

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель генерального
директора - заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»



 А.Н. Щипунов

М.п.

« 25 » 09 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Комплекты нагрузок волноводных КНВ

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 113-25-006

пгт. Менделеево
2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2	ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	8
3	ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	8
4	ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	8
5	МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ....	8
6	ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	9
7	ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	9
8	ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	10
9	ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	10
10	ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ.....	15
11	ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	16

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на Комплекты нагрузок волноводных КНВ (далее – комплекты нагрузок), изготавливаемые Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ») и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Первичной поверке подлежат комплекты нагрузок до ввода в эксплуатацию. Периодической поверке подлежат комплекты нагрузок, находящиеся в эксплуатации, на хранении и после ремонта.

1.3 Применяемые при поверке эталоны и средства измерений должны обеспечивать прослеживаемость к ГЭТ 219-2024 «Государственный первичный эталон единиц комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц» (далее – ГЭТ 219) в соответствии с Приказом Росстандарта №1796 от 05.08.2024 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц».

1.4 Поверка комплекта нагрузок может осуществляться только аккредитованным на проведение поверки в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации лицом в соответствии с его областью аккредитации.

1.5 При проведении поверки необходимо руководствоваться настоящей методикой и эксплуатационной документацией на комплект нагрузок и на используемое при поверке оборудование. Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений.

1.6 Настоящая методика поверки применяется для поверки комплектов нагрузок, используемых в качестве рабочего эталона (разряды для рабочих эталонов в государственной поверочной схеме не указаны) единиц комплексного коэффициента отражения в волноводных трактах в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц, утвержденной Приказом Росстандарта №1796 от 05 августа 2024.

1.7 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические характеристики, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 - Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Пределы допускаемой абсолютной (относительной, приведенной) погрешности/доверительные границы абсолютной (относительной, приведенной) погрешности
Диапазон частот, ГГц, для присоединительных размеров фланцев волноводов прямоугольного сечения, мм:	
90,0×45,0	от 2,14 до 3,20
72,0×34,0	от 2,59 до 3,94
58,0×25,0	от 3,20 до 4,80
48,0×24,0	от 3,94 до 5,64
40,0×20,0	от 4,80 до 6,85
35,0×15,0	от 5,64 до 8,15
28,5×12,6	от 6,85 до 9,93
23,0×10,0	от 8,15 до 12,05

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Пределы допускаемой абсолютной (относительной, приведенной) погрешности/доверительные границы абсолютной (относительной, приведенной) погрешности
17,0×8,0	от 11,55 до 16,66
16,0×8,0	от 12,05 до 17,44
11,0×5,5	от 17,44 до 25,95
7,2×3,4	от 25,95 до 37,50
5,2×2,6	от 37,50 до 53,57
3,6×1,8	от 53,57 до 78,33
2,4×1,2	от 78,33 до 118,1
1,6×0,8	от 118,1 до 178,4
86,360×43,180 (WR-340)	от 2,20 до 3,30
72,140×34,040 (WR-284)	от 2,60 до 3,95
58,170×29,080 (WR-229)	от 3,30 до 4,90
47,549×22,149 (WR-187)	от 3,95 до 5,85
40,386×20,193 (WR-159)	от 4,90 до 7,05
34,849×15,799 (WR-137)	от 5,85 до 8,20
28,499×12,624 (WR-112)	от 7,05 до 10,0
25,908×12,954 (WR-102)	от 7,00 до 11,00
22,860×10,160 (WR-90)	от 8,20 до 12,40
19,050×9,525 (WR-75)	от 10,00 до 15,00
15,799×7,899 (WR-62)	от 12,40 до 18,00
12,954×6,477 (WR-51)	от 15,00 до 22,00
10,668×4,318 (WR-42)	от 18,00 до 26,50
8,636×4,318 (WR-34)	от 22,00 до 33,00
7,112×3,556 (WR-28)	от 26,50 до 40,00
5,690×2,845 (WR-22)	от 33,00 до 50,00
4,775×2,388 (WR-19)	от 40,00 до 60,00
3,759×1,880 (WR-15)	от 50,00 до 75,00
3,0988×1,5494 (WR-12)	от 60,00 до 90,00
2,540×1,270 (WR-10)	от 75,00 до 110,00
2,032×1,016 (WR-8)	от 90,00 до 140,00
1,651×0,8255 (WR-6)	от 110,00 до 170,00
Номинальные значения КСВН (К) – нагрузка волноводная НВ-1,05 – нагрузка волноводная НВ-1,2 – нагрузка волноводная НВ-1,4 – нагрузка волноводная НВ-2,0 – нагрузка волноводная НВ-4,5	1,05 1,2 1,4 2,0 4,5
Диапазоны допустимых значений КСВН для значений КСВН нагрузок – 1,05 – 1,2 – 1,4 – 2,0 – 4,5	от 1,00 до 1,10 от 1,10 до 1,30 от 1,25 до 1,55 от 1,75 до 2,25 от 4,10 до 4,90

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Пределы допускаемой абсолютной (относительной, приведенной) погрешности/доверительные границы абсолютной (относительной, приведенной) погрешности
Пределы допускаемой относительной погрешности значений КСВН ($\delta K_{д}$) для нагрузок волноводных, %:	
– HB-90-1,05, HB-WR-340-1,05	±0,6
– HB-90-1,2, HB-WR-340-1,2	±0,6
– HB-90-1,4, HB-WR-340-1,4	±0,7
– HB-90-2,0, HB-WR-340-2,0	±0,9
– HB-90-4,5, HB-WR-340-4,5	±1,9
– HB-72-1,05, HB-WR-284-1,05	±0,7
– HB-72-1,2, HB-WR-284-1,2	±0,7
– HB-72-1,4, HB-WR-284-1,4	±0,7
– HB-72-2,0, HB-WR-284-2,0	±1,0
– HB-72-4,5, HB-WR-284-4,5	±2,1
– HB-58-1,05, HB-WR-229-1,05	±0,7
– HB-58-1,2, HB-WR-229-1,2	±0,7
– HB-58-1,4, HB-WR-229-1,4	±0,8
– HB-58-2,0, HB-WR-229-2,0	±1,0
– HB-58-4,5, HB-WR-229-4,5	±2,1
– HB-48-1,05, HB-WR-187-1,05	±0,7
– HB-48-1,2, HB-WR-187-1,2	±0,7
– HB-48-1,4, HB-WR-187-1,4	±0,8
– HB-48-2,0, HB-WR-187-2,0	±1,0
– HB-48-4,5, HB-WR-187-4,5	±2,2
– HB-40-1,05, HB-WR-159-1,05	±0,7
– HB-40-1,2, HB-WR-159-1,2	±0,8
– HB-40-1,4, HB-WR-159-1,4	±0,8
– HB-40-2,0, HB-WR-159-2,0	±1,1
– HB-40-4,5, HB-WR-159-4,5	±2,4
– HB-35-1,05, HB-WR-137-1,05	±0,7
– HB-35-1,2, HB-WR-137-1,2	±0,8
– HB-35-1,4, HB-WR-137-1,4	±0,8
– HB-35-2,0, HB-WR-137-2,0	±1,2
– HB-35-4,5, HB-WR-137-4,5	±2,5
– HB-28,5-1,05, HB-WR-112-1,05, HB-WR-102-1,05	±0,8
– HB-28,5-1,2, HB-WR-112-1,2, HB-WR-102-1,2	±0,8
– HB-28,5-1,4, HB-WR-112-1,4, HB-WR-102-1,4	±0,9
– HB-28,5-2,0, HB-WR-112-2,0, HB-WR-102-2,0	±1,2
– HB-28,5-4,5, HB-WR-112-4,5, HB-WR-102-4,5	±2,7
– HB-23-1,05, HB-WR-90-1,05, HB-WR-75-1,05	±0,8
– HB-23-1,2, HB-WR-90-1,2, HB-WR-75-1,2	±0,8
– HB-23-1,4, HB-WR-90-1,4, HB-WR-75-1,4	±0,9
– HB-23-2,0, HB-WR-90-2,0, HB-WR-75-2,0	±1,3
– HB-23-4,5, HB-WR-90-4,5, HB-WR-75-4,5	±2,9

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Пределы допускаемой абсолютной (относительной, приведенной) погрешности/доверительные границы абсолютной (относительной, приведенной) погрешности
- HB-17-1,05, HB-16-1,05, HB-WR-62-1,05	±0,8
- HB-17-1,2, HB-16-1,2, HB-WR-62-1,2	±0,9
- HB-17-1,4, HB-16-1,4, HB-WR-62-1,4	±1,0
- HB-17-2,0, HB-16-2,0, HB-WR-62-2,0	±1,3
- HB-17-4,5, HB-16-4,5, HB-WR-62-4,5	±3,0
- HB-WR-51-1,05, HB-11-1,05, HB-WR-42-1,05	±0,8
- HB-WR-51-1,2, HB-11-1,2, HB-WR-42-1,2	±0,9
- HB-WR-51-1,4, HB-11-1,4, HB-WR-42-1,4	±1,0
- HB-WR-51-2,0, HB-11-2,0, HB-WR-42-2,0	±1,4
- HB-WR-51-4,5, HB-11-4,5, HB-WR-42-4,5	±3,1
- HB-WR-34-1,05	±0,9
- HB-WR-34-1,2	±0,9
- HB-WR-34-1,4	±1,0
- HB-WR-34-2,0	±1,5
- HB-WR-34-4,5	±3,3
- HB-7,2-1,05	±0,9
- HB-7,2-1,2	±0,9
- HB-7,2-1,4	±1,1
- HB-7,2-2,0	±1,5
- HB-7,2-4,5	±3,4
- HB-WR-28-1,05	±0,9
- HB-WR-28-1,2	±1,0
- HB-WR-28-1,4	±1,1
- HB-WR-28-2,0	±1,6
- HB-WR-28-4,5	±3,6
- HB-WR-22-1,05	±0,9
- HB-WR-22-1,2	±1,0
- HB-WR-22-1,4	±1,2
- HB-WR-22-2,0	±1,7
- HB-WR-22-4,5	±3,8
- HB-5,2-1,05	±1,0
- HB-5,2-1,2	±1,1
- HB-5,2-1,4	±1,2
- HB-5,2-2,0	±1,7
- HB-5,2-4,5	±3,9
- HB-WR-19-1,05	±1,0
- HB-WR-19-1,2	±1,1
- HB-WR-19-1,4	±1,3
- HB-WR-19-2,0	±1,9
- HB-WR-19-4,5	±4,3
- HB-WR-15-1,05	±1,0
- HB-WR-15-1,2	±1,2

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Пределы допускаемой абсолютной (относительной, приведенной) погрешности/доверительные границы абсолютной (относительной, приведенной) погрешности
- HB-WR-15-1,4	±1,3
- HB-WR-15-2,0	±1,9
- HB-WR-15-4,5	±4,4
- HB-3,6-1,05	±1,1
- HB-3,6-1,2	±1,2
- HB-3,6-1,4	±1,4
- HB-3,6-2,0	±2,0
- HB-3,6-4,5	±4,7
- HB-WR-12-1,05	±1,1
- HB-WR-12-1,2	±1,3
- HB-WR-12-1,4	±1,5
- HB-WR-12-2,0	±2,2
- HB-WR-12-4,5	±5,1
- HB-WR-10-1,05	±1,2
- HB-WR-10-1,2	±1,3
- HB-WR-10-1,4	±1,6
- HB-WR-10-2,0	±2,3
- HB-WR-10-4,5	±5,5
- HB-2,4-1,05	±1,3
- HB-2,4-1,2	±1,4
- HB-2,4-1,4	±1,7
- HB-2,4-2,0	±2,5
- HB-2,4-4,5	±5,9
- HB-WR-8-1,05	±1,3
- HB-WR-8-1,2	±1,5
- HB-WR-8-1,4	±1,8
- HB-WR-8-2,0	±2,6
- HB-WR-8-4,5	±6,2
- HB-WR-6-1,05	±1,3
- HB-WR-6-1,2	±1,5
- HB-WR-6-1,4	±1,8
- HB-WR-6-2,0	±2,7
- HB-WR-6-4,5	±6,5
- HB-1,6-1,05	±1,3
- HB-1,6-1,2	±1,6
- HB-1,6-1,4	±1,9
- HB-1,6-2,0	±2,8
- HB-1,6-4,5	±6,7
Пределы допускаемой абсолютной погрешности значений фазы коэффициента отражения ¹ , градус	$\pm (180/\pi) \cdot \arcsin(0,02 \cdot K_{\Pi} \cdot \delta K_{\Pi} / (K_{\Pi}^2 - 1))$

¹ K_{Π} – значения КСВН нагрузки из паспорта.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки комплекта нагрузок должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Определение диапазона рабочих частот	да	да	9.1
Определение значений КСВН, фазы коэффициента отражения и отклонения от номинальных значений КСВН нагрузок	да	да	9.2
Определение относительной погрешности КСВН нагрузок	да	да	9.3
Определение абсолютной погрешности фазы коэффициента отражения нагрузок	да	да	9.4
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	10

2.2 Допускается проведение поверки меньшего числа измеряемых величин, которые используются при эксплуатации по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке на основании заявления владельца комплекта нагрузок.

2.3 При получении отрицательных результатов по любому пункту таблицы 2 поверяемый комплект нагрузок бракуется и направляется в ремонт.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия (если не оговорено иное):

- температура окружающего воздуха, °С от плюс 15 до плюс 25;
- относительная влажность окружающего воздуха при температуре +25 °С, % не более 80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) от 94 до 106.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами со средним или высшим техническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в области радиотехнических измерений в установленном порядке и имеющим квалификационную группу электробезопасности не ниже второй.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с документом МФРН.411648.004 ПС «Комплект нагрузок волноводных КНВ. Паспорт» (далее – МФРН.411648.004 ПС).

4.3 Поверка осуществляется одним специалистом.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Рекомендуемые средства поверки, в том числе рабочие эталоны и средства измерений, приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
7. Внешний осмотр	Длина 200 мм. Класс точности 1.	Линейка поверочная ЛД рег. № 76862-19
9.1 Определение диапазона рабочих частот	Средство измерений комплексного коэффициента отражения с диапазоном частот от 2,14 до 178,40 ГГц, диапазоном измерений КСВН от 1 до 4,9 соответствующее требованиям вторичного эталона в соответствии с Приказом Росстандарта №1796 от 05.08.2024. Измеритель влажности и температуры в диапазоне температур от +10°C до +35°C, с диапазоном измерений относительной влажности, от 0 до 99 %, с диапазоном измерений абсолютного давления от 840 до 1060 гПа	Государственный первичный эталон единиц комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц (ГЭТ 219-2024). Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 15500-07
9.2 Определение значений КСВН, фазы коэффициента отражения и отклонения от номинальных значений КСВН нагрузок		
9.3 Определение относительной погрешности КСВН нагрузок		
9.4 Определение абсолютной погрешности фазы коэффициента отражения нагрузок		
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденными приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2020 № 903н, а также требования безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на комплекты нагрузок и средства поверки.

6.2 Средства поверки должны быть надежно заземлены в соответствии с эксплуатационной документацией.

6.3 Размещение и подключение измерительных приборов разрешается производить только при выключенном питании.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Внешний осмотр комплекта нагрузок проводить визуально без вскрытия, при этом необходимо проверить:

– комплектность, маркировку и пломбировку (наклейку) на соответствие документу МФРН.411648.004 ПС «Комплект нагрузок волноводных КНВ. Паспорт» (далее – МФРН.411648.004 ПС);

– чистоту волноводных фланцев каждой нагрузки;
– плоскостность волноводных фланцев каждой нагрузки с помощью линейки поверочной ЛД;

– целостность крепежных отверстий каждой нагрузки;
– плоскостность волноводных фланцев каждой нагрузки с помощью линейки поверочной ЛД;

– отсутствие видимых повреждений, влияющих на работоспособность нагрузок.

7.2 Результат внешнего осмотра считать положительным, если:

– комплект поставки соответствует п. 2.1 документа МФРН.411648.004 ПС;
– маркировка и пломбировка (наклейка) соответствует п. 5 документа МФРН.411648.004 ПС;

– отсутствует видимый просвет при проверке плоскостности волноводных фланцев нагрузок;

– волноводные фланцы каждой нагрузки чистые и не имеют видимых дефектов.

В противном случае результаты внешнего осмотра считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед проведением поверки необходимо провести подготовительные работы, оговоренные в МФРН.411648.004 ПС и эксплуатационной документации на применяемые средства поверки.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение диапазона рабочих частот

9.1.1 Определение диапазона рабочих частот проводится одновременно с п. 9.2 «Определение номинальных значений КСВН, фазы коэффициента отражения и отклонения от номинальных значений КСВН».

9.1.2 Подтверждение диапазона частот обеспечивается положительными результатами измерений по методике п. 9.2, в ходе которых выполняются определение номинальных значений КСВН и отклонения от номинальных значений КСВН в диапазоне рабочих частот комплекта нагрузок.

9.1.3 Результаты поверки считать положительными, если в диапазоне рабочих частот нагрузок измеренные значения КСВН находятся в допусках.

9.2 Определение значений КСВН, фазы коэффициента отражения и отклонения от номинальных значений КСВН нагрузок

9.2.1 Определение значений КСВН, фазы коэффициента отражения и отклонения от номинальных значений КСВН нагрузок в диапазоне рабочих частот выполнить с помощью ГЭТ 219 для каждого набора нагрузок волноводных в следующей последовательности.

9.2.1.1 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 1 или рисунком 2 в зависимости от диапазона рабочих частот поверяемой нагрузки из комплекта нагрузок.

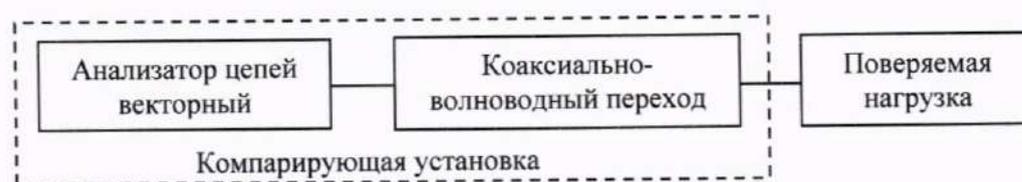


Рисунок 1. Схема измерений в диапазоне частот от 2,14 до 67,0 ГГц

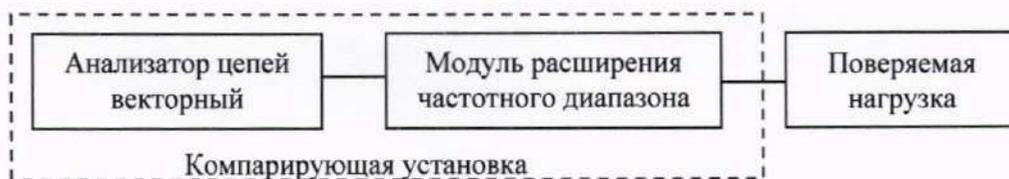


Рисунок 2. Схема измерений в диапазоне частот от 50,0 до 178,4 ГГц

В таблице 4 приведены диапазоны рабочих частот для модулей расширения частотного диапазона (далее – МРЧД), необходимых для проведения измерений.

Для измерений использовать волноводно-волноводные переходы соответствующего сечения волноводного тракта.

Для проведения измерений в частотном диапазоне менее 67 ГГц использовать коаксиально-волноводный переход без использования МРЧД.

Таблица 4 – Диапазоны рабочих частот МРЧД

Наименование МРЧД	Диапазон частот, ГГц
ZVA-Z75	от 50 до 75 включительно
ZVA-Z110	от 75 до 110 включительно
ZVA-Z170	от 110 до 170 включительно
ZC220	от 170 до 178,4 включительно

9.2.1.2 Подготовить ГЭТ 219 к измерениям КСВН в соответствии с эксплуатационной документацией на него и провести настройку анализатора цепей векторного для работы в диапазоне рабочих частот поверяемой нагрузки из комплекта нагрузок.

9.2.1.3 Выполнить однопортовую калибровку компарирующей установки в соответствии с руководством по эксплуатации ГЭТ 219.

9.2.1.4 Присоединить к измерительному порту одну из поверяемых нагрузок.

9.2.1.5 Выбрать формат отображения результатов измерений – VSWR.

9.2.1.6 Измерить КСВН поверяемой нагрузки на частотах, приведенных в таблице 5.

9.2.1.7 Результаты измерений зафиксировать в протоколе.

9.2.1.8 Выбрать формат отображения результатов измерений – Phase.

9.2.1.9 Измерить фазу коэффициента отражения испытываемой нагрузки на частотах, приведенных в таблице 5.

9.2.1.10 Результаты измерений зафиксировать в протоколе.

9.2.1.11 Отсоединить поверяемую нагрузку.

9.2.1.12 Присоединить к измерительному порту нагрузку, перевернув её на 180° в плоскости перпендикулярной плоскости фланца относительно предыдущего положения.

9.2.1.13 Повторить операции пунктов 9.2.1.5 – 9.2.1.11.

9.2.1.14 Повторить операции пунктов 9.2.1.12 – 9.2.1.13 2 раза.

9.2.1.15 Поочередно повторить операции пунктов 9.2.1.4 – 9.2.1.14 для всех нагрузок из состава комплекта нагрузок. Измерения фазы коэффициента отражения провести для нагрузок с номинальными значениями КСВН 1,20, 1,40, 2,00, 4,50.

Таблица 5 – Значения частот для сечений волноводных трактов

№ п/п	Волноводные тракты	Значения частот, ГГц
1	90,0×45,0	2,14; 2,2; 2,4; 2,6; 2,8; 3,0; 3,2
2	72,0×34,0	2,59; 2,8; 3; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 3,94

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Волноводные тракты	Значения частот, ГГц
3	58,0×25,0	3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4; 4,2; 4,4; 4,6; 4,8
4	48,0×24,0	3,94; 4,2; 4,4; 4,6; 4,8; 5,0; 5,2; 5,4; 5,64
5	40,0×20,0	4,8; 5; 5,2; 5,4; 5,6; 5,8; 6; 6,2; 6,4; 6,6; 6,85
6	35,0×15,0	5,64; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,15
7	28,5×12,6	6,85; 7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 9,93
8	23,0×10,0	8,15; 8,5; 9; 9,5; 10; 10,5; 11; 11,5; 12,05
9	17,0×8,0	11,55; 12; 13; 14; 15; 16; 16,66
10	16,0×8,0	12,05; 13; 14; 15; 16; 17; 17,44
11	11,0×5,5	17,44; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 25,95
12	7,2×3,4	25,95; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 37,5
13	5,2×2,6	37,5; 38; 40; 42; 44; 46; 48; 50; 52; 53,57
14	3,6×1,8	53,57; 54; 56; 58; 60; 62; 64; 66; 68; 70; 72; 74; 76; 78; 78,33
15	2,4×1,2	78,33; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 115; 118,1
16	1,6×0,8	118,1; 120; 125; 130; 135; 140; 145; 150; 155; 160; 165; 170; 175; 178,4
17	WR-340 (86,360×43,180)	2,2; 2,4; 2,6; 2,8; 3,0; 3,2; 3,3
18	WR-284 (72,140×34,040)	2,6; 2,8; 3; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 3,95
19	WR-229	3,3; 3,4; 3,6; 3,8; 4; 4,2; 4,4; 4,6; 4,8; 4,9
20	WR-187	3,95; 4,2; 4,4; 4,6; 4,8; 5,0; 5,2; 5,4; 5,6; 5,85
21	WR-159	4,9; 5; 5,2; 5,4; 5,6; 5,8; 6; 6,2; 6,4; 6,6; 6,8; 7,05
22	WR-137	5,85; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,2
23	WR-112	7,05; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10
24	WR-102	7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10; 10,5; 11
25	WR-90 (22,860×10,160)	8,2; 8,5; 9; 9,5; 10; 10,5; 11; 11,5; 12; 12,4
26	WR-75 (19,050×9,525)	10; 10,5; 11; 11,5; 12; 12,5; 13; 13,5; 14; 14,5; 15
27	WR-62 (15,799×7,899)	12,4; 13; 14; 15; 16; 17; 18
28	WR-51 (12,954×6,477)	15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22
29	WR-42 (10,668×4,318)	18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 26,5
30	WR-34 (8,636×4,318)	22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33
31	WR-28 (7,112×3,556)	26,5; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40
32	WR-22 (5,690×2,845)	33; 34; 36; 38; 40; 42; 44; 46; 48; 50
33	WR-19 (4,775×2,388)	40; 42; 44; 46; 48; 50; 52; 54; 56; 58; 60
34	WR-15 (3,759×1,880)	50; 52; 54; 56; 58; 60; 62; 64; 66; 68; 70; 72; 74; 75
35	WR-12 (3,0988×1,5494)	60; 65; 70; 75; 80; 85; 90
36	WR-10 (2,540×1,270)	75; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110
37	WR-8 (2,032×1,016)	90; 95; 100; 105; 110; 115; 120; 125; 130; 135; 140
38	WR-6 (1,651×0,8255)	110; 115; 120; 125; 130; 135; 140; 145; 150; 155; 160; 165; 170

9.2.2 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения КСВН для всех частот (таблица 5) находятся в диапазонах значений, приведенных в таблице 6.

Таблица 6 – Диапазоны допустимых значений КСВН для номинальных значений КСВН нагрузок волноводных

Номинальное значение КСВН нагрузки	Диапазоны допустимых значений КСВН
1,05	от 1,00 до 1,10
1,20	от 1,10 до 1,30
1,40	от 1,25 до 1,55
2,00	от 1,75 до 2,25
4,50	от 4,10 до 4,90

9.3 Определение относительной погрешности КСВН нагрузок

9.3.1 Определение относительной погрешности КСВН нагрузок выполнить в следующей последовательности.

9.3.1.1 Рассчитать относительную погрешность КСВН нагрузок по формуле (1).

$$\delta K = 100 \cdot (0,25(K_1 + K_2 + K_3 + K_4) - K_{\text{П}}) / K_{\text{П}}, \quad (1)$$

где K_1, K_2, K_3 и K_4 – измеренные значения КСВН нагрузки, полученные при выполнении пункта 9.2; $K_{\text{П}}$ – значение КСВН нагрузки из паспорта;

9.3.1.2 Результаты расчетов зафиксировать в протоколе.

9.3.2 Результаты поверки считать положительными, если относительная погрешность КСВН нагрузок на всех частотах рабочего диапазона (таблица 5) находится в пределах, приведенных в таблице 7.

Таблица 7 – Пределы допускаемой относительной погрешности КСВН нагрузок на фиксированных частотах

Волноводный тракт	Пределы допускаемой относительной погрешности КСВН $\delta K_{\text{д}}$ для значений КСВН, %				
	1,05	1,2	1,4	2,0	4,5
90,0×45,0	±0,6	±0,6	±0,7	±0,9	±1,8
WR-340 (86,360×43,180)					
72,0×34,0	±0,7	±0,7	±0,7	±0,9	±2,0
WR-284 (72,140×34,040)					
58,0×25,0	±0,7	±0,7	±0,8	±1,0	±2,1
WR-229 (58,170×29,080)					
48,0×24,0	±0,7	±0,7	±0,8	±1,0	±2,2
WR-187 (47,549×22,149)					
40,0×20,0	±0,7	±0,8	±0,8	±1,0	±2,3
WR-159 (40,386×20,193)					
35,0×15,0	±0,7	±0,8	±0,8	±1,1	±2,4
WR-137 (34,849×15,799)					
28,5×12,6	±0,8	±0,8	±0,9	±1,2	±2,6
WR-112 (28,499×12,624)					
WR-102 (25,908×12,954)	±0,8	±0,8	±0,9	±1,2	±2,8
23,0×10,0					
WR-90 (22,860×10,160)					
WR-75 (19,050×9,525)					

Продолжение таблицы 7

Волноводный тракт	Пределы допускаемой относительной погрешности КСВН δK_d для значений КСВН, %				
	1,05	1,2	1,4	2,0	4,5
17,0×8,0	±0,8	±0,9	±0,9	±1,3	±2,9
16,0×8,0					
WR-62 (15,799×7,899)					
WR-51 (12,954×6,477)	±0,8	±0,9	±1,0	±1,3	±3,0
11,0×5,5					
WR-42 (10,668×4,318)					
WR-34 (8,636×4,318)	±0,9	±0,9	±1,0	±1,4	±3,2
7,2×3,4	±0,9	±0,9	±1,0	±1,4	±3,3
WR-28 (7,112×3,556)	±0,9	±1,0	±1,1	±1,5	±3,4
WR-22 (5,690×2,845)	±0,9	±1,0	±1,1	±1,6	±3,6
5,2×2,6	±1,0	±1,0	±1,2	±1,6	±3,7
WR-19 (4,775×2,388)	±1,0	±1,1	±1,3	±1,8	±4,1
WR-15 (3,759×1,880)	±1,0	±1,1	±1,3	±1,8	±4,2
3,6×1,8	±1,1	±1,2	±1,3	±1,9	±4,5
WR-12 (3,0988×1,5494)	±1,1	±1,2	±1,4	±2,0	±4,9
WR-10 (2,540×1,270)	±1,2	±1,3	±1,5	±2,2	±5,2
2,4×1,2	±1,3	±1,4	±1,6	±2,3	±5,7
WR-8 (2,032×1,016)	±1,3	±1,4	±1,7	±2,4	±5,9
WR-6 (1,651×0,8255)	±1,3	±1,5	±1,7	±2,5	±6,2
1,6×0,8	±1,3	±1,5	±1,7	±2,6	±6,4

9.4 Определение абсолютной погрешности фазы коэффициента отражения нагрузок

9.4.1 Определение абсолютной погрешности фазы коэффициента отражения нагрузок выполнить в следующей последовательности.

9.4.1.1 Рассчитать абсолютную погрешность фазы коэффициента отражения по формуле (2).

$$\Delta\varphi = 0,25(\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4) - \varphi_{\text{п}}, \quad (2)$$

где $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ и φ_4 – измеренные значение фазы коэффициента отражения нагрузки, полученные при выполнении пункта 9.2; $\varphi_{\text{п}}$ – значение фазы коэффициента отражения нагрузки из паспорта.

9.4.1.2 Результаты расчетов зафиксировать в протоколе.

9.4.2 Результаты поверки считать положительными, если абсолютная погрешность фазы коэффициента отражения на всех частотах рабочего диапазона (таблица 5) находится в пределах, рассчитанных по формуле (3).

$$\Delta\varphi_d = \pm (180/\pi) \cdot \arcsin(0,02 \cdot K_{\text{п}} \cdot |\delta K_d| / (K_{\text{п}}^2 - 1)), \quad (3)$$

где $K_{\text{п}}$ – значение КСВН нагрузки из паспорта;

δK_d – пределы допускаемой относительной погрешности КСВН, приведенные в таблице 7.

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Проверить результаты поверки на соответствие обязательным требованиям, предъявляемым к средствам измерений, применяемым в качестве рабочего эталона (разряды для рабочих эталонов в государственной поверочной схеме не указаны) единиц комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в соответствии с Приказом Росстандарта №1796 от 05 августа 2024 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц».

10.2 Результат считать положительным, если в ходе поверки получены положительные результаты по п. 9.3 и п. 9.4, которые удовлетворяют требованиям:

– доверительные границы погрешности КСВН рабочих эталонов при доверительной вероятности 0,95 находятся в пределах, рассчитанных по формуле (4).

$$\delta K_{\text{дов}} = 200 \cdot \Delta |S_{ii}| / (1 - |S_{ii}|^2), \quad (4)$$

где $\Delta |S_{ii}|$ – доверительные границы погрешности модуля комплексного коэффициента отражения при доверительной вероятности 0,95, указанные в таблице 8 в диапазоне измерений модуля комплексного коэффициента отражения, $|S_{ii}|$ – модуль комплексного коэффициента отражения нагрузки, который рассчитывается по формуле (5).

$$|S_{ii}| = (K_{\text{п}} - 1) / (K_{\text{п}} + 1), \quad (5)$$

$K_{\text{п}}$ – значение КСВН нагрузки из паспорта.

– доверительные границы фазы комплексного коэффициента отражения рабочих эталонов при доверительной вероятности 0,95 находятся в пределах, рассчитанных по формуле (6).

$$\Delta \varphi = \pm (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta |S_{ii}| / |S_{ii}|). \quad (6)$$

Таблица 8 – Доверительные границы погрешности рабочих эталонов при доверительной вероятности 0,95 в диапазоне измерений модуля комплексного коэффициента отражения для волноводных трактов

Диапазон значений модуля ККО	Доверительные границы погрешности рабочих эталонов при доверительной вероятности 0,95 в диапазоне измерений модуля комплексного коэффициента отражения для волноводных трактов									
	90×45; 72×34; WR-340; WR-284	58×25; 48×24; 40×20; WR-229; WR-187; WR-159	35×15; 28,5×12, 6; WR- 137; WR-112	23×10; WR-102; WR-90	17×8; 16×8; 11×5,5; WR-75; WR-62; WR-51; WR-42	7,2×3,4; WR-34; WR-28	5,2×2,6; WR-22	3,6×1,8; WR-19; WR-15;	2,4×1,2; WR-12; WR-10	1,6×0,8; WR-8; WR-6
от 0 до 0,1	0,006	0,007	0,008	0,008	0,009	0,010	0,011	0,014	0,017	0,020
от 0,1 до 0,2	0,007	0,008	0,008	0,009	0,010	0,011	0,012	0,015	0,018	0,022
от 0,2 до 0,3	0,007	0,008	0,009	0,010	0,011	0,012	0,013	0,016	0,020	0,024
от 0,3 до 0,4	0,008	0,009	0,010	0,011	0,012	0,014	0,015	0,018	0,023	0,027
от 0,6 до 0,7	0,011	0,013	0,015	0,016	0,018	0,020	0,022	0,027	0,035	0,041

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Комплект нагрузок признается годным, если в ходе поверки все результаты поверки положительные.

11.2 По результатам первичной поверки внести в паспорт результаты измерений КСВН и фазы комплексного коэффициента отражения нагрузок.

11.3 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.4 При положительных результатах поверки по заявлению владельца комплекта нагрузок или лица, предъявившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке, и (или) в паспорт комплекта нагрузок вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

11.5 При выполнении сокращенной поверки (на основании решения или заявки на проведение поверки, эксплуатирующей организации) в свидетельстве о поверке указывать диапазон частот, на котором выполнена поверка.

11.6 Набор нагрузок, имеющий отрицательные результаты поверки, в обращение не допускается. На него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования по установленной форме.

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Заместитель начальника отдела 11
НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник лаборатории 113 НИО-1
ФГУП «ВНИИФТРИ»

Старший научный сотрудник лаборатории 113
НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»



О.В. Каминский

А.С. Бондаренко

В.А. Семенов

А.С. Боровков