



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ – РОСТЕСТ»
(ФБУ «НИЦ ПМ – РОСТЕСТ»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора



А.Д. Меньшиков

М.п.

» мая 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**АНТЕННЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
РУПОРНЫЕ ШИРОКОПОЛОСНЫЕ П6-323**

Методика поверки

РТ-МП-452-441-2025

г. Москва
2025 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки антенн измерительных рупорных широкополосных П6-323 (далее – антенны П6-323).

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемого средства измерений к государственному первичному эталону:

– в соответствии с ГОСТ Р 8.574-2000 к Государственному первичному эталону единицы плотности потока энергии электромагнитного поля в диапазоне частот 0,3 - 178 ГГц (ГЭТ160-2006).

При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод прямых измерений и метод замещения.

Не допускается проведение поверки антенн П6-323 в отличных от указанных в настоящей методике поверки точек диапазона частот.

2 Перечень операций поверки средств измерений

2.1 При проведении поверки антенн П6-323 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 30;
- относительная влажность воздуха, %от 30 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 КНПР.464653.098РЭ «Антенна измерительная рупорная широкополосная П6-323. Руководство по эксплуатации»

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки антенн П6-323 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
1	2	3
8.2; 8.3 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства 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
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. номер 48355-11 в ФИФ)

Продолжение таблицы 2

1	2	3
9.2 Определение коэффициента усиления антенны	Рабочие эталоны единиц плотности потока энергии электромагнитного поля, соответствующие требованиям к рабочим эталонам по ГОСТ Р 8.574-2000 в диапазоне значений частот от 500 МГц до 18,0 ГГц	Установка для поверки измерительных антенн П1-31 рег. № 85313-22
	Рабочий эталон единицы длины в соответствии с локальной поверочной схемой, приведенной в приложении А, диапазон измерений расстояний от 0,05 до 300 м, допускаемая средняя квадратическая погрешность не более 31 мм (для расстояния 150 м)	Дальномер лазерный Leica DISTO S910, рег. № 60792-15
Примечание - Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц, средства измерений утвержденного 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 П6-323.

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 П6-323 проводить визуально.

При этом проверить:

- комплектность и маркировку;
- отсутствие видимых механических повреждений антенны П6-323, влияющих на ее работу;
- чистоту и отсутствие видимых повреждений входного СВЧ разъема;
- состояние лакокрасочных покрытий и четкость маркировок;
- соответствие внешнего вида антенны П6-323 рисунку, приведенному в описании типа на данное средство измерений.

7.2 Проверку комплектности антенны П6-252 проводить сличением действительной комплектности с данными, приведенными в документе КНПР.464653.098ФО «Антенна измерительная рупорная широкополосная П6-323. Формуляр».

7.3 Проверку маркировки антенны производить путем внешнего осмотра и сличением с данными, приведенными в документе КНПР.464653.098РЭ «Антенна измерительная рупорная широкополосная П6-323. Руководство по эксплуатации».

7.4 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если:

- комплектность поверяемой антенны П6-323 соответствует разделу 5 документа КНПР.464653.098ФО «Антенна измерительная рупорная широкополосная П6-323. Формуляр»;
- маркировка поверяемой антенны П6-323 соответствует разделу 13 документа КНПР.464653.098РЭ «Антенна измерительная рупорная широкополосная П6-323. Руководство по эксплуатации»;
- этикетка/шильдик поверяемой антенны П6-323 цела;
- входной СВЧ разъем поверяемой антенны П6-323 без повреждений и чистый;
- отсутствуют видимые механические повреждения поверяемой антенны П6-323;
- отсутствуют повреждения лакокрасочных покрытий поверяемой антенны П6-323, маркировки четко различимы.

В противном случае результаты внешнего осмотра поверяемой антенны П6-323 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 5 документа КНПР.464653.098РЭ «Антенна измерительная рупорная широкополосная П6-323. Руководство по эксплуатации» 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.

8.3 Опробование

Для выполнения процедуры опробования выполнить следующие действия в указанной ниже последовательности.

8.3.1 Установить антенну П6-323 на штатив (треногу).

8.3.2 Присоединить высокочастотным кабелем коаксиальный СВЧ выход антенны П6-323 к измерителю мощности из комплекта вспомогательного оборудования установки для поверки измерительных антенн П1-31 и анализатору электрических цепей векторному ZVA50 последовательно, при необходимости используя коаксиальные переходы.

8.3.3 Сориентировать антенну П6-323 по высоте и азимуту. Для этого ослабить фиксирующие болты на штативе (треноге), поднять антенну на необходимую высоту и сориентировать ее по азимуту, затянув фиксирующие болты.

8.3.4 Результат опробования (проверки работоспособности) антенны П6-323 считать положительным, если:

- выполнено присоединение высокочастотным кабелем из комплекта П1-31 антенны к измерителю мощности из комплекта вспомогательного оборудования установки для поверки измерительных антенн П1-31 и анализатору электрических цепей векторному ZVA50;
- имеется возможность ориентировать антенну П6-323 по высоте и азимуту.

При наличии проблем с присоединением высокочастотным кабелем коаксиального СВЧ выхода антенны П6-323 к измерителю мощности из комплекта вспомогательного оборудования установки для поверки измерительных антенн П1-31 и анализатору электрических цепей векторному ZVA50, результаты опробования считать отрицательными

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Определение КСВН и диапазона рабочих частот

9.1.1 Определение КСВН поверяемых антенн П6-323 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 0,5 до 18,0 ГГц включительно.

При измерении КСВН поверяемую антенну П6-323 сориентировать в сторону, свободную от отражающих предметов и на удалении от них не менее 3 м.

9.1.3 Подключить антенну П6-323 с помощью кабеля из состава установки для поверки измерительных антенн П1-31 к ZVA50.

9.1.4 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 зафиксировать в рабочем журнале

9.1.5 Определение диапазона рабочих частот поверяемой антенны совмещается с определением коэффициента калибровки поверяемой антенны.

9.2 Определение коэффициента усиления антенны

Поверку для определения коэффициента усиления поверяемой антенны П6-323 выполнять 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.

Поверку антенны П6-323 в диапазоне рабочих частот от 0,5 до 18,0 ГГц включительно, выполнять методом замещения с применением установки для поверки измерительных антенн

П1-31, при этом необходимо руководствоваться требованиями, изложенными в документе «Руководство по эксплуатации П1-31-РЭ».

Вначале выполняются измерения плотности потока энергии (ППЭ) с помощью эталонной антенны на выбранном расстоянии от излучающей антенны и заданном значении частоты.

Далее на место эталонной антенны устанавливается испытываемая антенна и выполняются измерения ППЭ с её помощью.

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

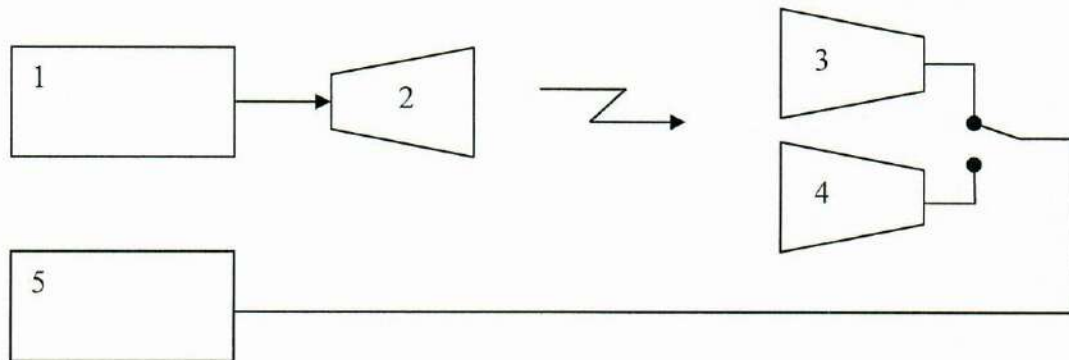


Рисунок 1 Схема измерений

1 – генератор сигналов Agilent E8257D-520 из состава П1-31;

2 – излучающая антенна из состава П1-31;

3 – эталонная антенна из состава П1-31;

4 – испытываемая антенна П6-323;

5 – ваттметр Agilent E9304 из состава П1-31

Измерения ППЭ проводить на частотах f_i от 0,5 до 18,0 ГГц включительно с шагом 0,5 ГГц

9.2.2 На стойке с опорно-поворотными механизмами СТ-2 установить антенну-излучатель.

9.2.3 На второй стойке с опорно-поворотными механизмами СТ-2 установить эталонную антенну.

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

К излучающей антенне подсоединен посредством кабеля соединительного генератор, к приемной антенне подсоединен измеритель мощности.

9.2.5 На генераторе Agilent E8257D-520 установить частоту измерений f_i в соответствии с п.9.2.1 и выходную мощность в пределах от 10 до 20 дБм, в процессе измерительного цикла выходную мощность на генераторе не меняют.

Подать мощность на излучающую антенну.

9.2.6 Провести юстировку антенн. Для этого последовательно вращать сначала излучающую антенну в азимутальной и угломестной плоскостях до получения максимального значения мощности на выходе эталонной антенны, а затем, последовательно вращать эталонную антенну в азимутальной и угломестной плоскостях до получения максимального значения мощности на выходе эталонной антенны $P_э$.

Провести отсчет измеренного значения $P_э$

Зафиксировать результат отсчёта в рабочем журнале.

Выключить СВЧ мощность на генераторе сигналов Agilent E8257D-520.

9.2.7 Выполнить операции по п.9.2.5, последовательно устанавливая на генераторе сигналов Agilent E8257D-520 значения остальных частот f_i , приведённых в п.9.2.1.

Результаты измерений занести в рабочий журнал.

9.2.8 Установить вместо эталонной антенны испытуемую антенну.

Установить расстояние между антеннами равным 1 или 3 м.

Измерение расстояния проводить лазерным дальномером. Изменение расстояния проводить путем смещения стойки, на которой размещена поверяемая антенна.

9.2.9 Провести процедуру юстировки поверяемой антенны аналогично описанной в п.9.2.6.

9.2.10 Провести отсчет значения мощности на выходе поверяемой антенны P_n

Зафиксировать результат отсчёта в рабочем журнале.

Выключить СВЧ мощность на генераторе сигналов Agilent E8257D-520.

9.2.11 Выполнить операции по п.9.2.7, последовательно устанавливая на генераторе сигналов Agilent E8257D-520 значения остальных частот f_i , приведённых в п.9.2.1.

Результаты измерений занести в рабочий журнал.

9.2.12 Используя полученные данные, рассчитать эффективную площадь поверяемой антенны, пересчитав её затем в коэффициент усиления антенны G в дБ по методике и формулам, приведённым в разделе 9.2 настоящей методики поверки.

9.2.13 Для значений, полученных при выполнении п.п.9.2.6 – 9.2.11, рассчитать эффективную площадь поверяемой антенны $S_{эф п}$ в см² по формуле

$$S_{эф п} = p_{э} \cdot \left(\frac{P_{п}}{P_{э}} \right) \cdot S_{эф э}, \quad (1)$$

где $p_{э}$ – частотно зависимый коэффициент, представляющий собой поправку на близость.

Для эталонных антенн $p_{э}$, входящих в состав установки, поправка на близость приведена в формуляре П1-31;

$P_{п}$ – измеренная мощность на выходе поверяемой антенны в мВт;

$P_{э}$ – измеренная мощность на выходе эталонной антенны в мВт.

$S_{эф э}$ – эффективная площадь эталонной антенны в см² (определяется по методике калибровки эталонных антенн по $S_{эф}$ (погрешность калибровки не более ± 12 %) на эталоне ГЭТ160-2006 в ФГУП «ВНИИФТРИ» и приведена в формуляре П1-31).

В зависимости от требований, установленных в техническом задании, производится пересчёт эффективной площади антенны в коэффициент усиления антенны G в дБ по формуле:

$$G = 10 \cdot \lg \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot S_{эф п}}{\lambda^2} \right) \quad (2)$$

где

λ – длина волны в см, на которой проводятся измерения.

9.2.14 Для определения коэффициента калибровки поверяемой антенны применять формулу пересчета эффективной площади поверяемой антенны в коэффициент калибровки антенны K в дБ (м⁻¹)

$$K = 10 \cdot \lg \left(\frac{75400}{S_{эф п}} \right) \quad (3)$$

9.2.15 Вычислить (для всех f_i) значения коэффициента усиления поверяемой антенны

П6-323 $G_A^{f_i}$ в дБ

Результаты расчетов зафиксировать в рабочем журнале.

9.3 Определение абсолютной погрешности коэффициента усиления антенны

9.3.1 Рассчитать абсолютную погрешность коэффициента усиления поверяемой антенны

П6-323 $\Delta_{G_A}^{f_i}$, в дБ по формуле

$$\Delta_{G_A}^{f_i} = G_{A_0}^{f_i} - G_A^{f_i}, \quad (4)$$

– где $G_{A_0}^{f_i}$ – значения коэффициента усиления поверяемой антенны П6-323 для заданной частоты, приведенные в КНПР.464653.098ФО «Антенна измерительная рупорная широкополосная П6-323. Формуляр», либо определенное по графику или по таблице, прилагаемым к антенне;

$G_A^{f_i}$ – значения коэффициента усиления поверяемой антенны П6-323 для заданной частоты, полученные в ходе выполнения поверки.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение КСВН и диапазона рабочих частот

Результаты операции поверки по данному пункту считать удовлетворительными, если максимальное значения КСВН поверяемых антенн П6-323 $K_{стU}$ в диапазоне частот от 0,5 до 0,7 ГГц включительно не превышает 3,0, а в диапазоне частот от 0,7 до 18,0 ГГц включительно не превышает 2,5. При этом диапазон рабочих частот антенны находится в пределах от 0,5 до 18,0 ГГц включительно.

10.2 Определение коэффициента усиления антенны

Результаты поверки считать положительными, если во всём диапазоне рабочих частот значения коэффициента усиления поверяемой антенны П6-323 $G_A^{f_i}$ находятся в интервале значений от 1 до 16.

10.3 Определение абсолютной погрешности коэффициента калибровки антенны

Результаты операции поверки считать положительными, если во всем диапазоне рабочих частот значения абсолютной погрешности и коэффициента усиления поверяемой антенны

П6-323 $\Delta_{G_A}^{f_i}$ находятся в пределах $\pm 2,0$ дБ.

10.4 При положительных результатах операций поверки соответствие метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа поверяемой антенны П6-323, подтверждено.

10.5 При отрицательных результатах операций поверки соответствие метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа поверяемой антенны П6-323, не подтверждено, и поверяемая антенна П6-323 признается непригодной к применению.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты проверки внешнего осмотра, опробования, условий поверки и окончательные результаты измерений (расчетов), полученные в процессе поверки, заносят в протокол поверки. Сведения о применяемых средствах поверки, а также результаты

промежуточных измерений и расчетов заносят в протокол поверки в соответствии с формой протокола, утвержденной системой менеджмента качества юридического лица или индивидуального предпринимателя, осуществляющего поверку.

11.2 Сведения о результатах поверки средства измерений в целях ее подтверждения передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений.

11.3 Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений выдается по заявлению владельцев средства измерений или лиц, представивших его в поверку.

Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений должны быть оформлены в соответствии с требованиями действующих правовых нормативных документов.

Начальник лаборатории № 441
ФБУ «НИЦ ПМ - Ростест»



С.Н. Голышак

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



Н.В. Голышак