

СОГЛАСОВАНО

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



А.Н. Щипунов

2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Измерители высокой мощности СВЧ WPM-5000

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 111-22-002

р.п. Менделеево
2022 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	4
6	ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	5
7	ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	5
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.....	8
12	ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	8

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на измерители высокой мощности СВЧ WPM-5000 (далее – измерители), изготавливаемые ООО «Миг Трейдинг», г. Саратов и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

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

1.3 При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемых измерителей:

- 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 измерителя 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 измеритель и на используемое при поверке оборудование. Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений.

1.6 При проведении поверки допускается задавать иные значения измеряемых величин, относительно указанных в разделе 10.

1.7 Интервал между поверками 1 год.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки измерителя должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 - 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 коэффициента стоячей волны по напряжению (далее - КСВН) входа и диапазона рабочих частот	да	да	10.1
Определение диапазона и относительной погрешности измерений мощности входного сигнала	да	да	10.2
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	11

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

2.3 Не допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов или отдельных автономных блоков или меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

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

- температура окружающего воздуха, °С (К) от плюс 15 до плюс 35 (от 288 до 308);
- относительная влажность окружающего воздуха при температуре 45 °С, не более 80 %;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) от 84,0 до 106,7 (от 630 до 800).

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 МТВГ.468166.001 РЭ «Измерители высокой мощности СВЧ WPM-5000. Руководство по эксплуатации» (далее – РЭ) и МТВГ.468166.001 ПС «Измерители высокой мощности СВЧ WPM-5000. Паспорт» (далее – 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 2.

Таблица 2 - Перечень средств поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
Основные средства поверки	
10.1	Анализатор цепей векторный С4420 (рег. № 65960-16)*: диапазон рабочих частот от 0,1 МГц до 20 ГГц, диапазон измерений модуля коэффициента отражения от 0 до 1, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения $\pm [Ed + (Er-1) \cdot S_{ii} + Es \cdot S_{ii} ^2]$ дБ
10.2	Генератор сигналов E8257D (рег. № 74333-19): диапазон частот от 250 кГц до 50 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 7,5 \cdot 10^{-8}$; диапазон выходной мощности от минус 110 до плюс 15 дБ (1 мВт), пределы допускаемой относительной погрешности установки мощности в режиме непрерывной генерации в диапазоне ± 1 дБ (1 мВт)
10.2	Калибратор мощности СВЧ NRPC18 (рег. № 54535-13): диапазон частот от 0 до 18 ГГц, диапазон измерений мощности от 100 мкВт до 100 мВт, пределы допускаемой систематической основной погрешности без учета погрешности рассогласования $\pm 1,5$ %

Продолжение таблицы 2

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
Вспомогательные средства поверки	
10.1, 10.2	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 (рег. № 15500-07): диапазон измерений относительной влажности, от 0 до 99 %; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности $\pm 2,0$ %; диапазон измерений температуры от минус 45 °С до плюс 60 °С; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,5$ °С в диапазоне от минус 45 °С до минус 20 °С; $\pm 0,2$ °С в диапазоне св. плюс 20 °С до плюс 60 °С; диапазон измерений абсолютного давления от 840 до 1060 гПа; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений абсолютного давления ± 3 гПа
* «рег. №___» - регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.	

5.2 Допускается использовать аналогичные средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

5.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны и поверены, применяемые средства поверки утверждённого типа СИ в качестве эталонов единиц величин должны быть исправны и поверены с присвоением соответствующего разряда в соответствии с государственными поверочными схемами.

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 измерителя провести визуально без вскрытия, при этом необходимо проверить:

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

– целостность и чистоту разъемов;

– целостность фирменной наклейки;

– исправность кабеля;

– отсутствие видимых повреждений, влияющих на работоспособность измерителя.

7.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если:

– комплект поставки соответствует документам РЭ и ПС;

– маркировка соответствует документу РЭ;

– пломбировка (наклейка) и фирменная наклейка 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 измерителей и применяемых средств поверки.

8.2 Проверку работоспособности измерителей выполнить в следующей последовательности.

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

8.2.2 Подключить составные части измерителя штатными кабелями в соответствии с РЭ на измеритель.

8.2.3 Соединить блок питания с разъемом сетевого питания измерителя 12 В и с кабелем питания 220 В. Подключить кабель питания измерителя к сети переменного тока (220 В, 50 Гц).

8.2.4 Выключатель «0/1» на корпусе СВЧ тракта установить в положение ВКЛ.

8.2.5 Включить вычислительно-индикационный блок нажатием на клавишу «0/1».

8.2.6 Наблюдать автоматический запуск программного обеспечения (далее – ПО) измерителя.

8.2.7 По окончании запуска ПО контролировать появление на сенсорном экране жидкокристаллического дисплея измерителя окна, приведенного на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид окна готовности измерителя к использованию

8.2.8 Убедиться в том, что все сенсорные кнопки и органы управления функционируют.

8.2.9 Выключить измеритель нажатием на клавишу «закреть» расположенную в верхнем правом углу жидкокристаллическом экране дисплея. Ожидать выключения до пропадания изображения на жидкокристаллическом экране дисплея.

8.2.10 Результаты поверки считать положительными, если измеритель включился, по окончании запуска ПО на экране жидкокристаллического дисплея наблюдалось окно, отображенное на рисунке 1, сенсорные кнопки и органы управления функционируют.

8.2.11 В противном случае результаты поверки считать отрицательными. Измеритель 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 3.

Таблица 3 - Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Измеритель WPM-5000
Номер версии (идентификационный номер) ПО	V1.0 и выше

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение КСВН входа и диапазона рабочих частот

10.1.1 Определение КСВН проводить путем прямых измерений КСВН входа измерителя, при помощи векторного анализатора цепей в следующей последовательности.

10.1.2 Подготовить к работе анализатор цепей векторный С4420 (далее - векторный анализатор цепей) в соответствии с ЭД.

10.1.3 Установить на векторном анализаторе цепей полосу частот от 6000 МГц до 8000 МГц. Произвести его однопортовую калибровку.

10.1.4 Подключить измеритель к измерительному порту векторного анализатора цепей.

10.1.5 Установить на векторном анализаторе цепей режим измерения SWR.

10.1.6 Провести измерения КСВН на частотах 6000, 6500, 7000, 7500 и 8000 МГц.

10.1.7 Результаты поверки считать положительными, если КСВН входа измерителя не превышает 1,2 в диапазоне частот от 6000 до 8000 МГц.

10.2 Определение диапазона и относительной погрешности измерений мощности входного сигнала

10.2.1 Определение относительной погрешности измерений мощности в диапазоне рабочих частот выполнять в следующей последовательности.

10.2.2 Собрать схему измерений, представленную на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема измерений

10.2.3 Подготовить к работе калибратор мощности и генератор сигналов в соответствии с их ЭД.

10.2.4 Включить измеритель, одновременно включить секундомер и ожидать установления его показаний 15 минут.

10.2.5 Через 15 минут после включения измерителя, установить на генераторе сигналов частоту 6000 МГц и такой уровень мощности, чтобы мощность, измеряемая измерителем, была 20 мВт.

10.2.6 Выключить СВЧ мощность на выходе генератора. Установить нулевые показания и измерителя.

10.2.7 Включить мощность на выходе генератора. Одновременно отсчитать показания калибратора мощности P_k и поверяемого измерителя $P_{изм}$.

10.2.8 Выключить мощность на выходе генератора сигналов.

10.2.9 Выполнить операции п.п. 10.2.7 – 10.2.8 не менее двух раз.

10.2.10 Выполнить операции п.п. 10.2.5 – 10.2.9 на частотах 6000, 6500, 7000, 7500 и 8000 МГц.

10.2.11 Рассчитать среднее арифметическое значение отношения показаний операции для каждой частоты в соответствии с формулой (1).

10.2.12 Рассчитать относительную погрешность измерений мощности, зависящей от частоты, на опорном уровне мощности 20 мВт в соответствии с формулой (2).

10.2.13 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений мощности входного сигнала в рабочем диапазоне частот находятся в пределах $\pm 8\%$.

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 не превысили 1,2 в диапазоне частот от 6000 до 8000 МГц включ.

11.2 Определение относительной погрешности измерений мощности входного сигнала.

11.2.1 Рассчитать среднее арифметическое значение отношения показаний $P_{изм}$ к P_k для каждой частоты по формуле (1):

$$\left(\frac{P_{изм}}{P_k}\right)_{CP} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \left(\frac{P_{изм}}{P_k}\right)_i, \quad (1)$$

где n – число измерений;

$P_{изм}$ – показания измерителя, мВт;

P_k – значение мощности, измеренное калибратором мощности СВЧ NRPC18, мВт.

11.2.2 Рассчитать относительную погрешность измерений мощности на уровне мощности (22 ± 2) мВт для всех частот по формуле (2):

$$\delta = \left(\left(\frac{P_{изм}}{P_k} \right)_{CP} - 1 \right) \cdot 100, \quad (2)$$

11.2.3 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений мощности входного сигнала δ в рабочем диапазоне частот, находятся в пределах $\pm 8\%$.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Измеритель 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 измерителя или лица, предъявившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке и (или) в паспорт измерителя вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

12.4 Знак поверки в виде наклейки наносится на заднюю панель блока вычислительно-индикаторного измерителя.

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

12.6 Измеритель, 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»



О.В. Каминский

Начальник отдела 11 НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»



И.П. Чирков

Инженер лаборатории 111 НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.И. Матвеев