

СОГЛАСОВАНО
Начальник ФГБУ
«ГНМЦ» Минобороны России



_____ Т.Ф. Мамлеев

_____ 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Антенны рупорные АРЛ-18
Методика поверки**

ЛИБЮ.464653.001 МП

2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1	Общие положения	3
2	Перечень операций поверки	3
3	Требования к условиям проведения поверки	3
4	Требования к специалистам, осуществляющим поверку	3
5	Метрологические и технические требования к средствам поверки	4
6	Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	5
7	Внешний осмотр	5
8	Подготовка к поверке и опробование средства измерений	5
9	Определение метрологических характеристик средства измерений	5
10	Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	8
11	Оформление результатов поверки	8

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на антенны рупорные АРЛ-18 и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

При проведении поверки обеспечена прослеживаемость результатов измерений к Государственному первичному эталону единицы плотности потока энергии электромагнитного поля в диапазоне частот 0,3 – 178 ГГц (ГЭТ 160-2006).

1.2 Первичной поверке подлежит антенна рупорная АРЛ-18 до ввода в эксплуатацию и после ремонта. Периодической поверке подлежит аппаратура, находящиеся в эксплуатации и на хранении.

1.3 Сокращенная поверка АРЛ-18 невозможна.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки выполнять операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	№ пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7	да	да
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
4 Определение метрологических характеристик (МХ)	9		
4.1 Подготовка антенны к работе	9.1	да	да
4.2 Определение КСВН входа	9.2	да	да
4.3 Определение коэффициента усиления (КУ)	9.3	да	да
4.4 Определение пределов допускаемой погрешности КУ	9.4	да	да
4.5 Определение диапазона частот	9.5	да	да
5 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	да	да

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

температура окружающего воздуха, °С.....от 15 до 25;

относительная влажность воздуха при температуре 25 °С, %от 30 до 80;

атмосферное давление, мм рт. ст. (кПа)от 730 до 785 (от 97,3 до 104,6).

Параметры электропитания:

напряжение переменного тока, В.....220 ± 22;

частота переменного тока, Гц.....50 ± 1.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица с высшим или средним техническим образованием, имеющие квалификацию поверителя, изучившие руководство по

эксплуатации (РЭ) на антенны рупорные АРЛ-18, знающие принцип действия используемых средств поверки и прошедшие инструктаж по технике безопасности (первичный и на рабочем месте) в установленном в организации порядке.

4.2 К поверке допускаются лица, освоившие работу с используемыми средствами поверки, изучившие настоящую методику и имеющие достаточную квалификацию.

4.3 Лица, участвующие в поверке АРЛ-18, должны проходить обучение и аттестацию по технике безопасности и производственной санитарии при работе в условиях её размещения.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Средства поверки приведены в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип основных 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
8, 9.2-9.3	Анализатор цепей векторный N5224A (рег.№ 53568-13): 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
9.3	Дальномер лазерный Leica Disto D5 (рег.№ 41142-09): диапазон измерений длины от 0,05 до 200 м, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,001$ м
8, 9.2-9.3	Комплект антенный измерительный АИК 1-40Б/01 (рег.№ 55403-13): диапазон частот от 0,8 до 40 ГГц, КСВН входа не более 3, пределы допускаемой погрешности коэффициента усиления не более $\pm 1,8$ дБ
<i>Вспомогательные средства поверки</i>	
9.2 – 9.3	Термогигрометр ИВА-6А (рег. № 46434-11), диапазон измерений относительной влажности от 0 до 98 %, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений относительной влажности (при температуре 23 °С) ± 2 %; диапазон измерений температуры от минус 20 до плюс 60 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры $\pm 0,3$ °С
9.2 – 9.3	Барометр-анероид метеорологический БАММ-1 (рег. 5738-76), диапазон измерений атмосферного давления от 80 до 106 кПа; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений атмосферного давления $\pm 0,2$ кПа

5.2 При проведении поверки использовать средства измерений и вспомогательные средства поверки, представленные в таблице 2.

5.3 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик, поверяемых СИ с требуемой точностью.

5.4 Все средства поверки должны быть утверждённого типа, исправны и иметь действующие свидетельства о поверке.

5.5 Средства поверки должны быть внесены в рабочее помещение не менее чем за 12 часов до начала поверки.

5.6 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.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «ПОТ Р М-016-2001. РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевыми Правилами по охране труда (Правила безопасности) при эксплуатации электроустановок». ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ Р 12.1.019-2009, ГОСТ 12.2.091-2002 и требования безопасности, указанные в технической документации на применяемые эталоны и вспомогательное оборудование.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверить:

- отсутствие видимых механических повреждений;
- чистоте разъемов и поверхностей;
- наличие заводского номера АРЛ-18 и состояние лакокрасочного покрытия.

7.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если выполняются вышеперечисленные требования.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

8.1.1 При подготовке к поверке:

- проверить наличие свидетельств (знаков поверки) о поверке рабочих эталонов;
- проверить целостность электрических цепей каналов;
- перед началом поверки измерить и занести в протокол поверки условия окружающей среды (температура, влажность воздуха и атмосферное давление).

8.2 ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.2.1 Произвести опробование работы антенны для оценки ее исправности.

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

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

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Подготовка антенны к работе

9.1.1 После проведения опробования подключить коаксиальный вход антенны с помощью кабельной сборки к измерительному входу «2» анализатора цепей N5224A.

9.1.2 Выполнить операции, оговоренные в технической документации на анализатор цепей N5224A по его подготовке к измерениям;

9.1.3 Осуществить предварительный прогрев анализатора цепей N5224A для установления его рабочего режима.

Антенна АРЛ -18 готова к проведению поверки.

9.2 Определение КСВН входа антенны

9.2.1 Определение КСВН антенны провести с применением анализатора цепей векторного N5224A методом прямых измерений.

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

Результаты поверки считать положительными, если:

- КСВН входа антенны в диапазоне рабочих частот не превышает 2,0.

9.3 Определение КУ

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

от 1,8 до 8,2 ГГц П6-123 из состава АИК 1-40Б;

свыше 8,2 до 12,4 ГГц П6-140-1 из состава АИК 1-40Б;

свыше 12,4 до 18 ГГц П6-140-2 из состава АИК 1-40Б;

9.3.2 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 $\Gamma_{и}$, $\Gamma_{л}$, $\Gamma_{л1}$, $\Gamma_{л2}$, соответственно.

9.3.3 Собрать схему проведения измерений, приведенную на рисунке 1.

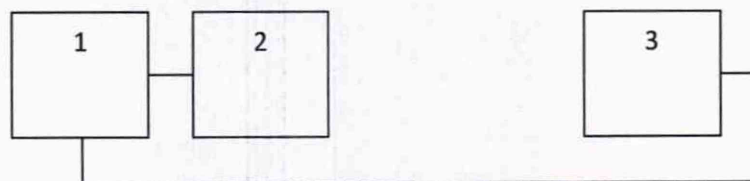


Рисунок 1 - Схема установки для измерений КУ

1 – анализатор цепей векторный N5224A;

2 – вспомогательная антенна «номер 1»;

3 – испытываемая антенна.

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

9.3.5 Расстояние между раскрывами антенн выбирать в соответствии с условием нахождения в дальней зоне, минимальное расстояние между раскрывами антенн вычислить по формуле (1):

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

где λ - длина волны, м;

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

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

9.3.6 Анализатор цепей векторный N5224A установить в режим измерений коэффициента передачи S_{12} . Выход измерительного порта «1» подключить к входу вспомогательной антенны «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.

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

9.3.8 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 $S_{n-2}(f)$.

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

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

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

9.3.11 Частотные зависимости КУ пар антенн $V(f)$ вычислить по формулам (2) – (4):

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

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

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

где R - расстояние между раскрытиями антенн, измеренное дальномером Leica Disto D5, м.

Частотные зависимости КУ рассчитать по формуле (5):

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

Коэффициент усиления $G_{лин}$ антенны определить по формуле (6):

$$G_{лин}(f) = 10 \log |V_n(f)|, \text{ дБ}. \quad (6)$$

Результаты поверки считать положительными, если:

- значения КУ антенн в диапазоне рабочих частот составляет от 4 до 18 дБ.

9.4 Определение пределов допускаемой погрешности КУ

9.4.2 Пределы допускаемой погрешности КУ в рабочем диапазоне частот рассчитать по формуле (7).

$$\Delta G(f) = G_{ПАСП}(f) - G_{ИЗМ}(f), \text{ дБ}, \quad (7)$$

где $G_{ИЗМ}(f)$ - КУ, измеренные в п.9.3.11, дБ;

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

Результаты поверки считать положительными, если:

- значения погрешности КУ антенны находятся в пределах $\pm 2,0$ дБ.

9.5 Определение диапазона рабочих частот

9.5.1 Определение диапазона рабочих частот осуществлять по результатам определения коэффициентов усиления.

При этом значения коэффициентов усиления АРЛ-18 в диапазоне от 1,8 до 18 ГГц должны находиться в диапазоне от 4 до 18 дБ.

Результаты поверки считать положительными, если:

- значения коэффициентов усиления АРЛ-18 в диапазоне от 1,8 до 18 ГГц находятся в диапазоне от 4 до 18 дБ.

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности потока энергии антенной АРЛ-18 в рабочем диапазоне частот рассчитывается по формуле (8):

$$\Delta P(f) = P_{ОА}(f) - P_{АРЛ-18}(f), \text{ дБ}, \quad (8)$$

где $P_{ОА}(f)$ - значение плотности потока энергии на соответствующей частоте, измеренное образцовой антенной, дБ.

В качестве образцовых, в зависимости от диапазона частот, использовать следующие антенны:

от 1,8 до 8,2 ГГц П6-123 из состава АИК 1-40Б;

свыше 8,2 до 12,4 ГГц П6-140-1 из состава АИК 1-40Б;

свыше 12,4 до 18 ГГц П6-140-2 из состава АИК 1-40Б;

$P_{АРЛ-18}(f)$ - значение плотности потока энергии на соответствующей частоте, измеренное антенной АРЛ-18, дБ.

Результаты проверки считать положительными, если:

- пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности поток энергии антенной АРЛ-18 в диапазоне рабочих частот составляют от 0,5 до 3 дБ;

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки АРЛ-18 подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца АРЛ-18 или лица, представившего его на поверку, знак поверки наносится на средство измерений в виде наклейки и в свидетельство о

поверке в виде оттиска поверительного клейма, и (или) в формуляр средства измерений вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

Начальник отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Старший научный сотрудник
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



К.С. Черняев

М.В. Нефедов