

УТВЕРЖДАЮ

Начальник ФГБУ «ГНМЦ»
Министерства обороны России

М.п.

В.В. Швыдун

«17»

08

2016 г.

Инструкция

Комплекс антенный измерительный «Diamond»
фирмы «Diamond Engineering», США

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

2016 г.

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на комплекс антенный измерительный «Diamond» (далее – комплекс), заводской № 7215, изготовленный фирмой «Diamond Engineering» 484 Main St. #16 or P.O. Box 2037 Diamond Springs, CA, и устанавливает порядок и объем его первичной и периодической поверки.

1.2 Интервал между поверками – 2 года.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При поверке выполняют операции, приведённые в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номср пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	8.1	+	+
2 Опробование	8.2	+	+
3 Определение динамического диапазона	8.3	+	+
4 Определение инструментальной погрешности измерений уровней амплитудных диаграмм направленности (ДН)	8.4	+	+
5 Определение погрешности измерений коэффициента усиления (КУ) методом замещения	8.5	+	+
6 Определение погрешности измерений уровней амплитудных диаграмм направленности (ДН)	8.6	+	+
7 Определение идентификационных признаков программного обеспечения (ПО)	8.7	+	+

Примечание: допускается не проводить определение инструментальной погрешности измерений уровней амплитудных ДН (п. 8.3 настоящей методики) при наличии действующего свидетельства о поверке на анализатор цепей векторный N5224A из состава комплекса, в случае, если с момента его поверки прошло не более трех месяцев.

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки используют средства измерений и вспомогательное оборудование, приведённое в таблице 2.

Таблица 2

№ пункта методики поверки	Эталонные СИ, испытательное оборудование и вспомогательная аппаратура
8.4	Аттенюатор Agilent 8494В, диапазон частот от 10^{-4} до 17,44 ГГц, диапазон ослабления от 0 до 11 дБ, пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления в диапазоне частот от 10^{-4} до 12,4 ГГц $\pm 0,6$ дБ, в диапазоне частот от 12,4 до 17,44 ГГц $\pm 0,9$ дБ, КСВН не более 1,9

№ пункта методики поверки	Эталонные СИ, испытательное оборудование и вспомогательная аппаратура
8.4	<p>Аттенуатор Agilent 8496В, диапазон частот от 10^{-4} до 17,44 ГГц, диапазон ослабления от 0 до 110 дБ, пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления в диапазоне частот от 10^{-4} до 12,4 ГГц \pm(от 0,5 до 3,3) дБ, в диапазоне частот от 12,4 до 17,44 ГГц \pm(от 0,6 до 4,4) дБ, КСВН не более 1,9</p> <p>Аттенуатор волноводный поляризационный ДЗ-35А, диапазон частот от 17,44 до 25,95 ГГц, диапазон изменения ослабления от 0 до 70 дБ, пределы допускаемой относительной погрешности разности вводимых ослаблений $\pm[0,41+0,05(A-50)]$ дБ, где А – разность ослаблений, дБ; КСВН не более 1,2</p>
8.4	<p>Анализатор цепей векторный N5224А, диапазон рабочих частот от 0,01 до 43,5 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 1 \cdot 10^{-6}$, уровень гармонических составляющих в выходном сигнале не более минус 15 дБ, диапазон мощности выходного сигнала от минус 30 до 16 дБм, пределы допускаемой относительной погрешности измерений модуля коэффициента передачи в диапазоне от минус 49,99 до 10 дБ - $\pm 0,9$ дБ, пределы допускаемой относительной погрешности измерений модуля коэффициента отражения в диапазоне от минус 24,99 до 0 дБ - $\pm 1,63$ дБ</p>

3.2 Допускается использование других средств измерений и вспомогательного оборудования, имеющих метрологические и технические характеристики не хуже характеристик приборов, приведенных в таблице 2.

3.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь действующие свидетельства о поверке (отметки в формулярах или паспортах).

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 К проведению поверки комплекса допускаются лица, имеющие высшее или среднее специальное образование, квалификационную группу по электробезопасности не ниже 4 с напряжением до 1000 В, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с электронным измерительно-испытательным оборудованием, и опыт практической работы.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также изложенные в руководстве по эксплуатации (РЭ) на приборы, в технической документации (ТД) на применяемые при поверке рабочие эталоны и вспомогательное оборудование.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Поверку проводить при следующих условиях:

- для используемых антенных устройств в соответствии с РЭ на них:
- температура окружающего воздуха, °С..... 20 \pm 5;
- относительная влажность воздуха при температуре 20°С, %..... 80;
- напряжение питания, В..... 220 \pm 10;
- частота, Гц..... 50 \pm 0,5.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- выдержать приборы в условиях, указанных в п. 6.1, в течение 1 ч;
- выполнить операции, оговоренные в руководстве по эксплуатации на поверяемый комплекс по его подготовке к поверке;
- выполнить операции, оговоренные в технической документации на применяемые средства поверки по их подготовке к измерениям;
- осуществить предварительный прогрев приборов для установления их рабочего режима.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При проведении внешнего осмотра установить соответствие комплекса следующим требованиям:

- наличие маркировки, подтверждающей тип и заводской номер;
- наружная поверхность элементов комплекса не должна иметь следов механических повреждений, которые могут влиять на работу комплекса;
- соединительные разъемы должны быть чистыми;
- соединительные провода должны быть исправными;
- комплектность комплекса должна соответствовать указанной в ТД.

8.1.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если комплектность комплекса соответствует требованиям ТД, внешний вид комплекса соответствует требованиям п. 8.1.1.

8.1.3 Комплекс, имеющий дефекты (механические повреждения), бракуется и направляется в ремонт.

8.2 Опробование

8.2.1 Подготовить комплекс к работе в соответствии с РЭ.

8.2.2 Проверить работоспособность аппаратуры комплекса путем проверки отсутствия сообщений об ошибках и неисправностях при загрузке программного продукта «Antenna Measurement Studio».

8.2.3 Проверить работоспособность приводов опорно-поворотного устройства (ОПУ).

8.2.4 Установить в рабочей зоне тестовую антенну с электрическими размерами апертуры не менее 3λ (где λ – длина волны, м). Провести измерения сечений ДН на рабочей длине волны антенны.

8.2.5 Минимальные измеренные уровни задних и боковых лепестков ДН должны быть не более минус 20 дБ.

8.2.6 Результаты поверки считать положительными, если аппаратура комплекса работоспособна и обеспечивает измерения характеристик антенных устройств.

8.3 Определение динамического диапазона

8.3.1 В качестве вспомогательной антенны использовать антенну ВВНА 9120 D. Установить на ОПУ антенну ВВНА 9120 D. Установить вспомогательную и тестовую антенны для работы на согласованной поляризации.

8.3.2 ВАЦ установить в режим измерений коэффициента передачи в полосе частот от 1 до 16 ГГц. Полосу фильтра промежуточной частоты установить равной 100 Гц, уровень выходной мощности 10 дБм.

Зафиксировать измеряемый коэффициент передачи $K_{АНП}(f)$, [дБ].

8.3.3 Отключить один из портов ВАЦ от антенны и нагрузить его на согласованную нагрузку. Зафиксировать измеряемый коэффициент передачи $K_{ШУМ}(f)$, [дБ].

8.3.4 Определить средний уровень шума ВАЦ по формуле (1):

$$\bar{K}_{ШУМ} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_n 10^{K_{ШУМ}(f_n)/10} \right) + 3, \quad (1)$$

где $n = 1 \dots N$ - номер частотного отсчета.

8.3.5 Определить частотную зависимость динамического диапазона измерений характеристик антенных устройств по формуле (2):

$$D(f) = K_{АНП}(f) - \bar{K}_{ШУМ} - G_{9120}(f) + 10, \text{ дБ}, \quad (2)$$

где $G_{9120}(f)$ - коэффициент усиления антенны ВВНА 9120 D, указанный в ТД, дБ.

8.3.6 Повторить измерения пп. 4.13.2-4.13.6 в диапазоне частот от 15 до 26,5 ГГц с использованием в качестве вспомогательной и тестовой антенны ВВНА 9170. В формуле (2) в качестве переменной $G_{9120}(f)$ использовать коэффициент усиления антенны ВВНА 9170, указанный в ТД.

8.3.7 Результаты поверки считать положительными, если динамический диапазон в диапазоне рабочих частот превышает 40 дБ.

8.4 Определение инструментальной погрешности измерений амплитудных ДН

8.4.1 Подготовить комплекс к работе в соответствии с РЭ.

8.4.2 Векторный анализатор цепей N5242A из состава комплекса установить в режим измерений коэффициента передачи в полосе частот от 0,75 до 18 ГГц. Полосу фильтра промежуточной частоты установить равной 10 Гц, уровень выходной мощности установить равным 10 дБм. Отношение сигнал/шум на входе приемного порта ВАЦ должно составлять не менее 80 дБ, при необходимости допускается использование усреднений сигнала.

8.4.3 Установить в измерительный тракт ступенчатые аттенюаторы Agilent 8494В и 8496В. Установить вводимое аттенюаторами ослабление равным нулю и зафиксировать начальное ослабление $A_{0dB}(f)$.

8.4.4 Поочередно вводить ослабления 3, 6, 10, 15, 20, 25, 30, 35 и 45 дБ и фиксировать соответствующие им частотные зависимости ослабления сигнала измеряемого ВАЦ $A_{-3dB}(f)$, $A_{-6dB}(f) \dots A_{-45dB}(f)$.

8.4.5 Подключить аттенюаторы Agilent 8494В и 8496В к ВАЦ N5224A, провести измерения величин вводимого относительного ослабления аналогично пп. 8.4.3, 8.4.4 в соответствии с РЭ на установку. Зафиксировать результаты измерений $B_{0dB}(f)$, $B_{-3dB}(f)$, $B_{-6dB}(f) \dots B_{-45dB}(f)$. Измерения проводить с шагом не более 500 МГц.

8.4.6 Инструментальную погрешность измерений для каждого номинального ослабления рассчитать по формуле (3).

$$\nu_{II} = [A_{0dB}(f) - A_{xdB}(f)] - [B_{0dB}(f) - B_{xdB}(f)], \text{ дБ}, \quad (3)$$

где $A_{xdB}(f)$ и $B_{xdB}(f)$ - результаты измерений $A_{-3dB}(f)$, $A_{-6dB}(f) \dots A_{-45dB}(f)$ и $B_{-3dB}(f)$, $B_{-6dB}(f) \dots B_{-45dB}(f)$, соответственно, дБ.

8.4.7 Взамен сборки аттенуаторов Agilent 8494В и 8496В установить в аттенуатор волноводный поляризационный ДЗ-35А. Диапазон измерений коэффициента передачи установить от 18 до 26,5 ГГц. Повторить операции пп. 8.4.3-8.4.6.

8.4.8 Рассчитать инструментальную погрешность измерений уровней ДН для заданного отношения сигнал/шум SNR [дБ] используя соотношения:

$$\chi = 20 \log(1 + 10^{-0,05(L+SNR)}) + v_{II}, \quad (4)$$

где L - измеряемый уровень ДН, дБ.

8.4.9 Результаты поверки считать положительными, если значения инструментальной погрешности измерений амплитудных ДН находятся в пределах, дБ:

Уровень ДН, дБ	отношение сигнал/шум в максимуме ДН, дБ						
	30	35	40	45	50	55	60
минус 3	± 0,60	± 0,50	± 0,40	± 0,30	± 0,25	± 0,25	± 0,25
минус 6	± 0,80	± 0,60	± 0,40	± 0,30	± 0,30	± 0,25	± 0,25
минус 10	± 1,10	± 0,70	± 0,50	± 0,40	± 0,30	± 0,30	± 0,25
минус 15	± 1,70	± 1,10	± 0,70	± 0,50	± 0,40	± 0,30	± 0,30
минус 20	± 2,70	± 1,70	± 1,10	± 0,70	± 0,50	± 0,40	± 0,30
минус 25	± 4,30	± 2,70	± 1,70	± 1,10	± 0,70	± 0,50	± 0,40
минус 30	-	± 4,30	± 2,70	± 1,70	± 1,10	± 0,70	± 0,50
минус 35	-	-	± 4,30	± 2,70	± 1,70	± 1,10	± 0,70
минус 40	-	-	-	± 4,30	± 2,70	± 1,70	± 1,10

8.5 Определение погрешности измерений коэффициента усиления методом замещения

8.5.1 Определение погрешности измерений коэффициента усиления методом эталонной антенны провести для следующих условий:

- отношение сигнал/шум для выбранной частоты сигналов эталонной и измеряемой антенн не менее 40 дБ;
- уровень кроссполяризованной составляющей антенн не более минус 20 дБ;
- КСВН антенн не более 1,5;
- расстояние R между антеннами при измерениях удовлетворяет условию дальней зоны (6).

$$R \geq \frac{2(D_1 + D_2)^2}{\lambda}, \quad (6)$$

где λ - длина волны, см;

D_1 и D_2 - наибольшие размеры раскрывов антенн, см,

8.5.2 Определение погрешности измерений КУ δG методом эталонной антенны провести в соответствии ГОСТ 8.736-2013 на основе частных составляющих суммарной погрешности по формуле (7).

$$\delta G = \pm 10 \lg \left(1 + 1,1 \sqrt{\theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2 + \theta_4^2 + 0,005} \right), \quad (7)$$

где θ_1 - границы составляющей суммарной погрешности, обусловленной погрешностью коэффициента усиления эталонной антенны δG_0 , принимаются равными 0,12, 0,2 и 0,26;

θ_2 - границы составляющей суммарной погрешности, обусловленной нелинейностью амплитудной характеристики ВАЦ A [дБ], определяемой в п. 4.14 для уровня минус 10 дБ, вычисляются по формуле (8):

$$\theta_2 = 10^{0,1A} - 1; \quad (8)$$

θ_3 - границы составляющей суммарной погрешности, обусловленной поляризационными потерями, вычисляемые по формуле (9),

$$\theta_3 = (1 + 10^{0,05K})^2 - 1, \quad (9)$$

где K - наибольший уровень кроссполяризационной составляющей поля излучения среди эталонной и исследуемой антенн, дБ;

θ_4 - границы составляющей суммарной погрешности, обусловленной побочными переотражениями, вычисляемые по формуле (10),

$$\theta_4 = (1 + 10^{0,05L})^2 - 1, \quad (10)$$

где L - наибольший уровень кроссполяризационной составляющей поля излучения среди эталонной и исследуемой антенн, дБ;

0,005 = 0,03² + 0,04² + 0,05² – слагаемое, учитывающее:

- границы составляющей суммарной погрешности, обусловленной конечным расстоянием между антеннами, принимаемые равными 0,03;
- границы составляющей суммарной погрешности, обусловленной рассогласованием СВЧ трактов эталонной и исследуемой антенн, для КСВН=1,5 равные 0,04;
- границы составляющей суммарной погрешности, обусловленной неучтенными факторами, равные 0,05.

8.5.3 Результаты поверки считать положительными, если значения погрешности измерений коэффициента усиления методом замещения находятся в пределах:

<i>при коэффициенте безэховости в рабочей зоне не более минус 15 дБ</i>	
± 0,5 дБ	± 1,8
± 0,8 дБ	± 1,9
± 1,0 дБ	± 2,0
<i>при коэффициенте безэховости в рабочей зоне не более минус 20 дБ</i>	
± 0,5 дБ	± 1,2
± 0,8 дБ	± 1,4
± 1,0 дБ	± 1,5
<i>при коэффициенте безэховости в рабочей зоне не более минус 25 дБ</i>	
± 0,5 дБ	± 1,0
± 0,8 дБ	± 1,2
± 1,0 дБ	± 1,4
<i>при коэффициенте безэховости в рабочей зоне не более минус 30 дБ</i>	
± 0,5 дБ	± 0,9
± 0,8 дБ	± 1,1
± 1,0 дБ	± 1,3.

8.6 Определение погрешности измерений амплитудных ДН

8.6.1 Определение погрешности измерений амплитудных ДН выполняется на основе их инструментальных погрешностей и методической погрешности из-за неисключенных источников переотражений в соответствии с требованиями ГОСТ 8.736-2011.

8.6.2 Рассчитать систематическую погрешность измерений отношений уровней

преобразователя A [дБ], определяемой в п. 4.15, по формуле (11):

$$\theta_{ИЗМ} = 10^{0,1A} - 1. \quad (11)$$

Рассчитать систематическую погрешность измерений из-за наличия неисключенных побочных переотражений в безэховой камере по формуле (12):

$$\theta_{КБ} = \left[1 + 10^{-0,05(60+L)} \right]^2 - 1, \quad (12)$$

где L - измеряемый уровень диаграммы, дБ.

Рассчитать доверительные границы ($p = 0,99$) случайной погрешности, обусловленной влиянием шумов стробоскопического преобразователя, по формуле (13):

$$\varepsilon = \left(1 + 10^{-0,05(L+SNR)} \right)^2 - 1, \quad (13)$$

где $SNR = 60$ - отношение сигнал/шум в направлении максимума ДН, дБ

8.6.3 Погрешность измерений уровней амплитудных ДН (в линейном масштабе) рассчитать по формуле (14).

$$\delta_{ЛИН} = \frac{\varepsilon + \theta_{ИЗМ} + \theta_{КБ}}{\varepsilon / 2,56 + \frac{1}{\sqrt{3}}(\theta_{ИЗМ} + \theta_{КБ})} \sqrt{\frac{1}{3}(\theta_{ИЗМ} + \theta_{КБ})^2 + \frac{S^2(\tilde{A})}{6,56}} \quad (14)$$

Пересчитать погрешности измерений уровней амплитудных ДН в логарифмический масштаб по формуле (15).

$$\delta_{ЛОГ} = 10 \lg(1 + \delta_{ЛИН}). \quad (15)$$

8.6.4 Результаты поверки считать положительными, если значения погрешности измерений амплитудных ДН находятся в пределах, приведенных в таблице 3.

Таблица 3

Изменяемый уровень	Погрешность, дБ
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровней амплитудных ДН на уровне ⁴ , дБ:	
<i>при коэффициенте безэховости в рабочей зоне минус 20 дБ</i>	
минус 3 дБ	± 1,5
минус 6 дБ	± 1,9
минус 10 дБ	± 2,7
минус 15 дБ	± 4,1
<i>при коэффициенте безэховости в рабочей зоне минус 25 дБ</i>	
минус 3 дБ	± 1,0
минус 6 дБ	± 1,2
минус 10 дБ	± 1,7
минус 15 дБ	± 2,7
минус 20 дБ	± 4,1
<i>при коэффициенте безэховости в рабочей зоне минус 30 дБ</i>	

Измеряемый уровень	Погрешность, дБ
минус 3 дБ	± 0,7
минус 6 дБ	± 0,9
минус 10 дБ	± 1,2
минус 15 дБ	± 1,7
минус 20 дБ	± 2,7
минус 25 дБ	± 4,1
<i>при коэффициенте безэховости в рабочей зоне минус 35 дБ</i>	
минус 3 дБ	± 0,5
минус 6 дБ	± 0,6
минус 10 дБ	± 0,8
минус 15 дБ	± 1,2
минус 20 дБ	± 1,7
минус 25 дБ	± 2,7
минус 30 дБ	± 4,2
<i>при коэффициенте безэховости в рабочей зоне минус 40 дБ</i>	
минус 3 дБ	± 0,4
минус 6 дБ	± 0,4
минус 10 дБ	± 0,6
минус 15 дБ	± 0,8
минус 20 дБ	± 1,2
минус 25 дБ	± 1,8
минус 30 дБ	± 2,7
минус 35 дБ	± 4,3
<i>при коэффициенте безэховости в рабочей зоне минус 45 дБ</i>	
минус 3 дБ	± 0,3
минус 6 дБ	± 0,3
минус 10 дБ	± 0,4
минус 15 дБ	± 0,6
минус 20 дБ	± 0,8
минус 25 дБ	± 1,2
минус 30 дБ	± 1,8
минус 35 дБ	± 2,8
минус 40 дБ	± 4,4
<i>при коэффициенте безэховости в рабочей зоне минус 50 дБ</i>	
минус 3 дБ	± 0,3
минус 6 дБ	± 0,3
минус 10 дБ	± 0,3
минус 15 дБ	± 0,4
минус 20 дБ	± 0,6
минус 25 дБ	± 0,8
минус 30 дБ	± 1,2
минус 35 дБ	± 1,8
минус 40 дБ	± 2,9

8.7 Определение идентификационных признаков ПО

8.7.1 Осуществить проверку соответствия заявленных идентификационных данных ПО.

Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют приведенным в таблице 4.

Таблица 4

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	«Antenna Measurement Studio»
Номер версии ПО (идентификационный номер)	5.8
Цифровой идентификатор ПО	A7345EDDDA10873A0CEECC256F7E90EB
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	MD5

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 При положительных результатах поверки комплекса выдается свидетельство установленной формы.

9.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

9.3 Знак поверки наносится на ОПУ DAMS 7100 в виде наклейки или в свидетельство о поверке в виде оттиска клейма.

9.4 В случае отрицательных результатов поверки поверяемый комплекс к дальнейшему применению не допускается. На комплекс выдается извещение об его непригодности к дальнейшей эксплуатации с указанием причин забракования.

Начальник отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Начальник лаборатории
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

К.С. Черняев

М.А. Озеров