

**СОГЛАСОВАНО**

**Первый заместитель генерального  
директора-заместитель по научной работе  
ФГУП «ВНИИФТРИ»**



**А.Н. Щипунов**



08

2022 г.

**Государственная система обеспечения единства измерений**

**Комплекс измерительный БЭК ТУ**

**Методика поверки**

**МП 133-22-07**

р.п. Менделеево  
2022 г.

## Содержание

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ .....	4
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	6
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ .....	6
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ.....	7
6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ .....	11
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	11
8 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ .....	12
9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ .....	12
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ..	13
11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ .....	24
12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ .....	26

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее – МП) устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок комплекса измерительного БЭК ТУ (далее – комплекс), заводской № 01, изготовленного ИТПЭ РАН, г. Москва.

Прослеживаемость результатов измерений при поверке по государственной поверочной схеме для средств измерений ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 0 до 178 ГГц в соответствии с Приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3383 к государственному первичному эталону ослабления электромагнитных колебаний ГЭТ 193-2011 обеспечена.

1.2 Первичная поверка комплекса проводится при вводе его в эксплуатацию и после ремонта.

1.3 Периодическая поверка комплекса проводится в ходе его эксплуатации и хранения.

1.4 Комплекс предназначен для измерений рассеивающих свойств объектов и радиотехнических характеристик антенн.

1.5 В результате поверки комплекса должны быть подтверждены следующие требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Требования, подтверждаемые при поверке комплекса

Наименование характеристики	Значение	
Диапазон рабочих частот, ГГц	от 1 до 40	
Динамический диапазон измерений эффективной площади рассеивания <sup>1)</sup> (далее – ЭПР) объектов (для объектов с максимальной ЭПР не менее 10 м <sup>2</sup> ), дБ, не менее	50	
Остаточная ЭПР безэховой камеры за цикл измерений в диапазоне частот <sup>1)</sup> , м <sup>2</sup> , не более	от 1 до 2 ГГц	10 <sup>-4</sup>
	свыше 2 до 40 ГГц	10 <sup>-5</sup>
Пределы допускаемой относительной погрешности ЭПР мер, дБ	±0,15	
Доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений ЭПР <sup>3)</sup> объектов в максимуме диаграммы обратного рассеяния (далее – ДОР), дБ, в диапазоне частот	на согласованной поляризации	
	от 1 до 2 ГГц	±1,6
	свыше 2 до 4 ГГц	±1,3
	свыше 4 до 8 ГГц	±1,0
	свыше 8 до 18 ГГц	±1,3
	свыше 18 до 40 ГГц	±1,0
	на кроссполяризации	
	от 1 до 2 ГГц	±2,6
	свыше 2 до 4 ГГц	±2,3
	свыше 4 до 8 ГГц	±2,0
свыше 8 до 18 ГГц	±2,3	
свыше 18 до 40 ГГц	±2,0	
Доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней ДОР объектов R <sup>3)</sup> (при значении ЭПР в максимуме ДОР 1 м <sup>2</sup> ) в диапазоне частот, дБ:	на согласованной поляризации	
	от 1 до 2 ГГц	± [0,4 - 0,1R]
	от 2 до 4 ГГц	± [0,3 - 0,09R]
	от 4 до 8,2 ГГц	± [0,2 - 0,08R]
	свыше 8,2 ГГц	± [0,1 - 0,08R]
	на кроссполяризации	
от 1 до 2 ГГц	± [0,6 - 0,12R]	

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Значение
от 2 до 4 ГГц от 4 до 8,2 ГГц свыше 8,2 ГГц	$\pm [0,5 - 0,12R]$ $\pm [0,5 - 0,1R]$ $\pm [0,4 - 0,1R]$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений ЭПР локальных центров рассеяния <sup>4)</sup> объектов, дБ	$\pm 3,0$
Минимальная разрешающая способность синтезируемых радиолокационных изображений <sup>5)</sup> , не более (где $\lambda$ – длина волны на центральной частоте измерений, мм)	$2\lambda$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности определения продольной и поперечной относительных координат локальных центров рассеяния <sup>5)</sup> , мм	$\pm 50$
Диапазон измерений уровней амплитудных диаграмм направленности антенн в диапазоне частот, дБ от 1 до 2 ГГц (при коэффициенте усиления (далее – КУ) в максимуме ДН не менее 0 дБ) от 2 до 3,95 ГГц (при КУ в максимуме ДН не менее 5 дБ) от 3,95 до 8,2 ГГц (при КУ в максимуме ДН не менее 10 дБ) свыше 8,2 ГГц (при КУ в максимуме ДН не менее 15 дБ)	от 0 до минус 30 от 0 до минус 35 от 0 до минус 40 от 0 до минус 50
Доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней амплитудных диаграмм направленности антенн D <sup>3)</sup> в диапазоне частот, дБ: от 1 до 2 ГГц от 2 до 3,95 ГГц от 3,95 до 8,2 ГГц свыше 8,2 ГГц	$\pm [0,3 - 0,1D]$ $\pm [0,2 - 0,09D]$ $\pm [0,1 - 0,08D]$ $\pm [0,1 - 0,07D]$
Доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений коэффициента усиления антенн в диапазоне частот, дБ от 1,00 до 3,95 ГГц свыше 3,95 ГГц	$\pm 1,7$ $\pm 0,7$
Диапазон установки углов поворота устройства опорно-поворотного (далее – ОПУ)	$\pm 180^\circ$
Доверительные границы абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) установки приращения угла поворота ОПУ	$\pm 0,08^\circ$

Примечания:

- 1) При эффективной ширине пространственного строга в рабочей зоне не более 1 м
- 2) Здесь и далее: «градус» – обозначается «градус единицы плоского угла»
- 3) R и D выражены в децибелах относительно максимального значения диаграммы
- 4) Для измеряемой ЭПР не менее  $10^{-2} \text{ м}^2$
- 5) При полосе частот не менее 3 ГГц и угловом секторе не менее  $90^\circ$

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки комплекса должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) МП, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1 Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7

Продолжение таблицы 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) МП, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
2 Проверка программного обеспечения (далее – ПО) средства измерений	Да	Да	8
3 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	9
4 Определение метрологических характеристик средства измерений			
4.1 Определение диапазона рабочих частот	Да	Да	10.1
4.2 Определение динамического диапазона измерений ЭПР объектов и остаточной ЭПР безэховой камеры за цикл измерений	Да	Да	10.2
4.3 Определение пределов допускаемой относительной погрешности ЭПР мер	Да	Да	10.3
4.4 Определение доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений ЭПР объектов в максимумах ДОР	Да	Нет	10.4
4.5 Проверка доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений ЭПР объектов в максимумах ДОР	Нет	Да	10.5
4.6 Определение доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней ДОР объектов (при значении ЭПР в максимуме ДОР 1 м <sup>2</sup> )	Да	Нет	10.6
4.7 Проверка доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней ДОР объектов (при значении ЭПР в максимуме ДОР 1 м <sup>2</sup> )	Нет	Да	10.7
4.8 Определение минимальной разрешающей способности синтезируемых радиолокационных изображений и абсолютной погрешности определения продольной и поперечной относительных координат локальных центров рассеяния	Да	Нет	10.8
4.9 Проверка минимальной разрешающей способности синтезируемых радиолокационных изображений и абсолютной погрешности определения продольной и поперечной относительных координат локальных центров рассеяния	Нет	Да	10.9

Продолжение таблицы 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) МП, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
4.10 Определение пределов допускаемой относительной погрешности измерений ЭПР локальных центров рассеяния объектов	Да	Да	10.10
4.11 Определение диапазона измерений уровней амплитудных диаграмм направленности антенн	Да	Да	10.11
4.12 Определение доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней амплитудных диаграмм направленности антенн	Да	Да	10.12
4.13 Определение доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений коэффициента усиления антенн	Да	Нет	10.13
4.14 Проверка доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений коэффициента усиления антенн	Нет	Да	10.14
4.15 Определение диапазона установки углов поворота ОПУ и доверительных границ абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) установки приращения углов поворота ОПУ	Да	Да	10.15
5 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11

2.2 Допускается проведение поверки на меньшем числе поддиапазонов измерений по частоте, соответствующих рабочим диапазонам частот используемых анализаторов цепей векторных и антенн из состава комплекса.

### 3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки комплекса должны соблюдаться условия, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Условия проведения поверки комплекса

Наименование параметра	Значение параметра
Температура окружающего воздуха, °С	от +17 до +27
Атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	от 84 до 106,7 (от 630 до 800)
Относительная влажность окружающего воздуха, %	от 30 до 80
Напряжение сети электропитания переменного тока, В	от 198 до 242
Частота сети электропитания переменного тока, Гц	от 49 до 51

#### 4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами с высшим или средним техническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в области радиотехнических измерений и имеющими квалификационную группу электробезопасности не ниже третьей.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен ознакомиться с документом «Комплекс измерительный БЭК ТУ. Руководство по эксплуатации» (далее – РЭ).

#### 5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки комплекса должны быть применены средства измерений (далее – СИ), указанные в таблице 4.

Таблица 4 – Средства измерений, испытательное оборудование для поверки комплекса

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.9.2 Контроль условий поверки	<p>СИ температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью измерений <math>\pm 0,2</math> °С.</p> <p>СИ атмосферного давления окружающей среды в диапазоне измерений от 630 до 800 мм рт. ст. с абсолютной погрешностью <math>\pm 3</math> гПа.</p> <p>СИ относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 80 % с погрешностью <math>\pm 2</math> %.</p> <p>СИ напряжения питающей сети в диапазоне от 198 до 242 В, с относительной погрешностью <math>\pm 1</math> %.</p> <p>СИ частоты питающей сети в диапазоне от 49,5 до 50,5 Гц с абсолютной погрешностью не более 0,5 Гц.</p>	<p>Измерители влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 15500-12</p> <p>Измерители температуры цифровые Fluke серии II моделей 51, 52, 53, 54, рег. № 76835-19</p> <p>Мультиметры цифровые Testo 760, рег. № 65373-16</p> <p>Мультиметры цифровые Fluke 87V MAX, рег. № 80953-21</p>
10.1 Определение диапазона рабочих частот	Эталоны и испытательное оборудование не применяются	
10.2 Определение динамического диапазона измерений ЭПР объектов и остаточной ЭПР безэховой камеры за цикл измерений	<p>СИ температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью измерений <math>\pm 0,2</math> °С.</p> <p>СИ атмосферного давления окружающей среды в диапазоне измерений от 630 до 800 мм рт. ст. с абсолютной погрешностью <math>\pm 3</math> гПа.</p> <p>СИ относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 80 % с погрешностью <math>\pm 2</math> %.</p> <p>СИ напряжения питающей сети в диапазоне от 198 до 242 В, с относительной погрешностью <math>\pm 1</math> %.</p> <p>СИ частоты питающей сети в диапазоне от 49,5 до 50,5 Гц с абсолютной погрешностью не более 0,5 Гц.</p>	<p>Измерители влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 15500-12</p> <p>Измерители температуры цифровые Fluke серии II моделей 51, 52, 53, 54, рег. № 76835-19</p> <p>Мультиметры цифровые Testo 760, рег. № 65373-16</p> <p>Мультиметры цифровые Fluke 87V MAX, рег. № 80953-21</p>

Продолжение таблицы 4

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.3 Определение пределов допускаемой относительной погрешности ЭПР мер	СИ температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью измерений $\pm 0,2$ °С. СИ атмосферного давления окружающей среды в диапазоне измерений от 630 до 800 мм рт. ст. с абсолютной погрешностью $\pm 3$ гПа. СИ относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 80 % с погрешностью $\pm 2$ %. СИ длины в диапазоне от 0 до 400 мм с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,1$ мм.	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 15500-12 Измерители температуры цифровые Fluke серии II моделей 51, 52, 53, 54, рег. № 76835-19 Штангенциркуль ШЦЦ-II-400, рег. № 73659-18 Штангенциркуль ШЦЦ-II-400, рег. № 72189-18
10.4 Определение доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений ЭПР объектов в максимуме диаграммы обратного рассеяния	Эталоны и испытательное оборудование не применяются	
10.5 Проверка доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений ЭПР объектов в максимумах ДОР	Эталоны и испытательное оборудование не применяются	
10.6 Определение доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней ДОР объектов (при значении ЭПР в максимуме ДОР 1 м <sup>2</sup> )	Эталоны и испытательное оборудование не применяются	
10.7 Проверка доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней ДОР объектов (при значении ЭПР в максимуме ДОР 1 м <sup>2</sup> )	Эталоны и испытательное оборудование не применяются	

Продолжение таблицы 4

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
<p>10.8 Определение минимальной разрешающей способности синтезируемых радиолокационных изображений и абсолютной погрешности определения продольной и поперечной относительных координат локальных центров рассеяния</p>	<p>СИ температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью измерений <math>\pm 0,2</math> °С.                      СИ атмосферного давления окружающей среды в диапазоне измерений от 630 до 800 мм рт. ст. с абсолютной погрешностью <math>\pm 3</math> гПа.                      СИ относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 80 % с погрешностью <math>\pm 2</math> %.                      СИ напряжения питающей сети в диапазоне от 198 до 242 В, с относительной погрешностью <math>\pm 1</math> %.                      СИ частоты питающей сети в диапазоне от 49,5 до 50,5 Гц с абсолютной погрешностью не более 0,5 Гц.                      СИ длины в диапазоне от 0 до 400 мм с пределами допускаемой абсолютной погрешности <math>\pm 0,1</math> мм.</p>	<p>Измерители влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 15500-12                      Измерители температуры цифровые Fluke серии II моделей 51, 52, 53, 54, рег. № 76835-19                      Мультиметры цифровые Testo 760, рег. № 65373-16                      Мультиметры цифровые Fluke 87V MAX, рег. № 80953-21                      Штангенциркуль ШЦЦ-II-400, рег. № 73659-18                      Штангенциркуль ШЦЦ-II-400, рег. № 72189-18</p>
<p>10.9 Проверка минимальной разрешающей способности синтезируемых радиолокационных изображений и абсолютной погрешности определения продольной и поперечной относительных координат локальных центров рассеяния</p>	<p>Эталоны и испытательное оборудование не применяются</p>	
<p>10.10 Определение пределов допускаемой относительной погрешности измерений ЭПР локальных центров рассеяния объектов</p>	<p>СИ температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью измерений <math>\pm 0,2</math> °С.                      СИ атмосферного давления окружающей среды в диапазоне измерений от 630 до 800 мм рт. ст. с абсолютной погрешностью <math>\pm 3</math> гПа.                      СИ относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 80 % с погрешностью <math>\pm 2</math> %.                      СИ напряжения питающей сети в диапазоне от 198 до 242 В, с относительной погрешностью <math>\pm 1</math> %.                      СИ частоты питающей сети в диапазоне от 49,5 до 50,5 Гц с абсолютной погрешностью не более 0,5 Гц.</p>	<p>Измерители влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 15500-12                      Измерители температуры цифровые Fluke серии II моделей 51, 52, 53, 54, рег. № 76835-19                      Мультиметры цифровые Testo 760, рег. № 65373-16                      Мультиметры цифровые Fluke 87V MAX, рег. № 80953-21</p>

Продолжение таблицы 4

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.11 Определение диапазона измерений уровней амплитудных диаграмм направленности антенн	<p>СИ температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью измерений <math>\pm 0,2</math> °С.</p> <p>СИ атмосферного давления окружающей среды в диапазоне измерений от 630 до 800 мм рт. ст. с абсолютной погрешностью <math>\pm 3</math> гПа.</p> <p>СИ относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 80 % с погрешностью <math>\pm 2</math> %.</p> <p>СИ напряжения питающей сети в диапазоне от 198 до 242 В, с относительной погрешностью <math>\pm 1</math> %.</p> <p>СИ частоты питающей сети в диапазоне от 49,5 до 50,5 Гц с абсолютной погрешностью не более 0,5 Гц.</p>	<p>Измерители влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 15500-12</p> <p>Измерители температуры цифровые Fluke серии II моделей 51, 52, 53, 54, рег. № 76835-19</p> <p>Мультиметры цифровые Testo 760, рег. № 65373-16</p> <p>Мультиметры цифровые Fluke 87V MAX, рег. № 80953-21</p>
10.12 Определение доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней амплитудных диаграмм направленности антенн	<p>СИ температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью измерений <math>\pm 0,2</math> °С.</p> <p>СИ атмосферного давления окружающей среды в диапазоне измерений от 630 до 800 мм рт. ст. с абсолютной погрешностью <math>\pm 3</math> гПа.</p> <p>СИ относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 80 % с погрешностью <math>\pm 2</math> %.</p> <p>СИ напряжения питающей сети в диапазоне от 198 до 242 В, с относительной погрешностью <math>\pm 1</math> %.</p> <p>СИ частоты питающей сети в диапазоне от 49,5 до 50,5 Гц с абсолютной погрешностью не более 0,5 Гц.</p> <p>СИ коэффициента передачи от 0 до минус 65 дБ в диапазоне частот от 1 до 40 ГГц с погрешностью не более 1,0 дБ</p> <p>СИ ослабления от 0 до минус 65 дБ в диапазоне частот от 1 до 40 ГГц с погрешностью не более 3,0 дБ</p>	<p>Измерители влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 15500-12</p> <p>Измерители температуры цифровые Fluke серии II моделей 51, 52, 53, 54, рег. № 76835-19</p> <p>Мультиметры цифровые Testo 760, рег. № 65373-16</p> <p>Мультиметры цифровые Fluke 87V MAX, рег. № 80953-21</p> <p>Анализаторы электрических цепей векторные ZVA50, рег. № 48355-11</p> <p>Анализаторы цепей векторные N5235A рег. № 53568-13</p> <p>Аттенюаторы ступенчатые программируемые 84908M, рег. № 60239-15</p>
10.13 Определение доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений коэффициента усиления антенн	Эталоны и испытательное оборудование не применяются	

Продолжение таблицы 4

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.14 Проверка доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений коэффициента усиления антенн	Эталоны и испытательное оборудование не применяются	
10.15 Определение диапазона установки углов поворота ОПУ и доверительных границ абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) установки приращения углов поворота ОПУ	<p>СИ температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью измерений <math>\pm 0,2</math> °С.</p> <p>СИ атмосферного давления окружающей среды в диапазоне измерений от 630 до 800 мм рт. ст. с абсолютной погрешностью <math>\pm 3</math> гПа.</p> <p>СИ относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 80 % с погрешностью <math>\pm 2</math> %.</p> <p>СИ напряжения питающей сети в диапазоне от 198 до 242 В, с относительной погрешностью <math>\pm 1</math> %.</p> <p>СИ частоты питающей сети в диапазоне от 49,5 до 50,5 Гц с абсолютной погрешностью не более 0,5 Гц.</p> <p>СИ координат с диапазоном измерений до 10 м и абсолютной погрешностью измерений не более 50 мкм/м.</p> <p>СИ плоского угла с абсолютной погрешностью измерений в пределах <math>\pm 1'</math>.</p>	<p>Измерители влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 15500-12</p> <p>Мультиметры цифровые Testo 760, рег. № 65373-16</p> <p>Мультиметры цифровые Fluke 87V MAX, рег. № 80953-21</p> <p>Система лезерная координатно-измерительная Leica Absolute Tracker AT930, рег. № 60403-15</p> <p>Теодолит электронный 2Т5ЭН1, рег. № 46550-11</p>

5.2 Допускается использовать аналогичные средства поверки, обеспечивающих определенные метрологические характеристики поверяемого комплекса с требуемой точностью.

5.3 Средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь сведения в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

## 6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены все требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80 «ССБТ. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности», а также требования безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на составные элементы комплекса и средства поверки.

6.2 Размещение и подключение измерительных приборов разрешается производить только при выключенном питании.

## 7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра комплекса проверить:

- комплектность и маркировку комплекса;
- наружную поверхность элементов комплекса, в том числе управляющих, питающих и радиочастотных кабелей, а также целостность СВЧ-соединителей;
- состояние органов управления.

7.2 Проверку комплектности комплекса проводить сличением действительной комплектности с данными, приведенными в разделе 4 документа «Комплекс измерительный БЭК ТУ. Паспорт» (далее – ПС). Допускается замена неисправных автономных измерительных блоков, в том числе представленных средствами измерений утвержденного типа аналогичными.

7.3 Проверку маркировки производить путем внешнего осмотра и сличением с данными, приведенными в ПС.

7.4 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если:

- комплектность и маркировка комплекса соответствует ПС;
- наружная поверхность комплекса не имеет механических повреждений и других дефектов;
- управляющие, питающие и радиочастотные кабели, а также СВЧ-соединители не имеют механических и электрических повреждений;
- органы управления закреплены прочно и без перекосов, действуют плавно и обеспечивают надежную фиксацию;
- все надписи на органах управления и индикации четкие и соответствуют их функциональному назначению.

7.5 Комплекс, не удовлетворяющий требованиям п. 7.4, к поверке не допускается.

## 8 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Используя интерфейс операционной системы и ПО комплекса определить идентификационные данные (признаки), указанные в таблице 5.

8.2 Результаты идентификации ПО считать положительными, если полученные идентификационные данные (признаки) ПО соответствуют значениям, приведенным в таблице 5.

Таблица 5 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	BK_TU.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	2.1
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода) по алгоритму MD5	-

В противном случае результаты проверки соответствия ПО считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

## 9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### Подготовка к поверке

9.1.1 Проверить наличие эксплуатационной документации и сроки действия свидетельств о поверке средств поверки.

9.1.2 Подготовить средства поверки к проведению измерений в соответствии с руководствами по их эксплуатации.

### 9.2 Контроль условий поверки

9.2.1 Провести измерения температуры окружающего воздуха, относительной влажности окружающего воздуха и атмосферного давления в помещении, в котором будет выполняться поверка. Результаты измерений зафиксировать в рабочем журнале.

9.2.2 Результаты контроля условий поверки считать положительными, если значения температуры окружающего воздуха, относительной влажности окружающего воздуха и атмосферного давления в помещении, в котором будет выполняться поверка, соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.

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

### Опробование

9.3.1 Подготовить комплекс к работе в соответствии с РЭ.

9.3.2 Проверить работоспособность аппаратуры комплекса путем проверки отсутствия сообщений об ошибках и неисправностях при загрузке программного продукта «Программное обеспечение для управления и обработки данных».

9.3.3 Проверить работоспособность привода однокоординатного опорно-поворотного устройства (далее – ОПУ) при вращении объекта поверки в заданном диапазоне углов азимута;

9.3.4 Результаты проверки работоспособности считать положительными, если:

– при загрузке программного продукта **ВК\_TU.exe** сообщения об ошибках и неисправностях отсутствуют;

– привод ОПУ работоспособен.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить, комплекс бракуется и подлежит ремонту.

## 10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### 10.1 Определение диапазона рабочих частот

10.1.1 Определение диапазона рабочих частот проводить путём проверки прохождения поверки анализаторов цепей векторных (ВАЦ) С1220, С2220 и N5224В. Проверку проводить путём анализа соответствующих записей о поверке во ФГИС «АРШИН» или свидетельств о поверке на бумажном носителе. До окончания срока действия поверки должно оставаться не менее 6 месяцев.

10.1.2 Результаты считать положительными, если все или часть ВАЦ из состава комплекса поверены. Если ВАЦ N5224В не поверен, то выполняется частичная поверка комплекса в диапазоне частот от 1 до 18 ГГц.

### 10.2 Определение динамического диапазона измерений ЭПР объектов и остаточной ЭПР безэховой камеры за цикл измерений

10.2.1 Подготовить в соответствии с РЭ комплекс для работы в режиме измерений ЭПР.

10.2.2 Установить на ВАЦ параметры обзора:

- режим измерений S11 или S22;
- диапазон измерений – в соответствии с таблицей 5.1;
- шаг по частоте – не более 5 МГц;
- ширина полосы фильтра ПЧ – 1000 Гц.

Остальные параметры установить в соответствии с РЭ для действующего режима измерений.

Таблица 6 – Типы мер ЭПР, используемых для проверки динамического диапазона измерений ЭПР объектов и ЭПР безэховой камеры

Поддиапазон частот, ГГц	Тип вспомогательной антенны	Тип ВАЦ	Диапазон измерений, ГГц	Тип меры ЭПР
1,0...2,0	П6-223	С1220	0,7...4,5	Цилиндр 400
2,0...4,0	П6-223	С1220	0,7...4,5	Цилиндр 400
3,95...5,85	П6-139/1	С1220	3,5...6,5	Цилиндр 400
5,85...8,2	П6-139/2	С2220	5,2...8,7	Цилиндр 200
8,2...12,4	П6-139/3	С2220	7,5...13,0	Цилиндр 200
12,4...18,0	П6-139/4	С2220	11,0...19,0	Цилиндр 200
18,0...26,5	П6-139/5	N5224В	17,0...28,0	Цилиндр 100
26,5...40,0	П6-139/6	N5224В	25,0...42,0	Цилиндр 100

10.2.3 Зафиксировать частотную зависимость коэффициента отражения для компенсации фона  $K(nf)$ .

10.2.4 На ОПУ установить меру ЭПР из состава комплекта средств калибровки в соответствии с таблицей 6.

10.2.5 Сориентировать меру ЭПР по максимуму ДОР в направлении торца цилиндра для антенны анализируемого диапазона.

10.2.6 Зафиксировать частотную зависимость коэффициента отражения от меры ЭПР  $S(nf)$ .

10.2.7 Зафиксировать частотную зависимость коэффициента отражения остаточного фона  $F(nf)$ .

10.2.8 Выполнить процедуру стробирования сигналов в рабочем объеме с использованием СПО комплекса. Эффективную ширину строга установить не менее 1 м.

10.2.9 Рассчитать остаточную ЭПР (ЭПР безэховой камеры) в поддиапазоне частот, указанном в таблице 6 по формуле (1):

$$B_x = \operatorname{mean}_{nf} \left\{ \left| \frac{F(nf) - K'(nf)}{S(nf) - K'(nf)} \right|^2 (\sigma_m(nf)) \right\}, \quad (1)$$

где  $\operatorname{mean}_{nf} \{ \cdot \}$  – оператор арифметического усреднения по частотным отсчетам;

' – индекс выполнения стробирования сигналов;

$\sigma_m(nf) = \frac{4\pi^3 r^4}{\lambda(nf)^2}$  – частотная зависимость ЭПР используемой меры, м<sup>2</sup>;

$r$  – радиус основания цилиндра, м;

$\lambda(nf) \approx 0,3/nf$  – длина волны, м;

$nf$  – частота, ГГц.

10.2.10 Рассчитать динамический диапазон измерений ЭПР объектов в поддиапазоне частот, указанном в таблице 6, по формуле (2):

$$D_x = 10 \lg \left( \frac{\sigma_{\max}}{B_x} \right), \quad (2)$$

$\sigma_{\max} = 10$  – максимальная ЭПР испытываемого объекта равная 10 м<sup>2</sup>.

10.2.11 Результаты поверки считать положительными, если значения динамического диапазона измерений ЭПР объектов и остаточной ЭПР безэховой камеры за цикл измерений удовлетворяют приведенным в таблице 7.

Таблица 7 – Значения динамического диапазона измерений ЭПР объектов и остаточной ЭПР безэховой камеры за цикл измерений

Наименование характеристики	Значение
Динамический диапазон измерений ЭПР <sup>1)</sup> объектов (для объектов с ЭПР не менее 10 м <sup>2</sup> ), дБ, не менее	50

Продолжение таблицы 7

Наименование характеристики	Значение
Остаточная ЭПР безэховой камеры за цикл измерений в диапазоне частот <sup>1)</sup> , м <sup>2</sup> , не более	
от 1 до 2 ГГц	10 <sup>-4</sup>
свыше 2 до 4 ГГц	10 <sup>-5</sup>
свыше 4 до 8 ГГц	10 <sup>-5</sup>
свыше 8 до 18 ГГц	10 <sup>-5</sup>
свыше 18 до 40 ГГц	10 <sup>-5</sup>

### 10.3 Определение пределов допускаемой относительной погрешности ЭПР мер

10.3.1 При определении погрешности мер ЭПР (основания мер в форме цилиндров) использовать математические соотношения для расчета ЭПР на основе приближения геометрической оптики (3):

$$\sigma_M(nf) = \frac{\pi^3 d^4}{4\lambda(nf)^2}, \quad (3)$$

где  $d$  – диаметр основания цилиндра, м;

$\lambda(nf) \approx 0,3/nf$  – длина волны, м.

10.3.2 Измерить с использованием штангенциркуля диаметр каждого основания цилиндра не менее чем в 5 эквидистантно расположенных точек по его окружности.

Рассчитать погрешность ЭПР мер в соответствии с выражением (4):

$$\sigma = \pm 40 \lg \left( \frac{d_{max}}{d_{min}} \right), \quad (4)$$

где  $d_{max}$ ,  $d_{min}$  – максимальное и минимальное измеренные значения диаметров оснований цилиндра, м.

10.3.3 Результаты поверки считать положительными, если допускаемая относительная погрешность ЭПР мер находится в пределах  $\pm 0,15$  дБ.

### 10.4 Определение доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений ЭПР объектов в максимуме диаграммы обратного рассеяния

10.4.1 Расчет относительной погрешности измерений проводить для измеряемой ЭПР не менее  $10^{-2}$  м<sup>2</sup> для продолжительности цикла измерений 8 ч.

10.4.2 Относительная погрешность измерений ЭПР объектов в максимуме ДОР рассчитать в соответствии с требованиями ГОСТ 8.736-2011 на основе частных составляющих суммарной погрешности по формуле (5):

$$\Delta G = \pm 10 \lg \left( 1 + k \sqrt{\theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2 + \theta_4^2 + \theta_5^2} \right), \quad (5)$$

где  $\theta_1$  – границы частной составляющей суммарной погрешности, обусловленной погрешностью меры ЭПР  $\Delta\sigma$ , равной  $\pm 0,15$  дБ (0,04);

$\theta_2$  – границы частной составляющей суммарной погрешности, обусловленной нелинейностью амплитудной характеристики ВАЦ из технической документации на него принимается равной 0,05;

$\theta_3 = \left( 1 + 10^{\frac{(S_\phi - 10)}{20}} \right)^2 - 1$  – границы частной составляющей суммарной погрешности, обусловленной влиянием остаточного фона безэховой камеры  $S_\phi$  при измерениях отклика от меры с ЭПР равной 0,1 м<sup>2</sup> (или минус 10 дБ [отн. 1 м<sup>2</sup>]);

словленной влиянием остаточного фона безэховой камеры  $S_\phi$  при измерениях отклика от меры с ЭПР равной 0,1 м<sup>2</sup> (или минус 10 дБ [отн. 1 м<sup>2</sup>]);

$\theta_4 = \left(1 + 10^{K/20}\right)^2 - 1 = 0,21$  – границы частной составляющей суммарной погрешности, обусловленной поляризационными потерями, где уровень кроссполяризации  $K = -20$ ;

$\theta_5 = \left(1 + 10^{(S_\phi - 20)/20}\right)^2 - 1$  – границы частной составляющей суммарной погрешности, обусловленной влиянием остаточного фона безэховой камеры  $S_\phi$  при измерениях отклика от объекта с ЭПР равной  $10^{-2} \text{ м}^2$  (или минус 20 дБ [отн.  $1 \text{ м}^2$ ]);

$k$  – коэффициент для доверительной вероятности 0,95, принимаемый равным 1,1 в соответствии с п 8.4 ГОСТ Р 8.736-2011.

10.4.3 Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений ЭПР объектов в максимуме ДОР не превышают значений, приведенных в таблице 8.

Таблица 8 – Значения доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений ЭПР объектов в максимуме ДОР

Наименование характеристики	Значение
Доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений ЭПР объектов в максимуме ДОР, дБ, в диапазоне частот	
на согласованной поляризации	
от 1 до 2 ГГц	±1,6
свыше 2 до 4 ГГц	±1,3
свыше 4 до 8 ГГц	±1,0
свыше 8 до 18 ГГц	±1,3
свыше 18 до 40 ГГц	±1,0
на кроссполяризации	
от 1 до 2 ГГц	±2,6
свыше 2 до 4 ГГц	±2,3
свыше 4 до 8 ГГц	±2,0
свыше 8 до 18 ГГц	±2,3
свыше 18 до 40 ГГц	±2,0

### 10.5 Проверка доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений ЭПР объектов в максимумах диаграмм обратного рассеяния

10.5.1 Проверить результаты выполнения операций поверки, изложенных в пп.10.1-10.3.

10.5.2 Результаты поверки считать положительными, если результаты выполнения операций поверки, изложенных в пп.10.1-10.3, положительные.

### 10.6 Определение доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней ДОР объектов (при значении ЭПР в максимуме ДОР $1 \text{ м}^2$ )

10.6.1 Расчёт доверительных границ относительной погрешности измерений ДОР объектов проводить для измеряемой ЭПР в максимуме ДОР не менее  $10 \text{ м}^2$ .

10.6.2 Доверительные границы относительной погрешности измерений ДОР объектов рассчитать в соответствии с требованиями ГОСТ 8.736-2011 на основе частных составляющих суммарной погрешности по формуле (6):

$$\Delta G = \pm 10 \lg \left( 1 + k \sqrt{\theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2} \right), \quad (6)$$

где  $\theta_1 = \left(1 + 10^{\frac{(S_\phi - 10) - R}{20}}\right)^2 - 1$  – границы частной составляющей суммарной погрешности,

обусловленной остаточной ЭПР безэховой камеры  $S_\phi$  дБ[м<sup>2</sup>], где  $R$  - измеряемый уровень ДОР;

$\theta_2 = \left(1 + 10^{\frac{-[50+R]}{20}}\right)^2 - 1$  – границы частной составляющей суммарной погрешности, обусловленной наличием переотраженных сигналов в стробированном рабочем объеме;

$\theta_3 = 0,02 + 10^{\frac{-[55+R]}{10}}$  – инструментальная погрешность измерений относительных ослаблений ВАЦ;

$k$  - коэффициент для доверительной вероятности 0,95, принимаемый равным 1,1 в соответствии с п 8.4 ГОСТ Р 8.736-2011.

10.6.3 Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней ДОР объектов (при значении ЭПР в максимуме ДОР 1 м<sup>2</sup>) в рабочем диапазоне частот находятся в пределах, приведенных в таблице 9.

Таблица 9 – Значения доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней ДОР объектов  $R$  (при значении ЭПР в максимуме ДОР 1 м<sup>2</sup>)

Наименование характеристики	Значение
Доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней ДОР $R$ (при значении ЭПР в максимуме ДОР 1 м <sup>2</sup> ) в диапазоне частот, дБ:	
на согласованной поляризации	
от 1 до 2 ГГц	± [0,4 - 0,1R]
от 2 до 4 ГГц	± [0,3 - 0,09R]
от 4 до 8,2 ГГц	± [0,2 - 0,08R]
свыше 8,2 ГГц	± [0,1 - 0,08R]
на кроссполяризации	
от 1 до 2 ГГц	± [0,6 - 0,12R]
от 2 до 4 ГГц	± [0,5 - 0,12R]
от 4 до 8,2 ГГц	± [0,5 - 0,1R]
свыше 8,2 ГГц	± [0,4 - 0,1R]

**10.7 Проверка доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней ДОР объектов (при значении ЭПР в максимуме ДОР 1 м<sup>2</sup>)**

10.7.1 Проверить результаты выполнения операций поверки, изложенных в пп.10.1-10.3.

10.7.2 Результаты поверки считать положительными, если результаты выполнения операций поверки, изложенных в пп.10.1-10.3, положительные.

**10.8 Определение минимальной разрешающей способности синтезируемых радиолокационных изображений и абсолютной погрешности определения продольной и поперечной относительных координат локальных центров рассеяния**

10.8.1 Подготовить комплекс к работе в соответствии с ТД изготовителя.

10.8.2 Разместить в рабочей зоне отражателя (стержни длиной не менее  $\lambda$  на центральной частоте используемого диапазона) в соответствии с рисунком 1, расстояние контролировать штангенциркулем.

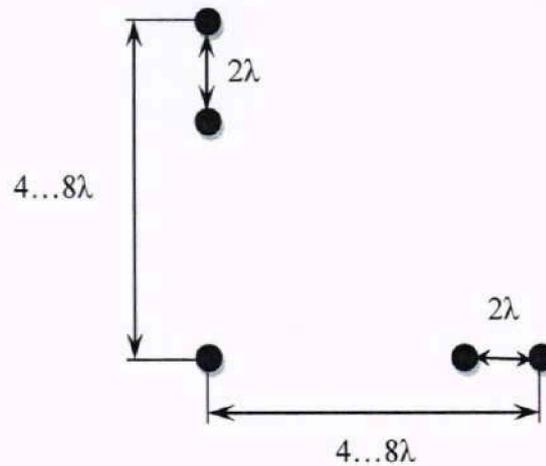


Рисунок 1 – Схема расположения отражателей

10.8.3 Измерить комплексную диаграмму обратного рассеяния миры  $S(f, \theta)$  с параметрами, приведёнными в таблице 10.

Таблица 10 – Параметры для измерений комплексной диаграммы обратного рассеяния миры

Но-мер	Начальная частота, ГГц	Конечная частота, ГГц	Количество частотных точек	Ширина полосы ФПЧ, кГц	Диапазон углов	Количество угловых точек
1	1	4	301	1	от $-90$ до $+90^\circ$	361
2	5,5	8,5	301			361
3	9	12	301			361
4	13	16	301			721
5	22	25	301			1441
6	37	40	301			1441

10.8.4 В соответствии с РЭ произвести синтез радиолокационного изображения (далее – РЛИ) миры. Программными средствами оценить разность расстояний между максимумами РЛИ соседних отражателей  $L_i$ .

10.8.5 С использованием программного обеспечения (ПО) комплекса оценить глубину провала РЛИ между соседними стержнями, расположенными в углах миры. Оценить глубину провала по формуле (7):

$$\Delta = \min \{ R_1, R_2 \} - R_{\min}, \text{ дБ}, \quad (7)$$

где  $R_1, R_2$  - уровни в максимумах РЛИ оцениваемых отражателей, дБ;

$R_{\min}$  - уровень в минимуме РЛИ между оцениваемыми отражателями, дБ.

Глубина провалов между разрешаемыми элементами РЛИ, расположенными на расстоянии  $2\lambda$  друг от друга, должна быть не менее 3,0 дБ.

10.8.6 Оценить максимальное отклонение продольных и поперечных координат отражений для соответствующих осей миры по формуле (8):

$$L_{\max} = \max (L_{\text{РЛИ}} - L_{\text{ШЦ}}), \text{ мм}, \quad (8)$$

где  $L_{\text{ШЦ}}$  - расстояние между соответствующими стержнями, расположенными на одной линии, измеренное штангенциркулем, мм.

10.8.7 Результаты поверки считать положительными, если минимальная разрешающая

способность синтезируемых радиолокационных изображений составляет не более  $2\lambda$ , а значения абсолютной погрешности определения продольной и поперечной относительных координат локальных центров рассеяния находятся в пределах  $\pm 50$  мм.

**10.9 Проверка минимальной разрешающей способности синтезируемых радиолокационных изображений и абсолютной погрешности определения продольной и поперечной относительных координат локальных центров рассеяния**

10.9.1 Проверить результаты выполнения операций поверки, изложенных в пп.10.1 и 10.15.

10.9.2 Результаты поверки считать положительными, если результаты выполнения операций поверки, изложенных в пп.10.1 и 10.15, положительные.

**10.10 Определение пределов допускаемой относительной погрешности измерений ЭПР локальных центров рассеяния объектов**

10.10.1 Подготовить комплекс к работе в соответствии с ТД изготовителя.

10.10.2 Разместить в рабочей зоне меру ЭПР в виде цилиндра в соответствии с рисунком 2.



Рисунок 2 - К оценке погрешности измерений локальной ЭПР

10.10.3 Измерить комплексную диаграмму обратного рассеяния меры  $S(f, \theta)$  с параметрами, приведёнными в измерения в соответствии таблицей 11.

Таблица 11 – Параметры для измерений комплексной диаграммы обратного рассеяния меры

Но- мер	Начальная частота, ГГц	Конечная частота, ГГц	Количество частотных точек $N$	Ширина ФПЧ, кГц	Диапазон уг- лов	Количество угловых то- чек $M$
1	1	4	301	1	от $-45$ до $+45^\circ$	361
2	5,5	8,5	301	1		361
3	9	12	301	1		361
4	13	16	301	1		721
5	22	25	301	1		1441
6	37	40	301	1		1441

10.10.4 В соответствии с РО программы «ВК\_TU.exe» произвести синтез РЛИ.

10.10.5 Средствами СПО вычислить ЭПР локального центра  $\sigma_{рли}$ .

10.10.6 Оценить погрешность измерений ЭПР локального центра рассеяния по формуле (9):

$$\Delta_{\sigma} = \pm 10 \lg \left( 1 + k \sqrt{\theta_1^2 + (10^{0,1\Delta\sigma})^2} \right), \quad (9)$$

где  $\theta_1 = \frac{10^{-0,1\sigma_{\text{max}}}}{M \cdot N} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |s(\theta_m, f_n)|^2$  - границы частной составляющей погрешности ЭПР локального центра обусловленной математической обработкой;

$\Delta\sigma$  - погрешность измерений ЭПР объектов в максимумах ДОР;

$k$  - коэффициент для доверительной вероятности 0,95, принимаемый равным 1,1 в соответствии с п 8.4 ГОСТ Р 8.736-2011.

10.10.7 Результаты поверки считать положительными, если значения пределов допускаемой относительной погрешности измерений ЭПР локальных центров рассеяния находятся в пределах  $\pm 3,0$  дБ.

### 10.11 Определение диапазона измерений уровней амплитудных диаграмм направленности антенн

10.11.1 Подготовить комплекс к работе в соответствии с ТД изготовителя.

10.11.2 Разместить в рабочей зоне антенну из состава комплекта средств калибровки в соответствии с таблицей 12.

10.11.3 Подключить антенны к векторным анализаторам цепей в соответствии с конфигурациями, указанными в таблице 12. Ширину фильтра промежуточной частоты установить равной 1 кГц, количество точек установить не менее 401.

Таблица 12 – Схема подключений антенн к ВАЦ

Но-мер	Антенна на стойке	Антенна на ОПУ	ВАЦ	Начальная частота, ГГц	Конечная частота, ГГц
1	П6-223	П6-421	C1220	1,0	3,95
2	П6-223	П1-139/1	C1220	3,95	5,85
3	П6-223	П1-139/2	C1220	5,85	8,2
4	П6-127/М	П1-139/3	C2220	8,2	12,4
5	П6-127М	П1-139/4	C2220	12,4	18,0
6	П6-139/5	П1-139/5	N5224В	18,0	26,5
7	П6-139/6	П1-139/6	N5224В	26,5	40,0

10.11.4 Используя меню ВАЦ в соответствии с Руководством пользователя выполнить нормализацию измеряемого коэффициента передачи.

10.11.5 Разомкнуть радиочастотный тракт, подключить к освободившимся разъёмам согласованные нагрузки или аттенюаторы коаксиальные с ослаблением не менее 20 дБ.

10.11.6 Используя меню ВАЦ в соответствии с Руководством пользователя установить сглаживание частотной зависимости (параметр «Smoothing») со значением апертуры не более 5 %.

10.11.7 Зафиксировать частотную зависимость измеряемого коэффициента передачи  $S_N(nf)$  в децибелах.

Рассчитать динамический диапазон измерений уровней ДН по формуле (10):

$$R = -\min \{ S_N(nf) - G(nf) + G_{\text{МИН}} \} - 3$$

где  $G(nf)$  - частотная зависимость коэффициента усиления используемой антенны согласно таблице 8, дБ;

$G_{\text{мин}}$  - установленный минимальный коэффициент усиления измеряемой антенны, равный в диапазоне частот, дБ:

от 1 до 2 ГГц	0
от 2 до 4 ГГц	5
от 4 до 8,2 ГГц	10
свыше 8,2 ГГц	15.

10.11.8 Результаты поверки считать положительными, если динамический диапазон измерений уровней амплитудных диаграмм направленности антенн составляет в диапазоне частот:

от 1 до 2 ГГц (при КУ в максимуме ДН не менее 0 дБ)	от 0 до минус 30
от 2 до 3,95 ГГц (при КУ в максимуме ДН не менее 5 дБ)	от 0 до минус 35
от 3,95 до 8,2 ГГц (при КУ в максимуме ДН не менее 10 дБ)	от 0 до минус 40
свыше 8,2 ГГц (при КУ в максимуме ДН не менее 15 дБ)	от 0 до минус 50.

### 10.12 Определение доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней амплитудных диаграмм направленности антенн

10.12.1 Подготовить анализатор электрических цепей векторный (ВАЦ) ZVA50 для работы в соответствии с РЭ.

10.12.2 Подключить с использованием фазостабильных кабельных сборок аттенюатор ступенчатый программируемый 84908М к измерительным портам ВАЦ.

Установить параметры обзора:

- режим измерений  $S_{12}$  (или  $S_{21}$ );
- диапазон частот от 1,0 до 40,0 ГГц;
- шаг по частоте 100 МГц (не более);
- выходная мощность 0 дБ (отн. 1 мВт);
- ширина полосы фильтра ПЧ 100 Гц.

10.12.3 Зафиксировать измеряемый коэффициент передачи  $K_{\text{xdB}}(nf)$ , поочередно, для ослаблений программируемого аттенюатора  $\text{xdB}$  от 0 до 50 дБ с шагом 5 дБ.

10.12.4 Подготовить комплекс к работе в соответствии с ТД изготовителя.

10.12.5 Разместить в рабочей зоне антенну из состава комплекта средств калибровки в соответствии с таблицей 12.

10.12.6 Подключить антенны к векторным анализаторам цепей в соответствии с конфигурациями, указанными в таблице 12. В радиочастотный тракт включить аттенюатор ступенчатый программируемый 84908М.

Установить на ВАЦ параметры обзора:

- режим измерений  $S_{12}$  (или  $S_{21}$ );
- диапазон частот – в соответствии с табл. 12;
- шаг по частоте – не более 100 МГц;
- выходная мощность – не менее 0 дБ (отн. 1 мВт);
- ширина полосы фильтра ПЧ – 100 Гц.

Остальные параметры установить в соответствии с РЭ для соответствующего режима измерений.

10.12.7 Зафиксировать измеряемый коэффициент передачи  $S_{\text{xdB}}(nf)$  поочередно для ослаблений программируемого аттенюатора  $\text{xdB}$  от 0 до 50 дБ с шагом 5 дБ.

10.12.8 Рассчитать отклонение результатов измерений [дБ] измерений уровней амплитудных диаграмм направленности по формуле (11):

$$\delta S_{\text{xdB}}(nf) = \pm \left[ S_{\text{xdB}}(nf) - S_{0\text{dB}}(nf) \right] - \left[ K_{\text{xdB}}(nf) - K_{0\text{dB}}(nf) \right]. \quad (11)$$

10.9.9 Рассчитать погрешностью измерений относительных уровней АДН как средние значения в диапазоне частот модулей измеренных отклонений по формуле (12):

$$\delta_{xdB} = \frac{1}{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} |\delta S_{xdB}(nf)|. \quad (12)$$

10.12.10 Определение погрешностей измерений АДН выполнять с учетом их инструментальных погрешностей и методической погрешности из-за источников переотражений в соответствии с требованиями ГОСТ 8.736-2011.

Рассчитать составляющую погрешности измерений, обусловленную инструментальной погрешностью  $\delta_{xdB}$  [дБ] для заданного уровня по формуле (13):

$$\theta_{и} = 10^{0,1\delta} - 1. \quad (13)$$

10.12.11 Рассчитать составляющую погрешности измерений из-за наличия остаточных переотражений в безэховой камере после выполнения математической обработки по формуле (14):

$$\theta_{уоп} = (1 + 10^{-0,05(L-уоп)})^2 - 1, \quad (14)$$

где  $L$  - измеряемый уровень ДН, дБ;

УОП – уровень остаточных переотражений, дБ, принимаемый равным в диапазоне частот, дБ:

от 1 до 2 ГГц	минус 40
от 2 до 3,95 ГГц	минус 45
от 3,95 до 8,2 ГГц	минус 50
свыше 8,2 ГГц	минус 60.

10.12.12 Рассчитать доверительные границы ( $p = 0,95$ ) случайной составляющей погрешности, обусловленной влиянием собственных шумов измерительной системы, по формуле (15):

$$\varepsilon = (1 + 10^{-0,05(L+R)})^2 - 1, \quad (15)$$

где  $R = 60$  – динамический диапазон измерений ДН, полученный в п. 10.11, дБ.

10.12.13 Рассчитать доверительные границы (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений уровней АДН (при доверительной вероятности 0,95) в диапазоне частот по формуле (16):

$$\delta_{лин} = \frac{\varepsilon + \theta_{и} + \theta_{уоп}}{\varepsilon/1,96 + \frac{1}{\sqrt{3}}(\theta_{и} + \theta_{уоп})} \sqrt{\frac{1}{3}(\theta_{и} + \theta_{уоп})^2 + \frac{\varepsilon^2}{3,84}}. \quad (16)$$

Рассчитать пределы допускаемой погрешности измерений уровней АДН в логарифмический масштаб по формуле (17):

$$\delta_{лог} = \pm 10 \lg(1 + \delta_{лин}). \quad (17)$$

10.12.14 Результаты поверки считать положительными, если доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней амплитудных диаграмм направленности антенн находятся в пределах (D – уровень АДН в децибелах):

от 1 до 2 ГГц	$\pm [0,3 - 0,1D]$
от 2 до 3,95 ГГц	$\pm [0,2 - 0,09D]$
от 3,95 до 8,2 ГГц	$\pm [0,1 - 0,08D]$
свыше 8,2 ГГц	$\pm [0,1 - 0,07D]$

### 10.13 Определение доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений коэффициента усиления антенн

10.13.1 Погрешность измерений коэффициента усиления  $\Delta G(nf)$  рассчитать на основе частных составляющих суммарной погрешности по формуле (18):

$$\Delta G = \pm 10 \lg \left( 1 + k \sqrt{\theta_{\Sigma}^2 + \theta_{И}^2 + \theta_{УОП}^2 + \theta_{П}^2 + \theta_{Р}^2 + \theta_{Ю}^2} \right), \quad (18)$$

где  $\theta_{\Sigma}$  - составляющая суммарной погрешности, обусловленная погрешностью коэффициента усиления эталонной антенны, принимаемая равной 0,4 (1,5 дБ) в диапазоне частот от 1 до 3,95 ГГц исходя из описания типа на антенну широкополосную измерительную рупорную Пб-421 и 0,07 (0,3 дБ) в диапазоне частот свыше 3,95 ГГц исходя из описания типа на рабочие эталоны для поверки измерительных антенн П1-139/1, П1-139/2, П1-139/3, П1-139/4, П1-139/5, П1-139/6;

$\theta_{И}$  - составляющая суммарной погрешности, обусловленная инструментальной погрешностью измерения амплитуды [дБ], определяемая в п. 10.12 для ослабления аттенюатора 10 дБ, вычисляется по формуле (10.3.7):

$\theta_{УОП}$  - составляющая суммарной погрешности, обусловленная наличием остаточных переотражений в безэховой камере после выполнения математической обработки, вычисляемая по формуле (13) для значения  $L = 0$ ;

$\theta_{П}$  - составляющая суммарной погрешности, обусловленная поляризационными потерями, принимается равной 0,01;

$\theta_{Р}$  - составляющая суммарной погрешности, обусловленная рассогласованием трактов принимается равной 0,04, для КСВН антенн не более 1,5;

$\theta_{Ю}$  - составляющая суммарной погрешности, обусловленная неидеальной юстировкой антенн и другими факторами, принимаются равными 0,05;

$k$  - коэффициент для доверительной вероятности 0,95, принимаемый равным 1,1 в соответствии с п 8.4 ГОСТ Р 8.736-2011.

10.13.2 Результаты поверки считать положительными, если доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений коэффициента усиления антенн в диапазоне частот находятся в пределах:

от 1 до 3,95 ГГц	$\pm 1,7$
свыше 3,95 ГГц	$\pm 0,7$

### 10.14 Проверка доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений коэффициента усиления антенн

10.14.1 Проверить результаты выполнения операций поверки, изложенных в пп.10.1 и 10.13.

10.14.2 Результаты поверки считать положительными, если результаты выполнения операций поверки, изложенных в пп.10.1 и 10.13, положительные.

### **10.15 Определение диапазона установки углов поворота ОПУ и доверительных границ абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) установки приращення углов поворота ОПУ**

10.15.1 Определение диапазона установки угла поворота ОПУ проводят с помощью системы лазерной координатно-измерительной Leica Absolute Tracker AT930 (далее – трекера) в соответствии с её руководством по эксплуатации. Определение действительных значений углов поворота осуществляется с использованием программных средств трекера.

10.15.2 Используя интерфейс программы управления и обработки задать вращение ОПУ в диапазоне углов  $\pm 180^\circ$ . Убедиться, что ОПУ обеспечивает полный оборот.

10.15.3 Определение погрешности установки приращення углов поворота ОПУ проводить с помощью трекера в соответствии с его руководством по эксплуатации. Определение действительных значений углов поворота осуществляется с использованием программных средств трекера.

10.15.4 Установить на краю опорной площадки ОПУ уголкового отражателя (УО) из состава трекера. Расстояние от УО до оси вращения ОПУ должно составлять не менее 0,2 м.

10.15.5 Установить ОПУ в положение по углу «0°00'».

10.15.6 Вращая ОПУ по азимуту с шагом 20 градусов, для каждого углового положения зафиксировать показания трекера. При пропадании сигнала от УО повернуть его отражающей частью в сторону трекера.

10.15.7 Для каждого углового положения вычислить с учетом знака абсолютную погрешность установки угла поворота ОПУ по формуле (19):

$$\Delta\alpha = \alpha_c - \alpha_m, \quad (19)$$

где  $\alpha_c$  - угол, установленный в программе, в градусах;

$\alpha_m$  - угол, измеренный трекером, в градусах;

$n$  - количество полных оборотов.

10.15.8 Повторить операции по пп. 10.15.7-10.15.8 два раза.

10.15.9 Для каждого углового положения вычислить значение абсолютной погрешности установки приращення угла поворота ОПУ по азимуту.

10.15.10 Результаты поверки считать положительными, если диапазон установки углов поворота ОПУ составляет  $\pm 180^\circ$  и значения доверительных границ абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) установки приращення углов поворота ОПУ находятся в пределах  $\pm 0,08^\circ$ .

## **11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ**

11.1 Определение диапазона рабочих частот

Результаты поверки считать положительными, если все или часть ВАЦ из состава комплекса поверены. Если ВАЦ N5224В не поверен, то выполняется частичная поверка комплекса в диапазоне частот от 1 до 18 ГГц.

11.2 Определение динамического диапазона измерений ЭПР объектов и остаточной ЭПР безэховой камеры за цикл измерений

Результаты поверки считать положительными, если значения динамического диапазона измерений ЭПР объектов и остаточной ЭПР безэховой камеры за цикл измерений удовлетворяют приведенным в таблице 8.

11.3 Определение пределов допускаемой относительной погрешности ЭПР мер

Результаты поверки считать положительными, если значения допускаемой погрешности ЭПР мер находятся в пределах  $\pm 0,15$  дБ.

11.4 Определение доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений ЭПР объектов в максимумах диаграммы обратного рассеяния

Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений ЭПР объектов в максимумах диаграммы обратного рассеяния не превышают значений, приведенных в таблице 9.

11.5 Проверка доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений ЭПР объектов в максимуме диаграммы обратного рассеяния

Результаты поверки считать положительными, если результаты выполнения операций поверки, изложенных в пп.10.1-10.3, положительные.

11.6 Определение доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней ДОР объектов (при значении ЭПР в максимуме ДОР 1 м<sup>2</sup>)

Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней ДОР объектов (при значении ЭПР в максимуме ДОР 1 м<sup>2</sup>) в рабочем диапазоне частот находятся в пределах, приведенных в таблице 10.

11.7 Проверка доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней ДОР объектов (при значении ЭПР в максимуме ДОР 1 м<sup>2</sup>)

Результаты поверки считать положительными, если результаты выполнения операций поверки, изложенных в пп.10.1-10.3, положительные.

11.8 Определение минимальной разрешающей способности синтезируемых радиолокационных изображений и абсолютной погрешности определения продольной и поперечной относительных координат локальных центров рассеяния

Результаты поверки считать положительными, если минимальная разрешающая способность синтезируемых радиолокационных изображений составляет не более  $2\lambda$ , а значения абсолютной погрешности определения продольной и поперечной относительных координат локальных центров рассеяния находятся в пределах  $\pm 50$  мм.

11.9 Проверка минимальной разрешающей способности синтезируемых радиолокационных изображений и абсолютной погрешности определения продольной и поперечной относительных координат локальных центров рассеяния

Результаты поверки считать положительными, если результаты выполнения операций поверки, изложенных в пп.10.1 и 10.15, положительные.

11.10 Определение пределов допускаемой погрешности измерений ЭПР локальных центров рассеяния

Результаты поверки считать положительными, если значение пределов допускаемой погрешности измерений ЭПР локальных центров рассеяния находится в пределах  $\pm 3,0$  дБ.

11.11 Определение диапазона измерений уровней амплитудных диаграмм направленности антенн

Результаты поверки считать положительными, если динамический диапазон измерений уровней диаграмм направленности антенн составляет в диапазоне частот:

от 1 до 2 ГГц (при КУ в максимуме ДН не менее 0 дБ)	от 0 до минус 30
от 2 до 3,95 ГГц (при КУ в максимуме ДН не менее 5 дБ)	от 0 до минус 35
от 3,95 до 8,2 ГГц (при КУ в максимуме ДН не менее 10 дБ)	от 0 до минус 40
свыше 8,2 ГГц (при КУ в максимуме ДН не менее 15 дБ)	от 0 до минус 50.

11.12 Определение доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней амплитудных диаграмм направленности антенн

Результаты поверки считать положительными, если доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений уровней амплитудных диаграмм направленности антенн находятся в пределах (D – уровень АДН в децибелах):

от 1 до 2 ГГц	$\pm [0,3 - 0,1D]$
от 2 до 3,95 ГГц	$\pm [0,2 - 0,09D]$
от 3,95 до 8,2 ГГц	$\pm [0,1 - 0,08D]$
свыше 8,2 ГГц	$\pm [0,1 - 0,07D].$

11.13 Определение доверительных границ погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений коэффициента усиления антенн

Результаты поверки считать положительными, если доверительные границы погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений коэффициента усиления антенн в диапазоне частот находятся в пределах:

от 1 до 3,95 ГГц	$\pm 1,7$
свыше 3,95 ГГц	$\pm 0,7$

11.14 Проверка доверительных границ погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений коэффициента усиления антенн

11.15 Определение диапазона установки углов поворота ОПУ и погрешности установки приращения углов поворота

Результаты поверки считать положительными, если диапазон установки углов поворота ОПУ составляет  $\pm 180^\circ$  и значения абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) установки приращения угла поворота находятся в пределах  $\pm 0,08^\circ$ .

## 12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Комплекс признается годным, если в ходе поверки все результаты поверки положительные.

12.2 Результаты поверки комплекса подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца комплекса или лица, представившего его на поверку, на комплекс наносится знак поверки, и (или) выдается свидетельство о поверке комплекса, и (или) в паспорт комплекса вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению комплекса.

Начальник НИО-1  
ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник лаборатории 134  
ФГУП «ВНИИФТРИ»



О.В. Каминский



М.А. Озеров