

СОГЛАСОВАНО

Начальник

ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



Т.Ф. Мамлеев

Государственная система обеспечения единства измерений

Генератор сигналов AP5011A

Методика поверки

МП AP5011A

2025 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящая методика поверки распространяется на генератор сигналов AP5011A (далее – генератор) и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

1.2. При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача:

- единиц времени и частоты в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 г. № 2360 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты»;
- единиц мощности электромагнитных колебаний в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 г. № 3461 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц»;
- единиц мощности электромагнитных колебаний в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 09.11.2022 г. № 2813 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 118,1 ГГц»,

подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону единицы времени частоты и шкалы времени ГЭТ 1-2022, государственному первичному эталону единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах ГЭТ 26-2010 и государственному первичному эталону единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 118,1 ГГц ГЭТ 167-2021.

1.3 Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик по пунктам 10.1 - 10.2 применяется метод прямых измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки должны выполняться операции, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7.1	Да	Да
2 Подготовка к поверке и опробование	8	Да	Да
3 Идентификация программного обеспечения (ПО)	9		
4 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	Да	Да
5 Проверка диапазона частот и определение относительной погрешности установки частоты	10.1	Да	Да

выходного сигнала			
6 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности установки уровня выходной мощности сигнала	10.2	Да	Да

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С +20 ± 5;
- относительная влажность воздуха, % от до 30 до 80;
- атмосферное давление, мм рт. ст. от 650 до 800;
- напряжение питающей сети, В 230 ± 23;
- частота питающей сети, Гц 50 ± 0,5.

Примечание - При проведении поверочных работ условия окружающей среды средств поверки (рабочих эталонов) должны соответствовать регламентируемым в их инструкциях по эксплуатации требованиям.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки могут быть допущены лица, имеющие высшее или среднее техническое образование и практический опыт в области радиотехнических измерений и аттестованные на право проведения поверки.

4.2 Поверитель должен изучить эксплуатационные документы на поверяемый генератор и используемые средства поверки.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 2.

5.2 Все средства поверки должны быть исправны и иметь действующие документы о поверке (знак поверки).

5.3 Допускается применение других средств поверки, удовлетворяющих требованиям настоящей методики поверки и обеспечивающих требуемую точность передачи единиц величин поверяемому генератору.

Таблица 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.8 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от -10 до +60 °С, предел допускаемой погрешности измерений температуры ±0,4 °С; Средства измерений в диапазоне измерений относительной влажности от 10 до 95 %, предел допускаемой погрешности измерений ±3%; Средства измерений в диапазоне измерений абсолютного давления от 30 до 120 кПа, предел допускаемой погрешности измерений ±0,5 кПа.	Прибор комбинированный Testo 622 (рег. № 44744-10)
	Средства измерений: диапазон частот от	

	9 кГц до 43,5 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений мощности $\pm 1,9$ дБ; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений коэффициентов передачи и отражений $\pm 0,003$ дБ	электрических цепей и сигналов комбинированный портативный FieldFox N9951A (рег. №68075-17)
п.10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Рабочий эталон 4 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты, утверждена приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022; относительная погрешность по частоте выходных сигналов $\pm 1,1 \cdot 10^{-9}$. Средство измерений частоты соответствующее рабочему эталону не ниже 4 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты, утверждена приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022; диапазон частот от 0,001 Гц до 37,75 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 2 \cdot 10^{-8}$. Средства измерений: диапазон частот от 9 кГц до 43,5 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений мощности $\pm 1,9$ дБ; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений коэффициентов передачи и отражений $\pm 0,003$ дБ. Средство измерений мощности электромагнитных колебаний, соответствующее рабочему эталону не ниже 3 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц, утверждена приказом Росстандарта № 3461 от 30.12.2019, и рабочему эталону не ниже 1 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 118,1 ГГц, утверждена приказом Росстандарта № 2813 от 09.11.2022; диапазон рабочих частот от 0 до 50 ГГц, диапазон измеряемых уровней от минус 35 до 25 дБм, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений мощности $\pm 0,14$ дБ. Средства измерений: диапазон рабочих частот от 0,1 МГц до 17,85 ГГц, диапазон измеряемого ослабления от 0 до 140 дБ, погрешность измерений ослабления от	Эталон единицы частоты и времени СЧВ-74 (3.1.ВХН.0053.2020) Частотомер универсальный ЧЗ-89 (рег. №47058-11) Анализатор электрических цепей и сигналов комбинированный портативный FieldFox N9951A (рег. №68075-17) Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP50T (рег. № 69958-17) Установка для измерения ослабления и фазового сдвига образцовая ДК1-16

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При выполнении операций поверки необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные Приказом Минтруда России от 15.12.2020 № 903 н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.1.019-2017, ГОСТ 12.2.091-2012 и требования безопасности, указанные в технической документации на применяемые эталоны и вспомогательное оборудование. Любые подключения приборов производить только при отключенном напряжении питания средств измерений.

6.2 К выполнению операций поверки и обработке результатов наблюдений могут быть допущены только лица, аттестованные в качестве поверителя в установленном порядке.

6.3 Поверяемый генератор, а также используемые средства измерений должны быть надежно заземлены. Коммутации и сборки схем для проведения измерений должны проводиться только при выключенном сигнале генератора.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 Внешний вид и комплектность проверить на соответствие данным, приведенным в руководстве по эксплуатации и в паспорте на генератор.

При проведении внешнего осмотра проверить:

- наличие и целостность наружных деталей и пломб (наклейки);
- соответствие комплектности эксплуатационной документации, наличие маркировок с указанием типа и заводского номер, четкость обозначений;
- чистоту и исправность разъемов;
- отсутствие механических и электрических повреждений, влияющих на работу генератора.

7.1.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными при отсутствии видимых дефектов. В противном случае, генератор дальнейшей поверке не подвергается, бракуется и направляется для проведения ремонта.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 На поверку представляют генератор, полностью укомплектованный в соответствии с паспортом на него.

8.1.2 Во время подготовки к поверке поверитель знакомится с нормативной документацией на генератор и подготавливает все материалы и средства измерений, необходимые для проведения поверки.

8.1.3 Контроль условий проведения поверки по пункту 3.1 провести перед началом поверки, а затем периодически, но не реже одного раза в час.

8.2 Опробование средства измерений

8.2.1 Подготовить генератор к работе в соответствии с руководством по эксплуатации. Подключить генератор к источнику питания и включить его в сеть, нажать на кнопку включения генератора. После процедуры самотестирования генератора на его табло должны индицироваться установленные значения частоты и уровень мощности.

8.2.2 Подключить выход генератора ко входу анализатора электрических цепей и сигналов комбинированного портативного FieldFox N9951A. Установить на генераторе частоту настройки 1 ГГц, уровень сигнала 0 дБм. На экране анализатора наблюдать спектр сигнала.

8.2.3 Генератор считать работоспособным, если после включения и настройки генератора выполняются условия п.8.2.2. В противном случае генератор дальнейшей проверке не подвергается, бракуется и направляется в ремонт.

9 Идентификация ПО

9.1 Идентификацию по на генераторе проводить следующим образом: после включения идентификационное наименование и номер версии ПО генератора отображаются во всплывающем меню пункта «Firmware Version».

9.2 Результаты испытаний считать положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют идентификационным данным, приведенным в таблице 3

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	AP5011A
Номер версии (идентификационный номер ПО)	V1.1.9 и выше
Цифровой идентификатор ПО	-

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Проверка диапазона частот и определение относительной погрешности установки частоты выходного сигнала

10.1.1 Подготовить к работе частотомер универсальный ЧЗ-89.

10.1.2 Установить следующие параметры выходного сигнала генератора: частота сигнала – 100 кГц, уровень сигнала – 0 дБм.

10.1.3 При помощи частотомера универсального ЧЗ-89 выполнить измерения частоты генератора. Определить относительную погрешность установки частоты генератора δ определить по формуле (1):

$$\delta = \frac{f_{ген} - f_{изм}}{f_{ген}}, \quad (1)$$

где $f_{изм}$ - показания частотомера ЧЗ-89, Гц;

$f_{ген}$ - частота, установленная на генераторе, Гц.

10.1.4 Повторить измерения по п. 10.1.2 на частотах 1, 10, 100, 500 МГц, 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 ГГц. Измерения на частоте 40 ГГц производить при помощи анализатора электрических цепей и сигналов комбинированного портативного FieldFox N9951A и эталона единицы частоты и времени СЧВ-74.

10.1.5 Результаты поверки считать положительными, если диапазон рабочих частот составляет от 100 кГц до 40 ГГц, относительная погрешность установки частоты выходного сигнала не превышает $\pm 3 \cdot 10^{-7}$. В противном случае результаты поверки по данному пункту методики считать отрицательными и генератор признается непригодным к применению.

10.2 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности установки уровня выходной мощности сигнала

10.2.1 Определение диапазона и погрешности установки уровня выходного сигнала проводить с использованием ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP50T, установки

для измерения ослабления и фазового сдвига образцовой ДК1-16 и аттенюатора коаксиального Д2М-20-10-13Р-13.

10.2.2 Подключить к генератору ваттметр NRP50Т. Установить на генераторе частоту 100 КГц, уровень выходного сигнала $P_{уст} = 12$ дБм. Измерения на частотах от 100 кГц до 5 ГГц производить с использованием аттенюатора коаксиального Д2М-20-10-13Р-13. Зафиксировать показания ваттметра $P_{изм}$.

10.2.3 Абсолютную погрешность ΔP установки уровня выходной мощности определить по формуле (2):

$$\Delta P = P_{уст} - P_{изм}. \quad (2)$$

10.2.4 Повторить измерения по п. 10.2.2 на частотах: 1, 10, 100, 500 МГц, 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 и 40 ГГц.

10.2.5 Произвести измерения на частотах 25 и 30 ГГц при уровне сигнала 15 дБм; на частотах 10, 15 и 20 ГГц при уровне сигнала 20 дБм; на частотах 100, 500 МГц, 1 и 5 ГГц при уровне сигнала 23 дБм; на частотах 100 кГц, 1 и 10 МГц при уровне сигнала 21 дБм. Зафиксировать показания ваттметра $P_{изм}$. Рассчитать абсолютную погрешность ΔP установки уровня выходной мощности по формуле 2.

10.2.6 Повторить измерения на частотах 100 кГц, 1, 10, 100, 500 МГц, 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 и 40 ГГц при уровне выходного сигнала 0, минус 15 и минус 30 дБм. Рассчитать абсолютную погрешность ΔP установки уровня выходной мощности по формуле 2.

10.2.7 Подготовить к работе установку для измерения ослабления и фазового сдвига образцовую ДК1-16 в соответствии с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации. Провести измерения ослабления на частотах 100 кГц, 100 МГц, 1, 5, 10, 15 и 17,5 ГГц, при значениях уровня выходного сигнала генератора минус 70 и минус 120 дБм.

10.2.8 Результаты поверки считать положительными, если диапазон выходной мощности составляет в диапазоне частот:

от 100 кГц до 10 МГц включ.....от - 120 до +21 дБм

св. 10 МГц до 5 ГГц включ.....от - 120 до +23 дБм

св. 5 МГц до 20 ГГц включ.....от - 120 до +20 дБм

св. 20 МГц до 30 ГГц включ.....от - 120 до +15 дБм

св. 30 МГц до 40 ГГц включ.....от - 120 до +12 дБм

Допускаемая погрешность установки уровня сигнала не превышает:

при уровне сигнала от - 15 до макс. значения.....±1,2 дБм;

при уровне сигнала от - 70 до - 15 дБм.....±1,5 дБм;

при уровне сигнала от - 110 до - 70 дБм.....±2,1 дБм.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

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

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

11.3 По заявлению владельца генератора или лица, представившего его на поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие генератора метрологическим требованиям) наносится знак поверки, и (или) выдается свидетельство о поверке, и (или) в паспорт генератора вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

Знак поверки в виде наклейки наносится на переднюю панель генератора.

11.4 По заявлению владельца генератора или лица, представившего его на поверку, в случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие

генератора метрологическим требованиям) выдается извещение о непригодности к применению.

11.5 Обязательное оформление протокола поверки не требуется. По заявлению владельца генератора или лица, представившего его на поверку, возможно оформление протокола поверки.

Начальник отдела ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



К.С. Черняев

Старший научный сотрудник ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



О.Б. Шпилевский