

УТВЕРЖДАЮ



Начальник
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

В.В. Швыдун

« 22 » 08 2017 г.

ИНСТРУКЦИЯ

Антенны активные направленные R&S HE400

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

2017 г.

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на антенны активные направленные R&S HE400 (далее - антенны), и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверки.

1.2 Интервал между поверками 2 года.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

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

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первой поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	6.1	+	+
2 Опробование	6.2	+	+
3 Определение метрологических характеристик	6.3		
3.1 Определение диапазона рабочих частот, значения коэффициента калибровки антенн в диапазоне рабочих частот, пределов допускаемой погрешности коэффициента калибровки	6.3.1	+	+
3.2 Определение коэффициента стоячей волны по напряжению	6.3.2	+	+

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

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

Таблица 2

Номер пункта методики	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
6.3.1	Генератор сигналов высокочастотный SMR-40 (диапазон частот от 10 МГц до 40 ГГц, уровень выходного сигнала от минус 30 до 10 дБм, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ Гц, пределы допускаемой относительной погрешности установки уровня сигнала ± 1 дБ; генератор сигналов Г4-219 (диапазон частот от 1 Гц до 100 МГц, уровень выходного сигнала от 0,1 мВ до 1,0 В, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ Гц, пределы допускаемой относительной погрешности установки уровня сигнала $\pm (4 \text{ до } 15)\%$); рабочий эталон напряженности электромагнитного поля в диапазоне частот от 300 Гц до 1000 МГц КОСИ НЭМП «Панировка-ЭМ» (диапазон частот от 300 Гц до 1000 МГц, диапазон частот установки электрического поля кольцевым конденсатором от 300 Гц до 200 кГц, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения единицы напряженности $\pm 12\%$, диапазон частот установки электрического поля плоским конденсатором от 15 кГц до 30 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения единицы напряженности $\pm 6\%$); установка измерительная К2П-70 (диапазон рабочих частот от 20 Гц до 300 МГц, пределы допускаемой основной погрешности измерений коэффициента калибровки измерительных антенн $\pm 1,0$ дБ);

Номер пункта методики	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
	антенна измерительная П6-23М (диапазон частот от 0,85 до 17,44 ГГц, КСВН не более 1,5, эффективная площадь не менее 150 см ²); анализатор спектра Е4440А (диапазон рабочих частот от 3 Гц до 26,5 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты $\pm 1,0 \cdot 10^{-6}$, пределы допускаемой погрешности определения уровня $\pm 1,2$ дБ)
6.3.2	Измеритель КСВН и ослаблений Р2-132 (диапазон частот от 0,01 до 8,3 ГГц, диапазон измерений КСВН от 1,03 до 5,0, пределы допускаемой относительной погрешности измерений КСВН $\pm 25\%$)
Примечания	
1 Допускается использование других средств измерений, имеющих метрологические и технические характеристики, обеспечивающих определение метрологических и технических характеристик с требуемой погрешностью	
2 Применяемые средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь непросроченные свидетельства (отметки в формулярах или паспортах) о поверке.	

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 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 технической документации антенн, в технической документации на применяемые при поверке рабочие эталоны и вспомогательное оборудование.

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С 20 ± 5 ;
- относительная влажность воздуха, % до 80;
- атмосферное давление, мм рт. ст. от 626 до 795;
- напряжение питания, В от 215 до 225;
- частота, Гц от 49,5 до 50,5.

5.2 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- выдержать антенну в условиях, указанных в п. 5.1, в течение не менее 2 ч;
- выполнить операции, оговоренные в технической документации на антенну по её подготовке к измерениям;
- выполнить операции, оговоренные в технической документации на применяемые средства поверки по их подготовке к измерениям;
- осуществить предварительный прогрев средств измерений для установления их рабочего режима.

6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1 Внешний осмотр

6.1.1 При внешнем осмотре установить соответствие антennы требованиям технической документации. При внешнем осмотре убедиться в:

- отсутствии механических повреждений;

- чистоте разъема;
- целостности лакокрасочных покрытий и четкости маркировки.

Проверить комплектность антенны в соответствии с технической документацией.

6.1.2 Результаты поверки считать положительными, если антenna удовлетворяет вышеперечисленным требованиям, комплектность полная. В противном случае антenna дальнейшей поверке не подвергается, бракуется и направляется в ремонт.

6.2 Опробование

6.2.1 Произвести опробование работы антенны для оценки её исправности.

При опробовании проверить возможность сборки и подключения антенны к анализатору спектра (измерительному приемнику).

6.2.2 Результаты опробования считать положительными, если обеспечивается возможность сборки и подключения антенны к анализатору спектра (измерительному приемнику). В противном случае антenna дальнейшей поверке не подвергается, бракуется и направляется в ремонт.

6.3 Определение метрологических характеристик

6.3.1. Определение диапазона рабочих частот, значения коэффициента калибровки антенн в диапазоне рабочих частот, пределов допускаемой погрешности коэффициента калибровки

6.3.1.1 Определение коэффициента калибровки антены с модулем R&S HE400HF в диапазоне частот от 8,3 до 500 кГц осуществить при помощи рабочего эталона единицы напряженности электромагнитного поля в диапазоне частот от 200 Гц до 1000 МГц КОСИ НЭМП «Панировка-ЭМ» (установки магнитного поля с кольцами Гельмгольца (УМК)).

Собрать схему, представленную на рисунке 1.

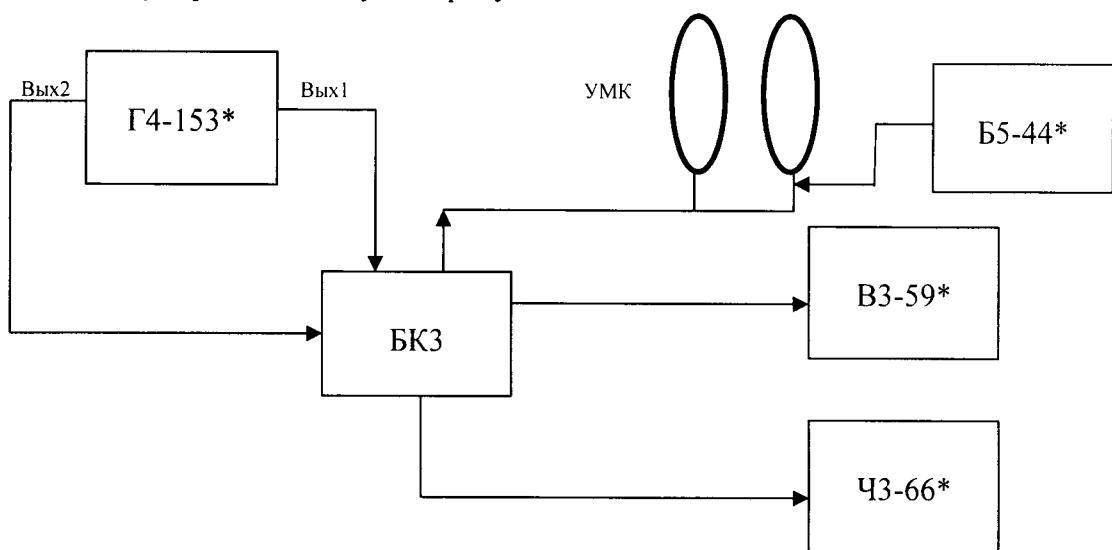


Рисунок 1 – Структурная схема измерений.

Примечание * - здесь и далее средство измерений из состава КОСИ НЭМП «Панировка-ЭМ».

Измерения на установках УМК провести в ручном режиме (блок интерфейсных плат унифицированный БИПУ в стойках генераторно-измерительной СГИ1 и измерительно-информационной СИИ1 и в пульте генераторно-измерительном ПГИ-1 не включать).

Провести подготовку к работе в соответствии с документом «Установка магнитного поля с кольцами Гельмгольца. Техническое описание и инструкция по эксплуатации».

Частоту выходного сигнала генератора Г4-153* установить равной 8,3 кГц, уровень сигнала 100 мВ.

На блоке коммутации БК3 нажать клавишу «Г4-153» и подать сигнал установленного уровня и частоты на входы вольтметра В3-59* и частотомера Ч3-66*.

В соответствии с РЭ вольтметра В3-59* и частотомера Ч3-66* измерить уровень и частоту выходного сигнала генератора Г4-153*. При необходимости провести подстройку частоты и уровня выходного сигнала генератора при помощи кнопок управления, расположенных на лицевой панели генератора Г4-153*.

Эквивалентную напряженность магнитного поля, воспроизведенного в УМК, рассчитать по формуле (1):

$$E = U \cdot K_{EU}, \quad (1)$$

где E – эквивалентная напряженность магнитного поля между кольцами Гельмгольца, В/м ;

U – уровень выходного сигнала генератора, измеренное вольтметром В3-59*, В ;

K_{EU} – коэффициент преобразования УМК, записанный в свидетельстве о поверке, $1/(\text{м})$.

В рабочую зону колец УМК поместить испытуемую антенну. Антенну установить на диэлектрическом штативе на согласованной поляризации. Выход антенны подключить к выходу вольтметра В3-59* стойки измерительно-информационной СИИ1.

Измерить уровень сигнала на выходе антенны R&S HE400 с модулем R&S HE400HF.

Коэффициент калибровки антенны на фиксированной частоте рассчитать по формуле (2):

$$K_{R\&S \ HE400HF} = \frac{E}{U_A}, \quad (2)$$

где $K_{R\&S \ HE400HF}$ – коэффициент калибровки антенны R&S HE400 с модулем R&S HE400HF, м^{-1} ;

E – эквивалентная напряженность магнитного поля, рассчитанная по формуле (1), В/м ;

U_A – уровень сигнала на выходе антенны R&S HE400 с модулем R&S HE400HF, измеренный вольтметром В3-59*, В .

Провести пересчет коэффициента калибровки $K_{R\&S \ HE400HF}$ в логарифмические единицы (дБ[1/м]) по формуле (3):

$$K_{R\&S \ HE400HF} = 20 \cdot \lg K_{R\&S \ HE400HF}. \quad (3)$$

Аналогичные измерения и расчеты провести на частотах 10, 20, 50, 100, 200, 500 кГц.

Погрешность коэффициента калибровки δ_Σ , дБ, рассчитать по формуле (4):

$$\delta_\Sigma = 20 \cdot \lg(1 + 1,1 \cdot \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2}), \quad (4)$$

где δ_1 – относительная погрешность воспроизведения единицы напряженности магнитного поля УМК, $\delta_1 = 0,12$;

δ_2 – погрешность измерений вольтметра В3-59*, $\delta_2 = 0,04$;

δ_3 – погрешность установки уровня выходного сигнала установки генератора Г4-153*, $\delta_3 = 0,08$.

6.3.1.2 Определение коэффициента калибровки антенны R&S HE400 с модулем R&S HE400HF в диапазоне частот свыше 500 кГц до 30 МГц осуществить при помощи установки измерительной К2П-70.

В рабочую зону ГТБМ-камеры установки К2П-70 поместить испытуемую антенну. Антенну установить на диэлектрическом штативе на согласованной поляризации (плоскость

рамки антенны расположить перпендикулярно вектору напряженности магнитного поля). Выход антенны подключить к входу установки К2П-70.

В соответствии с РЭ установки измерительной К2П-70 произвести измерение коэффициента калибровки антенны в автоматизированном режиме в диапазоне частот от 1 до 30 МГц.

Погрешность измерений коэффициента калибровки испытываемой антенны, дБ, определить по формуле (5):

$$\delta = 10 \lg \left(1 + 1,1 \sqrt{\delta_{\pi_6}^2 + \delta_{K2P-70}^2} \right), \quad (5)$$

где δ_{π_6} - погрешность определения коэффициента калибровки антенны измерительной П6-44 (принимается равной 0,2);

δ_{K2P-70} - погрешность измерений коэффициента калибровки установкой измерительной типа К2П-70 (принимается равной 0,12).

Результаты испытаний считать положительными, если значения погрешности измерений коэффициента калибровки находятся в пределах $\pm 2,0$ дБ.

3.3.1.3 Определение коэффициента калибровки антенны с модулями R&S HE400VHF и R&S HE400UWB в диапазоне частот от 20 до 30 МГц осуществить при помощи рабочего эталона единицы напряженности электромагнитного поля в диапазоне частот от 200 Гц до 1000 МГц КОСИ НЭМП «Панировка-ЭМ» (установка электрического поля с плоским конденсатором УЭП).

Провести подготовку к работе в соответствии с документом «Установка электрического поля с плоским конденсатором УЭП. Техническое описание и инструкция по эксплуатации».

Частоту выходного сигнала генератора Г4-154* установить равной 20 МГц, уровень 100 мВ.

На блоке коммутации БК3 нажать клавишу «Г4-154» и подать сигнал установленного уровня и частоты на входы вольтметра В3-59* и частотомера Ч3-66*.

В соответствии с РЭ вольтметра В3-59* и частотомера Ч3-66* измерить уровень и частоту выходного сигнала генератора Г4-154*. При необходимости провести подстройку частоты и уровня выходного сигнала генератора при помощи кнопок управления, расположенных на лицевой панели генератора Г4-154*.

Напряженность электрического поля, воспроизводимого в плоском конденсаторе УЭП, рассчитать по формуле (6):

$$E = U \cdot K_{UE}, \quad (6)$$

где Е – напряженность электрического поля между обкладками плоского конденсатора, В/м;

U – уровень выходного сигнала генератора, измеренное вольтметром В3-59*, В;

K_{UE} – коэффициент преобразования УЭП, записанный в свидетельстве о поверке, m^{-1} .

Значение коэффициента K_{UE} выбрать из таблицы 3.

Таблица 3

Частота, МГц	K_{UE}, m^{-1}
20	1,97
30	1,89

В рабочую зону плоского конденсатора УЭП поместить испытуемую антенну. Антенну установить на диэлектрическом штативе на согласованной поляризации. Выход антенны подключить к входу вольтметра В3-59* стойки измерительно-информационной СИИ1, используя высокочастотный пробник из состава вольтметра В3-59* и 50-Омную нагрузку.

Измерить уровень сигнала на выходе испытываемой антенны.

Коэффициент калибровки антенны R&S HE400 на фиксированной частоте рассчитать по формулам (2) и (3).

Аналогично определить коэффициент калибровки антенны R&S HE400 на частоте 30 МГц.

Погрешность коэффициента калибровки δ_Σ , дБ, рассчитать по формуле (7):

$$\delta_\Sigma = 20 \cdot \lg(1 + 1,1 \cdot \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2}), \quad (7)$$

где δ_1 – относительная погрешность воспроизведения единицы напряженности электрического поля УЭП, $\delta_1 = 0,12$;

δ_2 – погрешность измерений вольтметра В3-59*, $\delta_2 = 0,04$;

δ_3 – погрешность установки уровня выходного сигнала установки генератора Г4-154*, $\delta_3 = 0,08$.

6.3.1.4 Определение коэффициента калибровки антенны R&S HE400 в диапазоне частот от 30 до 1000 МГц провести с помощью установки электрического поля с дипольными антеннами УЭД на частотах 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 1000 МГц методом замещения.

Провести подготовку к работе всех приборов, входящих в состав ПГИ1 и СИИ1, в соответствии с «Установка электрического поля с дипольными антеннами УЭД. Техническое описание и инструкция по эксплуатации». Установка готова через 60 минут после включения всех приборов (при измерениях в ручном режиме БИПУ не включать).

Установить излучатель биконический ИБ1 и антенну биконическую АБ1 в положение, соответствующее горизонтальной поляризации. Высоту h центра антенн и расстояние между ними D определить из условий (8):

$$h = n \cdot \frac{\lambda}{4}, \quad D = n \cdot \frac{\lambda}{2}, \quad (8)$$

где λ – длина волны,

$n = 1, 2, 3, \dots$.

На частотах 50, 100, 200 МГц использовать генератор Г4-151* в совокупности с усилителем мощности от 30 до 300 МГц. На частотах 300, 400, 500, 600 МГц использовать генератор Г4-159*. На частотах 700, 800, 1000 МГц использовать генератор Г4-160*. Выходы генераторов подключить к входам блока коммутации БК4. Выход блока коммутации БК4 подключить к излучателю биконическому ИБ1.

Установить на генераторе частоту 50 МГц.

Меняя напряжение на выходе генератора, установить ориентировочное значение напряженности электрического поля в месте расположения АБ1. Напряженность электрического поля E в мВ/м в месте расположения АБ1 определить по формуле (8):

$$E = K \cdot \sqrt{\frac{P}{R_m}}, \quad (8)$$

где K – градуировочный коэффициент антенны биконической АБ1, Ом/м, приведён в табл. 4 и 5;

P – мощность, мкВт;

R_m – рабочее сопротивление термисторного моста, Ом (150 Ом).

Таблица 4

F , МГц	50	100	200	300
K , Ом/м · 1000	0,327	0,276	0,511	1,10

Таблица 5

F , МГц	300	400	500	600	700	800	1000
K , Ом/м · 1000	0,774	0,97	1,32	1,67	3,31	4,87	4,94

Под действием электрического поля в антенне биконической возбуждается переменное напряжение, которое поступает на вход головки термисторной М5-88*. Мощность P , выделяемую в головке термисторной М5-88*, измерить измерителем мощности М3-22А*.

Отключить выход блока коммутации БК4, заменить антенну АБ1 на антенну R&S HE400. Антенну установить на диэлектрическом штативе на согласованной поляризации. Выход антенны R&S HE400 подключить к входу вольтметра В3-59* стойки измерительно-информационной СИИ1, используя высокочастотный пробник из состава вольтметра В3-59* и 50-Омную нагрузку.

Измерить уровень сигнала на выходе антенны R&S HE400.

Коэффициент калибровки антенны R&S HE400 на фиксированной частоте рассчитать по формулам (2) и (3).

Аналогично определить коэффициент калибровки антенны R&S HE400 на частотах 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 1000 МГц.

Погрешность коэффициента калибровки δ_Σ , дБ, рассчитать по формуле (9):

$$\delta_\Sigma = 20 \cdot \lg(1 + 1,1 \cdot \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2}), \quad (9)$$

где δ_1 – относительная погрешность воспроизведения единицы напряженности электрического поля УЭД, $\delta_1 = 0,06$;

δ_2 – погрешность измерений вольтметра В3-59*, $\delta_2 = 0,04$;

δ_3 – погрешность установки уровня выходного сигнала установки генератора Г4-151* (Г4-159*, Г4-160*), $\delta_3 = 0,001$ (0,01) соответственно;

δ_4 – погрешность определения градуировочного коэффициента антенны АБ1, $\delta_4 = 0,05$.

6.3.1.5 Определение коэффициента калибровки испытуемой антенны в диапазоне частот от 1000 до 8000 МГц провести в безэховой камере с коэффициентом безэховости в диапазоне частот от 1000 до 8000 МГц не более минус 20.

Измерения провести методом образцовой антенны с использованием измерительной антенны П6-23М. Вспомогательное поле в рабочей зоне камеры создать антенной-излучателем.

Измерить с помощью анализатора спектра Е4440А уровень сигнала с выхода антенны П6-23М A_0 (дБм), уровень сигнала с выхода испытуемой антенны A_A (дБм), которая устанавливается вместо антенны П6-23М. Коэффициент усиления исследуемой антенны определить по формуле (10):

$$G_i = G_0 \cdot 10^{\frac{A_A - A_0}{10}}, \quad (10)$$

где G_0 – коэффициент усиления антенны П6-23М.

Коэффициент калибровки K (дБ/м) исследуемой антенны определить по формуле (11):

$$K = \sqrt{\frac{Z_0}{Z_{bx}} \cdot \frac{4\pi}{G_i \cdot \lambda^2}}, \quad (11)$$

где Z_0 – волновое сопротивление свободного пространства (377 Ом);

Z_{bx} – сопротивление входа (50 Ом);

λ – длина волны, м.

Погрешность определения коэффициента калибровки δ_Σ в диапазоне частот от 1000 до 8000 МГц рассчитать по формуле (12):

$$\delta_\Sigma = 20 \cdot \lg(1 + 1,1 \cdot \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2}), \quad (12)$$

где δ_1 – погрешность коэффициента усиления антенны П6-23М (1,0 дБ);

δ_2 – погрешность измерения уровня сигнала анализатора спектра Е4440А;

δ_3 – погрешность из-за рассогласования трактов антенны П6-23М и испытуемой антенны (не превышает 0,3 дБ).

δ_4 – погрешность из-за неточности юстировки антенны и определения положения фазового центра (не превышает 0,4 дБ).

6.3.1.6 Результаты поверки считать удовлетворительными, если диапазон рабочих частот антенны составляет: с модулем R&S HE400HF от 0,0083 до 30 МГц, с модулем R&S HE400VHF от 20 до 200 МГц, с модулем R&S HE400LP от 450 до 8000 МГц, с модулем R&S HE400UWB от 30 до 6000 МГц, с модулем R&S HE400CEL от 700 до 2500 МГц, коэффициент калибровки в диапазоне рабочих частот антенны составляет, дБ (м⁻¹): с модулем R&S HE400HF от 30 до 100, с модулем R&S HE400VHF от 5 до 30, с модулем R&S HE400LP от 5 до 30, с модулем R&S HE400UWB от 5 до 40, с модулем R&S HE400CEL от 10 до 30, погрешность определения коэффициента калибровки составляет не более $\pm 2,0$ дБ.

6.3.2 Определение коэффициента стоячей волны по напряжению

Определение КСВН антенны R&S HE400 провести в экранированном помещении при помощи измерителя КСВН и ослаблений Р2-132 на двух крайних и трех промежуточных частотах (от 20 до 8000 МГц).

6.3.2.1 Измеритель Р2-132 заземлить, включить и прогреть в течение времени, указанного в его РЭ.

Провести калибровку измерителя согласно его РЭ.

Выход антенны R&S HE400 подключить к входу измерителя Р2-132. Измерения провести в активном режиме антенны.

Измерение КСВН антенны R&S HE400 провести в соответствии с РЭ на Р2-132.

6.3.2.2 Результаты испытаний считать удовлетворительными, если значение коэффициента стоячей волны по напряжению антенны R&S HE400 составляет не более 3,5.

7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1 Результаты измерений и расчетов ведутся в протоколах.

7.2 При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке. На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки. Знак поверки наносится на корпус антенной рукоятки методом наклейки и в свидетельство о поверке в виде оттиска клейма

7.3 При отрицательных результатах поверки антenna бракуется и направляется в ремонт. На забракованную antennу выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования.

Начальник отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Начальник лаборатории
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



К. Черняев

И. Медведев