

**УТВЕРЖДАЮ**

**Начальник ФГБУ  
«ГНМЦ» Минобороны России**



**В.В. Швыдун**

**« 15 » ноября 2018 г.**

**Государственная система обеспечения единства измерений**

**Антенны измерительные дипольные активные АИ5-3**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

**г. Мытищи  
2018 г.**

## 1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на антенны измерительные дипольные активные АИ5-3 (далее - антенны), изготовленные ООО «РусИнтелл», г.Москва, Зеленоград, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Интервал между поверками - 1 год.

## 2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При поверке выполнить операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	6.1	да	да
2 Опробование	6.2	да	да
3 Определение (контроль) метрологических характеристик (МХ):	6.3	да	да
3.1 Определение диапазона рабочих частот, значения коэффициента калибровки антенн в диапазоне рабочих частот	6.3.1	да	да
3.2 Определение погрешности коэффициента калибровки	6.3.2	нет	да

Проведение сокращенной поверки измерительных дипольных активных АИ5-3 невозможно

## 3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки использовать средства измерений и вспомогательное оборудование, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки; номер документа, регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики средств поверки
6.3.1	Анализатор спектра Е4440А (рег. № 26411-04), диапазон частот от 3 Гц до 26,5 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности частоты опорного кварцевого генератора $\pm 1,0 \cdot 10^{-6}$ , пределы допускаемой погрешности измерений мощности $\pm 0,19$ дБ
6.3.1	Антенна измерительная П6-23М (рег. № 24810-16), диапазон частот от 0,85 до 17,44 ГГц, эффективная площадь не менее 150 см <sup>2</sup> , КСВН не более 1,5
6.3.1	Рабочий эталон единиц напряженности электромагнитного поля в диапазоне частот от 300 Гц до 1000 МГц КОСИ НЭМП «Панировка-ЭМ» (диапазон частот установки электрического поля с кольцевым конденсатором от 300 Гц до 200 кГц, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения единицы напряженности $\pm 12$ %, диапазон частот установки электрического поля с плоским конденсатором от 15 кГц до 30 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения единицы напряженности $\pm 6$ %, диапазон частот установки электрического поля с

	дипольными антеннами от 30 до 1000 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения единицы напряженности $\pm 6\%$ )
6.3.1	Генератор сигналов высокочастотный SMR-40, регистрационный номер в федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений № 35617-07, диапазон частот от 10 МГц до 40 ГГц, уровень выходного сигнала от минус 30 до 10 дБмВт, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ , пределы допускаемой относительной погрешности установки уровня сигнала $\pm 1$ дБ
Примечания: 1 Допускается использование других средств измерений, имеющих метрологические и технические характеристики не хуже характеристик приборов, приведенных в таблице 2. 2 Применяемые средства поверки должны быть утвержденного типа, исправны и иметь действующие свидетельства (отметки в формулярах или паспортах)	

#### 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 окружающего воздуха, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106;
- напряжение питающей сети, В 220±22;
- частота питающей сети, Гц 50±1.

5.2 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- выдержать антенну в условиях, указанных в п. 5.1, в течение не менее 8 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 проверить:

- комплектность поверяемой антенны;
- отсутствие внешних механических повреждений и неисправностей, влияющих на работоспособность антенны.

6.1.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если комплектность поверяемой антенны соответствует паспорту на нее, отсутствуют внешние механические повреждения и неисправности, влияющие на работоспособность антенны, органы

управления находятся в исправном состоянии

## 6.2 Опробование

6.2.1 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 антенна 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.

6.3.1.1 Определение значения коэффициента калибровки в диапазоне рабочих частот и погрешности определения коэффициента калибровки антенн провести при помощи рабочего эталона единиц напряженности электромагнитного поля в диапазоне частот от 300 Гц до 1000 МГц КОСИ НЭМП «Панировка-ЭМ» (установки электрического поля с кольцевым конденсатором УЭК, установки электрического поля с плоским конденсатором УЭП, установки электрического поля с дипольными антеннами УЭД), антенны измерительной П6-23М, анализатора спектра E4440A, генератора сигналов СВЧ SMR40.

В диапазоне частот от 9 до 100 кГц использовать установку электрического поля с кольцевым конденсатором УЭК из состава КОСИ НЭМП «Панировка-ЭМ», на частотах от 100 кГц до 30 МГц использовать установку электрического поля с плоским конденсатором УЭП из состава КОСИ НЭМП «Панировка-ЭМ», на частотах от 30 до 1000 МГц использовать установку электрического поля с дипольными антеннами УЭД из состава КОСИ НЭМП «Панировка-ЭМ», на частотах от 1000 до 2000 МГц использовать антенну измерительную П6-23М, анализатор спектра E4440A и генератор сигналов СВЧ SMR40.

Измерения на установках УЭК, УЭП и УЭД 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).

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

Частоту выходного сигнала генератора Г4-153\* установить равной 9 кГц, уровень сигнала 100 мВ.

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

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

В соответствии с РЭ вольтметра В3-59\* и частотомера ЧЗ-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\*.

6.3.1.3 Напряженность электрического поля, воспроизводимого в кольцевом конденсаторе УЭК, рассчитать по формуле (1):

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

где  $E$  – напряженность электрического поля между обкладками кольцевого конденсатора, В/м;

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

$K_{EU}$  – коэффициент преобразования УЭК, записанный в свидетельстве о поверке,  $K_{EU} = 2,558 \text{ (м}^{-1}\text{)}$ .

В рабочую зону кольцевого конденсатора УЭК поместить испытываемую антенну АИ5-3. Антенну установить на диэлектрическом штативе на согласованной поляризации. Выход преобразователя дипольного активного АИ5-3 подключить к входу «Антенна» устройства развязывающего УР 3.6. Выход «Приемник» УР 3.6 подключить к входу вольтметра ВЗ-59\* стойки измерительно-информационной СИИ1, используя высокочастотный пробник из состава вольтметра ВЗ-59\* и 50-омную нагрузку. Блок питания, входящий в состав антенны АИ5-3, подключить к устройству развязывающему и включить в сеть.

Измерить уровень сигнала на выходе антенны АИ5-3.

Коэффициент калибровки антенны АИ5-3 на фиксированной частоте рассчитать по формуле (2):

$$K_{AI} = \frac{E}{U_{AI}}, \quad (2)$$

где  $K_{AI}$  – коэффициент калибровки антенны АИ5-3,  $m^{-1}$ ;

$E$  – напряженность электрического поля между обкладками кольцевого конденсатора, рассчитанная по формуле (1), В/м;

$U_{AI}$  – уровень сигнала на выходе антенны АИ5-3, измеренный вольтметром ВЗ-59\*, В.

Провести пересчет коэффициента калибровки  $K_{AI}$  в логарифмические единицы (дБ( $m^{-1}$ )) по формуле (3):

$$K_{AI} = 20 \cdot \lg K_{AI}. \quad (3)$$

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

Выход блока коммутации БКЗ подключить к плоскому конденсатору 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 200 кГц, уровень 100 мВ.

На блоке коммутации БКЗ нажать клавишу «Г4-154» и подать сигнал установленного уровня и частоты на входы вольтметра ВЗ-59\* и частотомера ЧЗ-66\*.

В соответствии с РЭ вольтметра ВЗ-59\* и частотомера ЧЗ-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 (4):

$$E = U \cdot K_{UE}, \quad (4)$$

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

$U$  – уровень выходного сигнала генератора, измеренный вольтметром ВЗ-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, кГц	200	500	1000	2000	5000	10000	20000	30000
$K_{UE}, m^{-1}$	1,88	1,89	1,89	1,9	1,87	1,85	1,97	1,89

В рабочую зону плоского конденсатора УЭП поместить испытываемую антенну АИ5-3. Антенну установить на диэлектрическом штативе на согласованной поляризации. Выход преобразователя дипольного активного АИ5-3 подключить к входу «Антенна» устройства развязывающего УР 3.6. Выход «Приемник» УР 3.6 подключить к входу вольтметра ВЗ-59\* стойки измерительно-информационной СИИ1, используя высокочастотный пробник из состава вольтметра ВЗ-59\* и 50-Омную нагрузку. Блок

питания, входящий в состав антенны АИ5-3, подключить к устройству развязывающему УР 3.6 и включить в сеть.

Измерить уровень сигнала на выходе антенны АИ5-3.

Коэффициент калибровки антенны АИ5-3 на фиксированной частоте рассчитать по формулам (2) и (3).

Аналогично определить коэффициент калибровки антенны АИ5-3 на частотах 500 кГц, 1, 2, 5, 10, 20, 30 МГц.

6.3.1.4 Определение коэффициента калибровки антенны АИ5-3 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 (5):

$$h = n \cdot \lambda / 4, \quad D = n \cdot \lambda / 2, \quad (5)$$

где  $\lambda$  – 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 (6):

$$E = K \cdot \sqrt{\frac{P}{R_m}}, \quad (6)$$

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

$P$  – мощность, мВт;

$R_m$  – 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 МЗ-22А\*.

Отключить выход блока коммутации БК4, заменить антенну АБ1 на измерительную антенну АИ5-3. Антенну установить на диэлектрическом штативе на согласованной поляризации. Выход преобразователя дипольного активного АИ5-3 подключить к входу «Антенна» устройства развязывающего УР 3.6. Выход «Приемник» УР 3.6 подключить к входу вольтметра ВЗ-59\* стойки измерительно-информационной

СИИ1, используя высокочастотный пробник из состава вольтметра ВЗ-59\* и 50-Омную нагрузку. Блок питания стабилизированный, входящий в состав антенны АИ5-3, подключить к устройству развязывающему УР 3.6 и включить в сеть.

Измерить уровень сигнала на выходе антенны АИ5-3.

Коэффициент калибровки антенны АИ5-3 на фиксированной частоте рассчитать по формулам (2) и (3).

Аналогично определить коэффициент калибровки антенны АИ5-3 на частотах 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 1000 МГц.

6.3.1.5 Определение коэффициента калибровки поверяемой антенны в диапазоне частот от 1000 до 2000 МГц провести в безэховой камере с коэффициентом безэховости в диапазоне частот от 1000 до 2000 МГц не более минус 20 дБ.

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  $A_0$  (дБмВт), уровень сигнала с выхода поверяемой антенны  $A_A$  (дБмВт), которая устанавливается вместо антенны П6-23М. Коэффициент усиления поверяемой антенны определить по формуле (7):

$$G_{и} = G_0 \cdot 10^{\frac{A_A - A_0}{10}}, \quad (7)$$

где  $G_0$  – коэффициент усиления антенны П6-23М.

Коэффициент калибровки  $K$  ( $m^{-1}$ ) исследуемой антенны определить по формуле (8):

$$K = \sqrt{\frac{Z_0}{Z_{вх}} \cdot \frac{4\pi}{G_{и} \cdot \lambda^2}}, \quad (8)$$

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

$Z_{вх}$  – сопротивление входа (50 Ом);

$\lambda$  – длина волны, м.

Провести пересчет коэффициента калибровки в логарифмические единицы (дБ( $m^{-1}$ )) по формуле (3).

6.3.1.6 Результаты поверки считать удовлетворительными, если диапазон рабочих частот антенны АИ5-3 составляет от 0,009 до 2000 МГц, значения коэффициента калибровки в диапазоне рабочих частот находятся в пределах от 10 до 45 дБ ( $m^{-1}$ ).

6.3.2 Определение погрешности коэффициента калибровки

6.3.2.1 Погрешность коэффициента калибровки для каждой частоты рассчитать по формуле:

$$\Delta K = K - K_n, \quad (9)$$

где  $K_n$  – значение коэффициента калибровки, полученное при периодической поверке;

$K$  – значение коэффициента калибровки, полученное при первичной поверке.

6.3.2.2 Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения погрешности коэффициента калибровки находятся в пределах  $\pm 2$  дБ.

## 7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1 При положительных результатах поверки антенны выдается свидетельство установленного образца.

7.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

7.3 Знак поверки наносится на корпус антенны в виде наклейки и в свидетельство о поверке в виде оттиска клейма.

7.4 При отрицательных результатах поверки антенна бракуется и направляется в ремонт. На забракованную антенну выдается извещение о непригодности с указанием причин браковки.

Начальник отдела  
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России  
Младший научный сотрудник  
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



К. Черняев

В. Медведева