

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог

АО «ПриСТ»



 А.Н. Новиков

«22» апреля 2025 г.

«ГСИ. БЛОКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ВАТТМЕТРОВ N1913В.
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ»

МП-ПР-11-2025

Москва
2025

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на блоки измерительные ваттметров N1913В (далее по тексту – блоки) и устанавливает методы и средства их поверки.

При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемых преобразователей к государственным первичным эталонам единиц величин:

- к ГЭТ 26-2010 «ГПЭ 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 для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2019 года № 3461.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в Приложении А.

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик по п. п. 9.1 – 9.4 применяется метод прямых измерений.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

При проведении первичной и периодической поверок преобразователей должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1 Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	Раздел 6
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	Раздел 7
3. Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	Раздел 8
4 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			Раздел 9
5 Определение погрешности установки нуля блоков измерительных	Да	Да	9.1
6 Определение границ нелинейности амплитудной характеристики	Да	Да	9.2
7 Определение относительной погрешности установки выходной мощности сигнала калибратора	Да	Да	9.3
8 Определение КСВН выхода калибратора	Да	Да	9.4
9 Оформление результатов поверки	Да	Да	Раздел 10

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от плюс 18 °С до плюс 28 °С;
- относительная влажность от 20 % до 75 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- напряжение питающей сети от 200 до 240 В;
- частота питающей сети от 47 до 63 Гц.

4. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
7.1	Средства измерений температуры окружающей среды от +10 до +30 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С; Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха от 30 до 80 % с абсолютной погрешностью не более ± 3 %	Термогигрометр Fluke 1620A (рег. № 36331-07)
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью не более ± 5 гПа	Измеритель давления Testo 511 (рег. № 53431-13)
	Средства измерений переменного напряжения в диапазоне от 50 до 480 В. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений переменного напряжения не более 2 %. Средства измерений частоты от 45 до 60 Гц. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты не более 1 %.	Прибор измерительный универсальный параметров электрической сети DMG 800 (рег. № 49072-12)
9.1	Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений мощности электромагнитных колебаний, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3461, в диапазоне частот от 10 МГц до 18 ГГц.	Преобразователь измерительный термоэлектрический ваттметра поглощаемой мощности N8481A (рег. № 44731-10)
9.3	Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений мощности электромагнитных колебаний, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3461, в диапазоне частот от 0 до 18 ГГц.	Калибратор мощности СВЧ NRPC18 (рег. № 54535-13)
9.4	Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 0 до 18 ГГц.	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18T (рег. № 69958-17)
	Диапазон частот от 10 МГц до 18 ГГц; Диапазон измерений модуля КСВН от 1,0 до 2,0	Анализатор цепей векторный N5227A. (рег. № 53568-13)
	Рабочий диапазон частот от 0 до 18 ГГц, вносимое ослабление 7 дБ, пределы допускаемой погрешности деления входного сигнала в диапазоне частот до 4 ГГц, $\pm 0,15$ дБ.	Делитель мощности 11667A (рег. № 22805-02)
Вспомогательное оборудование: Нагрузка с коннектором N-типа. Номинальное значение сопротивления 50 Ом; Набор мер коэффициентов передачи и отражения 85054D для измерительных преобразователей с N – типом коаксиального соединителя; ПЭВМ с установленным программным пакетом NI-VISA.		
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа, поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

5. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.27.0-75, ГОСТ 12.3.019-80, ГОСТ 12.27.7-75, требованиями правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Минтруда России от 15 декабря 2020 года N 903н.

5.2 Средства поверки, вспомогательные средства поверки и оборудование должны соответствовать требованиям безопасности, изложенным в руководствах по их эксплуатации.

5.3 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь действующее удостоверение на право работы в электроустановках с напряжением до 1000 В с квалификационной группой по электробезопасности не ниже III.

6. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Перед поверкой должен быть проведен внешний осмотр, при котором должно быть установлено соответствие поверяемого средства измерений следующим требованиям:

- не должно быть механических повреждений корпуса. Все надписи должны быть четкими и ясными;

- все разъемы, клеммы и измерительные провода не должны иметь повреждений.

При наличии дефектов поверяемый преобразователь бракуется и подлежит ремонту.

7. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- проведение технических и организационных мероприятий по обеспечению безопасности проводимых работ в соответствии с действующими положениями ГОСТ 12.27.0-75;

- проверка наличия действующих документов о поверке на основные и вспомогательные средства поверки.

7.2 Средства поверки и поверяемые ваттметры должны быть подготовлены к работе и прогреты в течение установленного времени согласно эксплуатационной документации.

7.3 Контроль условий проведения поверки по пункту 5 должен быть проведен перед началом поверки.

7.4 Опробование.

7.4.1 Опробование ваттметров проводят путем проверки их на функционирование в соответствии с руководством по эксплуатации.

7.4.2 Опробование блоков измерительных ваттметров N1913В с преобразователем измерительным проводить в следующей последовательности:

7.4.2.1 Проверить работоспособность измерительного канала «А» блока измерительного N1913В при использовании преобразователя измерительного серии N8481А. Для этого:

- подключить к блоку измерительному преобразователю измерительный N8481А, установка нуля преобразователя измерительного должна выполняться автоматически после подключения преобразователя измерительного к блоку измерительному;

- подключить к выходу «Power Ref» блока измерительного вход преобразователя измерительного N8481А;

- выполнить калибровку преобразователя измерительного, для этого нажать клавишу «Cal» на передней панели блока измерительного, в открывшемся меню при помощи функциональных клавиш с правой стороны индикаторного экрана выбрать «Cal» - «Zero+Cal»;

- включить мощность на выходе калибратора, нажав функциональную клавишу «System» - «Power Ref On/Off» с правой стороны индикаторного экрана. Результаты проверки считать положительными, если по завершении процессов установки нуля и калибровки на индикаторном экране блока измерительного не отображается сообщение об ошибке или сбое, и показания блока

измерительного при включенной мощности на выходе калибратора находятся в пределах от 0,95 до 1,05 мВт.

Результат опробования считать положительным, если ваттметр реагирует на управление, при изменении настроек и режимов не появляются сообщения об ошибках, индикаторы работают корректно.

8. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Проверка идентификационных данных программного обеспечения блока измерительного осуществляется путем вывода на дисплей прибора информации о версии программного обеспечения (ПО).

Для этого нажать клавишу «System» на передней панели блока измерительного, в открывшемся меню выбрать пункт «1 of 2», далее «Service», затем «Version» и «Meter». При этом на индикаторном экране блока измерительного в строке «Firmware Rev» будет отображаться версия ПО.

Результат считать положительным, если версия программного обеспечения соответствует данным, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные	Значение
Идентификационное наименование ПО	Firmware Rev
Номер версии (идентификационный номер ПО)	не ниже A1.01.06

9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Не допускается периодическая поверка блоков на меньшем числе поддиапазонов измерений, по отношению к указанным в разделе «Метрологические и технические характеристики» Описания типа.

9.1 Определение относительной погрешности установки нуля блоков измерительных

Определить относительную погрешность установки нуля блоков измерительных ваттметров N1913B в режиме измерений «Усреднение». Для этого:

- подключить блок измерительный ваттметра к ПЭВМ с установленным программным пакетом NI-VISA;

- в верхней части диалогового окна программы нажать на программную клавишу «Open VISA Test Panel»;

- выполнить установку нуля измерительного канала «А» блока измерительного ваттметра с помощью последовательно введенных команд в поле команд открывшегося окна, при этом подтверждать каждую введенную команду с помощью программной клавиши «Input/Output»: «SERV: BIST: CW1: ZSET» и «SERV: BIST: CW1: ZSET: NUM?»;

- в результате выполнения команд блок измерительный автоматически выполняет вычисление относительной погрешности установки нуля;

- за результат измерений относительной погрешности установки нуля принять показание на экране блока измерительного;

Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности установки нуля в режиме измерений «Усреднение» находятся в пределах $\pm 0,0000175\%$.

9.2 Определение границ нелинейности амплитудной характеристики

Определение границ нелинейности амплитудной характеристики блоков измерительных ваттметров N1913B проводить в следующей последовательности:

Определить границы нелинейности амплитудной характеристики блока измерительного ваттметра N1913B в режиме измерений «Усреднение» с помощью ЦАП и АЦП встроенных в блок измерительный ваттметра. Для этого:

- подключить блок измерительный ваттметра к ПЭВМ с установленным программным пакетом NI-VISA;
 - в верхней части диалогового окна программы NI-VISA нажать на программную клавишу «Open VISA Test Panel»;
 - выполнить процедуру внутренней проверки линейности измерительного канала блока измерительного ваттметра с помощью последовательно введенных команд в поле команд открывшегося диалогового окна программы, при этом подтверждать каждую введенную команду с помощью программной клавиши «Input/Output»: «SERV: BIST: CW1: LIN» и «SERV: BIST: CW1: ZSET: PERR?»;
 - в результате выполнения команд блок измерительный автоматически выполняет вычисление нелинейности амплитудной характеристики;
 - за результат измерений нелинейности амплитудной характеристики принять показание на экране блока измерительного;
- Результаты поверки считать положительными, если границы нелинейности амплитудной характеристики блока измерительного ваттметра N1913B в режиме измерений «Усреднение» находятся в пределах $\pm 0,5 \%$.

9.3 Определение относительной погрешности измерений мощности

- 9.3.1 Определение относительной погрешности установки выходной мощности сигнала калибратора блоков измерительных N1913B проводить в следующей последовательности:
- 9.3.2 Определение относительной погрешности установки выходной мощности сигнала калибратора проводить при помощи калибратора мощности NRPC18.
- 9.3.3 Подключить калибратор мощности NRPC18 к блоку измерительного NRX. Подготовить калибратор мощности к измерениям согласно РЭ. Установить на блоке измерительном NRX частоту 50 МГц.
- 9.3.4 Подключить калибратор мощности NRPC18 «RF IN» к выходу калибратора «Power Ref» блока измерительного N1913B на выход «TEST PORT», подключить нагрузку из комплекта калибратора мощности.
- Включить сигнал на выходе калибратора в соответствии с РЭ.
- 9.3.5 Измерить мощность выходного сигнала калибратора на частоте 50 МГц.
- 9.3.6 Полученное значение выходной мощности умножить на 3,98.
- 9.3.7 Рассчитать относительную погрешность установки выходной мощности сигнала калибратора.
- 9.3.8 Результаты поверки считать удовлетворительными, если значение относительной погрешности установки выходной мощности сигнала калибратора блока измерительного находится в пределах $\pm 0,4 \%$.
- 9.3.9 Приведите значение мощности близкое к «1,000 mW». Для этого:
- к выходу калибратора блока измерительного подключить вход калибратора мощности NRPC18 «RF IN» на выход «TEST PORT», подключить нагрузку из комплекта калибратора мощности.
 - с помощью ПО NI-VISA, программной клавиши «Input/Output» подать команды: SERV:CAL:ADJ:COUR 834 для грубой подстройки и SERV:CAL:ADJ:FINE 550 для точной подстройки.
 - в результате выполнения команд блок измерительный автоматически выполняет подстройку мощности близкую к нулевому значению.

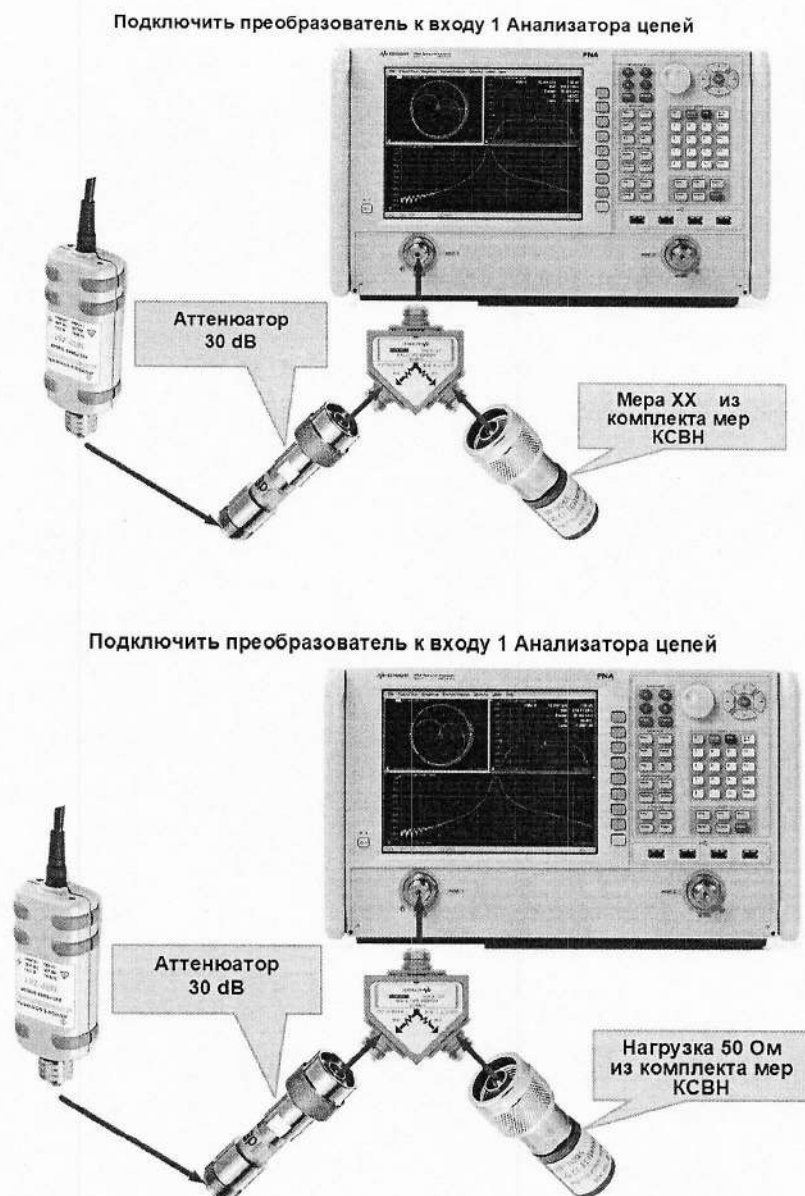
9.4 Определение КСВН выхода калибратора

- 9.4.1 Определение КСВН выхода калибратора блоков измерительных N1913B проводить в следующей последовательности:
- 9.4.2 Для калибровки измерительной системы, состоящей из анализатора цепей векторного N5227A, набора мер коэффициентов отражения 85054D, ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP18T с блоком измерительным NRX (в комплекте с аттенуатором 30 дБ) и делителя мощности 11667A с использованием мер «Male Open» и «Male Load» из состава набора мер коэффициентов отражения 85054D выполнить следующие операции:

- выполнить калибровку анализатора цепей векторного с набором мер коэффициентов отражения 85054D в режиме измерений S11 на измерительном порте 1 частоте 50 МГц согласно РЭ;

- переключить анализатор электрических цепей в режим измерений коэффициента отражения «Г».

9.4.3 Собрать схему, представленную на рисунке 1.



1 - ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18T (в комплекте с аттенюатором 30 дБ) с блоком измерительным NRX; 2 - анализатор цепей векторный N5227A с набором мер коэффициентов отражения 85054D; 3 – делитель мощности 11667A.

Рисунок 1 – Определение КСВН выхода калибратора

9.4.4 Подключить к выходу S11 «Load port» меру «Male Open» из состава набора мер коэффициентов отражения 85054D и измерить значение коэффициента отражения измерительной системы Г1.

9.4.5 Подключить к выходу S11 «Load port» меру «Male Load» из состава набора мер коэффициентов отражения 85054D и измерить значение коэффициента отражения измерительной системы Г2.

9.4.6 Собрать схему, представленную на рисунке 2.

Подключить преобразователь к блоку ваттметра R&S,
Делитель мощности подключить к выходу калибратора блока Keysight



Подключить преобразователь к блоку ваттметра R&S,
Делитель мощности подключить к выходу калибратора блока Keysight



1 - блок измерительный NRX; 2 - ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18T (в комплекте с аттенюатором 30 дБ); 3 – блок измерительный N1913B; 4 – делитель мощности 11667A.

Рисунок 2 – Определение КСВН выхода калибратора

9.4.7 Подключить к выходу калибратора блока измерительного N1913B меру «Male Open» из состава набора мер коэффициентов отражения 85054D.

9.4.8 Включить мощность на выходе калибратора, нажав функциональную клавишу «Power Ref On/Off» с правой стороны индикаторного экрана блока измерительного N1913B.

9.4.9 Измерить мощность калибратора P1 при помощи ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP18T с блоком измерительным NRX (в комплекте с аттенюатором 30 дБ).

9.4.10 Подключить к выходу калибратора блока измерительного N1913B меру «Male Load» из состава набора мер коэффициентов отражения 85054D.

9.4.11 Измерить мощность калибратора P2.

9.4.12 Рассчитать коэффициент отношения мощностей сигналов калибратора M с учетом коэффициентов отражения по формуле (1):

$$M = (P_1 \cdot (1 - |\Gamma_2|^2)) / (P_2 \cdot (1 - |\Gamma_1|^2)) \quad (1)$$

9.4.13 Рассчитать коэффициент отражения ВЧ тракта калибратора Г по формуле (2):

$$|\Gamma| = \frac{(2 \cdot |\Gamma_1| \cdot M - 2 \cdot |\Gamma_2| \pm \sqrt{(2 \cdot |\Gamma_2| - 2 \cdot |\Gamma_1| \cdot M)^2 - 4 \cdot (|\Gamma_1|^2 \cdot M - |\Gamma_2|^2) \cdot (M - 1)})}{2 \cdot (|\Gamma_1|^2 \cdot M - |\Gamma_2|^2)} \quad (2)$$

В качестве значения Γ выбрать то, которое имеет физический смысл ($|\Gamma| > 0$).

9.4.14 Рассчитать значение КСВН по формуле (3):

$$\text{КСВН} = (1 + |\Gamma|)/1 - |\Gamma| \quad (3)$$

9.4.15 Результаты поверки считать положительными, если рассчитанное значение КСВН выхода калибратора блока измерительного ваттметра N1913В не более 1,08.

10. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 Результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.2 При положительных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке и (или) наносится знак поверки на средство измерений.

10.3 При отрицательных результатах поверки (когда не подтверждается соответствие средств измерений метрологическим требованиям) по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности.

10.4 Протоколы поверки оформляются в соответствии с требованиями, установленными в организации, проводившей поверку.

Начальник отдела испытаний
АО «ПриСТ»

О. В. Котельник

Ведущий инженер по метрологии
отдела испытаний АО «ПриСТ»

Е. Е. Смердов

Метрологические требования подтверждаемые в результате поверки

Таблица А1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
КСВН выхода калибратора, не более	1,08
Диапазоны относительной погрешности установки выходной мощности сигнала калибратора, %	$\pm 0,4$
Диапазоны относительной погрешности установки нуля блоков измерительных, %	$\pm 0,0000175$
Диапазоны нелинейности амплитудной характеристики, %	$\pm 0,5$