

1. Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки антенн логопериодических ЛПА-2000 (далее –Антенна), изготовленных обществом с ограниченной ответственностью «Центр безопасности информации «МАСКОМ» (ООО «ЦБИ «МАСКОМ»), используемых в качестве рабочих средств измерений, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

Межповерочный интервал - 2 года.

Выполнение всех требований настоящей методики поверки обеспечивает прослеживаемость поверяемого средства измерений к государственному первичному эталону:

- в соответствии с государственной поверочной схемой ГОСТ Р 8.805-2012 к государственному первичному эталону единицы напряженности электрического поля в диапазоне частот 0,0003 - 1000 МГц ГЭТ 45-2011;

- в соответствии с государственной поверочной схемой ГОСТ Р 8.574-2000 к государственному первичному эталону единицы плотности потока энергии электромагнитного поля в диапазоне частот от 0,3 до 178 ГГц ГЭТ 160-2006.

При определении метрологических характеристик Антенны используются методы прямых измерений (в диапазоне частот до 1000 МГц) и непосредственного сличения (в диапазоне частот от 1000 МГц).

Допускается проводить периодическую поверку Антенны на меньшем числе поддиапазонов частот или в части диапазона рабочих частот на основании письменного заявления владельца Антенны или лица, предоставившего Антенну на поверку, оформленного в произвольной форме, с обязательным указанием в сведениях о поверке информации об объеме проведенной поверки.

Не допускается проводить периодическую поверку отдельных измерительных каналов, отдельных автономных блоков из состава Антенны для меньшего числа измеряемых величин.

Метрологические требования к Антенне, которые должны быть подтверждены в результате поверки, приведенные в обязательном Приложении А.

2. Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Определение коэффициента калибровки и погрешности коэффициента калибровки при первичной поверке	Да	Нет	9.1
Определение коэффициента калибровки и погрешности коэффициента калибровки при периодической поверке	Нет	Да	9.2
Определение диапазона частот и коэффициента стоячей волны по напряжению	Да	Да	9.3

3. Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки необходимо соблюдать следующие нормальные условия:

- температура окружающего воздуха от 15 до 25 °С;
- относительная влажность воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- напряжение сети питания от 198 до 242 В;
- частота сети питания от 49,5 до 50,5 Гц;
- коэффициент гармоник сети питания не более 5 %.

4. Требование к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, специалисты органов метрологической службы, юридического лица или индивидуального предпринимателя, аккредитованных на право поверки, непосредственно осуществляющие поверку средств измерений данного вида, изучившие эксплуатационную документацию на Антенну и средства поверки.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Вместо указанных в таблице 2 средств поверки допускается применять другие аналогичные эталоны единиц величин и средства измерений, обеспечивающие определение метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью.

Применяемые средства поверки должны быть исправны, средства измерений должны быть поверены.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование средства поверки	Требуемые характеристики средств поверки		Рекомендуемое средство поверки
		Пределы измерений	Показатели точности	
1	2	3	4	5
9.1 9.2	Установка образцовая	Диапазон частот от 100 до 1000 МГц	Пределы допускаемой относительной погрешности измерения напряженности электрического поля $\pm 12\%$. Рабочий эталон 2-го разряда по ГОСТ Р 8.805-2012	Установка образцовая П1-5, рег. № 7833-80
9.1 9.2	Установка поверочная	Диапазон частот от 1000 до 2000 МГц	Пределы допускаемой относительной погрешности передачи эффективной площади эталонных антенн $\pm 16\%$. Рабочий эталон по ГОСТ Р 8.574-2000	Установка поверочная П1-17, рег. № 37653-08
9.1 9.2	Генератор сигналов	Диапазон частот от 100 до 1000 МГц	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$	Генератор сигналов N5171B, рег. № 53063-13
9.1 9.2	Анализатор спектра	Диапазон частот от 100 до 1000 МГц	Пределы допускаемой погрешности измерения $\pm 20,2\%$ (или $\pm 0,8$ дБ при пересчете по мощности)	Анализатор спектра в реальном масштабе времени RSA518A, рег. № 75972-19
9.1 9.2	Милливольтметр	Предел измерений от 15 до 3000 мВ	Класс точности 0,2	Милливольтмиллиамперметр M2020, рег. № 4168-74
9.1 9.2	Милливольтметр	Предел измерений от 15 до 3000 мВ	Класс точности 0,2	Милливольтмиллиамперметр M1109, рег. № 1524-61
9.1 9.2	Рулетка	Длина 3 м	$\pm 1\%$	Рулетка измерительная ЭНКОР, модель «Каучук» исполнение РФ3-5-19, рег. № 27060-04
9.3	Измеритель КСВН или коэффициента отражения	Диапазон частот от 100 до 2000 МГц. Диапазон измерения КСВН от 1,05 до 5,0	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$ $\pm (5 \cdot \text{КСВН} + 1)\%$	Измеритель модуля коэффициента передачи и отражения P2M-18, рег. № 36013-07

продолжение таблицы 2

Номер пункта методики поверки	Наименование средства поверки	Требуемые характеристики средств поверки		Рекомендуемое средство поверки
		Пределы измерений	Пределы измерений	
1	2	3	4	5
9.1 9.2 9.3	Термогигрометр	<p>Диапазон измерения температуры (14 – 26) °С</p> <p>Диапазон измерения относительной влажности (10 – 85) %</p> <p>Диапазон измерения атмосферного давления (83 – 107) кПа</p>	<p>± 1 °С</p> <p>± 5 %</p> <p>± 1 кПа</p>	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13
9.1 9.2 9.3	Прибор электроизмерительный	<p>Диапазон измерения среднеквадратических значений напряжения переменного тока (196 – 244) В</p> <p>Диапазон измерения частоты переменного тока (49 – 51) Гц</p> <p>Диапазон измерения коэффициента гармоник сети питания (0 – 5) %</p>	<p>± 1 %</p> <p>± 0,5 %</p> <p>± 1 %</p>	Прибор электроизмерительный универсальный UMG 96 RM-E, рег. № 51827-12

продолжение таблицы 2

Номер пункта методики поверки	Наименование средства поверки	Требуемые характеристики средств поверки		Рекомендуемое средство поверки
		Пределы измерений	Пределы измерений	
1	2	3	4	5
9.1 9.2	Открытая площадка или помещение	Размеры открытой площадки не менее 10х20 метров	-	Аттестованная измерительная площадка (испытательное оборудование)
		Размеры помещения не менее 5,5х8,0 метров, высота потолка не менее 3,0 метров	Расхождение между измеренными значениями коэффициента калибровки антенн на открытой площадке и в помещении не более $\pm 0,7$ дБ	
9.1 9.2	Усилитель	Диапазон частот от 100 до 1000 МГц.	-	Усилитель высокочастотный У-30/1000-4 (вспомогательное оборудование).

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

Помещение для проведения поверки и размещения поверочного оборудования должно соответствовать правилам техники безопасности и требованиям по охране труда.

При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на Антенну и средств поверки.

7. Внешний осмотр средства измерений

При проведении внешнего осмотра установить соответствие Антенны следующим требованиям:

- внешний вид Антенны должен соответствовать изображениям, приведенным в описании типа;
- наличие маркировки, подтверждающей тип и заводской номер в соответствии с описанием типа;
- наличие пломб от несанкционированного доступа, установленных в местах согласно описанию типа;
- наличие знака утверждения типа в соответствии с требованиями, приведенными в описании типа;
- наружная поверхность, вибраторы и разъем не должны иметь следов механических повреждений, которые могут влиять на работу Антенны;
- отсутствие незакрепленных предметов внутри корпуса Антенны, определяемых на слух при наклонах;
- при периодической поверке должны быть в наличии значения коэффициентов калибровки Антенны, определенные при первичной поверке.

Результаты выполнения операции считать положительными, если выполняются вышеуказанные требования. При невыполнении какого-либо из вышеуказанных требований

результаты поверки по данному пункту считать отрицательными, последующие операции поверки не проводить.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

Убедиться в выполнении требований к условиям проведения поверки.

Выдержать Антенну в условиях проведения поверки не менее 4-х часов, если Антенна находилась в отличных от них условиях.

Выдержать средства поверки во включенном состоянии в течении времени, указанном в их эксплуатационной документации.

Подготовить к работе средства поверки в соответствии с указаниями их эксплуатационной документации.

8.2 Опробование

Убедиться в возможности установки Антенны на штатив.

Убедиться в возможности подключения коаксиального кабеля к Антенне.

Результаты опробования считать положительными, если выполняются вышеуказанные требования.

9. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение коэффициента калибровки и погрешности коэффициента калибровки при первичной поверке

9.1.1 Определение коэффициента калибровки и погрешности коэффициента калибровки в диапазоне частот от 100 до 1000 МГц.

Определение коэффициента калибровки Антенны проводится на установке образцовой П1-5 на следующих точках фиксированного ряда частот: 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 1000 МГц.

Коэффициент калибровки антенны определяется методом замещения поверяемой антенны образцовой измерительной дипольной антенной из состава установки П1-5.

Измерения проводятся на открытой площадке размером не менее 10х20 метров, свободной от неиспользуемой измерительной аппаратуры и других посторонних предметов. Запрещается перемещение предметов и передвижение людей во время измерений на расстоянии 10 метров от периметра площадки.

Допускается проводить измерения в помещении размером не менее 5.5х8.0 метров, высотой не менее 3,0 метров, оборудованном щитами или покрытием из радиопоглощающего материала, при условии предварительного определения влияния конкретного помещения на погрешность измерений. Для этого необходимо сравнить результаты измерений аналогичных антенн в помещении с результатами измерений на открытой площадке. Допустимым считается влияние помещения, при котором расхождение значений коэффициента калибровки антенн не превышает 0,7 дБ.

Собрать схему измерения, приведенную на рисунке 1.

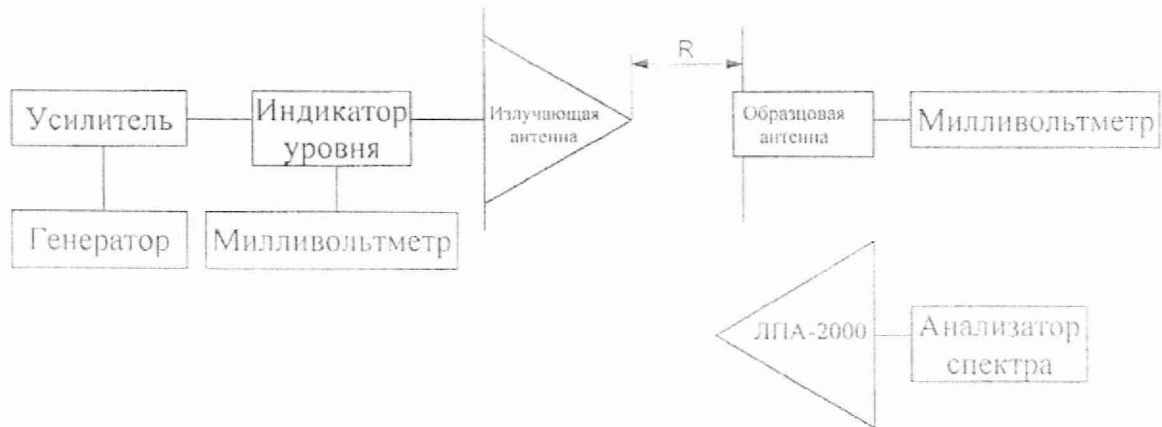


Рисунок 1 – Схема измерений коэффициента калибровки Антенны в диапазоне частот от 100 до 1000 МГц

Излучающую и образцовую (поверяемую) измерительную антенны располагать в горизонтальной плоскости на высоте $(1,75 \pm 0,02)$ м от пола (земли).

При установке образцовой измерительной антенны расстояние R измерять рулеткой между крайней точкой излучающей антенны и осью диполя образцовой измерительной антенны.

При установке поверяемой Антенны расстояние R должно быть установлено между крайней точкой излучающей антенны и местоположением рабочей точки поверяемой Антенны.

В таблице 3 указаны расстояния для каждой рабочей частоты:

1) расстояние от крайней точки излучающей антенны до крайней точки поверяемой Антенны (со стороны наименьших вибраторов, без учета диэлектрического радиопрозрачного колпака);

2) расстояние от крайней точки поверяемой Антенны (со стороны наименьших вибраторов, без учета диэлектрического радиопрозрачного колпака) до рабочей точки поверяемой Антенны;

3) расстояние R от крайней точки излучающей антенны до местоположения рабочей точки поверяемой Антенны.

Таблица 3 – Значения расстояний между антеннами

Частота, МГц	Расстояние R от излучающей антенны до оси диполя образцовой антенны, м	Расстояние от крайней точки излучающей антенны до крайней точки поверяемой Антенны (со стороны наименьших вибраторов, без учета диэлектрического радиопрозрачного колпака), м	Расстояние от крайней точки поверяемой Антенны (со стороны наименьших вибраторов, без учета диэлектрического радиопрозрачного колпака) до рабочей точки поверяемой Антенны, м	Расстояние R от крайней точки излучающей антенны до местоположения рабочей точки поверяемой Антенны, м
100	2,25	0,96	1,29	2,25
200	1,50	0,78	0,72	1,50
300	1,50	0,99	0,51	1,50
400	1,50	1,11	0,39	1,50
500	1,50	1,19	0,31	1,50
600	1,50	1,25	0,25	1,50
700	1,50	1,28	0,22	1,50
800	1,50	1,31	0,19	1,50
1000	1,50	1,35	0,15	1,50

Установить образцовую измерительную антенну.

Увеличивая сигнал на выходе генератора, установить необходимый уровень напряженности электрического поля, зафиксировав показания милливольтметра от излучающей антенны U_T . С образцовой измерительной антенны милливольтметром считать показания напряжения U_0 . Выключить сигнал генератора. Трижды повторить операции снятия показания напряжения U_0 . Результаты измерений усреднить. По градуировочному графику (или с использованием коэффициентов полиномиальной регрессии) для значения U_0 определить значение тока в образцовой антенне I_0 .

Рассчитать напряженность электрического поля, измеренную образцовой измерительной антенной, по формуле (1):

$$E_0 = k \cdot I_0 \cdot (R_{\Sigma} + R_T) \quad (1)$$

где E_0 – напряженность электрического поля, В/м;

k – градуировочный коэффициент, приспаванный образцовой измерительной антенне;

I_0 – наведенный ток в образцовой измерительной антенне, А;

R_{Σ} – сопротивление излучения, Ом;

R_T – сопротивление подогревателя термопреобразователя, Ом.

Значения k и R_{Σ} указаны в свидетельстве о поверке установки ПП-5.

Значение R_T определить по градуировочному графику (или с использованием коэффициентов полиномиальной регрессии) установки ПП-5.

Примечание: в случае использования средства поверки, отличного от установки образцовой ПП-5, выбор излучающей и образцовой измерительной антенны, метод передачи физической величины, схема измерения, расчет напряженности эталонного электрического поля должны осуществляться в соответствии с эксплуатационной документацией на используемые средства поверки. При этом требования к частотным точкам, помещению и открытой площадке, высоте установки антенн, расстоянию между антеннами являются обязательными.

Полученное значение напряженности электрического поля, измеренное образцовой антенной, пересчитать в дБ относительно 1 мкВ/м по формуле (2):

$$E = 20 \cdot \log_{10}(E_0 \cdot 10^{-6}) \quad (2)$$

Вместо образцовой измерительной антенны установить поверяемую Антенну. Погрешность установки не должна превышать 1 %. Выход Антенны подключить к входу анализатора спектра RSA518A с использованием коаксиального кабеля из состава установки ПП-5. Увеличивая сигнал на выходе генератора, выставить точно такое же напряжение U_T на излучающей антенне, что и для образцовой антенны. Измерить напряжение на поверяемой антенне U_1 , выраженное в дБ относительно 1 мкВ. После этого выключить сигнал генератора.

Повторить трижды операции снятия показаний напряжения U_1 . Результаты усреднить.

Рассчитать коэффициент калибровки Антенны K , выраженный в дБ относительно 1/м (далее – дБ (1/м)) по формуле (3):

$$K = E - U_1 - A \quad (3)$$

где A – затухание кабеля из состава установки ПП-5, дБ.

Рассчитать погрешность коэффициента калибровки антенны δK , выраженную в дБ, по формуле (4):

$$\delta K = 20 \cdot \log_{10} \left(1 + 1,1 \cdot \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2} \right) \quad (4)$$

где:

δ_1 – относительная погрешность воспроизведения напряженности электрического поля;

δ_2 – относительная погрешность измерения напряжения на выходе поверяемой антенны;

δ_3 – относительная погрешность измерения расстояния между антеннами;

δ_4 – относительная погрешность измерения напряжения на излучающей антенне;

δ_5 – относительная погрешность измерения напряжения на образцовой измерительной антенне.

При расчете δ_K погрешности $\delta_1 - \delta_5$ необходимо переводить в относительные единицы (разы).

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения коэффициента калибровки и погрешности коэффициента калибровки соответствуют требованиям, указанным в Приложении А к данной методике поверки.

9.1.2 Определение коэффициента калибровки и погрешности коэффициента калибровки в диапазоне частот от 1000 до 2000 МГц.

Определение коэффициента калибровки Антенны проводится на установке поверочной ПП-17 состоящей из измерителя модуля коэффициента передачи и отражения Р2М-18 и двух рупорных антенн (передающей и приемной) П6-59/М, на частотах от 1000 до 2000 МГц с шагом 100 МГц.

Коэффициент калибровки определяется методом непосредственного сличения поверяемой Антенны с образцовой рупорной антенной из состава установки ПП-17.

Измерения проводятся в помещении размером не менее 5,0x5,0 метров, высотой не менее 2,8 метров, оборудованном щитами или покрытием из радиопоглощающего материала.

Излучающую и образцовую (поверяемую) антенны располагать на высоте 1,75 метра от пола помещения.

Расстояние между антеннами R должно быть 1,5 метра.

При установке образцовой рупорной антенны расстояние R измерять рулеткой между раскрытыми рупорами передающей и приемной антенн.

При установке поверяемой Антенны расстояние R измерять рулеткой между раскрытием рупора передающей антенны и крайней точкой двухпроводной линии поверяемой Антенны.

Излучающую и образцовую (поверяемую) антенны располагать так, чтобы обеспечить вертикальную поляризацию электрической составляющей электромагнитного поля.

При измерениях выход генератора Р2М-18 подключать к передающей антенне, датчик мощности подключать к образцовой рупорной антенне или к поверяемой Антенне.

Установить образцовую рупорную антенну.

Включить сигнал генератора Р2М-18.

Произвести измерение коэффициента передачи, выраженного в дБ, на выходе образцовой антенны $A_{ЭТ}$.

Выключить сигнал генератора Р2М-18.

Вместо образцовой антенны установить поверяемую Антенну. Погрешность установки антенн не должна превышать 1 %.

Включить сигнал генератора Р2М-18.

Произвести измерение коэффициента передачи, выраженного в дБ, на выходе поверяемой Антенны $A_{ИЗМ}$.

Вычислить эффективную площадь поверяемой Антенны $S_{ИЗМ}$, выраженную в см², по формуле (5):

$$S_{ИЗМ} = S_{ЭТ} \cdot 10^{\frac{A_{ИЗМ} - A_{ЭТ}}{10}} \quad (5)$$

где $S_{ЭТ}$ – эффективная площадь образцовой антенны, выраженная в см².

Вычислить коэффициент калибровки поверяемой Антенны К, выраженный в дБ(1/м) по формуле (6):

$$K = 10 \cdot \log_{10} \left(2,4 \cdot \frac{\pi}{S_{\text{изм}} \cdot 10^{-4}} \right) \quad (6)$$

Рассчитать погрешность коэффициента калибровки антенны δK по формуле (7):

$$\delta K = 20 \cdot \log_{10} \left(1 + 1,1 \cdot \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2} \right) \quad (7)$$

где δ_1 – погрешность передачи эффективной площади эталонной антенны;
 δ_2 – погрешность измерения коэффициента передачи при установке образцовой антенны;
 δ_3 – погрешность измерения коэффициента передачи при установке поверяемой антенны;

δ_4 – погрешность измерения расстояния между антеннами.

При расчете δK погрешности $\delta_1 - \delta_4$ необходимо переводить в относительные единицы (разы).

Примечание: на частоте 1000 МГц итоговым значением коэффициента калибровки поверяемой Антенны принимается среднее арифметическое значение коэффициентов калибровки, измеренных на установке образцовой П1-5 и установке поверочной П1-17.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения коэффициента калибровки и погрешности коэффициента калибровки соответствуют требованиям, указанным в Приложении А к данной методике поверки.

9.2 Определение коэффициента калибровки и погрешности коэффициента калибровки при периодической поверке.

Определить значения коэффициента калибровки Антенны К, выраженного в дБ (1/м), на следующих точках фиксированного ряда частот: 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 1000 МГц в соответствии с п. 9.1.1 данной методики поверки и в диапазоне частот от 1000 до 2000 МГц с шагом 100 МГц в соответствии с п. 9.1.2 данной методики поверки

Рассчитать значения погрешности коэффициента калибровки Антенны на каждой частоте по формуле (8):

$$\delta K = K_{\text{периодич}} - K_{\text{первич}} \quad (8)$$

где $K_{\text{периодич}}$ – коэффициент калибровки, определенный при периодической поверке,

$K_{\text{первич}}$ – коэффициент калибровки, определенный при первичной поверке.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения коэффициента калибровки и погрешности коэффициента калибровки соответствуют требованиям, указанным в Приложении А к данной методике поверки.

Если значения погрешности коэффициента калибровки поверяемой Антенны превышают допустимое значение, но значения коэффициента калибровки соответствуют требованиям, указанным в Приложении А к данной методике поверки, то проводят поверку Антенны в объеме первичной поверки в соответствии с п. 9.1.1 и п. 9.1.2 данной методики поверки.

9.3 Определение диапазона частот и коэффициента стоячей волны по напряжению.

Измерения проводить в помещении размером не менее 5,5x8,0 метров, высотой не менее 3.0 метров.

Измерения коэффициента стоячей волны по напряжению (далее – КСВН) Антенны проводятся с применением измерителя модуля коэффициента передачи и отражения Р2М-18 в диапазоне частот от 100 до 2000 МГц в режиме панорамного обзора.

Антенну установить на штатив. Штатив установить в центре помещения.

Выполнить калибровку измерителя Р2М-18.

Выход Антенны подключить к измерительному входу датчика КСВН измерителя Р2М-18.

Измерить максимальное значение КСВН в диапазоне частот от 100 до 2000 МГц в режиме панорамного обзора.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если диапазон частот и КСВН соответствуют требованиям, указанным в Приложении А к данной методике поверки.

10. Оформление результатов поверки

По итогу поверки оформляется протокол поверки в произвольной форме.

Сведения о результатах поверки Антенны передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком, установленным действующим законодательством.

При положительной первичной поверке Антенны измеренные значения коэффициента калибровки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком, установленным действующим законодательством.

Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений выдаётся по заявлению владельца Антенны или лица, представившего её на поверку.

Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений должны быть оформлены в соответствии с действующими правовыми нормативными документами. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

Начальник отдела №52
ФБУ «Новосибирский ЦСМ»



Н.А. Малов

Приложение А
(обязательное)

Таблица А.1 – Метрологические характеристики Антенны, которые должны быть подтверждены в результате поверки

Наименование характеристики	Значение
Диапазон рабочих частот, МГц	от 100 до 2000
Коэффициент калибровки в диапазоне рабочих частот, дБ (1/м)	от 5 до 34
Коэффициент калибровки на частоте 100 МГц, дБ (1/м), не более	10
Коэффициент калибровки на частоте 300 МГц, дБ (1/м), не более	14
Коэффициент калибровки на частоте 1000 МГц, дБ (1/м), не более	26
Коэффициент калибровки на частоте 2000 МГц, дБ (1/м), не более	34
Пределы допускаемой погрешности коэффициента калибровки, дБ	± 2
КСВН антенны в диапазоне рабочих частот, не более	2,0