



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ – РОСТЕСТ»
(ФБУ «НИЦ ПМ – РОСТЕСТ»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора



А. Д. Меньшиков

«26» декабря 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ВАТТМЕТРЫ ПОГЛОЩАЕМОЙ МОЩНОСТИ МЗ-111

Методика поверки

РТ-МП-1984-441-2025

г. Москва
2025 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки ваттметров поглощаемой мощности МЗ-111 (далее по тексту – ваттметры) и устанавливает порядок проведения первичной и периодических поверок.

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,5 ГГц в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3461, подтверждающей прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ26-2010.

Для определения метрологических характеристик используются метод непосредственного сличения.

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

Таблица 1- Подтверждаемые метрологические требования

Наименование характеристики	Значение
Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН), не более	1,15
от 0 до 3 ГГц включ.	1,3
св. 3 до 12 ГГц включ.	1,4
св. 12 до 18 ГГц	
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений мощности (без учёта погрешности рассогласования), %	$\delta = \pm[4+0,001(20/P_x-1)]^{1)}$
от 0 до 12 ГГц включ.	$\delta = \pm[6+0,001(20/P_x-1)]^{1)}$
св. 12 до 18 ГГц	
¹⁾ где P_x – значение измеряемой мощности на переменном токе, Вт	

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1	2	3	4
Внешний осмотр	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.1
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			10

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Определение коэффициента стоячей волны по напряжению	Да	Да	10.1
Определение основной относительной погрешности измерений мощности (без учёта погрешности рассогласования)	Да	Да	10.2

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться условия, установленные в ГОСТ 8.395-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования» и в технической документации на ваттметр и средства поверки.

- температура окружающей среды, °C.....от 15 до 25
- относительная влажность воздуха, %.....от 30 до 80

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускают специалистов, имеющих необходимую квалификацию, изучивших настоящую методику поверки и эксплуатационную документацию на ваттметр и используемые средства поверки. Рекомендации относительно количества специалистов, необходимых для проведения процедуры поверки, отсутствуют.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства поверки (эталонные, средства измерений и вспомогательные технические средства), указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки и вспомогательные устройства

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от плюс 15 °C до плюс 25 °C с абсолютной погрешностью ± 1 °C; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне измерений от 30 % до 80 % с погрешностью ± 5 %	Термогигрометры UNITESS THB 1, рег. № 70481-18
10.1 Определение коэффициента стоячей волны по напряжению	Средства измерений коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) в диапазоне частот от 10 МГц до 18 ГГц, $\delta\text{КСВН} \pm 5,5$ %	Анализатор электрических цепей векторный ZVA50, рег. № 48355-11
10.2 Определение основной относительной погрешности измерений мощности (без учёта погрешности рассогласования)	Эталонные единицы мощности электромагнитных колебаний, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3461, диапазон частот от 10 МГц до 18 ГГц, измеряемая мощность 10 мВт	Калибраторы мощности СВЧ NRPC18, рег. № 54535-13

Продолжение таблицы 3

1	2	3
10.2 Определение основной относительной погрешности измерений мощности (без учёта погрешности рассогласования)	Средства воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 10 МГц до 18 ГГц, выходная мощность 10 мВт	Генератор сигналов SMA100B, рег. № 68980-20
	Источник питания постоянного тока диапазон регулировки стабилизированного напряжения от 0 до 50 В, диапазон регулировки стабилизированного тока от 0 до 1 А	Источник питания постоянного тока АКИП-1143-150-20, рег. № 65409-16
	Средства измерений напряжения постоянного тока от 0 до 50 В, предел допускаемой погрешности измерений $\pm 0,0038\%$	Мультиметр цифровой 34410А, рег. № 47717-11
	Средства измерений силы постоянного тока от 0 до 1 А, предел допускаемой погрешности измерений $\pm 0,0011\text{ А}$	Мультиметр цифровой 34410А, рег. № 47717-11
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:

- общие правила техники безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.003-91 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;
- «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», утвержденные Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;
- указания по технике безопасности, указанные в соответствующих эксплуатационных документах применяемых эталонов и средств измерений;
- указания по технике безопасности, действующие на месте проведения работ.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При проведении внешнего осмотра проверяют:

- внешний вид ваттметра должен соответствовать описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- отсутствие на наружной поверхности следов механических повреждений, которые могут влиять на работу ваттметра;
- отсутствие шумов внутри корпуса, обусловленных наличием незакрепленных деталей;
- разъемы должны быть чистыми.

7.2 Результат проверки считается положительным, если выполняются требования п. 7.1.

В случае выявления несоответствий по п. 7.1 результаты внешнего осмотра считать отрицательными, дальнейшие операции поверки не производить.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

Выполнить контроль условий окружающей среды.

Результаты измерений температуры и относительной влажности в помещении должны находиться в пределах, указанных в разделе 3. В случае выявления несоответствий поверка ваттметра приостанавливается до выполнения условий, указанных в разделе 3.

8.2 Подготовка к работе и опробование

Перед проведением операций поверки необходимо выполнить подготовительные работы, установленные в руководствах по эксплуатации на ваттметр и применяемые средства поверки.

Подключить измерительный калориметрический преобразователь М5-111 (далее – ИКП) к разъему «Вход» блока измерительного Я2М-100 (далее – БИ). Перевести переключатель «I/0» на передней панели БИ, в положение «I» после чего БИ перейдет в режим самотестирования, а на жидкокристаллическом индикаторе (далее – ЖКИ) БИ отобразится надпись «Тест» и данные о версии программного обеспечения (далее – ПО). После самотестирования БИ перейдет в рабочий режим.

Произвести калибровку ваттметра.

Результаты опробования считать положительным, если ПО загружается, отсутствуют сообщения об ошибках, производится калибровка.

В случае выявления несоответствий результат опробования считается отрицательным, дальнейшие операции поверки не производят.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Проводят проверку идентификационных данных программного обеспечения (ПО):
- номер версии (идентификационный номер) ПО.

Для проверки подключить ИКП к разъему «Вход» БИ. Перевести переключатель «I/0» на передней панели БИ, в положение «I» после чего на ЖКИ БИ отобразятся данные о версии программного обеспечения.

9.2 Результат проверки считается положительным, если идентификационные данные соответствуют указанным в таблице 4.

Таблица 4 - Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	-
Номер версии (идентификационный номер) ПО	2.XX
Цифровой идентификатор ПО	-
Примечание - XX – номер версии метрологически незначимой части встроенного ПО, «XX» может принимать целочисленные значения в диапазоне от 0 до 99	

В случае выявления несоответствий результат проверки считается отрицательным, дальнейшие операции поверки не производят.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение коэффициента стоячей волны по напряжению

10.1.1 Коэффициент стоячей волны по напряжению (далее – КСВН) определить методом прямых измерений с помощью векторного анализатора цепей в соответствии со схемой соединений, приведенной на рисунке 1.

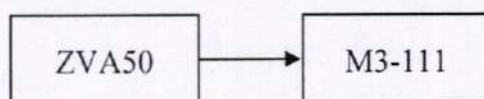


Рисунок 1 – Схема определения КСВН в рабочем диапазоне частот

Провести калибровку векторного анализатора цепей. Подключить вход ваттметра к порту векторного анализатора цепей.

Измерить КСВН на 0,01 ГГц, 250, 500 МГц, далее с шагом 500 МГц. Зафиксировать максимальные значения КСВН в поддиапазонах от 0 до 3 ГГц включ., св. 3 до 12 ГГц включ., св. 12 до 18 ГГц.

10.1.2 Результат операции поверки по п. 10.1 считается положительным, если значения КСВН ваттметра не превышают значений, приведенных в таблице 1.

10.2 Определение основной относительной погрешности измерений мощности (без учёта погрешности рассогласования)

10.2.1 Определение составляющей основной относительной погрешности измерений мощности в зависимости от частоты на опорном уровне мощности

Определение составляющей основной относительной погрешности измерений мощности в зависимости от частоты на опорном уровне мощности провести методом непосредственного сличения измерений в соответствии со схемой соединений, приведенной на рисунке 2.

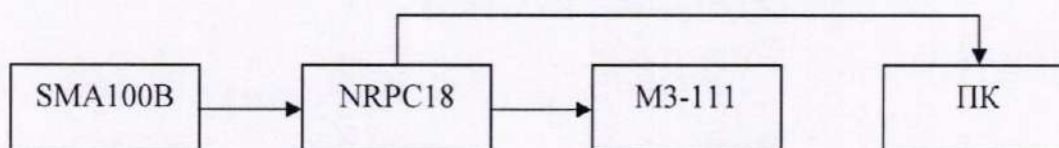


Рисунок 2 – Схема определения составляющей основной погрешности измерений мощности в зависимости от частоты на опорном уровне мощности

Установить на генераторе сигналов такой уровень мощности, который соответствует показаниям не менее 10 мВт ваттметра.

Установить на генераторе сигналов частоту в соответствии таблицей 5, колонкой № 1. Установить нулевые показания ваттметра и калибратора. Включить СВЧ мощность на генераторе сигналов. Зафиксировать в таблице 5, колонке № 2 (Р_{изм}) показания ваттметра после установления показаний младшего разряда в течение 10 секунд, колонке № 3 (Р_{эт}) показания калибратора NRPC18 и выключить СВЧ мощность на генераторе сигналов.

Повторить операции для каждой частоты в соответствии с таблицей 5, колонкой № 1 (Частота, ГГц).

Таблица 5

Частота, ГГц	Р _{изм} , мВт	Р _{эт} , мВт	δ_f , %
1	2	3	4
0,01			
0,5			
1			
далее с шагом 1 ГГц			
10			
далее с шагом 2 ГГц			
18			

Рассчитать составляющую относительной погрешности измерений мощности, зависящей от частоты, на опорном уровне мощности по формуле (1), результаты занести в таблицу 5, колонку № 4 (δ_f).

$$\delta_f = \left(\frac{P_{изм}}{P_{эт}} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (1)$$

10.2.2 Определение составляющей основной относительной погрешности измерений мощности на постоянном токе

Определение составляющей основной относительной погрешности измерений мощности на постоянном токе провести в соответствии со схемой соединений, приведенной на рисунке 3.

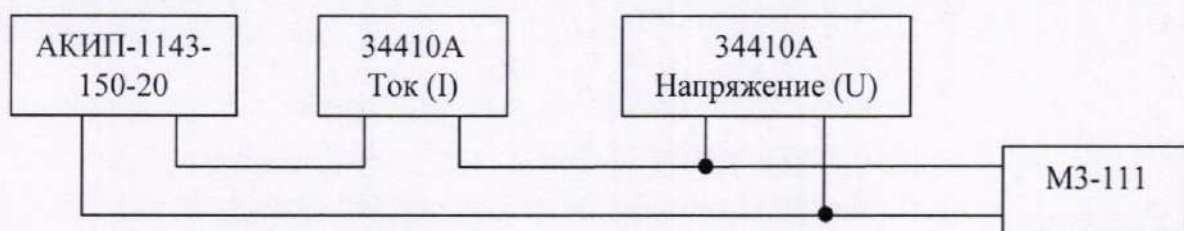


Рисунок 3 – Схема определения составляющей основной погрешности измерений мощности на постоянном токе

Для определения составляющей относительной погрешности измерений мощности ваттметра на постоянном токе задать точки поверки из таблицы 6, колонки № 1 (Точка поверки мощности Р, Вт).

На источнике питания постоянного тока АКПП-1143-150-20 установить нулевое выходное напряжение. На ваттметре установить нулевое показание мощности. На источнике питания установить такое значение напряжения, чтобы показания измеренной мощности ваттметром соответствовали значению одной из точек поверки из таблицы 6, колонки №1 (Точка поверки мощности Р, Вт). Считать показания тока и напряжения с мультиметров цифровых 34410А и записать их в таблицу 6, колонку № 3 (Ток, I, А) и № 4 (Напряжение, U, В), соответственно. Считать показания ваттметра и записать их в таблицу 6, колонку № 2 (Измеренная ваттметром мощность Р, Вт).

Повторить операции для каждой точки измерений из таблицы 6, колонки № 1 (Точка поверки мощности Р, Вт).

Таблица 6

Точка поверки мощности Р, Вт	Измеренная ваттметром мощность Р, Вт	Ток, I, А	Напряжение, U, В	$\delta_P, \%$
1	2	3	4	5
0,1...0,3				
0,5...0,6				
0,9...1				
1...3				
5...6				
9...10				
10...13				
15...16				
19...20				

Рассчитать значение относительной погрешности измерений мощности ваттметром на постоянном токе по формуле (2). Ток (I) и напряжение (U) для каждой точки измерений использовать из таблицы 6, колонки № 3 (Ток, I, А) и № 4 (Напряжение, U, В), соответственно. Результаты записать в таблицу 6, колонку № 5 (δ_P).

$$\delta_P = \left[\left(\frac{P}{U \cdot I} \right) - 1 \right] \cdot 100\% \quad (2)$$

10.2.3 Рассчитать значения основной относительной погрешности измерений мощности в диапазоне частот от 0 до 12 ГГц включ., δ_{0-12} , %, по формуле (3), взяв максимальное значение в диапазоне частот от 0 до 12 ГГц составляющей погрешности, зависящей от частоты, на опорном уровне мощности δ_{f0-12} из таблицы 5, колонки № 4 и максимальное значение составляющей относительной погрешности ваттметра при измерении мощности на постоянном токе $\delta_{P_{max}}$ из таблицы 6, колонки № 5.

$$\delta_{0-12} = \sqrt{\delta_{f0-12}^2 + \delta_{P_{max}}^2} \quad (3)$$

Рассчитать значения основной относительной погрешности измерений мощности в диапазоне частот св. 12 до 18 ГГц, δ_{12-18} , %, по формуле (4), взяв максимальное значение в диапазоне частот от 12 до 18 ГГц составляющей погрешности, зависящей от частоты, на опорном уровне мощности δ_{f12-18} , таблицы 5, колонки № 4 и максимальное значение составляющей относительной погрешности ваттметра при измерении мощности на постоянном токе $\delta_{P_{max}}$ из таблицы 6, колонки № 5.

$$\delta_{12-18} = \sqrt{\delta_{f12-18}^2 + \delta_{P_{max}}^2} \quad (4)$$

10.2.4 Результат операции поверки по п. 10.2 считается положительным, если значения основной относительной погрешности измерений мощности (без учёта погрешности рассогласования) не превышают значений, приведенных в таблице 1.

10.3 Ваттметры соответствуют метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, и результаты поверки считают положительными, если выполняются условия, приведенные в пунктах 10.1.2, 10.2.4.

В случае не выполнения условий по п. 10.3, результаты поверки ваттметра считают отрицательными.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты проверки внешнего осмотра, опробования, идентификации ПО, условий поверки и окончательные результаты измерений (расчетов), полученные в процессе поверки, заносят в протокол поверки. Протокол поверки оформляется в произвольной форме в соответствии с требованиями аккредитованного на поверку лица, проводившего поверку. Протокол поверки выдается по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его в поверку.

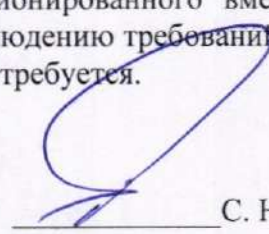
11.2 Сведения о результатах поверки средств измерений передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений.

11.3 Знак поверки может наноситься на лицевую панель БИ.

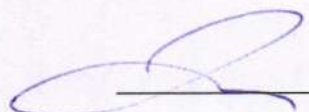
11.4 Свидетельство о поверке или извещение о непригодности, оформленные в соответствии с действующими нормативными правовыми документами, выдаются по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку.

11.5 Способ защиты средства измерений от несанкционированного вмешательства представлен в описании типа, дополнительных действий по соблюдению требований по защите средства измерений от несанкционированного вмешательства не требуется.

Начальник лаборатории № 441
ФБУ «НИЦ ПМ – Ростест»


С. Н. Гольшак

Начальник сектора лаборатории № 441
ФБУ «НИЦ ПМ – Ростест»


А. С. Каледин