



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ»
(ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора
ФБУ «Ростест-Москва»


А.Д. Меньшиков

« 01 » ноября 2023 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

**АНТЕННЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ РУПОРНО-ЛИНЗОВЫЕ
П6-80/1А**

Методика поверки

РТ-МП-4878-441-2023

г. Москва
2023 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки антенн измерительных рупорно-линзовых П6-80/1А (далее – антенны П6-80/1А).

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемого средства измерений к ГЭТ160 – государственный первичный эталон единицы плотности потока энергии электромагнитного поля в диапазоне частот 0,3 - 178 ГГц.

При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений (СИ) используется метод непосредственного сравнения результата измерения поверяемого СИ со значением, определенным эталоном.

Не допускается проведение поверки антенн П6-80/1А в отличных от указанных в настоящей методике поверки точек диапазона частот.

2 Перечень операций поверки средств измерений

2.1 При проведении поверки антенн П6-80/1А должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность проведения операций поверки при		Номер раздела методики поверки, в соответствии с которыми выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.2
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.3
Определение метрологических характеристик	Да	Да	9
Определение КСВН и диапазона рабочих частот	Да	Да	9.1
Определение коэффициента усиления антенны	Да	Да	9.2
Определение абсолютной погрешности коэффициента усиления антенны	Да	Да	9.3
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия, установленные в ГОСТ 8.395-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования»:

- температура окружающей среды, °С.....от 20 до 25;
- относительная влажность воздуха, %от 40 до 80.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 Поверка должна осуществляться лицами с высшим или средним техническим образованием, имеющими опыт работы по поверке поверяемого средства измерений.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с документом РПУА.411111.012 РЭ Антенны измерительные рупорно-линзовые Пб-80/1А. Руководство по эксплуатации.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки антенн Пб-80/1А должны быть применены средства измерений, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8.2 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средство измерений температуры окружающей среды, диапазон измерений от 0 до +50 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,5$ °С Средство измерений относительной влажности воздуха, диапазон измерений от 10 % до 90 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности воздуха $\pm 3,0$ %	Термогигрометр UNITESS THB 1 модификация THB 1B (рег. № 70481-18)
8.3; 9.1 Определение КСВН и диапазона рабочих частот	Средство измерений КСВН, диапазон частот от 10 МГц до 50 ГГц, диапазон измерений КСВН от 1,05 до 10, пределы допускаемой относительной погрешности измерений КСВН ± 5 %	Анализатор электрических цепей векторный ZVA50 (рег. № 48355-11)
8.3; 9.2; Определение коэффициента усиления антенны	Эталон единицы плотности потока энергии электромагнитного поля, соответствующие требованиям к эталонам 2 разряда по ГОСТ Р 8.574-2000, в диапазоне частот от 0,3 до 178,4 ГГц	Рабочий эталон для поверки измерительных антенн П1-139/5, П1-139/6 (рег. № 79452-20)
	Средство измерений уровней мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 18 до 40 ГГц	Анализатор фазового шума FSWP50 (рег. № 63528-16)

Продолжение таблицы 2

1	2	3
8.3; 9.2; Определение коэффициента усиления антенны	Средство воспроизведения синусоидального сигнала: - диапазон частот от $1 \cdot 10^5$ до $4,4 \cdot 10^{10}$ Гц; - диапазон установки значений уровня выходного сигнала от -120 до +15 дБ (1 мВт) с погрешностью $\pm 1,2$ дБ	Генератор сигналов векторный SMM100A (рег. № 82791-21)
	Средств измерений (воспроизведения) плотности потока энергии электромагнитного поля в диапазоне частот от 18 до 40 ГГц с погрешностью $\pm 2,0$ дБ	Комплект антенный измерительный АИК 1- 40А (рег. № 36492-07)
Примечание - Допускается использовать при поверке другие утверждённые и аттестованные эталоны единиц, средства измерений утверждённого типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- общие правила техники безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности;
- «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», утвержденные Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;
- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на средства поверки;
- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на антенны Пб-80/1А.

6.2 К проведению поверки допускаются специалисты, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261-94 «Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия с Изменением №1» и ГОСТ 12.2.091-2002 «Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования», имеющие 3 группу допуска по электробезопасности и прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте.

6.3 На рабочем месте должны быть приняты меры по обеспечению защиты от воздействия статического электричества.

6.4 Сборку измерительной схемы и подключение измерительных приборов разрешается производить только при выключенном питании.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 Внешний осмотр антенны проводить визуально.

При этом проверить:

- комплектность и маркировку;
- отсутствие видимых механических повреждений антенны Пб-80/1А, влияющих на её работу;
- чистоту и отсутствие видимых повреждений входного ВЧ соединителя;
- состояние лакокрасочных покрытий и чёткость маркировок;

– соответствие внешнего вида антенны П6-80/1А рисунку, приведённому в описании типа на данное средство измерений.

7.2 Проверку комплектности антенны П6-80/1А проводить сличением действительной комплектности с данными, приведёнными в документе РПУА.411111.012 РЭ «Антенны измерительные рупорно-линзовые П6-80/1А. Руководство по эксплуатации».

7.3 Проверку маркировки антенны П6-80/1А проводить путём внешнего осмотра и сличением с данными, приведёнными в документе РПУА.411111.012 РЭ «Антенны измерительные рупорно-линзовые П6-80/1А. Руководство по эксплуатации».

7.4 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если:

– комплектность поверяемой антенны П6-80/1А соответствует разделу 1.3 РПУА.411111.012 РЭ;

– маркировка поверяемой антенны П6-80/1А соответствует разделу 1.5 РПУА.411111.012 РЭ;

– фирменная наклейка поверяемой антенны П6-80/1А цела;

– входной ВЧ соединитель поверяемой антенны П6-80/1А без повреждений и чистый;

– отсутствуют видимые механические повреждения поверяемой антенны П6-80/1А;

– отсутствуют повреждения лакокрасочных покрытий поверяемой антенны П6-80/1А, маркировки чётко различимы.

В противном случае результаты внешнего осмотра поверяемой антенны П6-80/1А считать отрицательными, и последующие операции поверки не проводить.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Перед проведением операций поверки необходимо выполнить подготовительные работы, установленные в разделе 2 РПУА.411111.012 РЭ и в руководствах по эксплуатации применяемых средств поверки.

8.2 Контроль условий поверки

Перед проведением операций поверки выполнить контроль условий окружающей среды.

Контроль осуществлять измерением влияющих факторов, указанных в п.3, с помощью прибора контроля условий поверки (или иных средств измерений указанных параметров). Измерения влияющих факторов проводить в комнате, где проводятся операции поверки.

Результаты измерений температуры и относительной влажности в помещении должны находиться в пределах, указанных в п.3. В противном случае поверку не проводят до приведения условий поверки в соответствии с п.3.

Для выполнения процедуры опробования выполнить следующие действия в указанной последовательности.

8.3.1 Установить антенну П6-80/1А на штатив (треногу).

8.3.2 Присоединить высокочастотным кабелем СВЧ выход антенны П6-80/1А к анализатору фазового шума FSWP50 и анализатору электрических цепей векторному ZVA50 последовательно, при необходимости используя коаксиально-волноводные переходы из состава комплекта антенного измерительного АИК 1- 40А.

8.3.3 Сориентировать антенну П6-80/1А по высоте и азимуту. Для этого ослабить фиксирующие болты на штативе (треноге), поднять антенну на необходимую высоту и сориентировать её по азимуту, затянув фиксирующие болты.

8.3.4 Результаты опробования антенны П6-80/1А считать положительным, если:

– выполнено присоединение антенны высокочастотным кабелем к анализатору фазового шума FSWP50 и анализатору электрических цепей векторному ZVA50;

– имеется возможность ориентировать антенну П6-80/1А по высоте и азимуту.

В противном случае результаты опробования считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Определение КСВН и диапазона рабочих частот

9.1.1 Определение КСВН поверяемых антенн Пб-80/1А проводить с применением анализатора электрических цепей векторного ZVA50 (далее – ZVA50) методом прямых измерений в соответствии с руководством по его эксплуатации.

9.1.2 Измерения КСВН проводить в режиме панорамного обзора в диапазоне рабочих частот f_i от 18 до 40 ГГц включительно.

Измерения проводят в два этапа:

– в диапазоне частот от 18,0 до 26,5 ГГц с переходом с круглого сечения на сечение WR42 (10,67×4,32);

– в диапазоне частот от 26,5 до 40,0 ГГц с переходом с круглого сечения на сечение WR28 (7,11×3,56);

При измерении КСВН поверяемую антенну Пб-80/1А сориентировать в сторону, свободную от отражающих предметов, и на удалении от них не менее 3 м.

9.1.3 Выполнить процедуру калибровки ZVA50 в соответствии с его руководством по эксплуатации.

9.1.4 Подключить антенну Пб-80/1А с помощью кабеля к ZVA50.

При этом, в зависимости от диапазона измерений, применять соответствующие переходы с круглого сечения на сечения WR42 и WR28, и коаксиально-волноводные переходы из состава комплекта антенного измерительного АИК 1-40А для соответствующего частотного диапазона.

9.1.5 Выполнить измерения КСВН – $K_{стU}^{f_i}$, где f_i – частота измерений (см. п. 9.1.2).

Максимальное значение КСВН в рабочем диапазоне частот определить по маркеру. Результаты измерений занести в протокол испытаний.

9.2 Определение коэффициента усиления антенны

Выполнить измерения для определения коэффициента усиления поверяемой антенны Пб-80/1А в помещении с размерами не менее (6 × 6) м, с высотой потолка не менее 3 м. В зоне проведения измерений не допускается нахождение предметов, имеющих отражающие металлические поверхности.

Поверка антенн Пб-80/1А выполняется методом непосредственного сравнения результата измерения, поверяемого СИ со значением, определенным эталоном.

Диапазоны частот и типы используемых антенн приведены в таблице 4.

Таблица 3 – Типы используемых антенн

Диапазон рабочих частот, ГГц	Тип используемых КВП	Тип используемых вспомогательных антенн	Тип используемых образцовых антенн
18,0 – 26,5	КВП 1826 KF	Комплект антенный измерительный АИК 1- 40А	П1-139/5
25,5 – 40,0	КВП 2640 KF		П1-139/6

9.2.1 Для проведения измерений собрать схему, приведённую на рисунке 1.

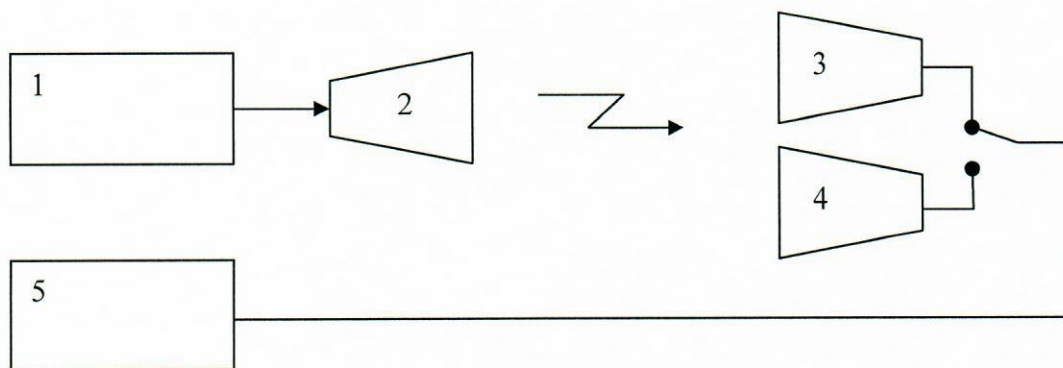


Рисунок 1 Схема измерений

- 1 – генератор сигналов высокочастотный;
- 2 – излучающая антенна согласно табл.3;
- 3 – образцовая антенна согласно табл.3;
- 4 – испытываемая антенна Пб-80/1А;
- 5 – анализатор спектра.

Измерения проводят в два этапа:

- в диапазоне частот от 18,0 до 26,5 ГГц с переходом с круглого сечения на сечение WR42 (10,67×4,32) в точках 18,0; 20,0; 22,0; 24,0; 25,5; 26,5 ГГц;
- в диапазоне частот от 26,5 до 40,0 ГГц с переходом с круглого сечения на сечение WR28 (7,11×3,56) в точках 26,5; 28,5; 31,0; 33,5; 37,5; 40,0 ГГц.

9.2.2 На стойке с опорно-поворотными механизмами установить антенну-излучатель из состава комплекта антенного измерительного АИК 1- 40А соответствующего диапазона.

9.2.3 На второй стойке с опорно-поворотными механизмами установить образцовую антенну П1-139/5 предназначенную для проведения измерений в диапазоне рабочих частот от 18,0 до 26,5 ГГц.

9.2.4 Расстояние между раскрывами рупорных антенн должно составлять 1 или 3 м. Измерение расстояния проводить лазерным дальномером. Изменение расстояния проводить путем смещения стойки, на которой размещена образцовая антенна.

9.2.5 Анализатор спектра подготовить к работе в режиме измерений уровней сигналов в соответствии с его РЭ.

Полосу обзора установить равной 100 кГц, центральную частоту установить равной текущей частоте проведения измерений, полосу ПЧ (промежуточной частоты) установить равной 1 кГц, время свипирования установить автоматическим, опорный уровень установить минус 20 дБм; ослабление входного аттенюатора установить 0 дБ, измерение уровней сигналов проводить в режиме «запоминания максимума».

Вход анализатора спектра нагружать поочередно на вход эталонной антенны и поверяемой антенны.

9.2.6 Выход генератора сигналов высокочастотного подключить к входу излучающей антенны.

Генератор установить в режим непрерывной генерации. Выходную мощность установить равной 16 дБм.

Частоту выходного сигнала генератора и центральную частоту анализатора спектра установить равными текущей частоте измерений.

9.2.7 Подать мощность на излучающую антенну.

9.2.8 Провести юстировку антенн. Для этого последовательно вращать сначала излучающую антенну в азимутальной и угломестной плоскостях до получения максимального значения мощности на выходе образцовой антенны, а затем, последовательно вращать

образцовую антенну в азимутальной и угломестной плоскостях до получения максимального значения мощности на выходе образцовой антенны.

В случае если выходная мощность генератора не обеспечивает отношение сигнал/шум на входе анализатора спектра более 20 дБ, установить мощность на выходе генератора максимальной, уменьшать ширину полосы обзора и полосы ПЧ анализатора спектра до получения отношения сигнал/шум более 20 дБ.

9.2.9 Зафиксировать уровень сигнала $A_{обр}$ [дБм] с выхода образцовой антенны по показаниям анализатора спектра.

9.2.10 Изменить частоту выходного сигнала генератора и центральную частоту анализатора спектра для измерений в следующей частотной точке.

9.2.11 Провести измерения для каждой частотной точки текущего поддиапазона измерений.

Результаты измерений занести в рабочий протокол.

9.2.12 В точку расположения образцовой антенны установить поверяемую антенну и подключить к анализатору спектра. Произвести юстировку геометрической оси, передающей и поверяемой антенн.

Настройку анализатора и генератора произвести аналогично, как и при проведении измерений уровня сигнала образцовой антенны.

9.2.13 Зафиксировать уровень сигнала $A_{нов}$ [дБм] с выхода поверяемой антенны по показаниям анализатора спектра.

9.2.14 Провести измерения для каждой частотной точки текущего поддиапазона измерений.

Результаты измерений занести в рабочий протокол.

9.2.15 Выполнить аналогичные измерения коэффициента усиления поверяемой антенны в диапазоне рабочих частот от 26,5 до 40,0 ГГц с переходом с круглого сечения на сечение WR28 (7,11×3,56) в точках 26,5; 28,5; 31,0; 33,5; 37,5; 40,0 ГГц, установив в качестве образцовой антенны антенну П1-139/6, предназначенную для проведения измерений в диапазоне рабочих частот от 26,5 до 40,0 ГГц.

Коэффициент усиления поверяемой антенны $G_{нов}$ (дБ) для каждой частотной точки вычислить по формуле (1):

$$G_{нов} = A_{нов} - A_{обр} + G_{обр}, \text{ дБ}, \quad (1)$$

где

$G_{обр}$ – коэффициент усиления образцовой антенны в данной частотной точке, дБ.

Результаты расчётов занести в рабочий протокол.

9.3 Определение абсолютной погрешности коэффициента усиления антенны

9.3.1 Рассчитать абсолютную погрешность коэффициента усиления поверяемой антенны П6-80/1А $\Delta_{G_A}^{fi}$, в (дБ), по формуле (2):

$$\Delta_{G_A}^{fi} = G_{A_0}^{fi} - G_A^{fi}, \quad (2)$$

где

– $G_{A_0}^{fi}$ – значения коэффициента усиления поверяемой антенны П6-80/1А для заданной частоты, приведённые в РПУА.411111.012 РЭ, либо определённое по графику или по таблице, придаваемым к антенне;

– G_A^{fi} – значения коэффициента усиления поверяемой антенны П6-80/1А для заданной частоты, полученные в ходе выполнения поверки.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение КСВН и диапазона рабочих частот

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если максимальное значения КСВН поверяемых антенн П6-80/1А K_{cmU} в диапазоне частот от 18 до 40 ГГц включительно не превышает 2,0.

10.2 Определение коэффициента усиления антенны

Результаты поверки считать положительными, если в диапазоне частот от 18 до 40 ГГц включительно коэффициент усиления поверяемых антенн $G_{нов}$ (дБ) составляет не менее 29 дБ.

10.3 Определение абсолютной погрешности коэффициента усиления поверяемой антенны

Результаты поверки считать положительными, если во всём диапазоне рабочих частот значения абсолютной погрешности коэффициента усиления поверяемой антенны П6-80/1А Δ_{GA}^{fi} находятся в пределах $\pm 2,0$ дБ.

10.4 При положительных результатах поверок соответствие метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа поверяемой антенны П6-80/1А, подтверждено.

10.5 При отрицательных результатах поверок соответствие метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа поверяемой антенны П6-80/1А, не подтверждено и поверяемая антенна П6-80/1А признаётся непригодной к применению.

11 Оформление результатов поверки

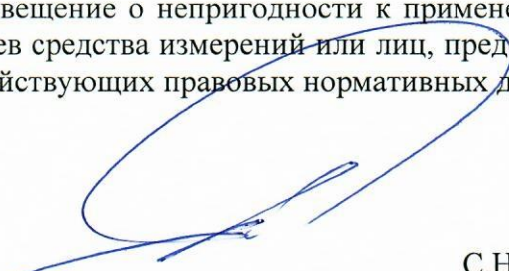
11.1 Результаты проверки заносят в протокол поверки произвольной формы.

11.2 Сведения о результатах поверки средства измерений в целях её подтверждения передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений. При оформлении свидетельства о поверке знак поверки наносится на свидетельство о поверке.


11.3 Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений выдаётся по заявлению владельцев средства измерений или лиц, представивших его в поверку, в соответствии с требованиями действующих правовых нормативных документов.

Начальник лаборатории № 441
ФБУ «Ростест-Москва»

Главный специалист по метрологии
лаборатории № 441 ФБУ «Ростест-Москва»



С.Н. Гольшак



Н.В. Гольшак