

УТВЕРЖДАЮ

Начальник  
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

В.В. Швыдун



« 02 » 2019 г.

Государственная система обеспечения единства измерений.  
Антенны логопериодические П6-151, П6-251

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

КНПР.464651.026 МП

2019 г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика поверки распространяется на антенны логопериодические П6-151, П6-251 (далее по тексту - антенны), изготавливаемые АО «СКАРД-Электроникс», г. Курск и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверки.

Интервал между поверками 2 года.

## 2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При поверке выполняют операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	6.1	+	+
2 Опробование	6.2	+	+
3 Определение метрологических характеристик	6.3		
3.1 Определение КСВН входа	6.3.1	+	+
3.2 Определение коэффициента калибровки (КК)	6.3.2	+	+
3.3 Определение погрешности КК	6.3.3	+	+

## 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, 6.3.2	Анализатор цепей векторный N5224A (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)
6.3.2	Дальномер лазерный Leica Disto D5 (диапазон измерений длины от 0,05 до 200 м, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,001$ м)
6.3.2	Вспомогательные антенны (диапазон частот от 1,0 до 6,0 ГГц, КУ не менее 11 дБ, КСВН входа не более 2,0, уровень кроссполяризованной составляющей не более минус 20 дБ)
6.3.2	Эталон единиц напряженности электрического и магнитного полей «Панировка-ЭМ» (диапазон частот установки электрического поля дипольными антеннами от 30 до 1000 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения единицы напряженности $\pm 6$ %).

Примечания: 1. Вместо анализатора цепей векторного N5224A разрешается применять другие аналогичные векторные анализаторы цепей, обеспечивающие динамический диапазон измерений коэффициента передачи не менее 90 дБ и пределы допускаемой относительной погрешности измерений модуля коэффициента передачи в диапазоне от минус 50 до 0 дБ  $\pm 0,5$  дБ.



2 Измерения КУ антенн допускается проводить с использованием рабочих эталонов, измерительных установок и комплексов для измерений характеристик антенн, обеспечивающих пределы допускаемой погрешности измерений КК в пределах  $\pm 1,0$  дБ.

3 Применяемые средства поверки должны быть исправны и иметь непросроченные свидетельства (или 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 комплектов, 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  $23 \pm 5$ ;
- относительная влажность окружающего воздуха, % до 98;
- атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.)  $100 \pm 4$  ( $750 \pm 30$ );
- напряжение питающей сети, В  $220 \pm 22$ ;
- частота питающей сети, Гц  $50 \pm 1$ .

Измерения радиотехнических характеристик должны проводиться в помещении, оборудованном радиопоглощающими материалами и обеспечивающем относительный уровень побочных переотражений не более минус 20 дБ в диапазоне частот от 1 до 6 ГГц.

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 ее 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 антенны требованиям технической документации. При внешнем осмотре убедиться в:

- отсутствии механических повреждений;
- чистоте разъемов;
- исправности соединительных проводов и кабелей;
- целостности лакокрасочных покрытий и четкости маркировки.

Проверить комплектность антенны в соответствии с технической документацией.

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

### 6.2 Опробование

6.2.1 Произвести опробование работы антенны для оценки ее исправности.

При опробовании антенны проверить возможность сборки и подключения к ее входу кабельной сборки.

6.2.2 Результаты опробования считать положительными, если обеспечивается возможность сборки и подключения антенны. В противном случае антенна дальнейшей проверке не подвергается, бракуется и направляется в ремонт.

### 6.3 Определение метрологических характеристик

#### 6.3.1 Определение КСВН входа антенны

6.3.1.1 Определение КСВН антенны провести с применением анализатора цепей векторного N5224A методом прямых измерений. Измерительный порт анализатора цепей подключить при помощи кабельной сборки к коаксиальному входу антенны.

Измерения проводить в рабочем диапазоне частот поверяемой антенны в соответствии с РЭ на анализатор цепей. Антенну ориентировать в сторону, свободную от отражающих предметов.

6.3.2.1 Результаты поверки считать положительными, если КСВН входа антенны в диапазоне рабочих частот не превышает 3,0.

#### 6.3.2 Определение КК

6.3.2.1 Определение КК антенн свыше 1 ГГц проводить методом трех антенн с использованием двух вспомогательных антенн. В качестве вспомогательных антенн использовать антенны измерительные рупорные П6-23М.

6.3.2.2 Измерить частотные зависимости модуля коэффициента отражения входов используемых антенн и входов кабельных сборок, используемых для их подключения со стороны принимающего и излучающего портов анализатора цепей векторного N5224A  $\Gamma_{и}$ ,  $\Gamma_1$ ,  $\Gamma_2$ ,  $\Gamma_{п1}$ ,  $\Gamma_{п2}$ , соответственно.

6.3.2.3 Собрать схему проведения измерений приведенную на рисунке 1.

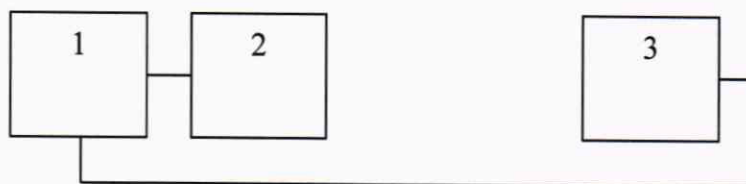


Рисунок 1 - Схема установки для измерений КК

1 – анализатор цепей векторный N5224A;

2 – вспомогательная антенна «номер 1»;

3 – поверяемая антенна.

6.3.2.4 Установить антенны соосно друг напротив друга, на согласованной поляризации.

6.3.2.5 Расстояние между раскрытиями антенн выбирать в соответствии с условием нахождения в дальней зоне, минимальное расстояние между раскрытиями антенн вычислить по формуле:

$$R_{\text{мин}} = \frac{2D^2}{\lambda}, \quad (1)$$

где  $\lambda$  - длина волны, м;

$D$  - максимальный размер раскрытия наибольшей из передающей и приемной антенн.

Минимальное расстояние между антеннами должно составлять не менее  $5\lambda$ . Высота до пола и потолка должна составлять не менее 1,5 м.

6.3.2.6 Анализатор цепей векторный N5224A установить в режим измерений коэффициента передачи S12. Выход измерительного порта «2» подключить к входу поверяемой ан-



тенны, а порта «1» к вспомогательной антенне «номер 1». Установить полосу обзора от 1 до 6 ГГц. Полосу пропускания, уровень выходной мощности, количество отсчетов и усреднений установить таким образом, чтобы обеспечивалось отношение сигнал/шум не менее 50 дБ, а уровень выходной мощности не превышал 0 дБм.

Допускается использование встроенных функций «сглаживания» («Smoothing», не более 1 %) или частотно-временных преобразований.

6.3.2.7 Зафиксировать частотную зависимость комплексного коэффициента передачи  $S_{n-1}(f)$ .

6.3.2.8 В точку расположения вспомогательной антенны «номер 1» установить вспомогательную антенну «номер 2», установить антенны для работы на согласованной поляризации.

Зафиксировать частотную зависимость комплексного коэффициента передачи  $S_{n-2}(f)$ .

6.3.2.9 В точку расположения поверяемой антенны установить вспомогательную антенну «номер 1», установить антенны для работы на согласованной поляризации.

Зафиксировать частотную зависимость комплексного коэффициента передачи  $S_{1-2}(f)$ .

6.3.2.10 Отключить кабели от антенн и зафиксировать комплексный коэффициент передачи используемых кабельных сборок  $A(f)$ , дБ.

6.3.2.11 Частотные зависимости коэффициента усиления (КУ) пар антенн  $V(f)$  вычислить по формулам (2) – (5):

$$V_{n-1}(f) = \left( \frac{4\pi R_{n-1}}{\lambda} \right)^2 \frac{S_{n-1}(f)}{A(f)} \frac{|1 - \Gamma_n \Gamma_{n2}|^2 |1 - \Gamma_1 \Gamma_{n1}|^2}{(1 - |\Gamma_n|^2)(1 - |\Gamma_1|^2) |1 - \Gamma_{n1} \Gamma_{n2}|^2}, \text{ дБ}, \quad (2)$$

$$V_{n-2}(f) = \left( \frac{4\pi R_{n-2}}{\lambda} \right)^2 \frac{S_{n-2}(f)}{A(f)} \frac{|1 - \Gamma_n \Gamma_{n2}|^2 |1 - \Gamma_2 \Gamma_{n1}|^2}{(1 - |\Gamma_n|^2)(1 - |\Gamma_2|^2) |1 - \Gamma_{n1} \Gamma_{n2}|^2}, \text{ дБ}, \quad (3)$$

$$V_{1-2}(f) = \left( \frac{4\pi R_{1-2}}{\lambda} \right)^2 \frac{S_{1-2}(f)}{A(f)} \frac{|1 - \Gamma_1 \Gamma_{n2}|^2 |1 - \Gamma_2 \Gamma_{n1}|^2}{(1 - |\Gamma_1|^2)(1 - |\Gamma_2|^2) |1 - \Gamma_{n1} \Gamma_{n2}|^2}, \text{ дБ}, \quad (4)$$

где  $R$  - расстояние между раскрывами антенн, измеренное дальномером Leica Disto D5, м;

Частотные зависимости КУ рассчитать по формуле:

$$V_n(f) = \frac{V_{n-1}(f)V_{n-2}(f)}{V_{1-2}(f)}, \quad (5)$$

Коэффициент калибровки  $KK$  антенны определить по формуле:

$$KK = 20 \log_{10}(32,4 * \lambda) - 10 \log |V_u(f)|, \text{ дБ}, \quad (6)$$

где  $\lambda$  - длина волны, м.

6.3.2.12 Определение коэффициента калибровки антенны П6-151 (П6-251) в диапазоне частот от 30 до 1000 МГц (от 100 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:

$$h = n \cdot \frac{\lambda}{4}, \quad D = n \cdot \frac{\lambda}{2}, \quad (7)$$

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 30 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:

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

где  $K$  – градуировочный коэффициент антенны биконической АБ1, Ом/м, приведён в формуляре УЭД;

$P$  – мощность, мкВт;

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

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 П6-151 (П6-251 на частотах от 100 МГц). Антенну установить на диэлектрическом штативе на согласованной поляризации. Выход антенны П6-151 (П6-251 на частотах от 100 МГц) подключить к входу вольтметра В3-59\* стойки измерительно-информационной СИИ1, используя высококачественный пробник из состава вольтметра В3-59\* и 50-Омную нагрузку.

Измерить уровень сигнала на выходе испытываемой антенны.

Коэффициент калибровки поверяемой антенны на фиксированной частоте рассчитать по формуле:

$$\hat{E} = 20 \cdot \lg\left(\frac{A}{U}\right), \quad (9)$$

где  $K$  – коэффициент калибровки антенны, дБ ( $m^{-1}$ );

$E$  – напряженность электрического поля в месте расположения АБ1, определенная по формуле (8), В/м;

$U$  – измеренный уровень сигнала на выходе антенны, В.

Аналогично определить коэффициент калибровки поверяемой антенны на частотах 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 1000 МГц.

6.3.2.13 Результаты поверки считать положительными, если значения КК антенн в диапазоне рабочих частот составляют:

П6-151 от 15 до 45;

П6-251 от 15 до 45.

### 6.3.3 Определение погрешности КК

6.3.3.1 Погрешность КК в рабочем диапазоне частот рассчитать по формуле (10).

$$\delta K_k(f) = K_{k_{ПАСП}}(f) - K_{k_{ИЗМ}}(f), \text{ дБ}, \quad (10)$$

где  $K_{k_{ИЗМ}}(f)$  – КК, измеренные в п. 6.3.2, дБ( $m^{-1}$ );

$K_{k_{ПАСП}}(f)$  – КК, указанные в формуляре на антенну, дБ( $m^{-1}$ ).

6.3.3.2 Результаты поверки считать положительными, если значения погрешности КК антенны находятся в пределах  $\pm 2,0$  дБ.



## 7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1 При положительных результатах поверки антенны выдается свидетельство установленной формы.

7.2 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке в виде наклейки или оттиска поверительного клейма.

7.3 На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

7.4 В случае отрицательных результатов поверки поверяемая антенна к дальнейшему применению не допускается. На антенну выдается извещение об ее непригодности к дальнейшей эксплуатации с указанием причин забракования, а в формуляре делаются соответствующие записи.

Начальник отдела  
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Младший научный сотрудник  
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



К. Черняев



В. Медведева