

СОГЛАСОВАНО

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



А.Н. Щипунов

2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Ваттметры оконечного типа
волноводные термисторные МЗ-122**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 111-23-005

р.п. Менделеево
2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

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

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на ваттметры оконечного типа волноводные термисторные МЗ-122 (далее – ваттметры), изготавливаемые ФГУП «ВНИИФТРИ», Московская область, г. Солнечногорск, р.п. Менделеево, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

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

1.3 При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемых ваттметров к государственному первичному эталону единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,5 ГГц (ГЭТ 26-2010) в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц, утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3461.

1.4 Поверка ваттметра 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 ваттметр и на используемое при поверке оборудование. Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений.

1.6 В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведённые в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон рабочих частот, ГГц: – МЗ-122 – МЗ-122/1 – МЗ-122/2	от 16,70 до 37,50 от 16,70 до 25,86 от 25,86 до 37,50
Диапазон измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов, мВт	от 0,01 до 10,00
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения мощности, %	$\pm \left(2,0 + \frac{0,05 \text{ мВт}}{P_x^*} \right)$
Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) входа, не более	1,3
* – значение измеренной мощности, мВт	

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки измерителя 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
Проверка программного обеспечения (далее – ПО)	да	да	9
Определение диапазона рабочих частот	да	да	10.1
Определение коэффициента стоячей волны по напряжению (далее - КСВН) входа	да	да	10.2
Определение относительной погрешности измерений мощности СВЧ входного сигнала и диапазона измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов	да	да	10.3
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	11

2.2 При получении отрицательных результатов по любому пункту таблицы 1 поверяемый ваттметр бракуется и направляется в ремонт.

2.3 Допускается проводить периодическую поверку отдельных измерительных блоков из состава средства измерений, отдельно каждой модификации в диапазоне ее рабочих частот, или для меньшего числа измеряемых величин, которые используются при эксплуатации по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Данные ограничения должны быть зафиксированы при оформлении результатов поверки.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

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

- температура окружающего воздуха от плюс 15 до плюс 25°С;
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 630 до 795 мм рт. ст.;
- напряжение питающей сети переменного тока от 198 до 242 В;
- частота питающей сети от 49 до 51 Гц.

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 документами МФРН.411734.026 РЭ «Ваттметр оконечного типа волноводный термисторный МЗ-122. Руководство по эксплуатации» (далее – МФРН.411734.026 РЭ), МФРН.411734.026 ФО «Ваттметр оконечного типа волноводный термисторный МЗ-122. Формуляр» (далее – МФРН.411734.026 ФО).

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
10.1 Определение диапазона рабочих частот	Измеритель модуля комплексного коэффициента отражения с диапазоном рабочих частот от 16,7 ГГц до 37,5 ГГц, диапазоном измерений модуля коэффициента отражения от 0 до 0,333, с относительной погрешностью измерения $ Г $ не более $\pm 3 \cdot K$ (K – КСНВ входа измеряемого СИ)	Государственный эталон единицы комплексного коэффициента отражения в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 78,33 ГГц, рег. № 3.1.ZZT.0400.2022
10.2 Определение КСВН входа		
10.3 Определение относительной погрешности измерений мощности СВЧ входного сигнала и диапазона измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов	<p>Генератор сигналов с диапазоном рабочих частот от 16,7 до 37,5 ГГц, с пределом допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 1 \cdot 10^{-6}$, с диапазоном выходной мощности от минус 20 до плюс 10 дБ (1 мВт), с пределом допускаемой относительной погрешности установки мощности в режиме непрерывной генерации в диапазоне ± 1 дБ (1 мВт);</p> <p>Эталонный волноводный ваттметр проходного типа 1-го разряда с диапазоном измерения мощности от 0,1 до 10 мВт, с диапазоном частот от 16,70 до 37,50 ГГц, с модулем эффективного коэффициента отражения $Гэ$ выхода преобразователя не более 0,03, с доверительными границами относительной погрешности результатов измерений при доверительной вероятности 0,95 не более 1,5 %;</p> <p>Волноводный поляризационный аттенюатор с диапазоном изменения ослабления от 0 до 50 дБ, с погрешностью установки ослабления не более 0,41 дБ</p>	<p>Генератор сигналов E8257D, рег. № 53941-13</p> <p>Эталонный волноводный ваттметр проходного типа 1-го разряда в диапазоне мощности от 0,1 до 10 мВт в диапазоне частот от 16,70 до 37,50 ГГц, рег. № 3.1.ZZT.0237.2016;</p> <p>Аттенюатор ДЗ-35А, рег. № 4009-73;</p> <p>Аттенюатор ДЗ-36А, рег. № 4009-73.</p>
8.3, 10.1, 10.2, 10.3	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	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 15500-07
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 измеритель 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 ваттметра провести визуально без вскрытия, при этом необходимо проверить:

– комплектность, маркировку и пломбировку (наклейку) на соответствие документам РЭ и ФО;

– целостность и чистоту разъемов;

– целостность пломбировки;

– исправность кабеля;

– отсутствие видимых повреждений, влияющих на работоспособность измерителя.

7.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если:

– комплект поставки соответствует документам РЭ и ФО;

– маркировка соответствует документу РЭ;

– пломбировка цела;

– разъемы целы и чисты;

– отсутствуют видимые повреждения, влияющие на работоспособность измерителя.

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 произвести подготовительные работы, оговоренные в РЭ ваттметров и применяемых средств поверки.

8.2 Проверку работоспособности ваттметров выполнить в следующей последовательности.

8.2.1 Разместить ваттметр на рабочем месте, обеспечив удобство работы и условия естественной вентиляции.

8.2.2 Подключить составные части ваттметра комплектными кабелями в соответствии с РЭ на ваттметр.

8.2.3 Соединить ваттметр с кабелем питания 220 В. Подключить кабель питания к сети переменного тока (220 В, 50 Гц). Переключатель «0/1» на корпусе ваттметра установить в положение «1».

8.2.4 Наблюдать автоматический запуск программного обеспечения (далее – ПО) ваттметра.

8.2.5 По окончании запуска ПО контролировать появление на сенсорном экране окна, приведенного на рисунке 1.

измерение		
0.000 ГГц 0.0000	(A)	единицы измер.
00.00 dBm		
400.00 Ом		
0.000 ГГц 0.0000	(B)	каналы (C), (D)
00.00 dBm		
400.00 Ом		канал (E)

Рисунок 1 – Общий вид окна готовности ваттметра к использованию

- 8.2.6 Выбрать «канал (E)» и кнопкой «вкл./откл.» включить измерительный канал E.
- 8.2.7 Перейти в подменю «Промежуточные измерения» и убедиться, что на всех четырёх термисторных мостах мощность подогрева находится в пределах от 2 до 100 мВт.
- 8.2.8 Убедиться в том, что все сенсорные кнопки и органы управления функционируют.
- 8.2.9 Выключить ваттметр переведя переключатель «0/1» в положение «0».
- 8.2.10 Результаты поверки считать положительными, если ваттметр включился, по окончании запуска ПО на экране дисплея наблюдалось окно, отображенное на рисунке 1, мощность подогрева на термисторных мостах находится в пределах от 2 до 100 мВт, сенсорные кнопки и органы управления функционируют.
- 8.2.11 В противном случае результаты поверки считать отрицательными. Ваттметр подлежит браковке, последующие операции не проводить.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

- 9.1 Осуществить проверку соответствия следующих идентификационных данных ПО:
- идентификационное наименование ПО;
 - номер версии (идентификационный номер) ПО.
- 9.2 Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют сведениям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 - Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Измеритель мощности М3-121
Номер версии (идентификационный номер) ПО	V1.0 и выше

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение диапазона рабочих частот

10.1.1 Определение диапазона рабочих частот проводить одновременно с определением КСВН (п. 10.2).

10.1.2 Результаты поверки считать положительными, если в диапазоне рабочих частот значение КСВН не превышает 1,3.

10.2 Определение КСВН входа

10.2.1 Определение КСВН проводить методом прямых измерений КСВН входа ваттметра при помощи эталона единицы комплексного коэффициента отражения в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 78,33 ГГц (далее – 3.1.ZZT.0400.2022) в следующей последовательности.

10.2.2 Подготовить к работе 3.1.ZZT.0400.2022 в соответствии с ЭД.

10.2.3 Установить на векторном анализаторе цепей из состава 3.1.ZZT.0400.2022 полосу частот согласно таблице 5. Произвести его калибровку.

Таблица 5 – Рабочий диапазон частот

Наименование преобразователя	Рабочий диапазон частот, ГГц
ПТО-26	от 16,70 до 25,86
ПТО-37	от 25,86 до 37,50

10.2.4 Подключить ваттметр к измерительному порту векторного анализатора цепей.

10.2.5 Установить на векторном анализаторе цепей режим измерения SWR.

10.2.6 Установить на ваттметре начальную частоту. Установить в векторном анализаторе цепей маркер на начальную частоту 16,70 ГГц для ваттметра с преобразователем ПТО-26 или 25,86 ГГц для ваттметра с преобразователем ПТО-37.

10.2.7 Провести измерения КСВН и результат занести в протокол измерений.

10.2.8 Повторить п.п. 10.1.6 – 10.1.7 для частот 17,00; 17,44; 17,50; 17,85; 18,00; 19,00; 20,00; 21,00; 22,00; 23,00; 24,00; 25,00 и 25,86 ГГц для ваттметра с преобразователем ПТО-26 и на частотах 26,00; 27,00; 28,00; 29,00; 30,00; 31,00; 32,00; 33,00; 34,00; 35,00; 36,00; 37,00 и 37,50 ГГц для ваттметра с преобразователем ПТО-37.

10.2.9 Результаты поверки считать положительными, если КСВН входа не превышает 1,3.

10.3 Определение относительной погрешности измерений мощности входного сигнала и диапазона измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов

10.3.1 Определение относительной погрешности измерений мощности СВЧ на нижнем уровне мощности 0,01 мВт выполнять в следующей последовательности.

10.3.2 Собрать схему измерений, представленную на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема измерений для определения относительной погрешности измерений мощности

10.3.3 Подготовить к работе эталонный волноводный ваттметр проходного типа и генератор сигналов в соответствии с их ЭД.

10.3.4 Включить ваттметр, прогреть в течении 30 минут.

10.3.5 Через 30 минут после включения ваттметра провести установку нулевых показаний нажав «>0<» на лицевой панели М3-121 и установить на генераторе сигналов начальную частоту 16,70 ГГц для ваттметра с преобразователем ПТО-26 или 25,86 ГГц для ваттметра с преобразователем ПТО-37 и уровень мощности, равный 10 дБм.

10.3.6 Включить мощность СВЧ и с помощью аттенуатора подстроить такой уровень мощности, чтобы показания поверяемого ваттметра находились в интервале от 0,009 до 0,011 мВт.

10.3.7 Выключить СВЧ мощность на выходе генератора. Установить нулевые показания эталонного и поверяемого ваттметров.

10.3.8 Включить мощность СВЧ. Одновременно отсчитать показания эталонного волноводного ваттметра P_{Σ} и поверяемого ваттметра Ризм.

10.3.9 Выключить мощность на выходе генератора сигналов.

10.3.10 Результаты измерений занести в протокол.

10.3.11 Выполнить операции п.п. 10.3.5 – 10.3.9 на частотах 17,00; 17,44; 17,50; 17,85; 18,00; 20,00; 22,00; 24,00 и 25,86 ГГц для ваттметра с преобразователем ПТО-26 и на частотах 26,00; 28,00; 30,00; 32,00; 34,00; 36,00 и 37,50 ГГц для ваттметра с преобразователем ПТО-37.

10.3.12 Рассчитать относительную погрешность измерений мощности в соответствии с п. 11.2.

10.3.13 Отсоединить поверяемый ваттметр от аттенуатора и присоединить его к выходу эталонного волноводного ваттметра проходного типа.

10.3.14 Включить мощность СВЧ и подстроить такой уровень мощности, чтобы показания поверяемого ваттметра находились в интервале от 0,9 до 1,1 мВт.

10.3.15 Выполнить п.п. 10.3.7 – 10.3.12 для уровня мощности 1,0 мВт.

10.3.16 Включить мощность СВЧ и подстроить такой уровень мощности, чтобы показания поверяемого ваттметра находились в интервале от 9 до 10 мВт.

10.3.17 Выполнить п.п. 10.3.7 – 10.3.12 для уровня мощности 10 мВт.

10.3.18 Отсоединить поверяемый ваттметр от выхода эталонного волноводного ваттметра проходного типа и присоединить его с поворотом на 180°. Выполнить п.п. 10.3.7 – 10.3.12

10.3.19 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений мощности входного сигнала в диапазоне от 0,01 до 10,0 мВт находятся в пределах $\pm \left(2,0 + \frac{0,05 \text{ мВт}}{P_x^*} \right)$ %, где P_x – измеренная мощность поверяемого ваттметра.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Определение КСВН входа и диапазона рабочих частот.

11.1.1 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения КСВН входа ваттметра не превысили 1,3 в рабочем диапазоне частот.

11.2 Определение относительной погрешности измерений мощности входного сигнала.

11.2.1 Рассчитать относительную погрешность измерений мощности для всех частот по формуле (1):

$$\delta = \left(\left(\frac{P_{ИЗМ}}{P_{\Sigma}} \right) - 1 \right) \cdot 100, \quad (1)$$

11.2.2 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений мощности входного сигнала δ в диапазоне от 0,01 до 10,0 мВт, находятся в пределах $\pm \left(2,0 + \frac{0,05 \text{ мВт}}{P_x^*} \right)$ %.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Ваттметр признается годным, если в ходе поверки все результаты поверки положительные.

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

12.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца ваттметра МЗ-122 или лица, предъявившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке и (или) в формуляр ваттметра вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

12.4 Знак поверки в виде наклейки наносится на корпус измерителя мощности термисторного унифицированного МЗ-121 из состава МЗ-122, и (или) выдается свидетельство о поверке на ваттметр МЗ-122, и (или) в документ «Ваттметр оконечного типа волноводный термисторный МЗ-122. Формуляр» МФРН.411734.026 ФО вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

12.5 На основании письменного заявления владельца ваттметра допускается проводить периодическую поверку отдельных измерительных блоков из состава средства измерений, для меньшего числа измеряемых величин, которые используются при эксплуатации по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Данные ограничения должны быть зафиксированы при оформлении результатов поверки.

12.6 Ваттметр, 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»

Начальник отдела 11 НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Инженер лаборатории 111 НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

О.В. Каминский

И.П. Чирков

А.И. Матвеев