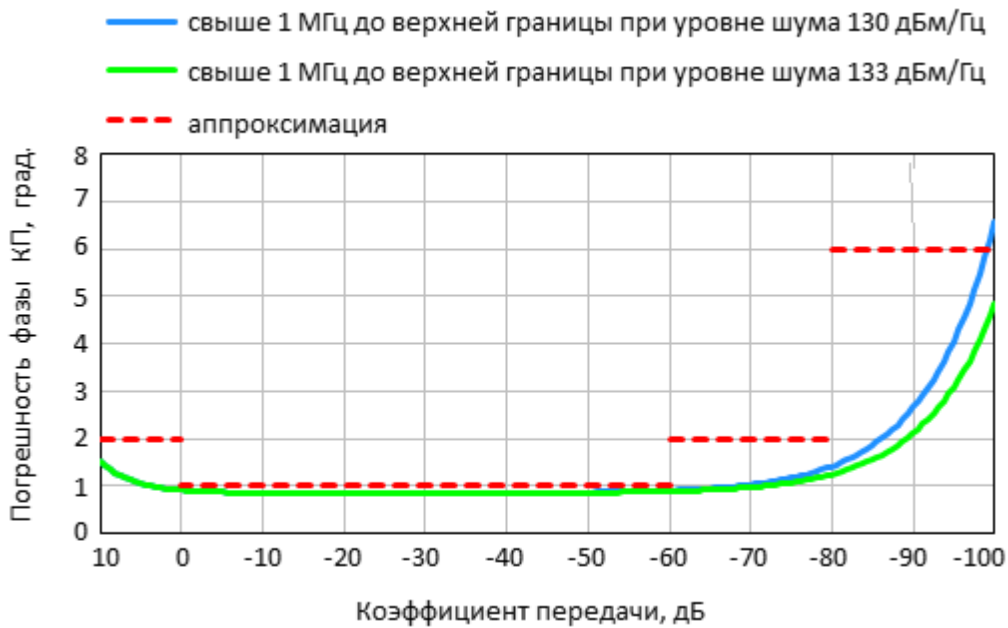
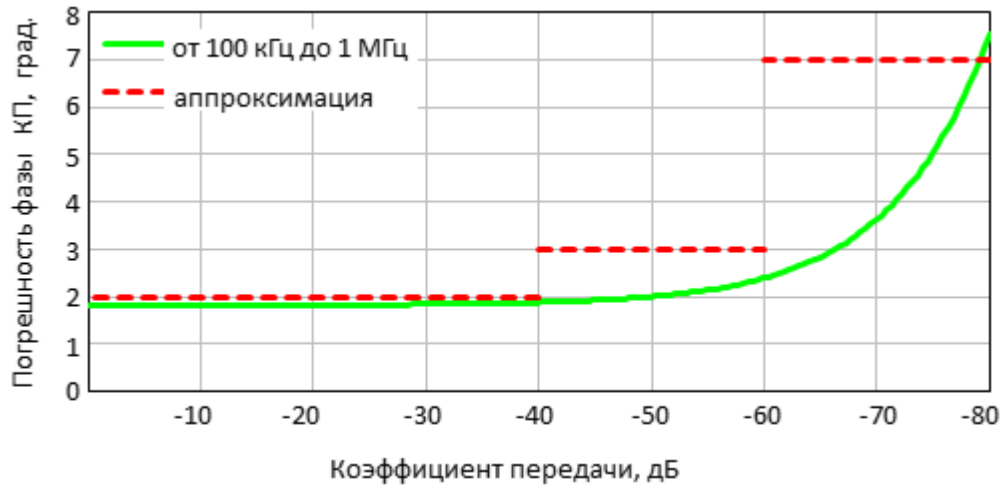
## Погрешность измерений фазы коэффициента передачи согласованных устройств анализаторов С1205, С1207, С1209, С2209, С4209, С1409, С2409, С4409



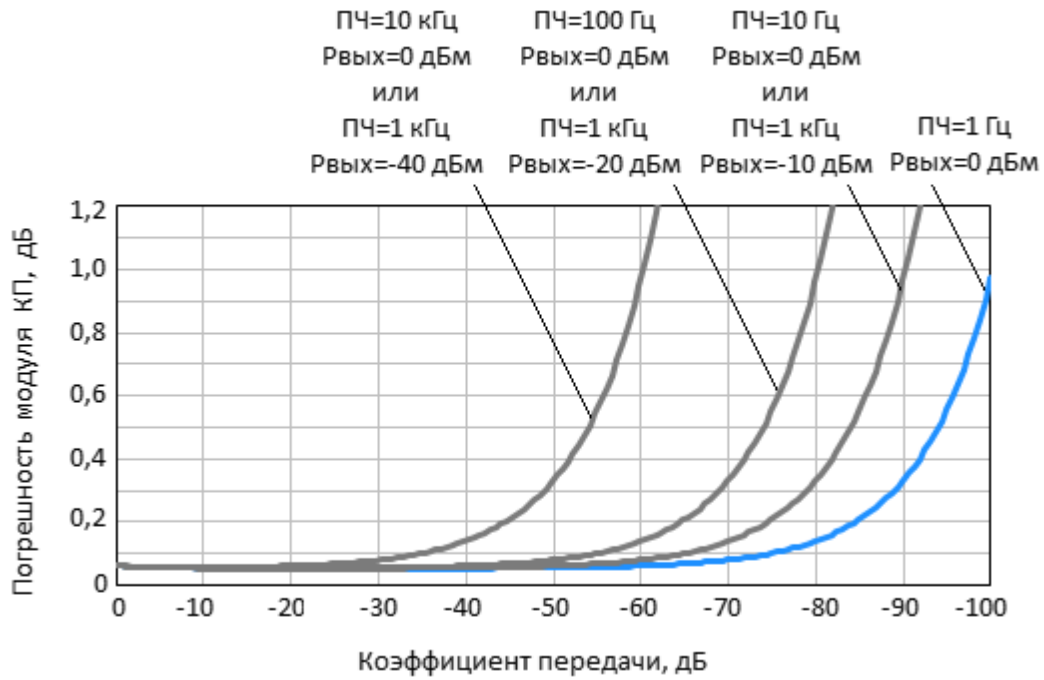
**Погрешность измерений модуля коэффициента передачи согласованных устройств анализаторов С1214, С1220, С2220, С4220, С1420, С2420, С4420**



**Погрешность измерений фазы коэффициента передачи согласованных устройств анализаторов C1214, C1220, C2220, C4220, C1420, C2420, C4420**



**Погрешность измерений модуля коэффициента передачи согласованных устройств в зависимости от полосы пропускания фильтра промежуточной частоты и уровня выходной мощности**



### 3.3.3 Функциональные возможности

Функциональные возможности приборов разделены на следующие группы:

<a href="#">Общие сведения</a>
<a href="#">Управление источником сигнала</a>
<a href="#">Возможности индикации</a>
<a href="#">Калибровка</a>
<a href="#">Калибровка мощности и приемников</a>
<a href="#">Функции маркеров</a>
<a href="#">Анализ данных</a>
<a href="#">Измерение устройств с переносом частоты</a>
<a href="#">Другие возможности</a>
<a href="#">Удаленное управление</a>

Общие сведения	
Измеряемые параметры	<p>Для двухпортовых приборов:</p> <p>S11, S12, S22, S22</p> <p>Для четырехпортовых приборов:</p> <p>S11, S12, S13, S14</p> <p>S21, S22, S23, S24</p> <p>S31, S32, S33, S34</p> <p>S41, S42, S43, S44</p> <p>Абсолютная мощность сигнала на входе опорного и измерительного приёмника каждого порта.</p>

Число каналов	От 1 до 16 логических каналов. Логический канал представлен в виде отдельного окна на экране. Логический канал определяет параметры стимулирующего сигнала: частотный диапазон, число точек измерения, мощность сигнала и другие.
Число графиков	От 1 до 16 графиков данных в каждом логическом канале. Графики представляют различные характеристики исследуемого устройства, включая S-параметры, графики отклика во временной области, графики зависимости от входной мощности и другие.
Память графиков	Каждый из 16 графиков данных в логическом канале может быть запомнен для последующего сравнения с текущими данными.
Форматы графиков	Амплитуда в логарифмическом масштабе, амплитуда в линейном масштабе, фаза, фаза расширенная, групповое время запаздывания, коэффициент стоячей волны по напряжению, реальная часть, мнимая часть, диаграмма Вольперта-Смита, полярная диаграмма.
<b>Управление источником сигнала</b>	
Типы сканирования	Сканирование частоты с фиксированной мощностью: линейное, логарифмическое, сегментное. Сканирование мощности с фиксированной частотой: линейное.
Сегментное сканирование	Разновидность сканирования частоты с возможностью задания нескольких сегментов. В каждом сегменте задаются граничные частоты, число точек, мощность источника, полоса ПЧ.
Управление мощностью	Мощность источника регулируется в пределах от минус 60 дБм до плюс 10 дБм с шагом 0,05 дБ. В режиме сканирования частоты с фиксированной мощностью имеется возможность задать наклон

	уровня мощности до 2 дБ/ГГц для компенсации затухания высоких частот во внешних кабелях.
Запуск развертки	Возможность выбора вида запуска развертки: повтор, однократно, стоп. Возможность выбора источника запуска: внутренний, ручной, внешний, программный.
<b>Возможности индикации</b>	
Виды графиков	Выбор индицируемых графиков: измеряемые данные, память данных, либо одновременная индикация данных и памяти.
Математика	Возможность модификации графика данных путем осуществления математической операции между графиком данных и памятью. Математические операции включают: сложение, вычитание, умножение, деление комплексных чисел.
Автомасштабирование	Автоматический выбор цены деления и опорного уровня, с тем, чтобы график измеряемой величины занимал по возможности большую часть экрана.
Электрическая задержка	Смещение плоскости калибровки для компенсации задержки в измерительной установке. Компенсация электрической задержки в самом исследуемом устройстве при измерении отклонения фазы от линейного закона.
Смещение фазы	Позволяет ввести смещение графика фазы в градусах.
<b>Повышение точности измерений</b>	
Калибровка	Калибровка измерительной установки, включающей прибор, кабели и адаптеры, позволяет значительно снизить ошибки измерения. Калибровка позволяет скорректировать следующие систематические

	ошибки измерения, которые вызваны не идеальностью измерительной системы: амплитудная и фазовая неравномерность, конечная направленность, несогласованность порта источника и приемника, конечная развязка портов.
Виды калибровок	<p>Приборы поддерживают различные виды калибровок, отличающиеся по сложности выполнения и по погрешности измерений:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• нормализация отражения и передачи;</li> <li>• полная однопортовая калибровка;</li> <li>• однонаправленная двухпортовая калибровка;</li> <li>• полная 2/3/4-портовая калибровка;</li> <li>• 2/3/4-портовая TRL калибровка.</li> </ul>
Нормализация отражения и передачи	Наиболее простой вид калибровки. Обладает низкой точностью.
Полная однопортовая калибровка	Вид калибровки, который используется при измерении отражения однопортовых устройств. Обладает высокой точностью.
Однонаправленная двухпортовая калибровка	Вид калибровки, который используется при измерении отражения и передачи в одном направлении, например при измерении только S11 и S21. Обладает высокой точностью при измерении отражения и средней точностью при измерении передачи.
Полная 2/3/4-портовая калибровка	Вид калибровки, который используется при измерении полной матрицы S-параметров 2/3/4-портового устройства. Метод так же называют SOLT: Short, Open, Load, Thru. Обладает высокой точностью.

2/3/4-портовая калибровка	TRL	Вид калибровки, который используется при измерении полной матрицы S-параметров 2/3/4-портового устройства. Поддерживаются также LRL и LRM модификации данной калибровки. Обладает более высокой точностью, чем полная 2/3/4-портовая калибровка.
Механические комплекты калибровочных мер		Пользователь может выбирать из заранее определенных комплектов калибровочных мер различных производителей или создавать определения собственных калибровочных мер.
Автоматические калибровочные модули		Автоматические калибровочные модули производства ООО «ПЛАНАР» делают процесс калибровки быстрее и проще, чем традиционные механические комплекты калибровочных мер.
Калибровочная мера типа скользящая нагрузка (нагрузка с подвижным поглотителем)		Использование данного типа мер позволяет значительно повысить точность калибровки на высоких частотах по сравнению с фиксированной нагрузкой.
Калибровочная мера типа «неизвестная» перемычка		Использование произвольного взаимного четырехполюсника вместо нулевой перемычки в полной 2/3/4-портовой калибровке позволяет калибровать тестовую установку для измерения устройств с не присоединяемыми соединителями.
Определение калибровочных мер		Поддерживаются определения калибровочных мер как с помощью принятой в отрасли полиномиальной модели, так и на основе данных (S-параметров).
Интерполяция при коррекции ошибок		При изменении пользователем установок источника сигнала по отношению к калибровке, таких как граничные частоты или число точек, производится пересчет калибровочных коэффициентов с использованием интерполяции или экстраполяции.

<b>Дополнительные методы калибровки</b>	
Калибровка мощности	Служит для более точного поддержания заданного уровня мощности на входе исследуемого устройства. Требует применения внешнего измерителя мощности, подключаемого к USB порту непосредственно, либо через переход USB/GPIB.
Калибровка приемников	Калибрует усиление приемников при измерении абсолютной мощности сигнала.
<b>Функции маркеров</b>	
Маркеры данных	До 16 маркеров на каждом графике. Маркер служит для индикации значений стимула и измеряемого значения в заданной точке графика.
Опорный маркер	Включает на всех маркерах режим индикации относительных данных, по отношению к опорному маркеру.
Маркерный поиск	Осуществляет поиск на графике: максимума, минимума, пика, целевого значения.
Дополнительные возможности маркерного поиска	Ограничение диапазона поиска. Переключение между режимами однократного поиска, либо слежения.
Установка параметров с помощью маркеров	Установка начальной, конечной или центральной частоты диапазона с помощью маркеров. Установка опорного уровня графика с помощью значения маркера.
Вычисления с помощью маркеров	Осуществляет вычисление четырех различных функций: статистика, полоса пропускания, неравномерность, параметры фильтра.
Статистика	Функция показывает среднее значение, среднеквадратическое отклонение и разность

	пик-пик для графика в частотном диапазоне, ограниченном двумя маркерами.
Полоса пропускания	Функция осуществляет поиск полосы пропускания по заданному уровню относительно маркера или относительно абсолютного максимума. Показывает для полосы пропускания ее значение, центр, верхнюю и нижнюю границу, добротность, потери.
Неравномерность	Функция показывает усиление, наклон характеристики, неравномерность в частотном диапазоне, ограниченном двумя маркерами.
Параметры фильтра	Функция показывает характеристики полосы пропускания и полосы заграждения фильтра: потери, отклонение пик-пик в полосе пропускания и значение заграждения. Полоса пропускания и полоса заграждения задаются с помощью двух пар маркеров.
<b>Анализ данных</b>	
Преобразование импеданса порта	Функция преобразования данных, измеренных при значении собственного волнового сопротивления порта $50 \Omega$ , в данные которые были бы получены при произвольном значении волнового сопротивления порта.
Исключение цепи	Функция, позволяющая математически исключить влияние цепи, включенной между плоскостью калибровки портов и исследуемым устройством. Цепь должна быть определена матрицей S-параметров, как файл формата Touchstone.
Встраивание цепи	Функция, позволяющая математически получить характеристики нового устройства, полученного встраиванием цепи между плоскостью калибровки портов и исследуемым устройством. Цепь должна быть определена матрицей S-параметров, как файл формата Touchstone.

<p>Преобразование параметров устройства</p>	<p>Возможно преобразование измеряемых S-параметров в следующие характеристики устройства: входное сопротивление и проводимость, проходное сопротивление и проводимость, инверсия S-параметров.</p>
<p>Временная область  (опция TD-9 для приборов с диапазоном рабочих частот до 9 ГГц или TD-20 для приборов с диапазоном рабочих частот до 20 ГГц)</p>	<p>Функция преобразования данных из частотной области в отклик устройства во временной области на различные виды сигналов. Вид моделируемых входных сигналов: радиоимпульс, видеоимпульс, видеоперепад. Диапазон временной области задается пользователем произвольно от нуля до максимума, который определяется установленным шагом по частоте. Используются различные формы окон для достижения компромисса между разрешающей способностью и уровнем паразитных боковых лепестков.</p> <p>Для анализаторов серии Кобальт, приобретенных с 01.06.2023 г, для активации опций TD-9 или TD-20 требуется файл лицензии.</p>
<p>Временная селекция  (опция TD-9 для приборов с диапазоном рабочих частот до 9 ГГц или TD-20 для приборов с диапазоном рабочих частот до 20 ГГц)</p>	<p>Функция математического устранения нежелательных откликов во временной области, позволяет получить частотную характеристику устройства без влияния устройств подключения. Функция использует преобразование во временную область, вырезает заданную пользователем временную область, и использует обратное преобразование для возврата в частотную область. Возможен выбор вида фильтра временной селекции: полосовой или режекторный. Для достижения компромисса между разрешающей способностью и уровнем паразитных боковых лепестков предусмотрены различные формы фильтра: широкая, норма, минимум.</p> <p>Для анализаторов серии Кобальт, приобретенных с 01.06.2023 г, для активации опций TD-9 или TD-20 требуется файл лицензии.</p>

Балансные измерения	Функция балансных измерений преобразует небалансные S-параметры в их балансные аналоги, путём объединения произвольной пары портов в логический балансный порт. Поддерживаются четыре конфигурации измеряемых устройств с различными комбинациями балансных и небалансных портов.
<p><b>Измерение устройств с переносом частоты</b></p> <p><b>(опция MXR-9 для приборов с диапазоном рабочих частот до 9 ГГц или MXR-20 для приборов с диапазоном рабочих частот до 20 ГГц)</b></p>	
Скалярный метод измерения устройств с переносом частоты	<p>Скалярный метод позволяет измерять скалярный коэффициент передачи смесителей и других устройств, у которых входная частота не равна выходной. Метод не требует применения внешних смесителей и других устройств. Скалярный метод использует режим смещения частоты портов, когда частота порта приёмника смещена относительно порта источника.</p> <p>Для анализаторов серии Кобальт, приобретенных с 01.06.2023 г, для активации опции MXR-9 или MXR-20 требуется файл лицензии.</p>
Векторный метод измерения устройств с переносом частоты	<p>Векторный метод позволяет измерять модуль и фазу коэффициента передачи смесителей. Метод требует применения внешнего смесителя, и единого гетеродина для внешнего и исследуемого смесителей.</p> <p>Для анализаторов серии Кобальт, приобретенных с 01.06.2023 г, для активации опции MXR-9 или MXR-20 требуется файл лицензии.</p>
Скалярная калибровка смесителей	<p>Наиболее точный метод калибровки, используемый при измерении смесителей в режиме смещения частоты. Использует калибровочные меры XX, K3, нагрузку. Требуется применения внешнего измерителя мощности, подключаемого к USB порту непосредственно, либо через переход USB/GPIB.</p>

	Для анализаторов серии Кобальт, приобретенных с 01.06.2023 г, для активации опции MXR-9 или MXR-20 требуется файл лицензии.
Векторная калибровка смесителей	<p>Метод калибровки, используемый при векторном измерении смесителей. Использует калибровочные меры XX, K3, нагрузку.</p> <p>Для анализаторов серии Кобальт, приобретенных с 01.06.2023 г, для активации опции MXR-9 или MXR-20 требуется файл лицензии.</p>
Автоматическая подстройка частоты смещения	<p>В режиме смещения частоты позволяет автоматически подстраивать частоту, компенсируя погрешность установки внутреннего гетеродина в исследуемом смесителе.</p> <p>Для анализаторов серии Кобальт, приобретенных с 01.06.2023 г, для активации опции MXR-9 или MXR-20 требуется файл лицензии.</p>
<b>Другие возможности</b>	
Удобный графический интерфейс	Привычный интерфейс, основанный на операционной системе Windows, позволяет ускорить освоение измерителя пользователем.
Распечатка и сохранение графиков	Возможна распечатка графиков и данных на принтере с предварительным просмотром. Для предварительного просмотра используются три различных программы: MS Word, программа просмотра и распечатки изображений из поставки Windows, внутренняя. Это позволяет просмотреть, сохранить на диске и распечатать графики.
<b>Удаленное управление</b>	
COM/DCOM, TCP/IP Socket	Программное обеспечение прибора, работающее на компьютере под управлением ОС Windows, поддерживает следующие протоколы управления прибором и обмена данными с ним: COM-сервер, TCP/IP Socket-сервер. По возможностям

	<p>управления протоколы одинаковы. Пользователь может выбрать любой удобный для него протокол. COM – сервер предоставляет программный интерфейс для вызова своих функций со стороны программ пользователя. TCP/IP Socket – сервер использует обмен текстовыми командами, соответствующими стандарту SCPI. SCPI является стандартом де-факто для управления измерительным оборудованием в мире на данный момент.</p>
--	---

### 3.4 Устройство и принцип работы

Анализаторы отличаются друг от друга верхней границей диапазона рабочих частот, количеством измерительных портов, расположенных на передней панели, наличием соединителей для прямого доступа к входам измерительных и опорных приемников, а также наличием соединителей для подключения расширителей по частоте.

Анализаторы состоят из измерительного блока, выполняющего функцию компаратора, и принадлежностей, к которым относятся измерительные кабели и переходы, а также средства калибровки.

Измерительный блок или компаратор обеспечивает формирование зондирующего сигнала в широком диапазоне частот и мощностей с последующим выделением падающего, прошедшего через исследуемое устройство и отраженного от его входов сигналов, формированием напряжений, пропорциональных этим сигналам с помощью приёмника с преобразованием частоты и предварительную цифровую обработку. Принцип действия основан на измерении отношения амплитуд и разности фаз сигнала источника и сигналов прошедшего или отраженного от исследуемого устройства. Окончательный расчет и отображение результатов измерений комплексных коэффициентов передачи и отражения, как функцию отношений амплитуд и разности фаз от частоты источника сигнала, выполняет внешний управляющий компьютер. Связь с компьютером осуществляется через USB-интерфейс.

Измерительные кабели предназначены для подключения многопортовых исследуемых устройств к портам анализатора. Они должны обладать малой амплитудной и фазовой нестабильностью при изгибе. Для предотвращения поломки кабелей и улучшения повторяемости измерений следует использовать переходы. Средства калибровки предназначены для выполнения штатной процедуры, позволяющей устранить неидеальность измерительного тракта при определении комплексных коэффициентов передачи и отражения и существенно снизить погрешность их измерений. Для калибровки анализаторов могут использоваться автоматические калибровочные модули, наборы мер с резистивными согласованными нагрузками или с согласованными нагрузками с подвижным поглотителем, а также наборы мер с отрезками прецизионных линий передачи.

Анализатор объединяет в одном малогабаритном металлическом корпусе: генераторы испытательного и гетеродинного сигналов, аттенюаторы регулировки мощности, направленные ответвители, многоканальный приёмник, блок управления на базе сигнального процессора и блок питания.

Упрощенная структурная схема двухпортовых анализаторов приведена на рисунке 1.

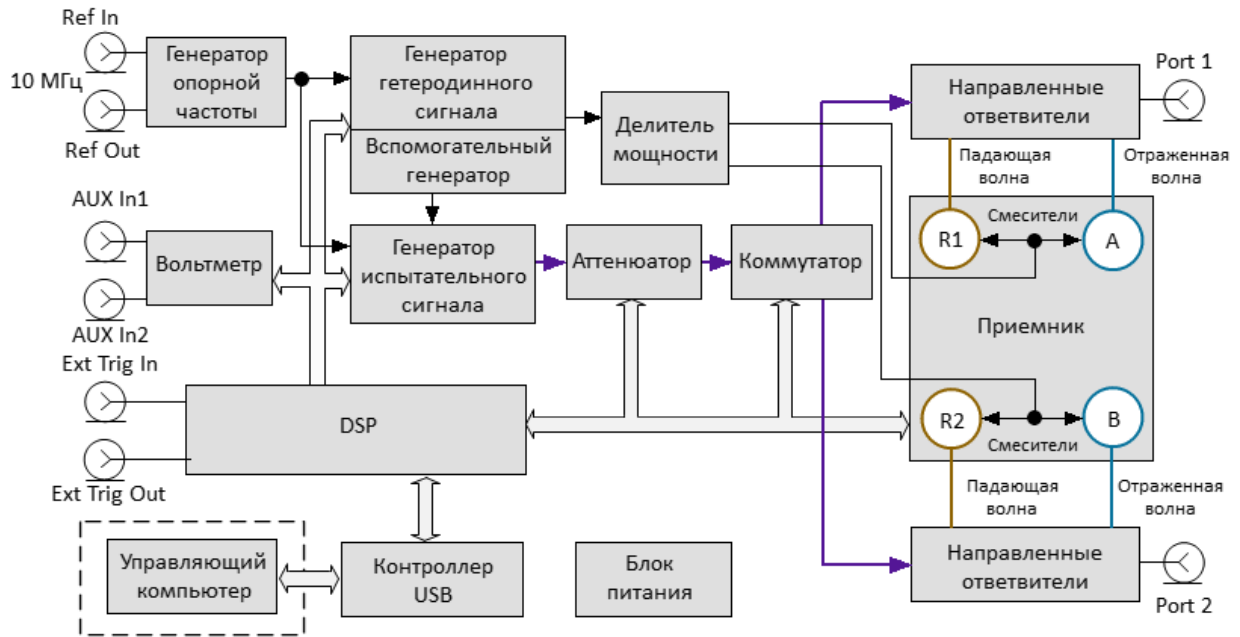


Рисунок 1 – Структурная схема двухпортовых приборов

Упрощенная структурная схема четырехпортовых анализаторов приведена на рисунке 2.

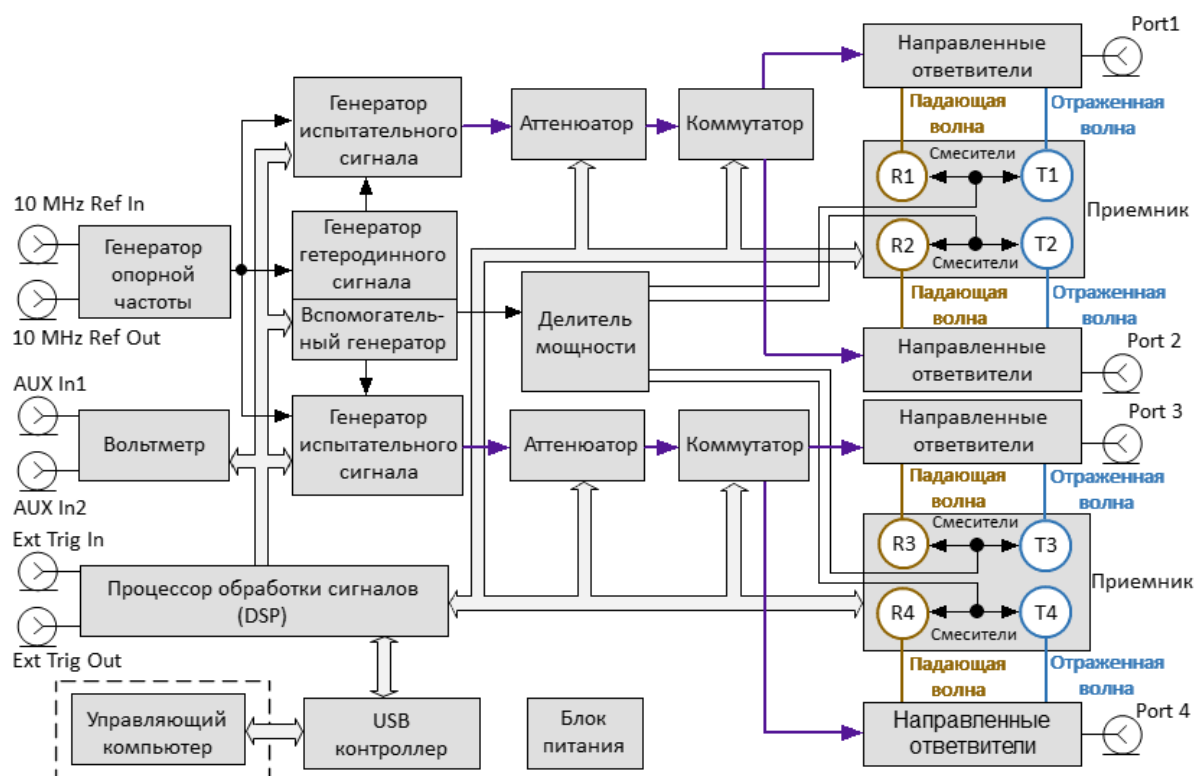
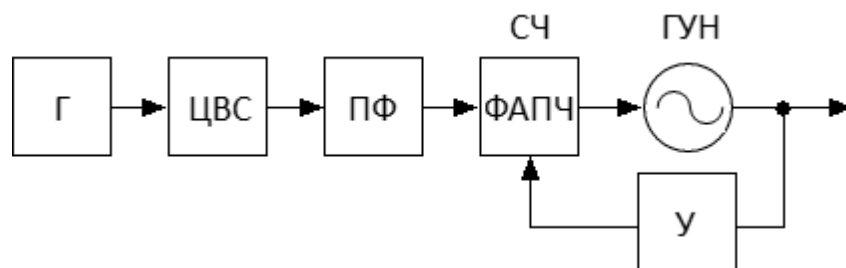


Рисунок 2 – Структурная схема четырехпортовых приборов



ЦВС – цифровой вычислительный синтезатор, Г – опорный генератор ЦВС,  
 ПФ – полосовой фильтр, СЧ - дробно-переменный синтезатор частот,  
 ФАПЧ – фазовая автоподстройка частоты, ГУН – генератор, управляемый напряжением,  
 У – усилитель

Рисунок 3

Генератор испытательного сигнала включают в себя широкополосный ГУН. Управление частотой ГУНа осуществляется с помощью схемы ФАПЧ, которая построена на базе микросхемы целочисленного синтезатора частот (Integer-N). Для получения мелкого шага установки частоты между опорным генератором и синтезатором установлен цифровой вычислительный синтезатор (DDS).

Перекрытие диапазона рабочих частот осуществляется посредством умножения или деления базового диапазона ГУН с последующей фильтрацией побочных составляющих спектра выходного сигнала. Генератор гетеродинного сигнала, необходимый для работы приемника, имеет аналогичный принцип формирования частоты. На его плате конструктивно расположен опорный генератор с фазовой автоподстройкой по частоте от внутреннего или внешнего опорного генератора 10 МГц. Опорный генератор изображен на структурной схеме приборов, как вспомогательный. В четырехпортовых приборах, имеющих два генератора испытательного сигнала, реализована возможность независимого управления указанными генераторами.

Управление уровнем мощности испытательного сигнала осуществляется программируемым аттенуатором, входящим в систему автоматической регулировки мощности в качестве выходного исполнительного элемента. Ослабление аттенуатора устанавливается в зависимости от заданного пользователем уровня или диапазона уровней мощности прибора на выходе измерительного порта.

Для изменения направления зондирования, необходимого для определения параметров многопортовых ИУ за одно подключение, в схеме предусмотрен коммутатор испытательного сигнала. Коммутатор позволяет последовательно во времени подавать сигнал на один из портов анализатора. Любой порт может работать в качестве источника или приемника сигнала.

Выделение измерительных сигналов осуществляется с помощью направленных ответвителей. Эти сигналы, соответствующие падающей и отражённой (или прошедшей через исследуемое устройство) волне, поступают в супергетеродинный многоканальный приемник, в котором осуществляется их перенос на промежуточную частоту и фильтрация. После фильтрации сигналы ПЧ поступают на АЦП, где преобразуются в цифровую форму. Дальнейшая обработка сигналов (фильтрация, измерение разности фаз, измерение амплитуды) производится в сигнальном процессоре. Измерительные фильтры на промежуточной частоте являются цифровыми и имеют полосу пропускания как указано в таблице в п. [Справочные технические характеристики](#). Многоканальный приемник имеет 4 или 8 идентичных канала приема в зависимости от количества портов анализатора – 2 канала на один порт. Один из каналов (опорный) обрабатывает сигнал падающей волны, второй (измерительный) – сигнал, прошедший через исследуемое устройство или отраженный от его входов. Опорный канал приема или опорный приемник обозначается буквой R с индексом, соответствующим номеру порта. Измерительный канал приема или измерительный приемник обозначается латинскими буквами A и B для двухпортовых приборов или T с индексом для четырехпортовых.

Некоторые из представленных приборов имеют переключки для прямого доступа к приемникам. Подобная схема построения анализаторов позволяет осуществлять конфигурацию для проведения специальных измерительных задач. В тракт генератора испытательного сигнала и приемника могут быть введены дополнительные усилители, аттенюаторы, различные фильтрующие или согласующие цепи для каждого из портов, одновременно обеспечивающие оптимальный режим работы исследуемого устройства во время измерений, близкий к реальному применению, и приемников прибора.

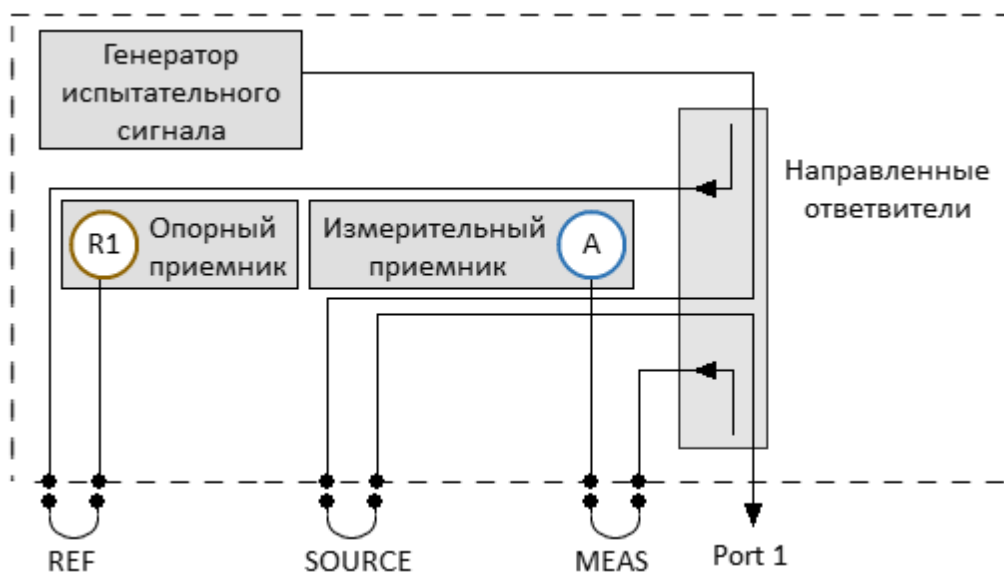
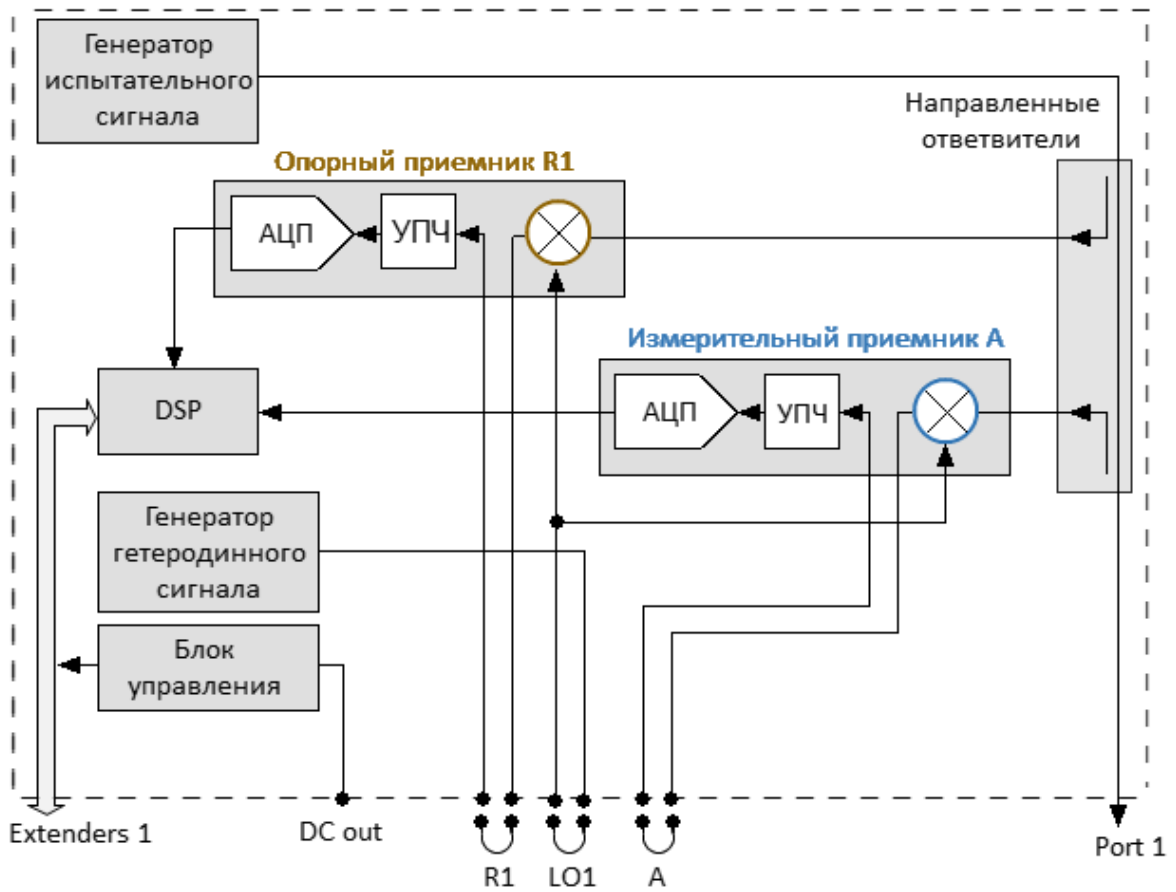


Рисунок 4 – Схема прямого доступа к приемникам

В линейке приборов представлены анализаторы с переключками, расположенными на передней панели, для подключения расширителей по частоте. Расширители представляют собой внешние преобразователи, имеющие коаксиальные или волноводные соединители и перекрывающие диапазон частот от 18 до 110 ГГц. Электропитание расширителей осуществляется от анализатора. Схема подключения приведена на рисунках 5.



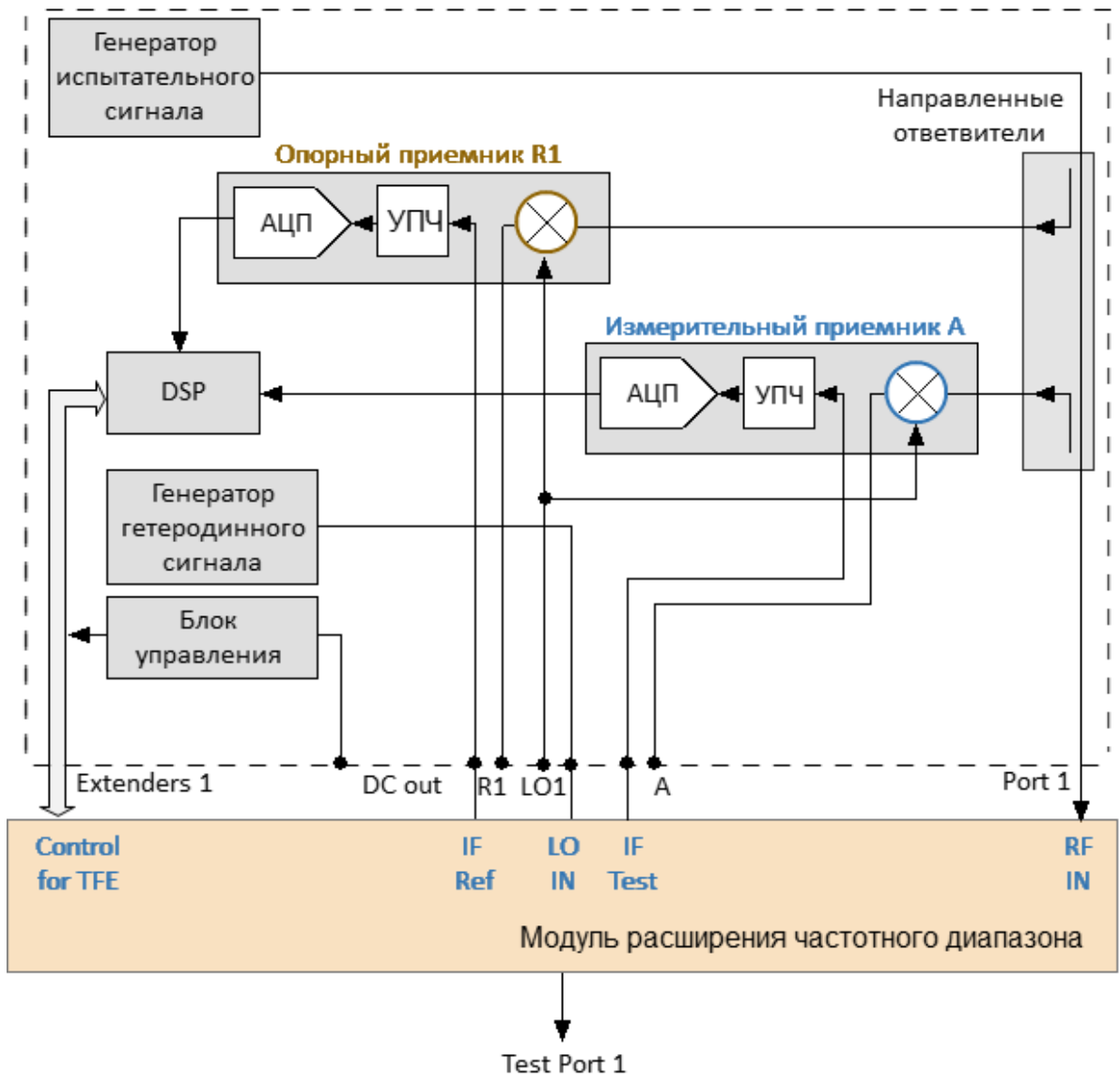


Рисунок 5 – Подключение расширителя по частоте

## 4 Подготовка к работе

### 4.1 Распаковывание и повторное упаковывание

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

Для упаковывания анализатора используется индивидуальная потребительская тара.

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

#### 4.1.1 Распаковывание

Распаковывание проводить в указанной последовательности:

- расположите коробку в соответствии с манипуляционными знаками;
- откройте коробку, ознакомьтесь с сопроводительной документацией, аккуратно извлеките полиэтиленовые пакеты с анализатором, блоком или кабелем питания, кабелем USB, USB flash накопителем с эксплуатационной документацией;
- снимите пакеты и проведите внешний осмотр:
  - 1 проверьте наличие и целостность пломб предприятия-изготовителя;
  - 2 проверьте отсутствие глубоких царапин и вмятин на корпусе анализатора, следов коррозии металлических деталей и следов воздействия жидкостей или агрессивных паров, целостность лакокрасочных покрытий, сохранность маркировки;
  - 3 проведите визуальный контроль целостности соединителей, расположенных на передней и задней панели;
  - 4 проверьте отсутствие механических повреждений (вмятин, забоин, отслаивания покрытия и т. д.) на контактных и токонесущих поверхностях соединителей измерительных портов;
  - 5 проверьте целостность кабеля USB и блока или кабеля питания.

---

#### ПРИМЕЧАНИЕ

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

---

#### 4.1.2 Упаковывание

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

Перед упаковыванием необходимо провести внешний осмотр:

- проверьте наличие и целостность пломб предприятия-изготовителя;
- если упаковывание проводится перед хранением, проверьте отсутствие глубоких царапин и вмятин на корпусе анализатора, следов коррозии металлических деталей и следов воздействия жидкостей или агрессивных паров, целостность лакокрасочных покрытий, сохранность маркировки;
- проведите визуальный контроль целостности соединителей, расположенных на передней и задней панели;
- проверьте отсутствие механических повреждений (вмятин, забоин, отслаивания покрытия и т. д.) на контактных и токонесущих поверхностях соединителей измерительных портов;
- проверьте целостность кабеля USB и блока или кабеля питания.

Упаковывание проводить в следующей последовательности:

- поместите анализатор, блок или кабель питания, кабель USB и USB flash накопитель в полиэтиленовые пакеты соответствующего размера;
- добавьте в пакет с анализатором пакетики с мелкопористым силикагелем массой приблизительно 10 г;
- вложите блок или кабель питания, кабель USB и USB flash накопитель в коробку;
- вставьте пакет с анализатором в коробку со специальным вкладышем из пенополиэтилена, выполняющим амортизационную функцию;
- закройте анализатор вторым вкладышем из пенополиэтилена;

---

#### ПРИМЕЧАНИЕ

В качестве амортизационного материала, заполняющего пространство между стенками коробки и анализатора, может быть использован другой материал, обеспечивающий фиксацию анализатора в таре и не вызывающий коррозию.

---

- для заполнения пустоты в верхней части коробки, при необходимости, положите мягкий вкладыш;

- заполните необходимую сопроводительную документацию и поместите ее в полиэтиленовый пакет (прозрачный файл или мультифору);
- вложите сопроводительную документацию в коробку;
- закройте коробку крышкой и зафиксируйте крышку скотчем (клеякой лентой) с четырех сторон;
- нанесите на коробку маркировку:
  - 1 наименование предприятия-изготовителя;
  - 2 наименование и серийный номер анализатора;
  - 3 манипуляционные знаки «Хрупкое. Осторожно!», «Беречь от влаги» и «Верх», если используется не оригинальная индивидуальная потребительская тара.

## **4.2 Общие положения**

Если анализатор и подключаемые принадлежности находились в условиях отличных от условий эксплуатации, прежде чем включить их и приступить к работе, выдержите их в условиях эксплуатации не менее двух часов.

Распакуйте анализатор, если он находится в упаковке или транспортной таре.

Установите анализатор на рабочем месте. Площадь поверхности рабочего стола должна быть достаточной для размещения на ней анализатора и исследуемых устройств.

Установите анализатор на ровную поверхность рабочего стола так, чтобы все ножки анализатора упирались в нее, и обеспечивался свободный доступ к соединителям и выключателю питания. Устройства, подключаемые к анализатору, должны располагаться на рабочей поверхности стола или непосредственно над ней.

При эксплуатации вентиляционные отверстия на корпусе анализатора не должны закрываться предметами.

Осмотр разрешается проводить только при отключении анализатора от сети электропитания и отсоединении кабеля питания.

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

Проведите внешний осмотр анализатора совместно с используемым

комплектom принадлежностей. При необходимости, проведите чистку соединителей измерительных портов анализатора, кабелей и переходов, а также средств калибровки и выполните проверку присоединительных размеров соединителей указанных устройств.

### 4.3 Внешний осмотр

Внешний осмотр проводится для выявления видимых дефектов анализатора и подключаемых к нему устройств.

Последовательность проведения внешнего осмотра:

- при первичном осмотре проверьте наличие и целостность пломб предприятия-изготовителя, отсутствие следов вскрытия корпуса анализатора, целостность кабелей питания и USB;
- проверьте отсутствие глубоких царапин и вмятин на корпусе анализатора, следов коррозии металлических деталей и следов воздействия жидкостей или агрессивных паров, целостность лакокрасочных покрытий, сохранность маркировки. При обнаружении несоответствий дальнейшая работа с анализатором запрещается;
- при наличии, проведите визуальный контроль целостности устройств из комплекта принадлежностей, к которым относятся кабели, переходы и средства калибровки;
- проведите визуальный контроль целостности и чистоты соединителей измерительных портов анализатора, кабелей и переходов, а также средств калибровки. При обнаружении посторонних частиц проведите чистку их соединителей;
- проверьте отсутствие механических повреждений (вмятин, забоин, отслаивания покрытия и т. д.) на контактных и токонесущих поверхностях соединителей указанных устройств.

---

#### ВНИМАНИЕ!

При обнаружении механических повреждений соединителя какого-либо устройства дальнейшая работа с этим анализатором запрещается. Анализатор бракуется и изолируется с целью предотвращения его применения и повреждения годных соединителей других устройств.

---

### 4.4 Чистка соединителей

Чистку соединителей рекомендуется проводить до и после использования

анализатора и комплекта принадлежностей.

Чистку коаксиальных соединителей тип N, III, 2,4 мм, 2,92 мм, 3,5 мм и IX проводить по следующей методике:

- протрите поверхности соединителей, указанные стрелками на рисунках 6 и 7, палочкой с ватным тампоном, смоченным в спирте; капли спирта не должны попадать вовнутрь устройств;

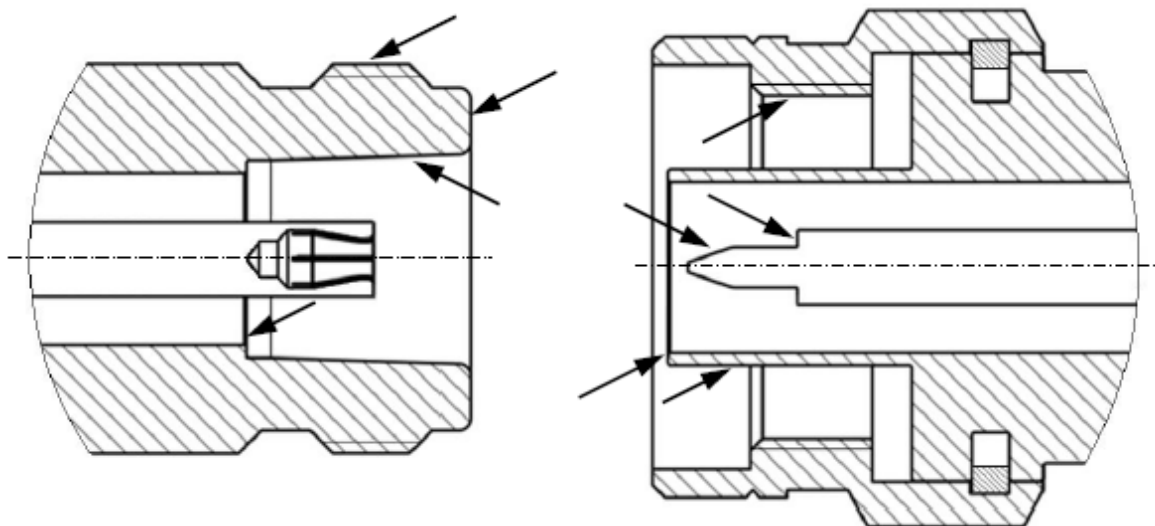


Рисунок 6 – Соединители тип N и III (розетка и вилка)

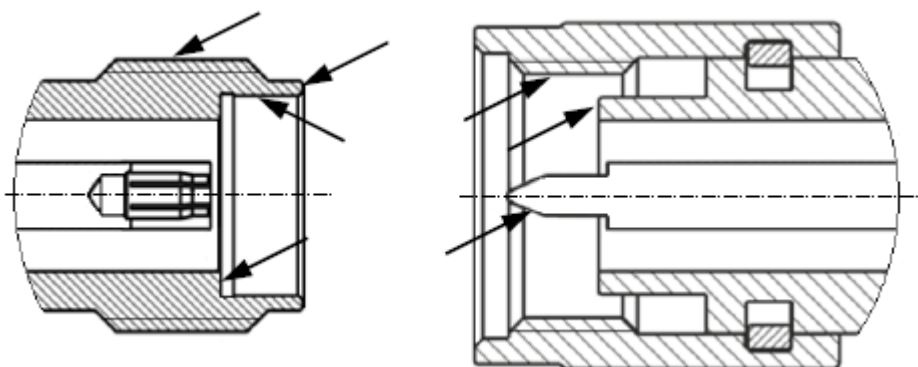


Рисунок 7 – Соединители тип 2,4 мм, 2,92 мм, 3,5 мм и IX (розетка и вилка)

- проведите чистку остальных внутренних поверхностей соединителей, продув их воздухом;
- просушите соединители, убедитесь в отсутствии остатков спирта внутри соединителей;
- проведите визуальный контроль чистоты соединителей, убедитесь в отсутствии посторонних частиц;

- при необходимости повторите чистку.
- 

ЗАПРЕЩАЕТСЯ применять металлические предметы для чистки соединителей.

**ВНИМАНИЕ!**

ЗАПРЕЩАЕТСЯ протирать центральный проводник соединителей «розетка». Чистку проводить продувкой воздухом.

---

#### **4.5 Проверка присоединительных размеров**

Рекомендуется проверить при первом использовании присоединительные размеры соединителей измерительных портов анализатора, кабелей и переходов, а также средств калибровки. В дальнейшем, проверяйте присоединительные размеры регулярно.

Первая проверка соединителей позволит получить значения присоединительных размеров, которые могут быть использованы при эксплуатации анализатора для оценивания изменений размеров.

Повторная проверка соединителей рекомендуется, если:

- по результатам внешнего осмотра или по результатам выполненных измерений возникает предположение о поломке или повреждении какого-либо соединителя;
- обнаружено, что соединители устройств, использовавшихся с анализатором, повреждены или их присоединительные размеры не соответствуют нормам, установленным для данного типа соединителей;
- с момента предыдущей проверки проведено более 100 присоединений к любому из соединителей.

Проверка присоединительных размеров выполняется с применением комплекта для измерений соединителей коаксиальных в соответствии с указаниями эксплуатационной документации на него или универсальным инструментом для измерений линейных размеров (например, микрометром, индикатором часового типа и др.).

При проверке измеряется только размер «А» (см. рисунках 8 и 9).

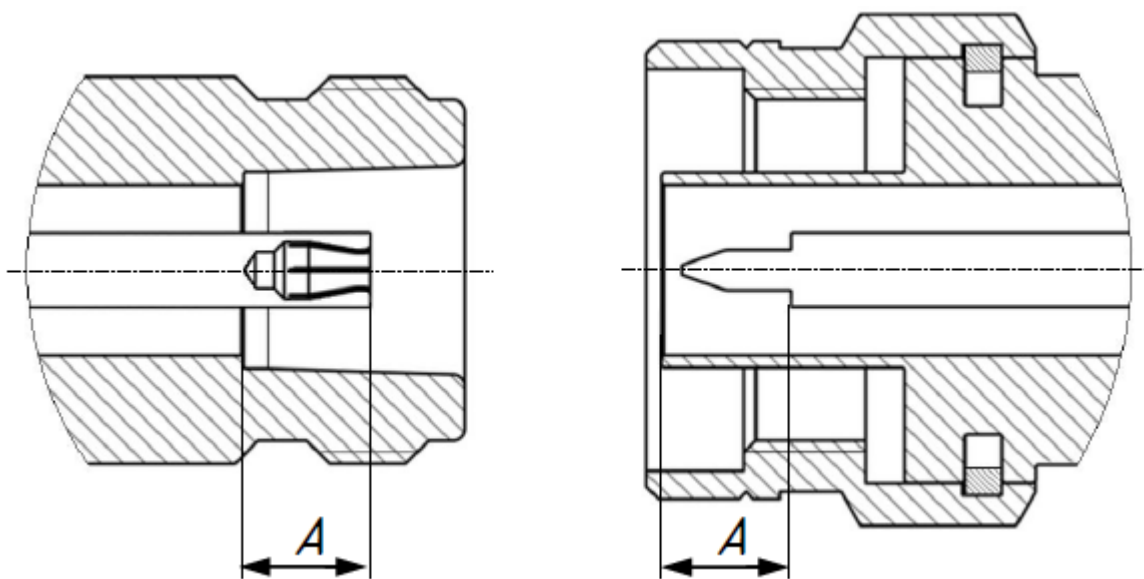


Рисунок 8 – Соединители тип N и III (розетка и вилка)

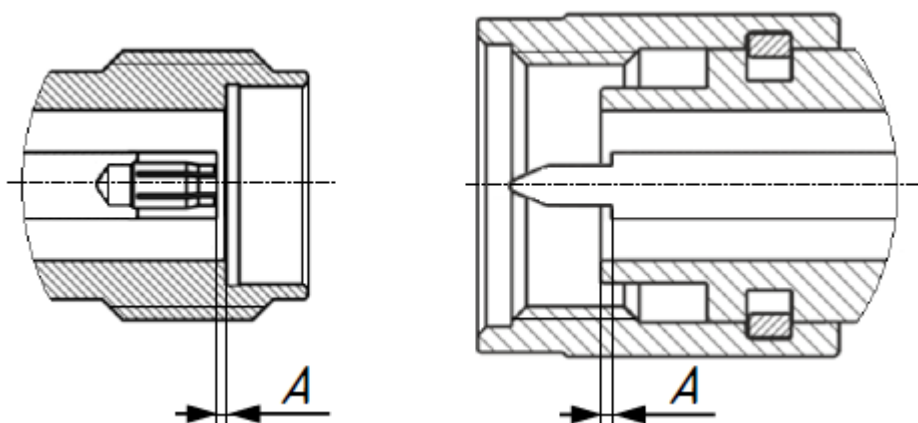


Рисунок 9 – Соединители тип 2,4 мм, 2,92 мм, 3,5 мм и IX (розетка и вилка)

Присоединительный размер «А» соединителей измерительных портов анализатора должен находиться в пределах:

- тип N, розетка, мм от 5,18 до 5,26;
- тип NMD 2,4 мм, вилка, мм от -0,05 до 0,00;
- тип NMD 2,92 мм, 3,5 мм, вилка, мм от -0,08 до 0,00;

Норма на присоединительный размер «А» соединителей других устройств (кабелей, переходов, средств калибровки) должна быть указана в эксплуатационной документации на них.

---

ПРИМЕЧАНИЕ

При обнаружении несоответствий размеров проверяемого соединителя установленным нормам необходимо выполнить ремонт. Анализатор с такими соединителями бракуют.

---

#### 4.6 Подключение и отключение устройств

При эксплуатации анализатора постоянно возникает необходимость подключения различных устройств между собой: кабелей к измерительным портам анализатора, переходов к кабелям, средств калибровки к переходам или портам анализатора, а также исследуемых устройств к портам и т.д.

Подключение устройств с коаксиальными соединителями рекомендуется выполнять в следующей последовательности для обеспечения максимальной повторяемости результата измерений и предотвращения поломки:

- аккуратно совместите соединители подключаемых устройств;
- удерживая подключаемое устройство, руками накрутите гайку соединителя «вилка». При этом рабочие поверхности центральных проводников и опорные плоскости внешних проводников должны соприкоснуться, как показано на рисунках 10 и 11;
- затяните с помощью тарированного ключа (усилие затягивания зависит от типа соединителя) гайку соединителя «вилка», при этом следует удерживать подключаемое устройство пальцами или с помощью ключа гаечного, предохраняя его от проворачивания. Окончательное затягивание гайки соединителя «вилка» проводите, удерживая ключ за конец ручки. Прекратите затягивание в момент излома ручки ключа.

---

Присоединение следует осуществлять только вращением гайки соединителя «вилка».

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ** вращать корпус подключаемого устройства.

ПРИМЕЧАНИЕ

Затягивание гайки соединителя «вилка» выполняйте с помощью тарированного ключа с нормированным значением крутящего момента.

- от 1,1 до 1,5 Н·м – для соединителей тип N и III;
  - от 0,8 до 1,0 Н·м – для соединителей тип 2,4 мм, 2,92 мм, 3,5 мм и IX.
-

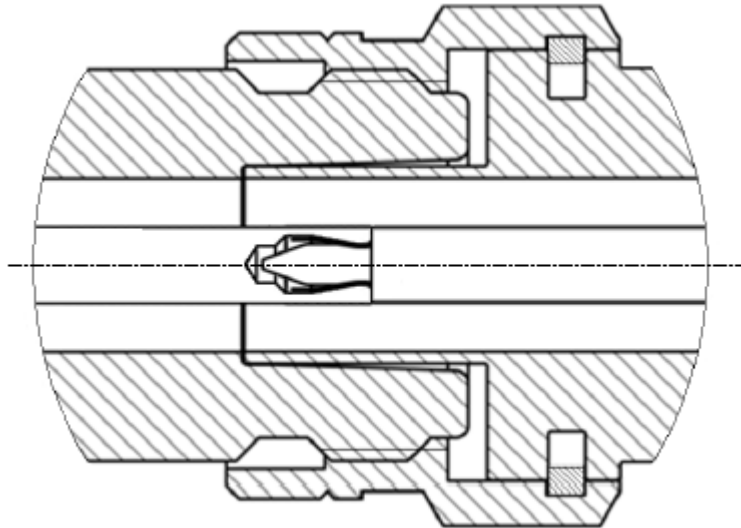


Рисунок 10 – Соединители тип N и III (розетка слева, вилка справа)

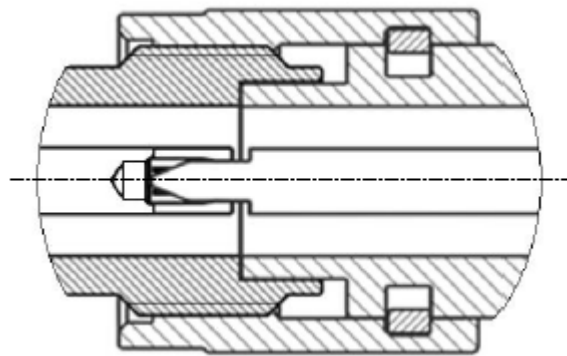


Рисунок 11 – Соединители тип 2,4 мм, 2,92 мм, 3,5 мм и IX (розетка слева, вилка справа)

Отключение соединителей должно выполняться в последовательности:

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

## 4.7 Порядок включения и выключения прибора

---


Перед включением прибора в сеть следует проверить исправность кабеля питания.

### ВНИМАНИЕ!

Электропитание измерителя должно осуществляться от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением от 100 до 253 В.

---

Включение анализатора проводить в следующей последовательности:

- включите компьютер;
  - соедините клемму «  » на задней панели анализатора с шиной защитного заземления;
  - соедините анализатор с компьютером кабелем USB из комплекта поставки;
  - подключите к сети переменного тока с помощью кабеля питания;
  - включите анализатор, нажав кнопку выключателя питания;
  - установите программное обеспечение, если оно не было ранее установлено. Процедура установки программного обеспечения описана в части II руководства по эксплуатации;
  - запустите программное обеспечение;
- 

### ПРИМЕЧАНИЕ

Включение или выключение питания возможно в любой момент времени. При включении питания анализатора, подключенного к компьютеру, программное обеспечение производит загрузку микропрограмм в прибор. По окончании загрузки приблизительно через 10 с анализатор готов к работе.

---

- выдержите анализатор в течение времени установления рабочего режима.

Выключение анализатора:

- закройте программное обеспечение;
- выключите анализатор, нажав кнопку выключателя питания;
- при необходимости разберите схему измерений;
- при необходимости отсоедините анализатор сначала от сети переменного тока, затем от компьютера, далее от шины защитного заземления.

## 5 Порядок работы

### 5.1 Расположение органов управления

#### Анализатор цепей векторный C1205

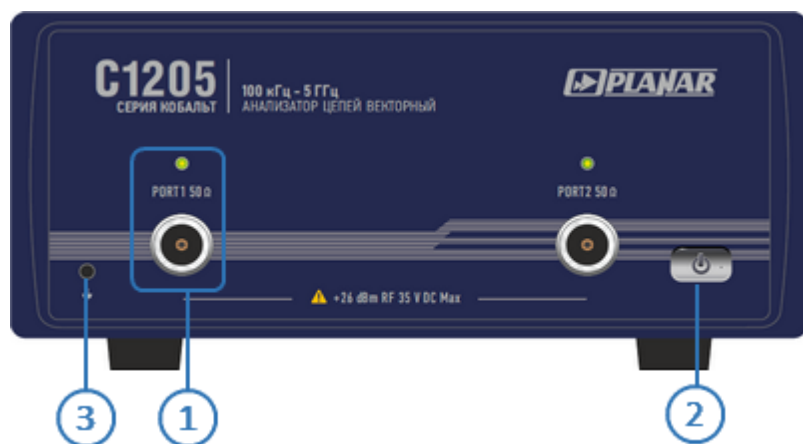


Рисунок 12 – Передняя панель

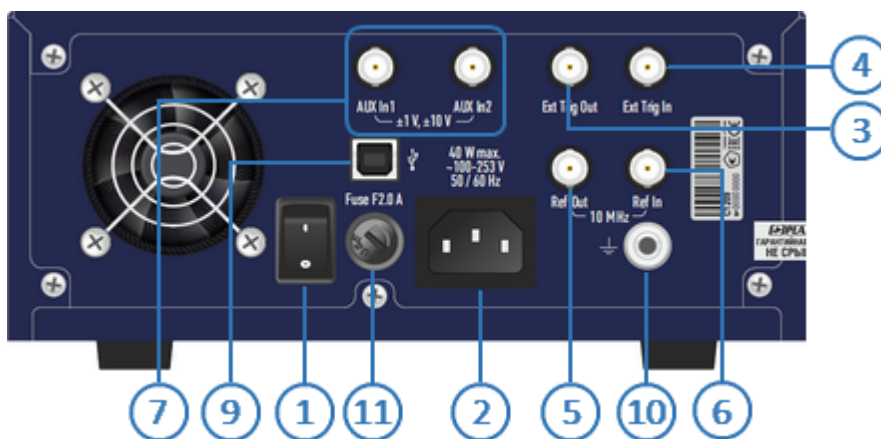


Рисунок 13 — Задняя панель

## Анализатор цепей векторный C1207

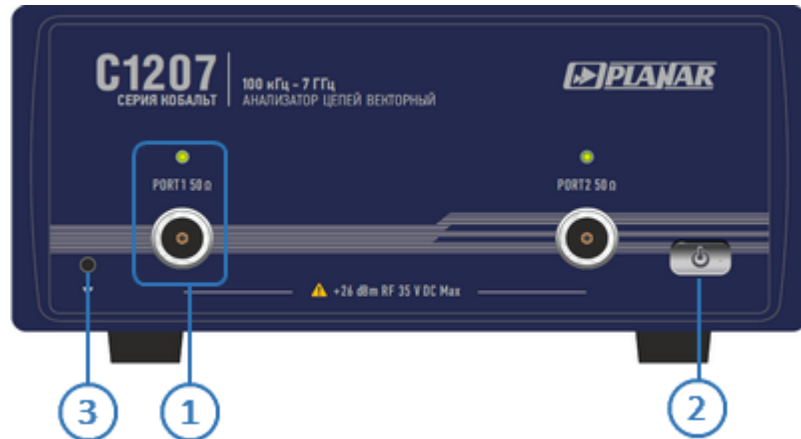


Рисунок 14– Передняя панель

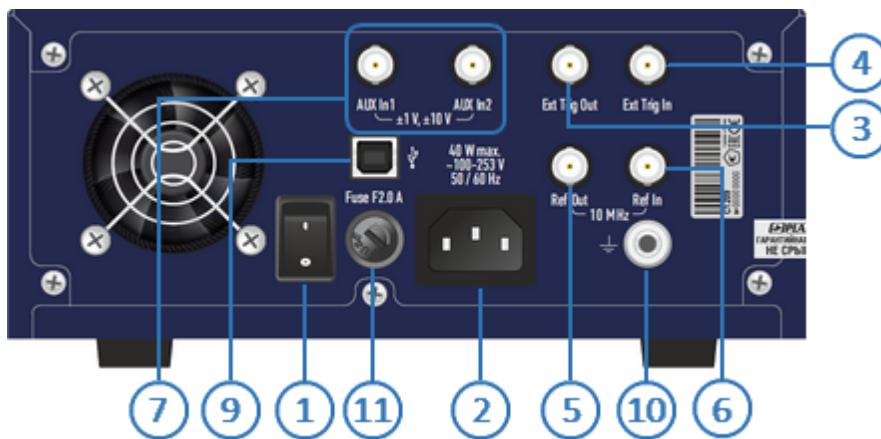


Рисунок 15- Задняя панель

## Анализатор цепей векторный C1209

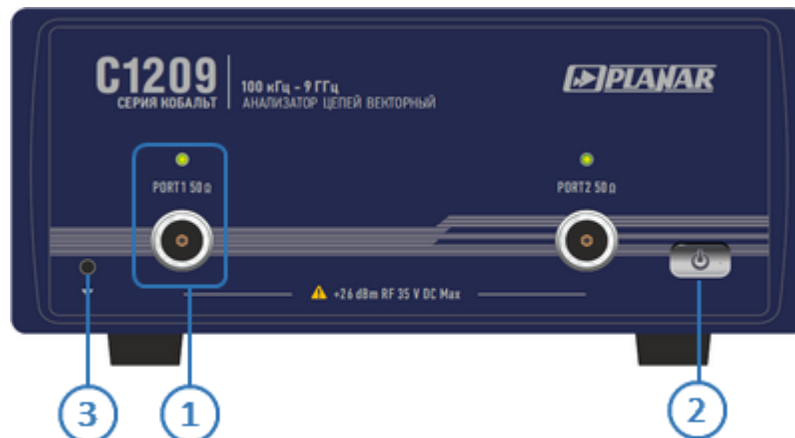


Рисунок 16– Передняя панель

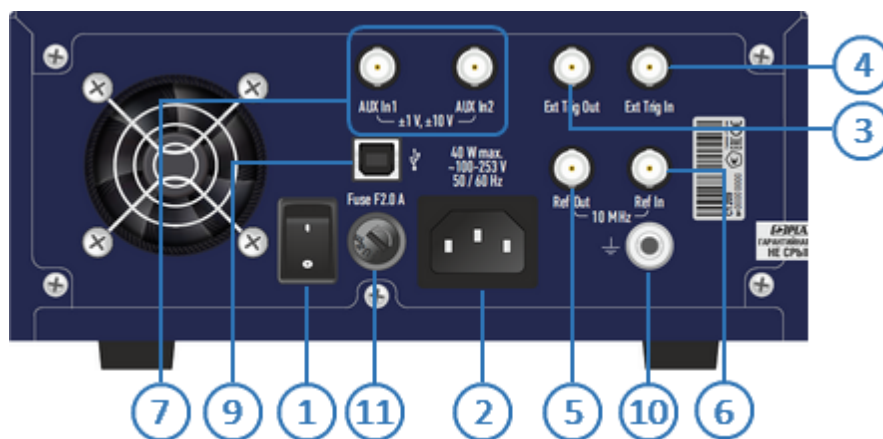


Рисунок 17 – Задняя панель

## Анализатор цепей векторный C1214



Рисунок 18 – Передняя панель

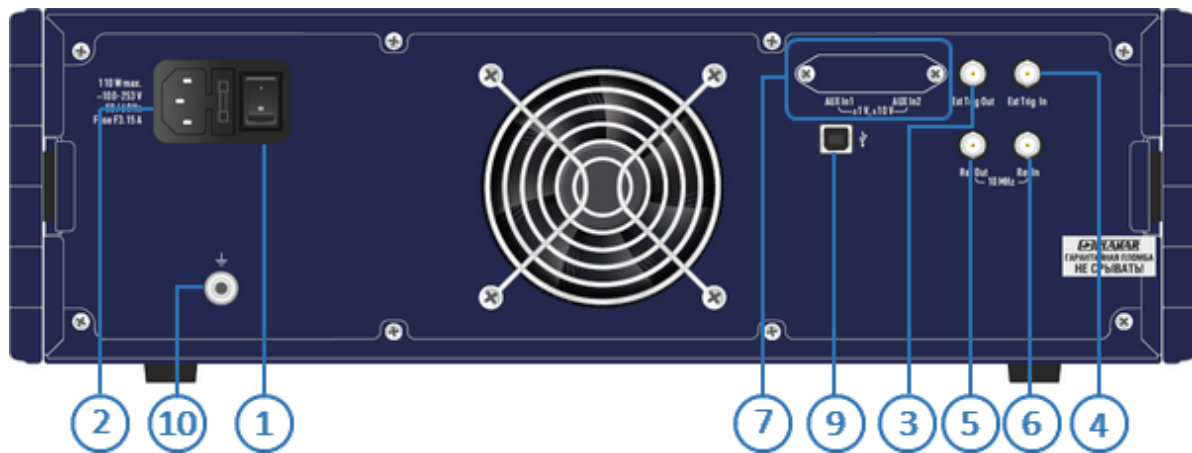


Рисунок 19 – Задняя панель

## Анализатор цепей векторный C1220



Рисунок 20 – Передняя панель

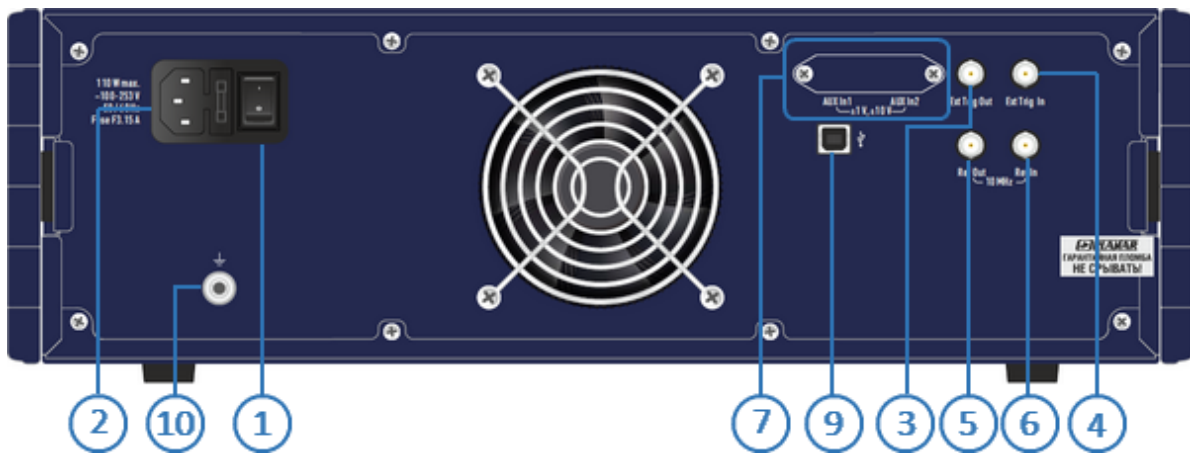


Рисунок 21 – Задняя панель

## Анализатор цепей векторный C2209

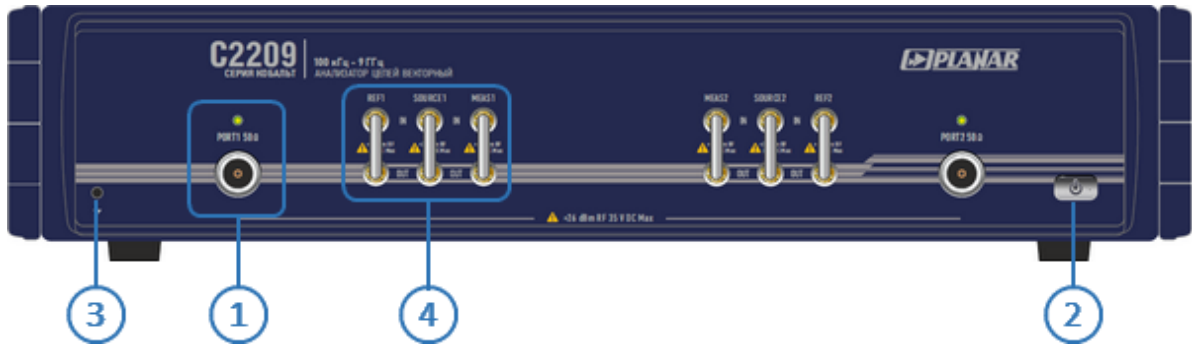


Рисунок 22 – Передняя панель

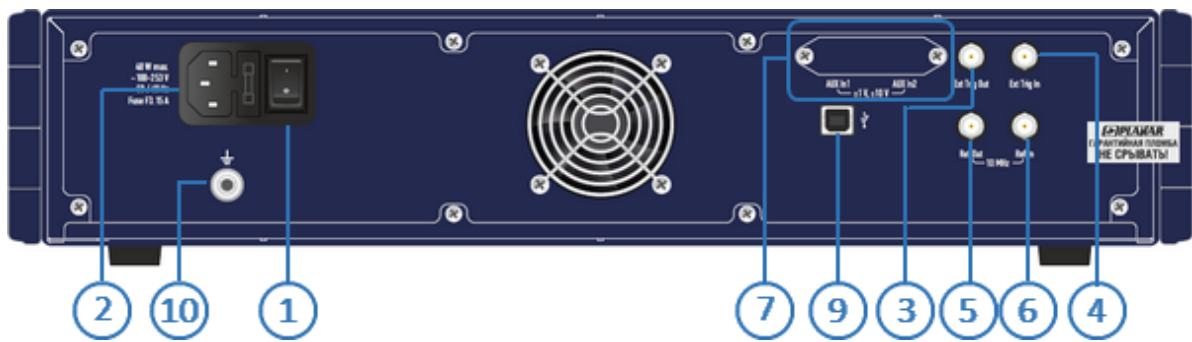


Рисунок 23 – Задняя панель

## Анализатор цепей векторный C1409

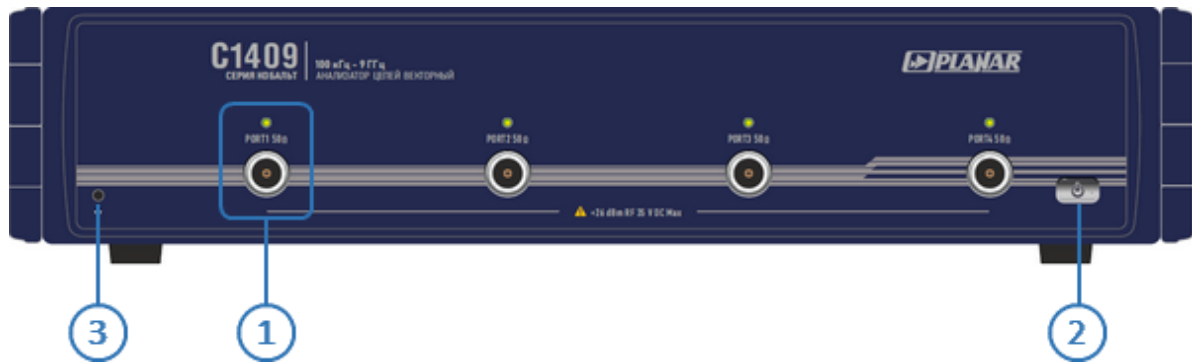


Рисунок 24 – Передняя панель

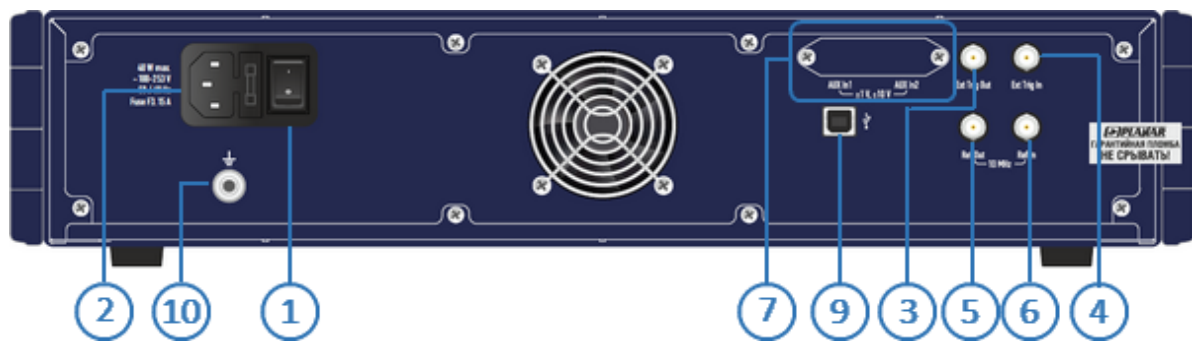


Рисунок 25 – Задняя панель

## Анализатор цепей векторный C1420

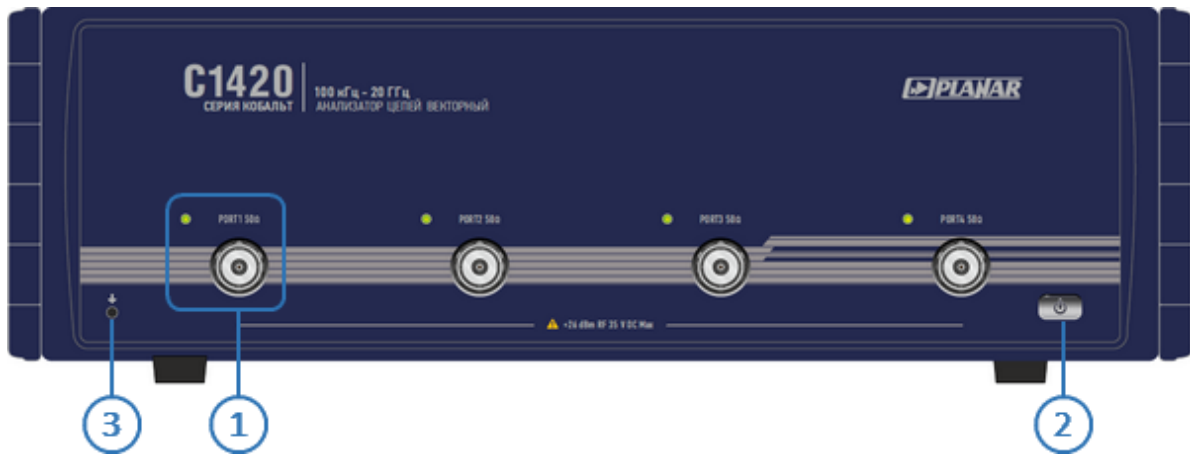


Рисунок 26 – Передняя панель

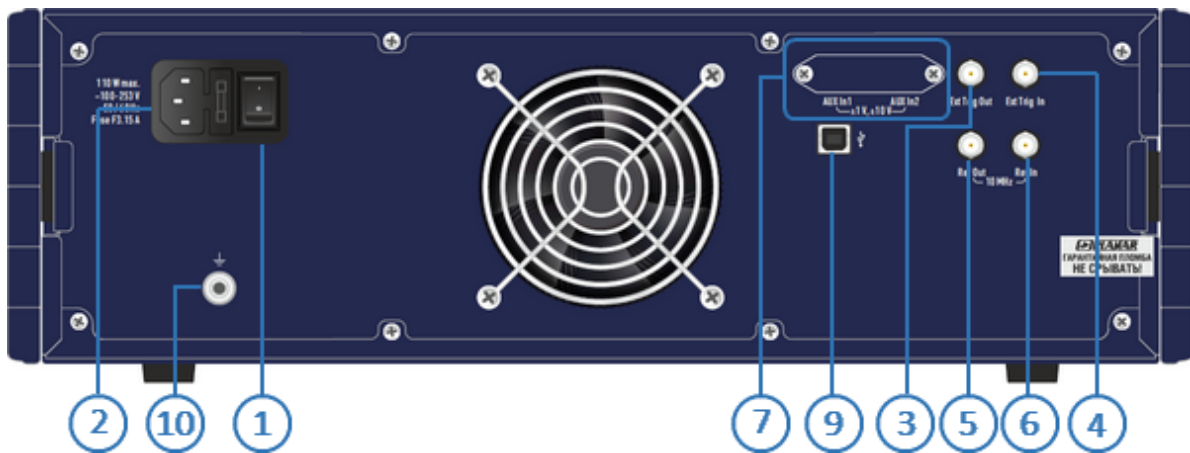


Рисунок 27 – Задняя панель

## Анализатор цепей векторный C2220



Рисунок 28 – Передняя панель

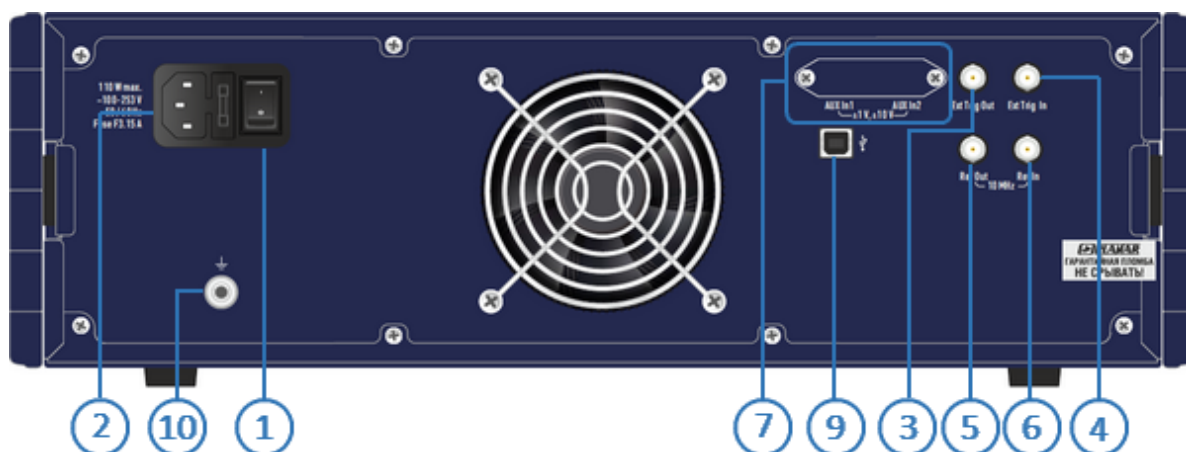


Рисунок 29 – Задняя панель

## Анализатор цепей векторный C4209

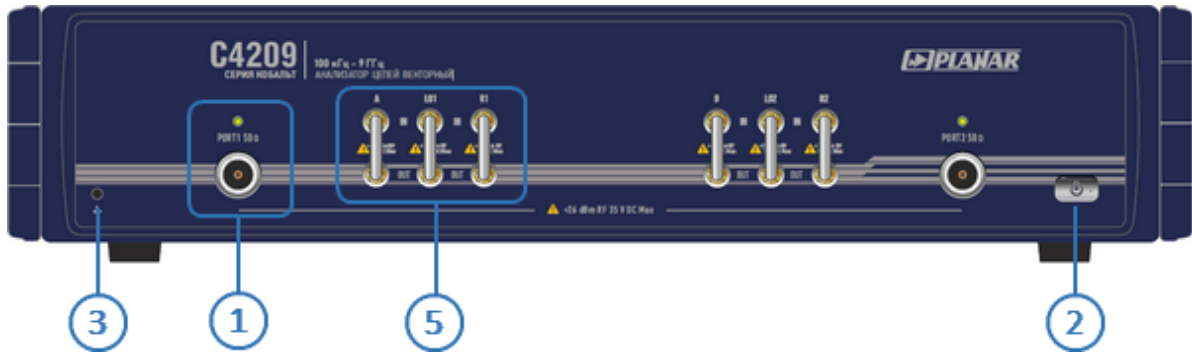


Рисунок 30 – Передняя панель

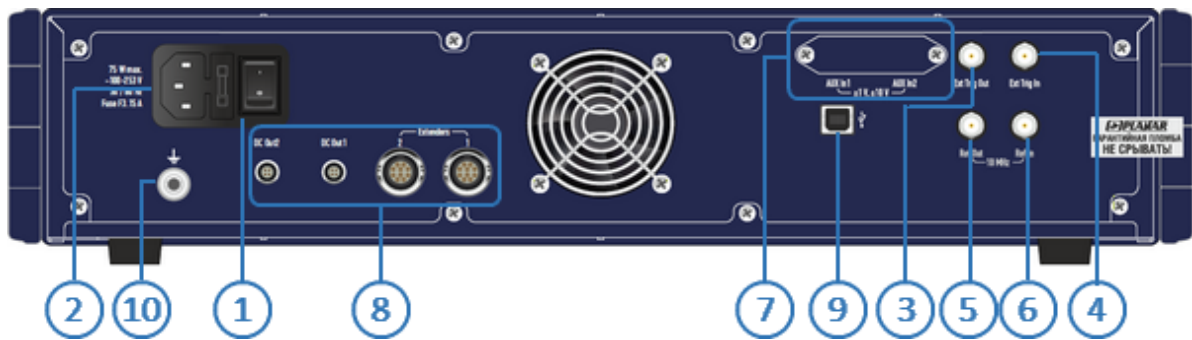


Рисунок 31 – Задняя панель

## Анализатор цепей векторный C2409

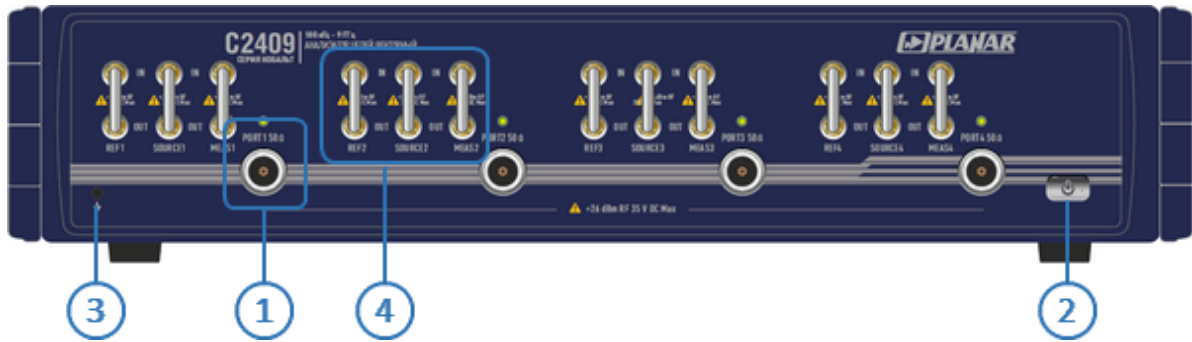


Рисунок 32 – Передняя панель

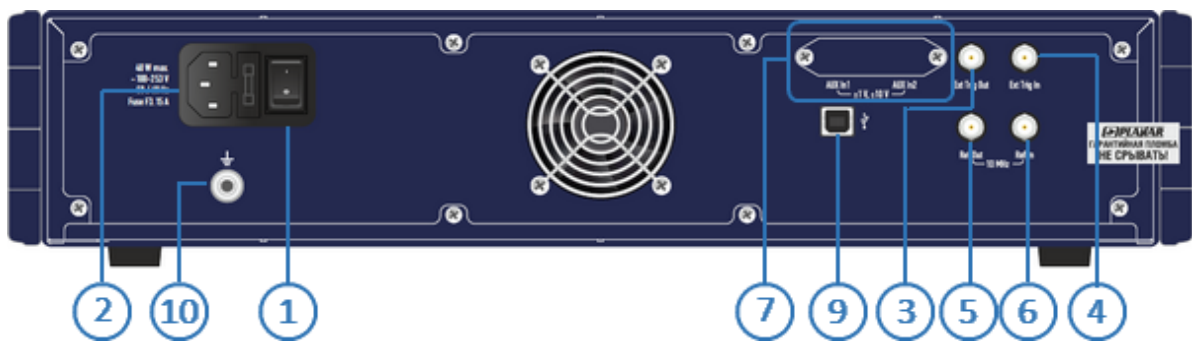


Рисунок 33 – Задняя панель

## Анализатор цепей векторный C4409

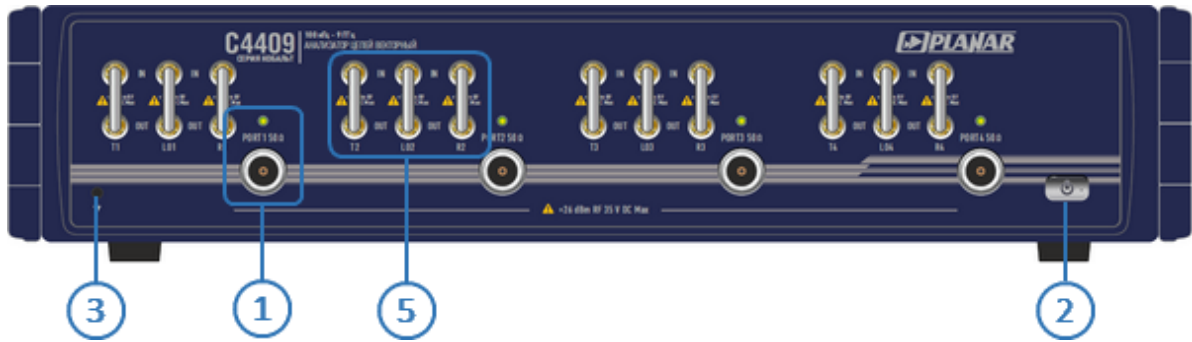


Рисунок 34 – Передняя панель

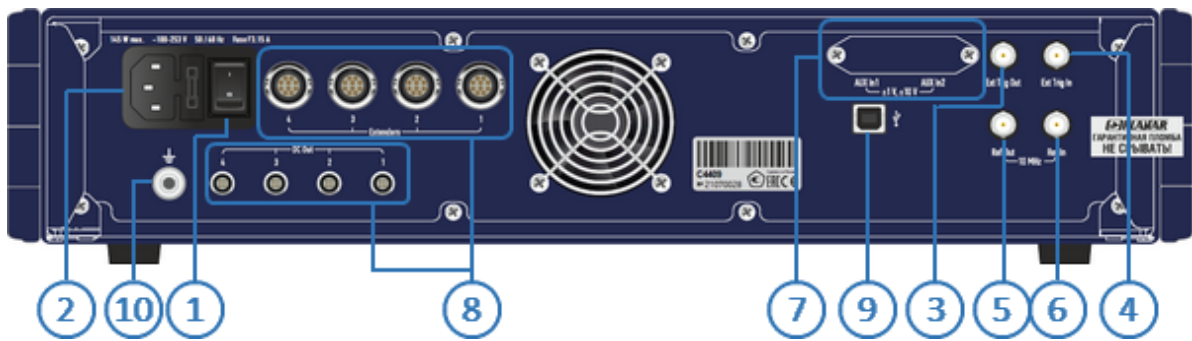


Рисунок 35 – Задняя панель

## Анализатор цепей векторный C4220



Рисунок 36 – Передняя панель

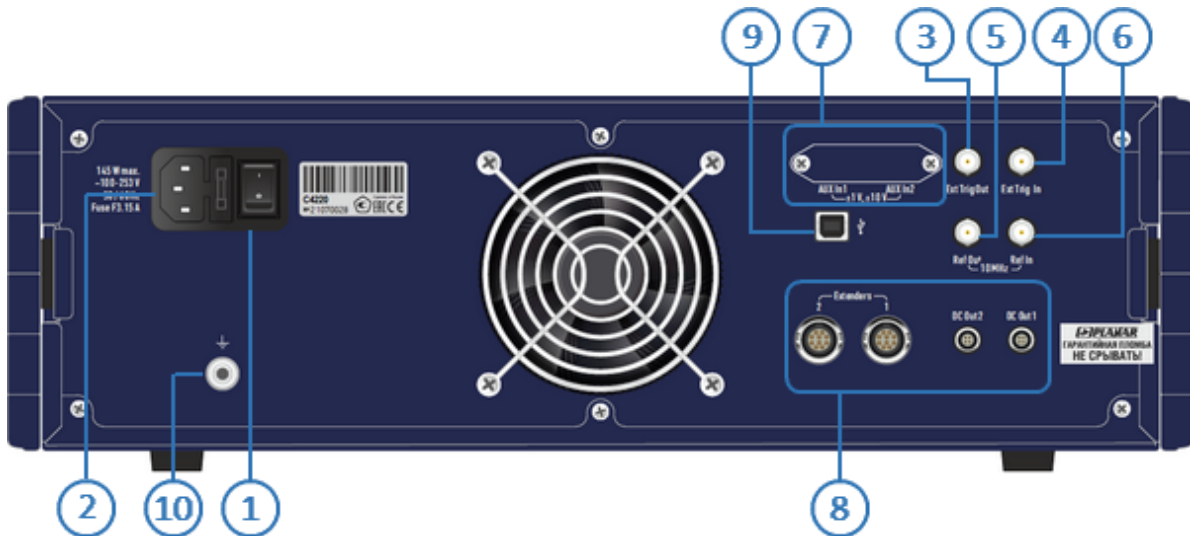


Рисунок 37 – Задняя панель

## Анализатор цепей векторный C2420

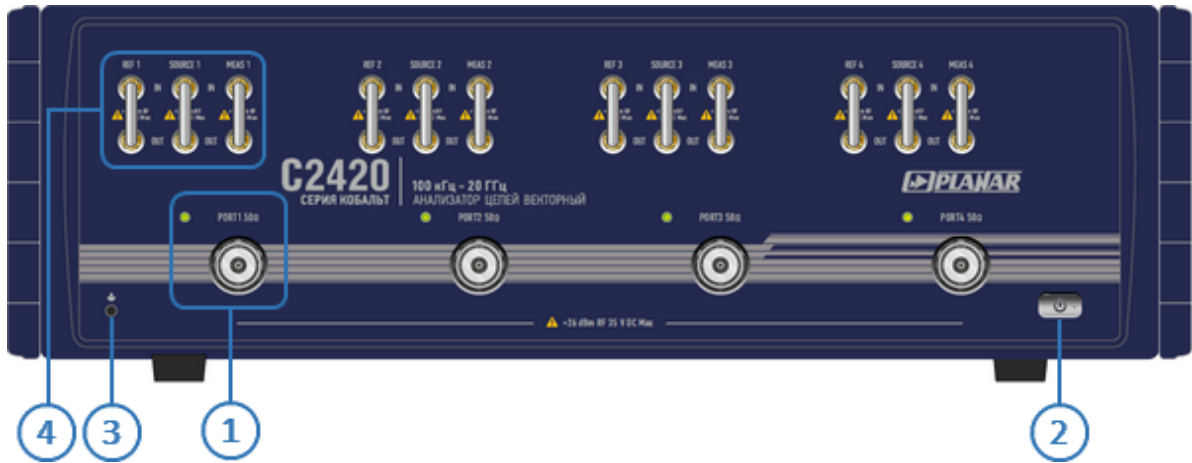


Рисунок 38 – Передняя панель

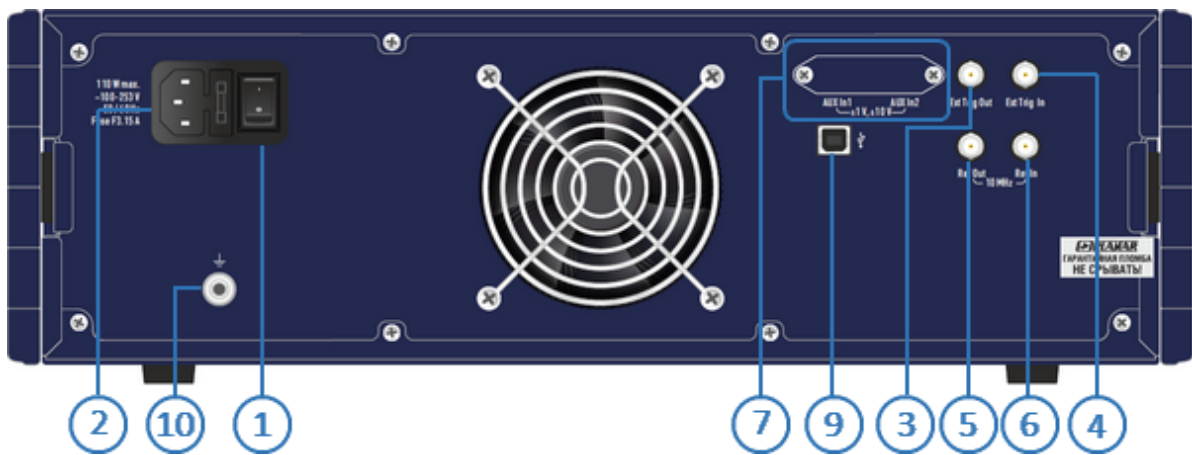


Рисунок 39 – Задняя панель

## Анализатор цепей векторный С4420

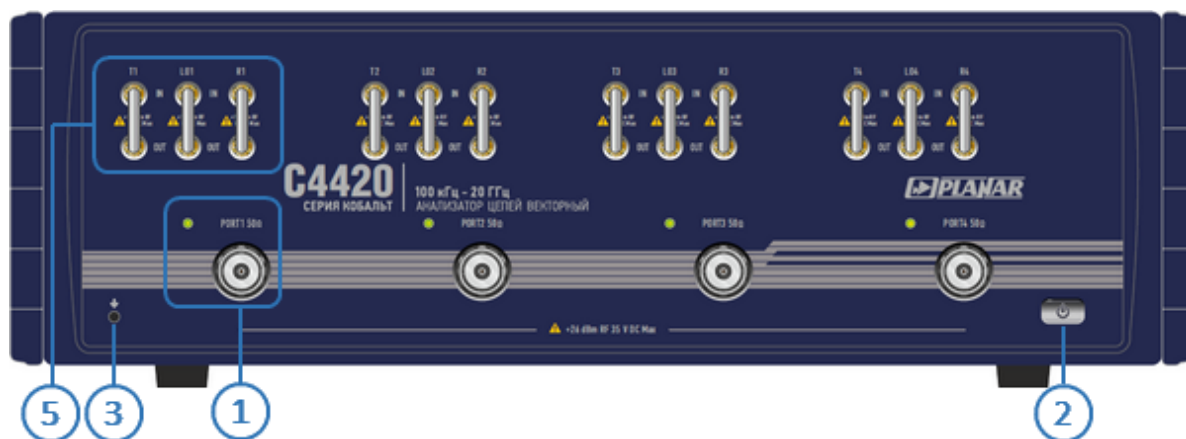


Рисунок 40 – Передняя панель

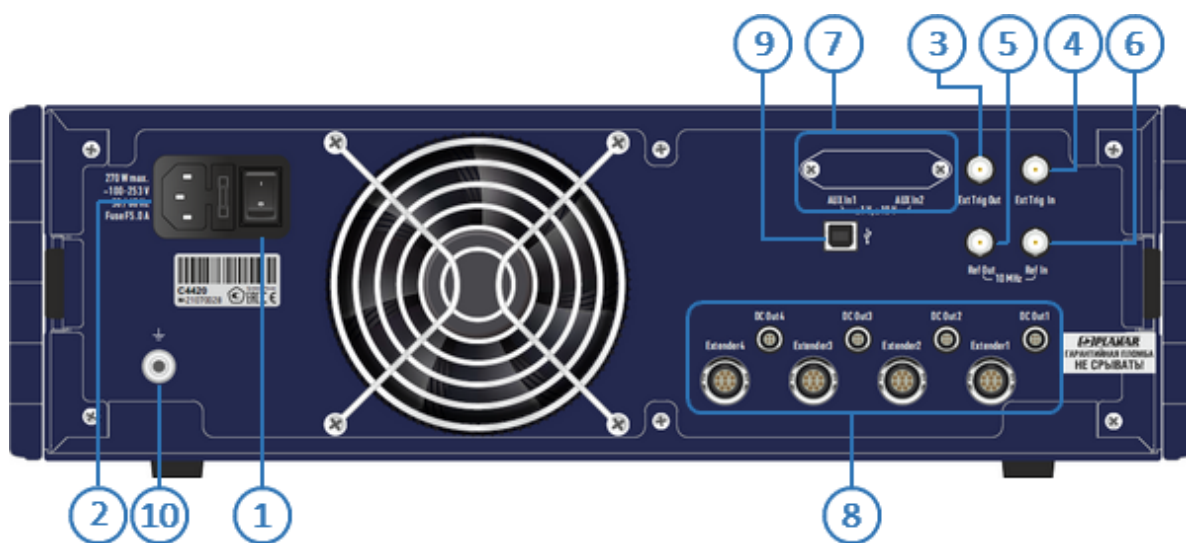


Рисунок 41 – Задняя панель

## 5.2 Передняя панель

### 1 Измерительные порты со светодиодными индикаторами



Измерительные порты служат для подключения исследуемого устройства. Измерительный порт выступает как в качестве источника испытательного радиочастотного сигнала, так и в качестве приёмника сигнала от исследуемого устройства.

При подключении к одному измерительному порту возможно измерение характеристик отражения исследуемого устройства.



При подключении к 2/3/4 измерительным портам возможно измерение всех элементов матрицы S-параметров исследуемого устройства.

Светодиодный индикатор служит для индикации измерительного порта, который является источником радиочастотного сигнала.

---

#### ВНИМАНИЕ!

Превышение максимальной входной мощности радиочастотного сигнала или максимального постоянного напряжения, указанных на передней панели, может привести к выходу анализатора из строя.

---

### 2 Выключатель питания



Выключатель питания служит для включения / выключения питания анализатора.

Включение или выключение питания возможно в любой момент времени. При включении питания анализатора, подключенного к компьютеру, программное обеспечение производит загрузку микропрограмм в прибор. По окончании загрузки анализатор готов к работе.

---

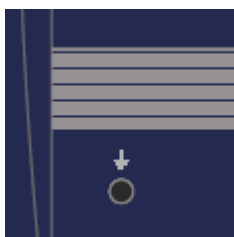
**ВНИМАНИЕ!**

При первом включении автоматически выполняется процедура установки драйвера USB. Установка драйвера подробно описана в части II руководства по эксплуатации. Процедура установки драйвера может потребоваться на некоторых компьютерах при изменении порта USB.

---

**3**

### Клемма заземления



Клемма используется для заземления.

Для предотвращения повреждения от электростатического разряда следует соединить клемму заземления на корпусе анализатора с корпусом исследуемого устройства.

**4**

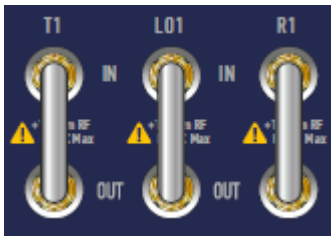
### Прямой доступ к приемникам (только C2209, C2220 и C2409, C2420)



Переключки для прямого доступа к приемникам, расположенные на передней панели прибора, позволяют осуществлять конфигурацию для проведения специальных измерительных задач. В тракт генератора испытательного сигнала и приемника могут быть введены дополнительные усилители, аттенюаторы, различные фильтрующие или согласующие цепи для каждого из портов, одновременно обеспечивающие оптимальный режим работы исследуемого устройства во время измерений, близкий к реальному применению, и приемников прибора.

5

## Расширение диапазона частот (только C4209, C4220 и C4409, C4420)

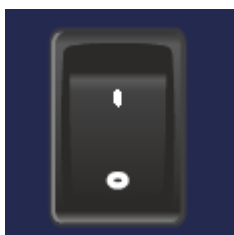


В линейке приборов представлены анализаторы с переключками для подключения расширителей по частоте. Расширители представляют собой внешние преобразователи, имеющие волноводные соединители и перекрывающие диапазон частот от 50 до 170 ГГц.

Для работы расширителей требуются испытательный и гетеродинный сигналы прибора. Выходные сигналы расширителей с частотой, равной промежуточной, поступают в приемник, преобразуются в цифровые коды и подаются на последующую обработку в сигнальный процессор.

## 5.3 Задняя панель

### 1 Выключатель питания



Выключатель питания служит для включения / выключения питания измерителя.

Включение или выключение питания возможно в любой момент времени. При включении питания измерителя, подключенного к компьютеру, программное обеспечение производит загрузку микропрограмм в прибор. По окончании загрузки анализатор готов к работе.

### 2 Соединитель для подключения кабеля питания



Подключение к промышленной электросети ~ 220 В, 50 Гц.

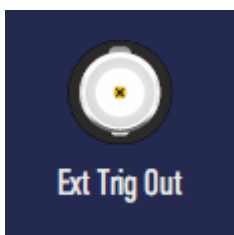
---

**ВНИМАНИЕ!** В экстренных ситуациях, с целью предотвращения поражения электрическим током или для других аналогичных целей следует выдернуть кабель питания из сетевой розетки или из розетки на задней панели прибора.

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ** производить соединение или разъединение кабеля питания при включенном анализаторе.

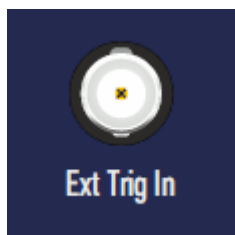
---

### 3 Выход синхронизации



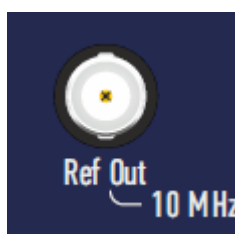
Выход Ext Trig Out предназначен для организации синхронной работы с внешними устройствами. Прибор позволяет выдавать сигналы синхронизации, связанные с различными событиями, в зависимости от настроек.

#### 4 Вход синхронизации



Вход Ext Trig In служит для подключения источника сигнала внешнего запуска. Синхронизация или запуск прибора возможен по различным событиям, перечисленным в программном обеспечении.

#### 5 Выход внешнего опорного генератора 10 МГц

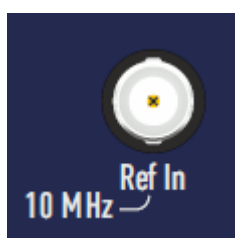


Выход для подключения к внутреннему опорному генератору для создания единой шкалы времени (временной синхронизации) различных устройств.

Выход может использоваться для контроля параметров сигнала внутреннего опорного генератора при проведении диагностики, технического обслуживания или ремонта.

Частота внутреннего опорного генератора 10 МГц.

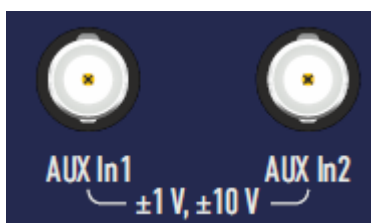
#### 6 Вход внутреннего опорного генератора 10 МГц



Вход для подключения внешнего опорного генератора, обеспечивающего синхронную работу всех узлов и блоков прибора.

Частота внешнего опорного генератора 10 МГц.

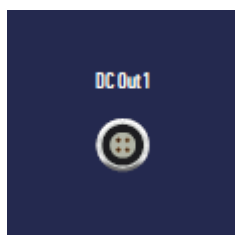
#### 7 Входы для измерения напряжений постоянного тока (опция)



Опционально в состав прибора может включаться плата двухканального вольтметра постоянного тока с двумя переключаемыми диапазонами, позволяющая измерять и отображать значения напряжений синхронно с перестройкой по частоте

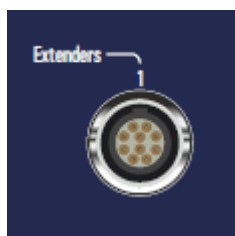
во время измерений комплексных коэффициентов передачи и отражения.

**8** Выходы электропитания расширителей по частоте (только C4209, C4209 и C4409, C4420)



Соединитель для подключения кабеля питания внешних расширителей по частоте.

Электропитание расширителей осуществляется напряжением постоянного тока с блока питания прибора.

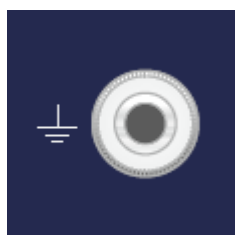


**9** Соединитель USB 2.0



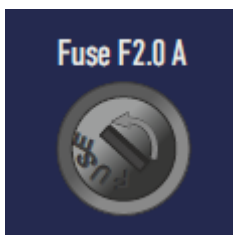
Соединитель для подключения прибора к внешнему управляющему компьютеру.

**10** Клемма заземления



Для обеспечения электробезопасности следует подключить клемму заземления на корпусе анализатора к шине защитного заземления.

**11** Предохранитель (только C1209)



Плавкий предохранитель предназначен для защиты электрических цепей прибора при превышении силы тока допустимого значения.

## 5.4 Порядок проведения измерений

Управление анализатором осуществляется программным обеспечением, установленным на внешнем или внутреннем компьютере.

Программное обеспечение имеет широкий набор функций, облегчающих процесс измерений: большое количество одновременно отображаемых графиков, развитая маркерная система для поиска нужных значений по заданному критерию, допусковый контроль, математическая и статистическая обработка, фильтрация, сохранение и восстановление измеренных данных и настройки органов управления. Реализована поддержка следующих режимов работы: управление запуском развертки, измерение и отображение напряжения постоянного тока синхронно с разверткой по частоте, преобразование импеданса, исключение или встраивание цепи и временная селекция.

Порядок проведения измерений, включая полное описание модели ошибок анализатора, установку параметров, описание сопутствующих схем измерений и калибровки, отображение результатов в различных форматах, приведены в части II руководства по эксплуатации.

### ВНИМАНИЕ!

Для продления срока службы анализатора рекомендуется подключать устройства к портам анализатора, используя измерительные кабели и переходы (переходы не показаны на схемах измерений).

Затягивание соединителей следует выполнять с помощью тарированного ключа с нормированным значением крутящего момента.

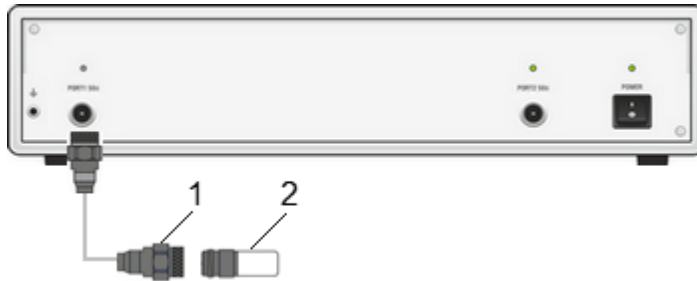
Основные режимы измерений
<a href="#">S-параметры</a>
<a href="#">S-параметры 4-х портового прибора</a>
<a href="#">S-параметры с прямым доступом к приемникам</a>
<a href="#">Балансные измерения</a>
<a href="#">Параметры устройств с переносом частоты</a>
<a href="#">Анализ и фильтрация во временной области</a>

<b>Функциональные возможности</b>
Абсолютная мощность
Линейность амплитудной характеристики
Импеданс
Доверительный тест
Синхронизация
Автоматизация

Все режимы измерений и функциональные возможности подробно представлены в части II руководства по эксплуатации.

На рисунках далее приведены типичные схемы измерений в соответствии с выбранным режимом.

## S-параметры



- 1 – Измерительный кабель  
2 – Исследуемое устройство

Коэффициент отражения однопортового устройства



- 1 – Измерительный кабель  
2 – Исследуемое устройство

Одновременное измерение четырех элементов матрицы рассеяния двухпортового устройства за одно подключение. Изменение направления зондирования испытательного сигнала осуществляется встроенным переключателем.

### Измерение

S-параметры

### Формат

Ампл лог  
Ампл лин  
КСВН  
Фаза  
Фаза>180  
ГВЗ  
Реал и Мним  
Поляр  
Вольп

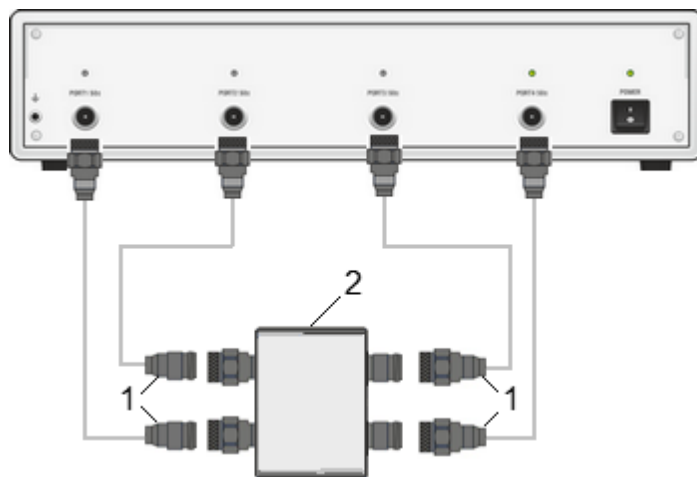
### Анализ

Электрическая задержка  
Смещение фазы  
Преобразование импеданса  
Преобразование параметров (Z, Y, инверсия S)  
Исключение цепи  
Встраивание цепи  
Временная область

### Функции

Статистика  
Полоса пропускания  
Неравномерность  
Параметры фильтра

## S-параметры 4-х портового анализатора

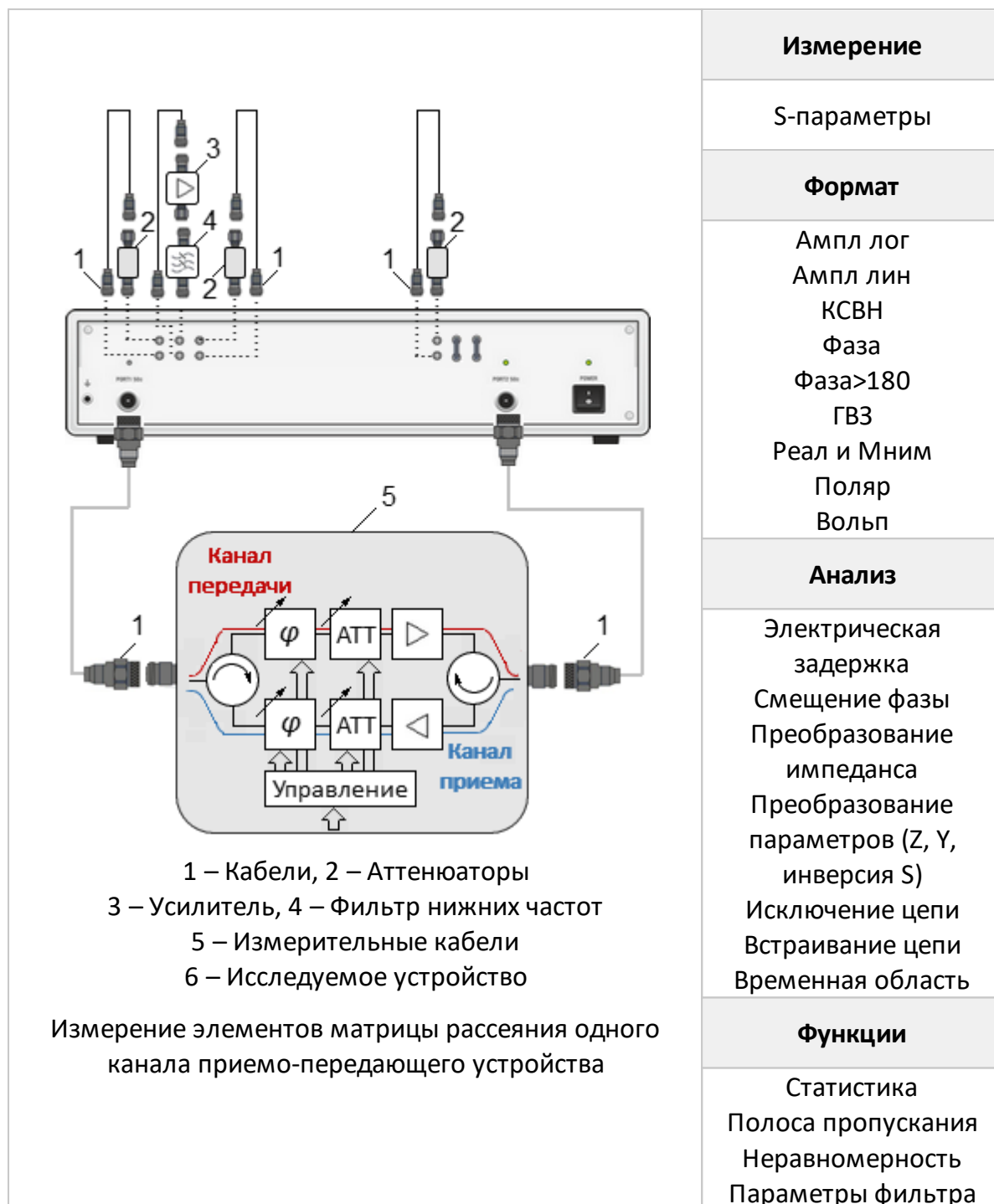


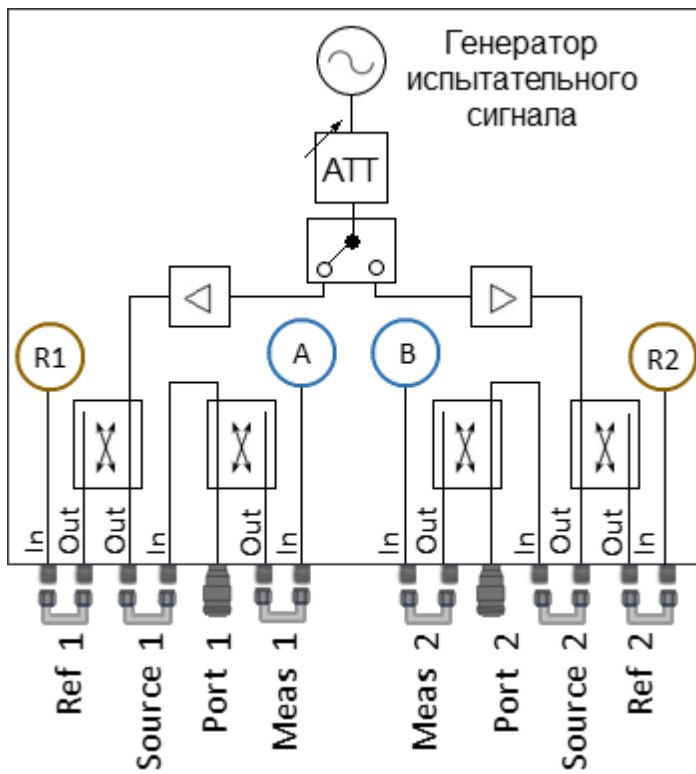
1 – Измерительный кабель  
2 – Исследуемое устройство

Одновременное измерение шестнадцати элементов матрицы рассеяния четырехпортового устройства за одно подключение

<b>Измерение</b>
S-параметры
<b>Формат</b>
Ампл лог Ампл лин КСВН Фаза Фаза>180 ГВЗ Реал и Мним Поляр Вольп
<b>Анализ</b>
Электрическая задержка Смещение фазы Преобразование импеданса Преобразование параметров (Z, Y, инверсия S) Исключение цепи Встраивание цепи Временная область
<b>Функции</b>
Статистика Полоса пропускания Неравномерность Параметры фильтра

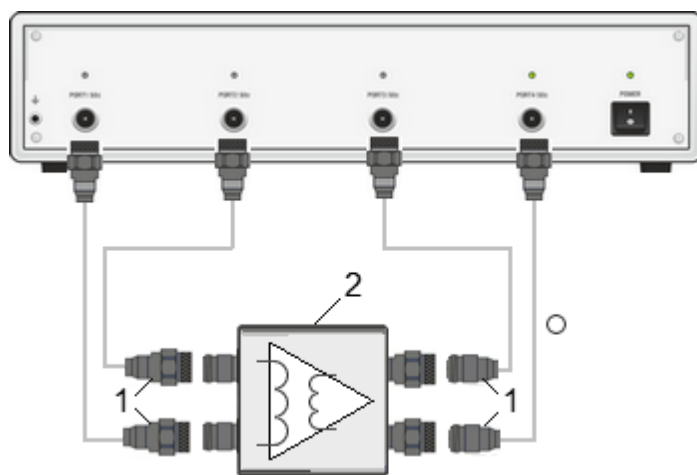
## Прямой доступ к приемникам





Расположение перемычек для прямого доступа к приемникам

## Балансные измерения



1 – Измерительный кабель  
2 – Исследуемое устройство

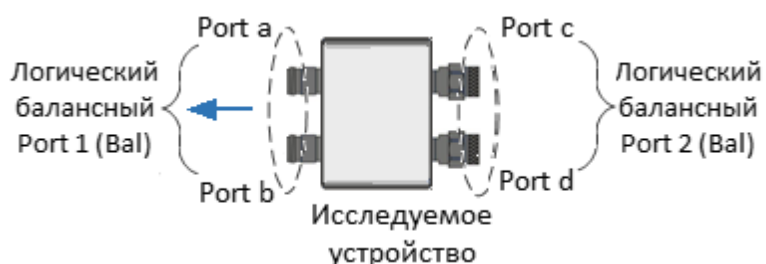
Измерение параметров усилителя в дифференциальном режиме

### Типы балансных цепей

Небалансно-балансное устройство (SE-Bal)



Балансно-балансное устройство (Bal-Bal)



### Измерение

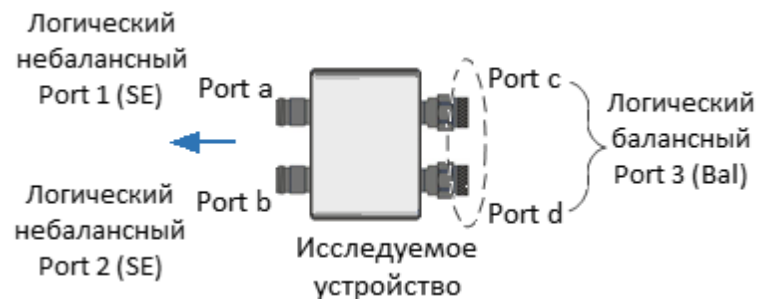
S-параметры

S-параметры в дифференциальном режиме

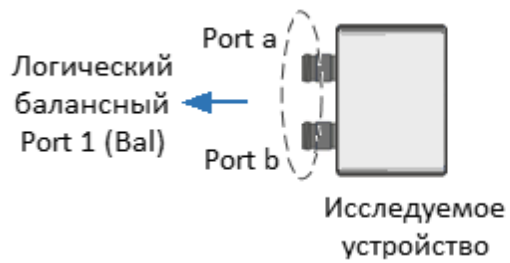
Коэффициент ослабления синфазной составляющей

Дисбаланс

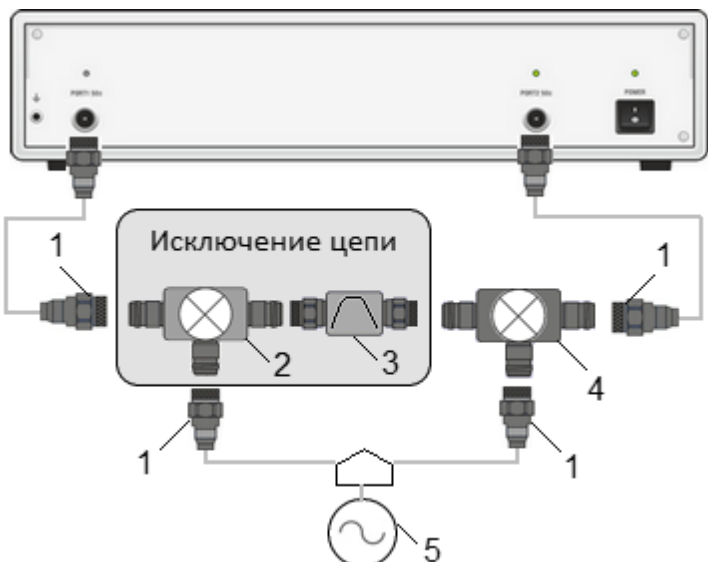
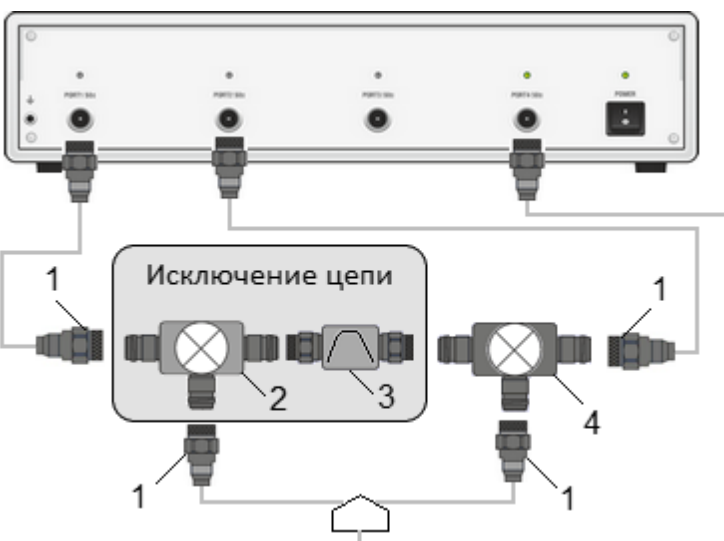
### Небалансно-небалансное-балансное устройство (SE-SE-Bal)



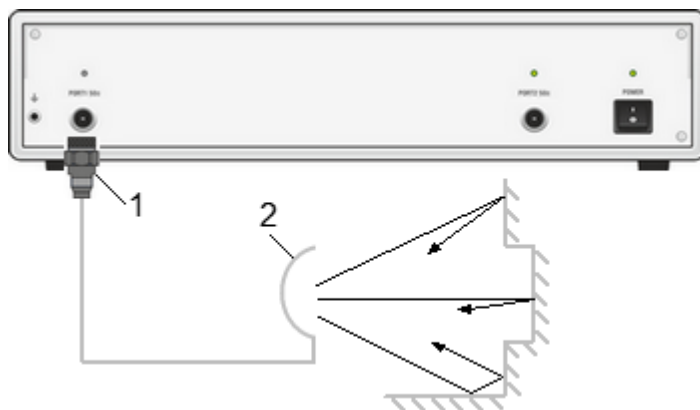
### Балансное устройство (Bal)



## Измерения с переносом частоты

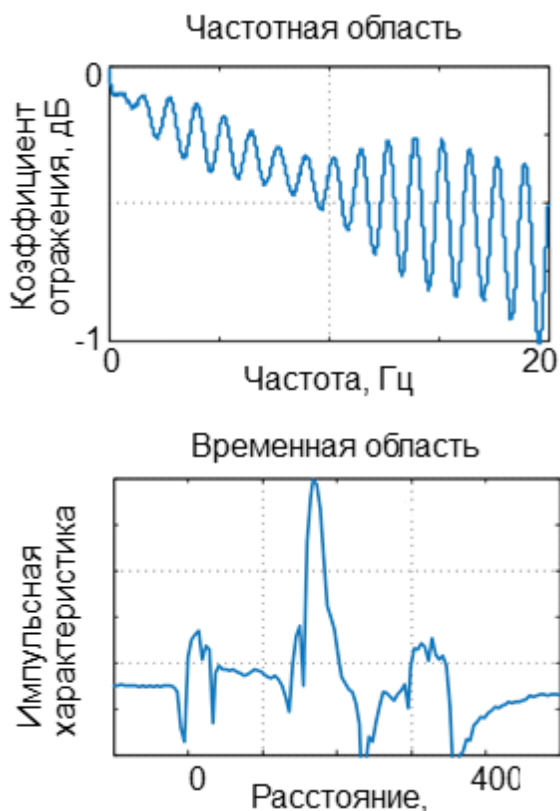
Измерение
<p>S-параметры</p> <p>Коэффициент преобразования</p> <p>Групповое время запаздывания</p>
 <p>1 – Измерительные кабели                  2 – Дополнительный смеситель                  3 – Фильтр, 4 – Исследуемое устройство                  5 – Источник сигнала (генератор)</p> <p>Измерение параметров смесителя. В качестве гетеродина используется внешний источник сигнала</p>  <p>1 – Измерительные кабели                  2 – Дополнительный смеситель                  3 – Фильтр, 4 – Исследуемое устройство</p> <p>Измерение параметров смесителя с помощью четырехпортового прибора</p>

## Временная область



1 – Измерительный кабель  
2 – Антенна

Разделение сигналов во временной области с последующей селекцией



Расчет импульсной характеристики цепи

### Измерение

Z-преобразование данных из частотной области  
предварительно умноженных на функцию окна

### Функции

Тип преобразования:  
режим радиосигнала,  
режим видеосигнала

Селекция

## 6 Поверка

Поверка осуществляется в соответствии с методикой – РТ-МП-3531-441-2016 (РНДМ.468166.002 МП) «ГСИ. Анализаторы цепей векторные С1205, С1207, С1209, С1214, С1220, С1409, С1420, С2209, С2409, С2220, С2420, С4209, С4409, С4220, С4420. Методика поверки».

Методика поверки разработана с учётом требований и рекомендаций, приведённых в МИ 3411-2013.

Поверка производится аккредитованными в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

---

Определение погрешности измерений модуля и фазы коэффициентов передачи и отражения для анализаторов в волноводе с сечением, отличающимся от его измерительных портов, следует проводить в соответствии с МИ 3411-2013.

### ВНИМАНИЕ!

Если вычисленные погрешности измерений модуля и фазы коэффициентов передачи и отражения меньше значений, приведённых в настоящем руководстве по эксплуатации в разделе «Технические характеристики», то за погрешность измерений следует принять указанную в руководстве. В обратном случае нужно использовать рассчитанные согласно МИ 3411-2013 значения погрешностей.

Для выполнения измерений состав анализаторов должен быть дополнен комплектом измерительных переходов и набором калибровочных мер (набором мер коэффициентов передачи и отражения) с соединителями в новом типе волновода.

---

Для выполнения поверки в полуавтоматическом режиме с возможностью протоколирования результатов измерений необходимо использовать программное обеспечение «VNA Performance Test».

Перечень операций, которые следует выполнить при поверке прибора:

- проверка внешнего вида;
- проверка присоединительных размеров;

- определение относительной погрешности установки частоты выходного сигнала;
- определение относительной погрешности установки уровня выходной мощности;
- определение среднего квадратического отклонения трассы;
- проверка уровня собственного шума приёмников;
- определение нескорректированных параметров;
- определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициентов отражения и передачи.

Для определения погрешности измерений модуля и фазы коэффициентов передачи и отражения допускается использовать как комплексную проверку, так и поэлементную. Комплексная проверка основана на применении наборов мер, содержащих рассогласованную  $25 \Omega$  линию передачи, в качестве меры отражения или полного сопротивления, и аттенюаторы 20 и 40 дБ. Поэлементная проверка выполняется в соответствии с МИ 3411-2013 и основана на методе сравнения калибровок, использование которого требует наличия эталонного средства калибровки с известными метрологическими характеристиками.

## **7 Проверка работоспособности**

Проверка выполняется с помощью программного обеспечения «VNA Performance Test» в полуавтоматическом режиме с возможностью протоколирования результатов измерений.

## **8 Техническое обслуживание**

Настоящий раздел устанавливает порядок и правила технического обслуживания анализатора, выполнение которых обеспечивает постоянную готовность анализатора к работе.

### **8.1 Общие указания**

Техническое обслуживание анализатора заключается в поддержании аппаратуры в рабочем состоянии, в регулярном контроле технических характеристик путем проведения профилактических работ, контрольных проверок и профилактических проверок рабочих эталонов, входящих в состав анализатора.

### **8.2 Порядок проведения технического обслуживания**

Перед проведением технического обслуживания следует подготовить

необходимый инструмент, принадлежности и материалы: пинцет, мягкую кисть, спирт этиловый ректификованный, ветошь, бязь, марлю.

При непосредственном использовании анализатора по назначению проводятся следующие виды обслуживания:

- контрольный осмотр (КО);
- техническое обслуживание 2 (ТО–2).

Контрольный осмотр (КО) включает:

- проверка комплектности;
- внешний осмотр для проверки отсутствия механических повреждений, целостности изоляционных и лакокрасочных покрытий; исправности соединительных проводов, кабелей питания, заземления.

ТО–2 включает в себя:

- контрольный осмотр (КО);
- проверку функционирования анализатора (проводится при подготовке к использованию по назначению);
- протирку контактов электрических разъемов и высокочастотных соединителей;
- проверку правильности ведения эксплуатационной документации;
- проверку работоспособности отдельных узлов и блоков;
- профилактические работы;
- поверку (проводится для средств измерений с периодичность 1 раз в год).

При кратковременном хранении (до 1 года) проводится КО.

При длительном хранении (более 1 года) проводятся:

- техническое обслуживание 1 при хранении (ТО–1х);
- техническое обслуживание 2 при хранении (ТО–2х).

ТО–1х проводится 1 раз в год и включает в себя:

- проверку наличия анализатора на месте хранения;
- проведение внешнего осмотра состояния упаковки;
- проверку состояния учета и условий хранения;

- проверку правильности ведения эксплуатационной документации.

ТО–2х выполняется 1 раз в 5 лет и включает в себя:

- все операции ТО–1х;
- поверку;
- упаковку анализатора;
- проверку состояния эксплуатационной документации;
- отметку о выполненных работах в формуляре.

### **Профилактика и контроль электрических контактов**

Проверка по этому пункту включает следующие операции:

- проверку технической прочности, заделки разъемов, сетевых вилок, наконечников на всех кабелях и шнурах, тестирование проводимости соответствующих контактов, разъемов, кабелей;
- проверку качества разъемных соединений (состояние резьбы, возможность и удобство завинчивания в резьбовых разъемах).

Контактные поверхности высокочастотных соединителей протирают в соответствии с п. [Чистка соединителей](#).

В случае неудовлетворительных результатов проверок принять соответствующие меры по ремонту, заделке, затяжке соединителей и контактных устройств.

Необходимо соблюдать меры защиты полупроводниковых элементов от статического электричества.

Профилактические работы выполняют с минимально необходимой разборкой узлов, трактов, расстыковкой соединителей.

## **9 Текущий ремонт**

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

---

**ВНИМАНИЕ!**

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ** нарушать защитные пломбы, производить самостоятельный ремонт.

---

Текущий ремонт	Ремонт, выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособности анализатора и состоящий в замене и (или) восстановлении отдельных частей.
Обезличенный метод	Метод ремонта, при котором не сохраняется принадлежность восстановленных составных частей к определенному экземпляру анализатора.

## 10 Хранение

Анализаторы до введения в эксплуатацию должны храниться в упаковке предприятия – изготовителя при температуре окружающего воздуха от 0 до плюс 40 °С и относительной влажности до 80 % (при температуре плюс 25 °С).

Хранение анализатора без упаковки следует производить при температуре окружающего воздуха от плюс 10 до плюс 35 °С и относительной влажности до 80 % (при температуре плюс 25 °С).

В помещениях для хранения содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию, не должно превышать содержание коррозионно – активных агентов для атмосферы типа 1 по ГОСТ 15150–69.

## 11 Транспортирование

Погрузка и выгрузка упакованного анализатора должна проводиться аккуратно, исключая удары и повреждения упаковки. При транспортировании анализатор следует устанавливать согласно нанесенным на упаковке знакам. Не допускается кантование анализатора.

Допускается транспортирование анализатора в упаковке предприятия-изготовителя всеми видами закрытого транспорта с условиями транспортирования по ГОСТ 22261–94 для группы 3:



- температура окружающего воздуха от минус 50 °С до 70 °С;
- относительная влажность воздуха при 30 °С не более 95 %;



Анализаторы разрешается транспортировать в упакованном виде в условиях, исключающих внешние воздействия, способные вызвать механические повреждения или нарушить целостность упаковки в пути следования. При транспортировании должна быть предусмотрена защита от попадания атмосферных осадков и пыли.



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



Анализаторы, транспортируемые воздушным транспортом, должны располагаться в упаковке в отапливаемых герметизированных отсеках.



## 12 Приложение А (справочное) Обзор приборов


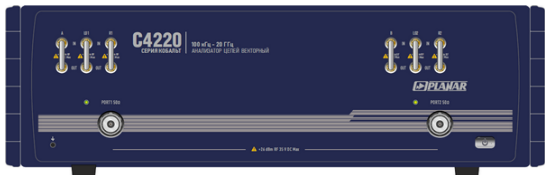
Измеритель	Диапазон частот Количество точек Время измерений Количество портов	Выходная мощность Средний уровень шума Динамический диапазон СКО трассы	Режимы измерений	Специальные режимы
C1205 	от 100 кГц до 4,8 ГГц от 1 до 500 001 10 мкс 2 порта, тип N	от минус 60 до 10 дБм минус 143 дБм/Гц 0,001 дБ	S-параметры Линейность Импеданс Преобразование частоты Преобразование частоты (опция MXR-9)	Временная область (опция TD-9) Напряжение
C1207 	от 100 кГц до 7 ГГц от 1 до 500 001 10 мкс 2 порта, тип N	от минус 60 до 15 дБм минус 143 дБм/Гц 0,001 дБ	S-параметры Линейность Импеданс Преобразование частоты (опция MXR-9)	Временная область (опция TD-9) Напряжение

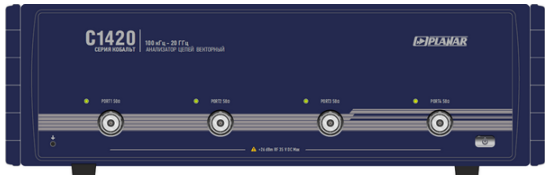
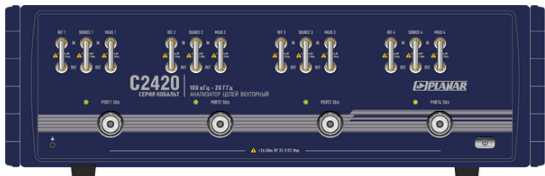
Измеритель	<b>Диапазон частот</b> <b>Количество точек</b> <b>Время измерений</b> <b>Количество портов</b>	<b>Выходная мощность</b> <b>Средний уровень шума</b> <b>Динамический диапазон</b> <b>СКО трассы</b>	<b>Режимы измерений</b>	<b>Специальные режимы</b>
<p style="text-align: center;">C1209</p> 	<p>от 100 кГц до 9 ГГц</p> <p>от 1 до 500 001</p> <p>10 мкс</p> <p>2 порта, тип N</p>	<p>от минус 60 до 15 дБм</p> <p>минус 143 дБм/Гц</p> <p>0,001 дБ</p>	<p>S-параметры</p> <p>Линейность</p> <p>Импеданс</p> <p>Преобразование частоты (опция MXR-9)</p>	<p>Временная область (опция TD-9)</p> <p>Напряжение</p>
<p style="text-align: center;">C2209</p> 	<p>от 100 кГц до 9 ГГц</p> <p>от 1 до 500 001</p> <p>10 мкс</p> <p>2 порта, тип N</p>	<p>от минус 60 до 15 дБм</p> <p>минус 143 дБм/Гц</p> <p>0,001 дБ</p>	<p>S-параметры</p> <p>Линейность</p> <p>Импеданс</p> <p>Преобразование частоты (опция MXR-9)</p>	<p>Прямой доступ к приемникам</p> <p>Временная область (опция TD-9)</p> <p>Напряжение</p>

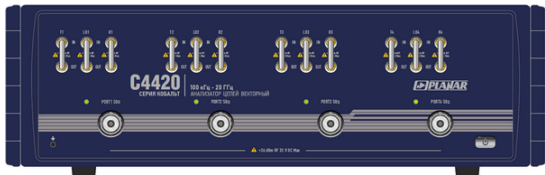
Измеритель	<b>Диапазон частот</b> <b>Количество точек</b> <b>Время измерений</b> <b>Количество портов</b>	<b>Выходная мощность</b> <b>Средний уровень шума</b> <b>Динамический диапазон</b> <b>СКО трассы</b>	<b>Режимы измерений</b>	<b>Специальные режимы</b>
<p style="text-align: center;">C4209</p> 	<p>от 100 кГц до 9 ГГц</p> <p>расширение до 110 ГГц</p> <p>от 1 до 500 001</p> <p>10 мкс</p> <p>2 порта, тип N</p>	<p>от минус 60 до 15 дБм</p> <p>минус 143 дБм/Гц</p> <p>0,001 дБ</p>	<p>S-параметры</p> <p>Линейность</p> <p>Импеданс</p> <p>Преобразование частоты (опция MXR-9)</p>	<p>Прямой доступ к приемникам</p> <p>Временная область (опция TD-9)</p> <p>Напряжение</p>
<p style="text-align: center;">C1409</p> 	<p>от 100 кГц до 9 ГГц</p> <p>от 1 до 500 001</p> <p>10 мкс</p> <p>4 порта, тип N</p>	<p>от минус 60 до 15 дБм</p> <p>минус 143 дБм/Гц</p> <p>0,001 дБ</p>	<p>S-параметры</p> <p>Линейность</p> <p>Импеданс</p> <p>Преобразование частоты (опция MXR-9)</p>	<p>Прямой доступ к приемникам</p> <p>Временная область (опция TD-9)</p> <p>Напряжение</p>

Измеритель	<b>Диапазон частот</b> <b>Количество точек</b> <b>Время измерений</b> <b>Количество портов</b>	<b>Выходная мощность</b> <b>Средний уровень шума</b> <b>Динамический диапазон</b> <b>СКО трассы</b>	<b>Режимы измерений</b>	<b>Специальные режимы</b>
<p style="text-align: center;">C2409</p> 	<p>от 100 кГц до 9 ГГц</p> <p>от 1 до 500 001</p> <p>10 мкс</p> <p>4 порта, тип N</p>	<p>от минус 60 до 15 дБм</p> <p>минус 143 дБм/Гц</p> <p>0,001 дБ</p>	<p>S-параметры</p> <p>Линейность</p> <p>Импеданс</p> <p>Преобразование частоты (опция MXR-9)</p>	<p>Расширение диапазона частот</p> <p>Балансные измерения</p> <p>Временная область (опция TD-9)</p> <p>Напряжение</p>
<p style="text-align: center;">C4409</p> 	<p>от 100 кГц до 9 ГГц</p> <p>расширение до 110 ГГц</p> <p>от 1 до 500 001</p> <p>10 мкс</p> <p>4 порта, тип N</p>	<p>от минус 60 до 15 дБм</p> <p>минус 143 дБм/Гц</p> <p>0,001 дБ</p>	<p>S-параметры</p> <p>Линейность</p> <p>Импеданс</p> <p>Преобразование частоты (опция MXR-9)</p>	<p>Прямой доступ к приемникам</p> <p>Балансные измерения</p> <p>Временная область (опция TD-9)</p> <p>Напряжение</p>

Измеритель	<b>Диапазон частот</b> <b>Количество точек</b> <b>Время измерений</b> <b>Количество портов</b>	<b>Выходная мощность</b> <b>Средний уровень шума</b> <b>Динамический диапазон</b> <b>СКО трассы</b>	<b>Режимы измерений</b>	<b>Специальные режимы</b>
<p style="text-align: center;">C1214</p> 	<p>от 100 кГц до 14 ГГц</p> <p>от 1 до 500 001</p> <p>12 мкс</p> <p>2 порта, тип N</p>	<p>от минус 60 до 10 дБм</p> <p>минус 133 дБм/Гц</p> <p>0,001 дБ</p>	<p>S-параметры</p> <p>Линейность</p> <p>Импеданс</p> <p>Преобразование частоты (опция MXR-20)</p>	<p>Прямой доступ к приемникам</p> <p>Временная область (опция TD-20)</p> <p>Напряжение</p>
<p style="text-align: center;">C1220</p> 	<p>от 100 кГц до 20 ГГц</p> <p>от 1 до 500 001</p> <p>12 мкс</p> <p>2 порта, NMD 3,5 мм</p>	<p>от минус 60 до 10 дБм</p> <p>минус 133 дБм/Гц</p> <p>0,001 дБ</p>	<p>S-параметры</p> <p>Линейность</p> <p>Импеданс</p> <p>Преобразование частоты (опция MXR-20)</p>	<p>Расширение диапазона частот</p> <p>Временная область (опция TD-20)</p> <p>Напряжение</p>

Измеритель	<b>Диапазон частот</b> <b>Количество точек</b> <b>Время измерений</b> <b>Количество портов</b>	<b>Выходная мощность</b> <b>Средний уровень шума</b> <b>Динамический диапазон</b> <b>СКО трассы</b>	<b>Режимы измерений</b>	<b>Специальные режимы</b>
<p style="text-align: center;">C2220</p> 	<p>от 100 кГц до 20 ГГц</p> <p>от 1 до 500 001</p> <p>12 мкс</p> <p>2 порта, NMD 3,5 мм</p>	<p>от минус 60 до 10 дБм</p> <p>минус 133 дБм/Гц</p> <p>0,001 дБ</p>	<p>S-параметры</p> <p>Линейность</p> <p>Импеданс</p> <p>Преобразование частоты (опция MXR-20)</p>	<p>Прямой доступ к приемникам</p> <p>Временная область (опция TD-20)</p> <p>Напряжение</p>
<p style="text-align: center;">C4220</p> 	<p>от 100 кГц до 20 ГГц</p> <p>расширение до 110 ГГц</p> <p>от 1 до 500 001</p> <p>12 мкс</p> <p>2 порта, NMD 3,5 мм</p>	<p>от минус 60 до 10 дБм</p> <p>минус 133 дБм/Гц</p> <p>0,001 дБ</p>	<p>S-параметры</p> <p>Линейность</p> <p>Импеданс</p> <p>Преобразование частоты (опция MXR-20)</p>	<p>Балансные измерения</p> <p>Временная область (опция TD-20)</p> <p>Напряжение</p>

Измеритель	<b>Диапазон частот</b> <b>Количество точек</b> <b>Время измерений</b> <b>Количество портов</b>	<b>Выходная мощность</b> <b>Средний уровень шума</b> <b>Динамический диапазон</b> <b>СКО трассы</b>	<b>Режимы измерений</b>	<b>Специальные режимы</b>
<p style="text-align: center;">C1420</p> 	<p>от 100 кГц до 20 ГГц</p> <p>от 1 до 500 001</p> <p>12 мкс</p> <p>4 порта, NMD 3,5 мм</p>	<p>от минус 60 до 10 дБм</p> <p>минус 133 дБм/Гц</p> <p>0,001 дБ</p>	<p>S-параметры</p> <p>Линейность</p> <p>Импеданс</p> <p>Преобразование частоты (опция MXR-20)</p>	<p>Балансные измерения</p> <p>Временная область (опция TD-20)</p> <p>Напряжение</p>
<p style="text-align: center;">C2420</p> 	<p>от 100 кГц до 20 ГГц</p> <p>от 1 до 500 001</p> <p>12 мкс</p> <p>4 порта, NMD 3,5 мм</p>	<p>от минус 60 до 10 дБм</p> <p>минус 133 дБм/Гц</p> <p>0,001 дБ</p>	<p>S-параметры</p> <p>Линейность</p> <p>Импеданс</p> <p>Преобразование частоты (опция MXR-20)</p>	<p>Прямой доступ к приемникам</p> <p>Балансные измерения</p> <p>Временная область (опция TD-20)</p> <p>Напряжение</p>

Измеритель	<b>Диапазон частот</b> <b>Количество точек</b> <b>Время измерений</b> <b>Количество портов</b>	<b>Выходная мощность</b> <b>Средний уровень шума</b> <b>Динамический диапазон</b> <b>СКО трассы</b>	<b>Режимы измерений</b>	<b>Специальные режимы</b>
<p style="text-align: center;">C4420</p> 	<p>от 100 кГц до 20 ГГц</p> <p>расширение до 110 ГГц</p> <p>от 1 до 500 001</p> <p>12 мкс</p> <p>4 порта, NMD 3,5 мм</p>	<p>от минус 60 до 10 дБм</p> <p>минус 133 дБм/Гц</p> <p>0,001 дБ</p>	<p>S-параметры</p> <p>Линейность</p> <p>Импеданс</p> <p>Преобразование частоты (опция MXR-20)</p>	<p>Расширение диапазона частот</p> <p>Балансные измерения</p> <p>Временная область (опция TD-20)</p> <p>Напряжение</p>