

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ  
ФБУ «ГНМЦ Минобороны России»



В.В. Швыдун

«08» 07 2014 г.

## ИНСТРУКЦИЯ

Рупоры измерительные широкополосные  
П6-124, П6-125, П6-126, П6-128, П6-129, П6-130

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

КНПР.464653.008 МП

г. Мытищи  
2014 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика поверки распространяется на рупоры измерительные широкополосные П6-124, П6-125, П6-126, П6-128, П6-129, П6-130 (далее по тексту – рупоры), изготавливаемые ЗАО «СКАРД-Электроникс», г. Курск и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверки.

Интервал между поверками 2 года.

### 1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 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	5.1	+	+
2 Опробование	5.2	+	+
3 Определение метрологических характеристик	5.3		
3.1 Определение КСВН входа	5.3.1	+	+
3.2 Определение коэффициента усиления (КУ)	5.3.2	+	+
3.3 Определение погрешности КУ	5.3.3	-	+
3.4 Определение коэффициента эллиптичности* (КЭ)	5.3.4	+	+

Примечание:

\* - проводится только для рупоров П6-126 и П6-130.

### 2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 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
5.3.1, 5.3.2	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)
5.3.2	Дальномер лазерный Leica Disto D5 (диапазон измерений длины от 0,05 до 200 м, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,001$ м)
5.3.2	Вспомогательные антенны (диапазон частот от 2 до 40 ГГц, КУ не менее 13 дБ, КСВН входа не более 2,0, уровень кроссполаризационной составляющей не более минус 20 дБ)

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 рупоров допускается проводить с использованием рабочих эталонов, измерительных установок и комплексов для измерений характеристик рупоров, обеспечивающих пределы допускаемой погрешности измерений КУ 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.

### 3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 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.

### 4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

4.1 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 до 8,2 ГГц и не более минус 25 дБ в диапазоне свыше 8,2 ГГц.

4.2 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- выдержать рупор в условиях, указанных в п. 4.1, в течение не менее 8 ч;
- выполнить операции, оговоренные в технической документации на рупор по его 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.

### 5 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

#### 5.1 Внешний осмотр

5.1.1 При внешнем осмотре установить соответствие рупора 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 рупора в соответствии с технической документацией.

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

#### 5.2 Опробование

5.2.1 Произвести опробование работы рупора для оценки его исправности.

При опробовании рупора проверить возможность сборки и подключения к его входу кабельной сборки.

5.2.2 Результаты опробования считать положительными, если обеспечивается возможность сборки и подключения рупора. В противном случае рупор дальнейшей проверке не подвергается, бракуется и направляется в ремонт.

### 5.3 Определение метрологических характеристик

#### 5.3.1 Определение КСВН входов рупоров

5.3.1.1 Определение КСВН рупоров провести с применением анализатора цепей векторного N5224A методом прямых измерений. Измерительный порт анализатора цепей подключать при помощи кабельной сборки к коаксиальным входам рупоров.

Измерения проводить в рабочем диапазоне частот испытываемого рупора в соответствии с РЭ на анализатор цепей. Рупор ориентировать в сторону, свободную от отражающих предметов. При измерениях КСВН входов рупоров П6-125, П6-126, П6-129 и П6-130 неиспользуемый вход нагружать согласованной нагрузкой.

5.3.2.1 Результаты поверки считать положительными, если КСВН входов рупоров в диапазоне рабочих частот не превышает следующих значений:

П6-124	
в диапазоне частот от 2 до 10 ГГц	2,0
в диапазоне частот свыше 10 ГГц	2,5
П6-125	3,0
П6-126	2,0
П6-128	
в диапазоне частот от 12 до 18 ГГц	2,8
в диапазоне частот свыше 18 ГГц	2,0
П6-129	3,0
П6-130	
в диапазоне частот от 12 до 18 ГГц	2,0
в диапазоне частот свыше 18 ГГц	2,5

#### 5.3.2 Определение КУ

5.3.2.1 Определение КУ рупоров проводить методом двух антенн с замещением с использованием двух вспомогательных антенн. В качестве вспомогательных антенн, в зависимости от диапазона частот, использовать следующие антенны:

от 2 до 8,2 ГГц	П6-23М,
от 8,2 до 12,4 ГГц	П6-140-1 из состава АИК 1-40Б,
от 12,4 до 18 ГГц	П6-140-2 из состава АИК 1-40Б,
от 18 до 26,5 ГГц	П6-140-3 из состава АИК 1-40Б,
от 26,5 до 40 ГГц	П6-140-4 из состава АИК 1-40Б.

Для рупоров П6-125, -126, -129 и -130 измерения проводятся для каждого канала в отдельности.

5.3.2.2 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  $\Gamma_{II}$ ,  $\Gamma_1$ ,  $\Gamma_2$ ,  $\Gamma_{II1}$ ,  $\Gamma_{II2}$ , соответственно.

5.3.2.3 Собрать схему проведения измерений приведенную на рисунке 1.

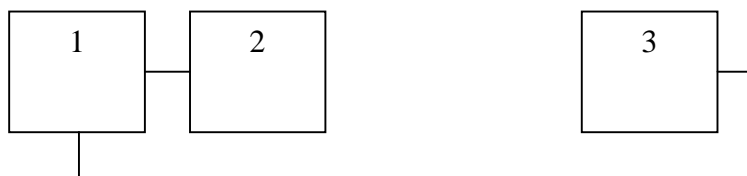


Рисунок 1 - Схема установки для измерений КУ

- 1 – анализатор цепей векторный N5224A;
- 2 – вспомогательная антенна «номер 1»;
- 3 – испытываемый рупор.

5.3.2.4 Установить антенны соосно друг напротив друга, на согласованной поляризации (для антенн с круговой поляризацией – на произвольной поляризации).

5.3.2.5 Расстояние между раскрытиями рупоров выбирать в соответствии с условием нахождения в дальней зоне, минимальное расстояние между раскрытиями рупоров вычислить по формуле (1):

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

где  $\lambda$  - длина волны, м;

$D$  - максимальный размер раскрыва наибольшего из передающего и приемного рупоров.

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

5.3.2.6 Анализатор цепей векторный N5224A установить в режим измерений коэффициента передачи  $S_{12}$ . Выход измерительного порта «2» подключить к входу испытываемой антенной системы, а порта «1» к вспомогательной антенне «номер 1». Установить полосу обзора равной исследуемой полосе частот. 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.

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

Повернуть испытываемый рупор на  $90^\circ$  по часовой стрелке (если смотреть со стороны раскрыва), зафиксировать частотную зависимость комплексного коэффициента передачи  $K_{H-1}(f)$ .

5.3.2.8 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  $S_{H-2}(f)$ .

5.3.2.9 В точку расположения испытываемого рупора установить вспомогательную антенну «номер 1», установить антенны для работы на согласованной поляризации.

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

5.3.2.10 Отстыковать антенны и зафиксировать комплексный коэффициент передачи используемых кабельных сборок  $A(f)$ , дБ.

5.3.2.11 Частотные зависимости КУ пар антенн на согласованной  $V(f)$  и на кроссполяризации  $H(f)$  вычислить по формулам (2) – (7):

$$V_{H-1}(f) = \frac{\alpha}{\epsilon} \frac{1}{4\pi R_{H-1}} \frac{\sigma^2 S_{H-1}(f)}{A(f)} \frac{|1 - \Gamma_H \Gamma_{H2}|^2 |1 - \Gamma_1 \Gamma_{H1}|^2}{(1 - |\Gamma_H|^2)(1 - |\Gamma_1|^2) |1 - \Gamma_{H1} \Gamma_{H2}|^2}, \text{ дБ}, \quad (2)$$

$$V_{H-2}(f) = \frac{\alpha}{\epsilon} \frac{1}{4\pi R_{H-2}} \frac{\sigma^2 S_{H-2}(f)}{A(f)} \frac{|1 - \Gamma_H \Gamma_{H2}|^2 |1 - \Gamma_2 \Gamma_{H1}|^2}{(1 - |\Gamma_H|^2)(1 - |\Gamma_2|^2) |1 - \Gamma_{H1} \Gamma_{H2}|^2}, \text{ дБ}, \quad (3)$$

$$V_{1-2}(f) = \frac{\alpha}{\epsilon} \frac{1}{4\pi R_{1-2}} \frac{\sigma^2 S_{1-2}(f)}{A(f)} \frac{|1 - \Gamma_1 \Gamma_{H2}|^2 |1 - \Gamma_2 \Gamma_{H1}|^2}{(1 - |\Gamma_1|^2)(1 - |\Gamma_2|^2) |1 - \Gamma_{H1} \Gamma_{H2}|^2}, \text{ дБ}, \quad (4)$$

$$H_{H-1}(f) = \frac{\alpha}{\epsilon} \frac{1}{4\pi R_{H-1}} \frac{\sigma^2 K_{H-1}(f)}{A(f)} \frac{|1 - \Gamma_H \Gamma_{H2}|^2 |1 - \Gamma_1 \Gamma_{H1}|^2}{(1 - |\Gamma_H|^2)(1 - |\Gamma_1|^2) |1 - \Gamma_{H1} \Gamma_{H2}|^2}, \text{ дБ}, \quad (5)$$

где  $R$  - расстояние между раскрывами рупоров, измеренное дальномером Leica Disto D5, м.

Частотные зависимости парциальных КУ на ортогональных поляризациях для испытываемого рупора (отдельного канала) рассчитать по формулам (6, 7):

$$V_H(f) = \frac{V_{H-1}(f)V_{H-2}(f)}{V_{1-2}(f)}, \quad (6)$$

$$H_H(f) = \frac{H_{H-1}(f)V_{H-2}(f)}{V_{1-2}(f)}. \quad (7)$$

Коэффициент усиления  $G_{ЛНН}$  рупоров П6-124 и П6-128, а также каналов рупоров П6-125 и П6-129 определить по формуле (8):

$$G_{ЛНН}(f) = 10 \log |V_H(f)|, \text{ дБ}. \quad (8)$$

Коэффициенты усиления каналов  $G_{КР}$  рупоров П6-126 и П6-130 определить по формуле (9):

$$G_{КР} = 10 \log (|V_H(f)| + |H_H(f)|), \text{ дБ}. \quad (9)$$

5.3.2.12 Результаты испытаний считать положительными, если значения КУ рупоров в диапазоне рабочих частот составляют:

П6-124	от 10 до 23
П6-125	от 9 до 22
П6-126	от 9 до 22
П6-128	от 17 до 23
П6-129	от 15 до 23
П6-130	от 14 до 20.

### 5.3.3 Определение погрешности КУ

5.3.3.1 Погрешность КУ в рабочем диапазоне частот рассчитать по формуле (10).

$$dG(f) = G_{\text{ПАСП}}(f) - G_{\text{ИЗМ}}(f), \text{ дБ}, \quad (10)$$

где  $G_{\text{ИЗМ}}(f)$  - КУ, измеренные в п. 5.3.2.2, дБ;

$G_{\text{ПАСП}}(f)$  - КУ, указанные в формуляре на рупор, дБ.

5.3.3.2 Результаты поверки считать положительными, если значения погрешности КУ рупоров находятся в пределах  $\pm 1,5$  дБ.

### 5.3.4 Определение КЭ

5.3.4.1 Усредненное значение коэффициента эллиптичности  $\bar{K}$  в диапазоне частот рассчитать на основе результатов измерений, выполненных в п. 5.3.2.2, по формуле (11) в дискретном виде:

$$\bar{K} = 20 \log \frac{1}{Df} \int_{\text{min}_q}^{\text{max}_q} \left\{ \frac{\sqrt{|V_H(f)|} \cos(q) + \sqrt{|H_H(f)|} \sin(q) e^{i \arg(V_H(f)) - \arg(H_H(f))}}{\sqrt{|V_H(f)|} \cos(q) + \sqrt{|H_H(f)|} \sin(q) e^{i \arg(V_H(f)) - \arg(H_H(f))}} \right\} df \quad (11)$$

5.3.4.2 Результаты поверки считать положительными, если усредненные значения коэффициентов эллиптичности поля рупоров составляют не менее минус 3 дБ.

## 6 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.1 При положительных результатах поверки рупора выдается свидетельство установленной формы.

6.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

6.3 В случае отрицательных результатов поверки поверяемый рупор к дальнейшему применению не допускается. На рупор выдается извещение об его непригодности к дальнейшей эксплуатации с указанием причин забракования, а в формуляре делаются соответствующие записи.

Начальник отдела  
ГЦИ СИ ФБУ «ГНМЦ Минобороны России»

К.С. Черняев

Начальник лаборатории  
ГЦИ СИ ФБУ «ГНМЦ Минобороны России»

А.В. Титаренко