

СОГЛАСОВАНО

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

А.Н. Щипунов



II 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
Комплекс автоматизированный измерительно-вычислительный
ПАВУ.411734.003

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 134-24-04

р.п. Менделеево
2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	5
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	6
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫМ ПОВЕРКУ	7
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ.....	7
6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	9
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	9
8 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	9
9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	10
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ..	10
11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	22
12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	23

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на комплекс автоматизированный измерительно-вычислительный ПАВУ.411734.003 (заводской № 21406) (далее – комплекс), изготовленный акционерным обществом «Научно-технический центр промышленных технологий и аэронавигационных систем» (АО «НТЦ Промтехаэро»), г. Москва, и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

1.2 Первичной поверке подлежит комплекс до ввода в эксплуатацию и после ремонта. Периодической поверке подлежит комплекс, находящийся в эксплуатации и на хранении.

1.3 При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемого комплекса к Государственному первичному эталону единицы ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 0 до 178 ГГц (ГЭТ 193-2011) в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений ослабления напряжения постоянного тока и электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 20 Гц до 178,4 ГГц, утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3383 и к Государственному первичному эталону единицы волнового сопротивления в коаксиальных волноводах ГЭТ 75-2023 в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений волнового сопротивления, комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0 до 67 ГГц, утвержденной Приказом Росстандарта от 16 августа 2023 г. № 1678.

1.4 Поверка комплекса может осуществляться только аккредитованным на проведение поверки в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации лицом в соответствии с его областью аккредитации.

1.5 При проведении поверки необходимо руководствоваться настоящей методикой и эксплуатационной документацией на комплекс и на используемое при поверке оборудование. Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений.

1.6 Комплекс предназначен для измерений радиотехнических характеристик антенных устройств и систем.

1.7 В результате поверки комплекса должны быть подтверждены следующие метрологические характеристики, приведенные в таблицах 1.1-1.6.

Таблица 1.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон рабочих частот, ГГц	от 8,2 до 18,0
Диапазоны рабочих частот для антенн-облучателей, ГГц: – облучатель FD-8-12 – облучатель FD-18-18	от 8,2 до 12,4 от 12,4 до 18,0
Максимальный размер рабочей зоны (диаметр), м	0,75
Неравномерность амплитудного распределения электромагнитного поля, дБ, не более	1,8
Неравномерность фазового распределения электромагнитного поля, °, не более	15,0
Относительный уровень кроссполяризационной составляющей электромагнитного поля, дБ, не более	-25
Доверительные границы (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений коэффициента усиления (КУ) антенн ²⁾ , дБ	
при КСВН не более 1,2	±0,9
при КСВН не более 1,5	±1,0
при КСВН не более 2,0	±1,2

Продолжение таблицы 1.1

Примечания:

- 1) – при измерениях амплитудного и фазового распределений антенной с коэффициентом усиления не более 10 дБ;
- 2) – при отлинии КУ антенн не более 30 дБ, отношении сигнал шум не менее 40 дБ.

Таблица 1.2 – Доверительные границы (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений уровней амплитудных диаграмм направленности (АДН) и фазовых диаграмм направленности (ФДН) в диапазоне частот от 8,2 до 12,4 ГГц (облучатель FD-8-12)

Уровень АДН, дБ	± 30		$\pm(30\dots40)$		$\pm(40\dots60)$		$\pm(60\dots90)$	
	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °
-5	$\pm 0,6$	$\pm 4,1$	-	-	-	-	-	-
-10	$\pm 0,9$	$\pm 6,3$	$\pm 0,6$	$\pm 4,1$	-	-	-	-
-15	$\pm 1,5$	$\pm 10,7$	$\pm 1,0$	$\pm 7,0$	$\pm 0,6$	$\pm 4,1$	$\pm 0,5$	$\pm 3,4$
-20	$\pm 2,3$	$\pm 16,9$	$\pm 1,4$	$\pm 10,0$	$\pm 0,7$	$\pm 4,8$	$\pm 0,6$	$\pm 4,1$
-25	$\pm 3,6$	$\pm 27,2$	$\pm 2,1$	$\pm 15,3$	$\pm 1,0$	$\pm 7,0$	$\pm 0,8$	$\pm 5,6$
-30	-	-	$\pm 3,3$	$\pm 24,9$	$\pm 1,4$	$\pm 10,0$	$\pm 1,1$	$\pm 7,7$
-35	-	-	-	-	$\pm 2,1$	$\pm 15,3$	$\pm 1,6$	$\pm 11,5$
-40	-	-	-	-	$\pm 3,2$	$\pm 24,1$	$\pm 2,4$	$\pm 17,7$
-45	-	-	-	-	$\pm 4,8$	$\pm 36,5$	$\pm 3,5$	$\pm 26,4$
для антенн с размерами апертуры от 500 до 750 мм ^{1,2)}								
Уровень АДН, дБ	± 25		$\pm(25\dots35)$		$\pm(35\dots50)$		$\pm(50\dots90)$	
-5	$\pm 0,4$	$\pm 2,7$	-	-	-	-	-	-
-10	$\pm 0,7$	$\pm 4,8$	$\pm 0,5$	$\pm 3,4$	-	-	-	-
-15	$\pm 1,1$	$\pm 7,7$	$\pm 0,8$	$\pm 5,6$	$\pm 0,5$	$\pm 3,4$	$\pm 0,5$	$\pm 3,4$
-20	$\pm 1,6$	$\pm 11,5$	$\pm 1,0$	$\pm 7,0$	$\pm 0,6$	$\pm 4,1$	$\pm 0,6$	$\pm 4,1$
-25	$\pm 2,6$	$\pm 19,3$	$\pm 1,6$	$\pm 11,5$	$\pm 0,9$	$\pm 6,3$	$\pm 0,8$	$\pm 5,6$
-30	$\pm 3,9$	$\pm 29,6$	$\pm 2,4$	$\pm 17,7$	$\pm 1,2$	$\pm 8,5$	$\pm 1,0$	$\pm 7,0$
-35	-	-	$\pm 3,7$	$\pm 28,0$	$\pm 1,8$	$\pm 13,0$	$\pm 1,5$	$\pm 10,7$
-40	-	-	-	-	$\pm 2,7$	$\pm 20,1$	$\pm 2,1$	$\pm 15,3$
-45	-	-	-	-	$\pm 4,1$	$\pm 31,2$	$\pm 3,3$	$\pm 24,9$
-50	-	-	-	-	-	-	$\pm 4,9$	$\pm 37,2$

Примечания:

- 1) – для отношения сигнала шум в максимуме измеряемой ДН не менее 60 дБ;
- 2) – среднее геометрическое значение габаритов апертуры.

Таблица 1.3 – Доверительные границы (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений уровней АДН и ФДН в диапазоне частот от 12,4 до 18,0 ГГц (облучатель FD-12-18)

Уровень АДН, дБ	± 25		$\pm(25\dots40)$		$\pm(40\dots60)$		$\pm(60\dots90)$	
	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °
-5	$\pm 0,6$	$\pm 4,1$	-	-	-	-	-	-
-10	$\pm 0,9$	$\pm 6,3$	$\pm 0,7$	$\pm 4,8$	-	-	-	-

Продолжение таблицы 1.3

Уровень АДН, дБ	±25		±(25...40)		±(40...60)		±(60...90)	
	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °
-15	±1,5	±10,7	±1,0	±7,0	±0,5	±3,4	±0,5	±3,4
-20	±2,3	±16,9	±1,5	±10,7	±0,7	±4,8	±0,5	±3,4
-25	±3,6	±27,2	±2,4	±17,7	±0,9	±6,3	±0,7	±4,8
-30	-	-	±3,6	±27,2	±1,3	±9,2	±0,9	±6,3
-35	-	-	-	-	±1,9	±13,8	±1,3	±9,2
-40	-	-	-	-	±2,9	±21,7	±1,8	±13,0
-45	-	-	-	-	±4,5	±34,2	±2,8	±20,9
-50	-	-	-	-	-	-	±4,1	±31,2

для антенн с размерами апертуры от 500 до 750 мм ^{1,2)}								
Уровень АДН, дБ	±25		±(25...40)		±(40...50)		±(50...90)	
	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °
-5	±0,4	±2,7	-	-	-	-	-	-
-10	±0,7	±4,8	±0,4	±2,7	-	-	-	-
-15	±1,0	±7,0	±0,6	±4,1	±0,5	±3,4	±0,4	±2,7
-20	±1,5	±10,7	±0,8	±5,6	±0,5	±3,4	±0,5	±3,4
-25	±2,4	±17,7	±1,1	±7,7	±0,7	±4,8	±0,6	±4,1
-30	±3,6	±27,2	±1,6	±11,5	±0,9	±6,3	±0,7	±4,8
-35	-	-	±2,5	±18,5	±1,3	±9,2	±1,0	±7,0
-40	-	-	±3,7	±28,0	±1,8	±13,0	±1,3	±9,2
-45	-	-	-	-	±2,8	±20,9	±1,8	±13,0
-50	-	-	-	-	±4,1	±31,2	±2,7	±20,1

Примечания:

1) – для отношения сигнал шум в максимуме измеряемой ДН не менее 60 дБ;

2) – среднее геометрическое значение габаритов апертуры.

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) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первой поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	8
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	9
Определение диапазона рабочих частот	Да	Да	10.1

Продолжение таблицы 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение размера рабочей зоны, неравномерности амплитудного и фазового распределений, относительного уровня кроссполяризационной составляющей электромагнитного поля в пределах рабочей зоны	Да	Да	10.2
Определение динамического диапазона измерений амплитудных диаграмм направленности (АДН)	Да	Да	10.3
Определение доверительных границ (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений коэффициента усиления (КУ) антенн	Да	Нет	10.4
	Нет	Да	10.5
Определение доверительных границ (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений уровней АДН и фазовых диаграмм направленности (ФДН)	Да	Нет	10.6
	Нет	Да	10.7
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 облучателей радиоколлиматора из состава комплекса.

2.3 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций, приведенных в таблице 2, поверка прекращается, и комплекс признается непригодным к применению.

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
Параметры электропитания от сети переменного тока: – напряжение, В – частота, Гц	от 198 до 242 от 49 до 51
Условия эксплуатации: – температура окружающего воздуха, °С – относительная влажность окружающего воздуха при температуре 20 °С, %, не более – атмосферное давление, кПа	от +18 до +22 70 от 86 до 106,7

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами с высшим техническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в области радиотехнических измерений, имеющими опыт работы в области антенных измерений не менее 3-х лет и квалификационную группу электробезопасности не ниже третьей.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с документом «Комплекс автоматизированный измерительно-вычислительный ПАВУ.411734.003. 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) и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 4.

Таблица 4 – Средства измерений и вспомогательное 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
9.2 Контроль условий поверки	<p>СИ температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 °C до +25 °C с абсолютной погрешностью измерений $\pm 0,2$ °C.</p> <p>СИ атмосферного давления окружающей среды в диапазоне измерений от 630 до 800 мм рт. ст. с абсолютной погрешностью ± 3 гПа.</p> <p>СИ относительной влажности воздуха в диапазоне от 30% до 80 % с погрешностью ± 2 %.</p> <p>СИ напряжения питающей сети в диапазоне от 198 до 242 В, с относительной погрешностью ± 1 %.</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 760-2, рег. № 65373-16*.</p> <p>Мультиметры цифровые Fluke 87V MAX, рег. № 80953-21*.</p>
10.2 Определение размера рабочей зоны, неравномерности амплитудного и фазового распределений, относительного уровня кроссполяризационной составляющей электромагнитного поля в пределах рабочей зоны	<p>СИ расстояний абсолютным дальномером в диапазоне измерений от 1 до 60 м, диапазон измерений горизонтальных углов ± 360 °, диапазон измерений вертикальных углов ± 145 °.</p> <p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения расстояний с применением интерферометра ± 10 мкм/м, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения горизонтальных и вертикальных углов $\pm (15 + 6L)$ мкм, где L измеряемая длина в метрах.</p>	Система лазерная координатно-измерительная Leica Absolute Tracker AT930, рег. № 78939-20* (далее - лазерный трекер AT930).

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>Вспомогательное оборудование с диапазоном перемещений по линейной оси не менее 0,75 м.</p> <p>Вспомогательное оборудование с диапазоном частот от 8,2 до 12,4 ГГц.</p> <p>Вспомогательное оборудование с диапазоном частот от 12,4 до 18,0 ГГц.</p>	<p>Вспомогательное оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"> – сканер линейный; – зонды на основе открытого конца волновода: <ul style="list-style-type: none"> с Антенна-зонд WR-90 или антенна-зонд сечением волновода 23×10 мм; с Антенна-зонд WR-62 или антенна-зонд сечением волновода 16×8 мм.
10.3 Определение динамического диапазона измерений АДН	СИ для измерения плотности потока энергии электромагнитного поля с коэффициентом усиления 18 дБ, не менее, в диапазоне частот от 8,2 до 18,0 ГГц.	
10.4, 10.5 Определение доверительных границ (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений КУ антенн	<p>СИ коэффициента передачи от 0 до минус 60 дБ в диапазоне частот от 7 до 40 ГГц с погрешностью не более 1,0 дБ.</p> <p>СИ ослабления от 0 до минус 60 дБ в диапазоне частот от 7 до 40 ГГц с погрешностью не более 1,6 дБ.</p>	<p>Анализатор электрических цепей векторный ZVA50, рег. № 48355-11* .</p> <p>Аттенюатор ступенчатый программируемый 84908М, рег. № 60239-15* (далее – аттенюатор)</p>

* – рег. № – регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – ФИФ ОЕИ).

5.2 Допускается использовать аналогичные средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик поверяемого комплекса с требуемой точностью.

5.3 Средства измерений (эталоны) должны быть исправны, поверены и иметь актуальные сведения о пригодности в ФИФ ОЕИ.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) 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 Перемещение и подключение измерительных приборов разрешается производить только при выключенном питании.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра комплекса проверить:

- комплектность, маркировку и пломбировку комплекса путем сличения с данными, приведенными в документе «Комплекс автоматизированный измерительно-вычислительный ПАВУ.411734.003. Паспорт» (далее – ПС). Допускается замена неисправных автономных измерительных блоков, в том числе представленных аналогичными средствами измерений утвержденного типа;
- отсутствие видимых механических повреждений составных частей комплекса, влияющих на его нормальную работу;
- состояние лакокрасочных покрытий и четкость маркировок;
- наружную поверхность элементов комплекса, в том числе управляющих и питающих;
- наличие радиопоглощающих материалов на поворотных устройствах и стенах помещения в зонах зеркальных переотражений;
- состояние органов управления.

7.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если:

- комплектность и маркировка комплекса соответствуют ПС;
- составные части комплекса не имеют механических и электрических повреждений, влияющих на их нормальную работу;
- управляющие и питающие кабели не имеют механических и электрических повреждений;
- отражающие элементы вблизи рабочей зоны комплекса укрыты радиопоглощающими материалами;
- отсутствуют повреждения лакокрасочных покрытий, маркировки четкие;
- все надписи на органах управления и индикации четкие и соответствуют их функциональному назначению.

7.3 Комплекс, не удовлетворяющий требованиям п. 7.2, к поверке не допускается.

8 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Включить персональные компьютеры (далее – ПК), для этого:

- на блоке источника бесперебойного питания начать кнопку ВКЛ;
- нажать на системном блоке ПК кнопку включения;
- включить монитор.

После загрузки операционной системы WINDOWS 10 на экране монитора ПК наблюдать иконки программ «RL-beam-DA», «RL-beam-DTV».

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	RL-beam-DA	RL-beam-DTV
Номер версии (идентификационный номер) ПО	2.4.0.0	2.0.146.714
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	-	-

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

9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Подготовка к поверке

9.1.1 Проверить наличие эксплуатационной документации и сроки действия свидетельств о поверке СИ, используемых при поверке.

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, параметров электропитания сети 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, параметров электропитания сети и атмосферного давления в помещении, в котором будет выполняться поверка, соответствуют значениям, приведенным в таблице 3.

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

9.3 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 программных продуктов ПО «RL-beam-DA» и «RL-beam-DTV».

9.3.3 Проверить работоспособность приводов позиционера антенного (далее – позиционера).

9.3.4 Результаты проверки работоспособности считать положительными, если:

– при загрузке программных продуктов «RL-beam-DA» и «RL-beam-DTV» сообщения об ошибках и неисправностях отсутствуют;

– все приводы позиционера работоспособны.

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 Проверить наличие актуальных данных о поверке анализатора цепей векторного из состава Комплекса (далее – ВАЦ), П1-139/3 и П1-139/4 в ФИФ ОЕИ.

10.1.2 Определение диапазона рабочих частот проводить одновременно с определением размера рабочей зоны, неравномерности амплитудного и фазового распределений (АФР), относительного уровня кроссполяризационной составляющей электромагнитного поля в

пределах рабочей зоны (п. 10.2).

10.1.2 Результаты поверки считать положительными, если:

- в ФИФ ОЕИ присутствуют актуальные данные о поверке ВАЦ, П1-139/3 и П1-139/4;
- в диапазоне рабочих частот от 8,2 до 18,0 в рабочей зоне коллиматора, диаметром 0,75 м, характеристики АФР соответствуют значениям, указанным в таблице 7.

10.2 Определение размера рабочей зоны, неравномерности амплитудного и фазового распределений, относительного уровня кроссполяризационной составляющей электромагнитного поля в пределах рабочей зоны

10.2.1 Установить линейный сканер на ОПУ и подготовить его к работе.

10.2.2 Установить на сканер зонд для приёма электромагнитного поля в частотном диапазоне, согласованном с частотным диапазоном используемого облучателя радиоколлиматора, на ОПУ и подготовить его к работе. Типы антенн-зондов, используемых при измерениях, выбирать в соответствии с таблицей 6.

Измерения проводить поочерёдно в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

10.2.3 На подвижную каретку линейного сканера установить уголковый отражатель (УО) из состава лазерного трекера АТ930, измерительный блок установить внутри безэховой камеры со стороны зеркала коллиматора.

Примечание: измерения параметров нелинейности траектории перемещения каретки сканера допускается проводить отдельно от измерений АФР.

10.2.4 Записать траекторию движения УО при перемещении каретки сканера поочерёдно в вертикальной и горизонтальной плоскостях в диапазонах перемещения зонда. При помощи программного обеспечения лазерного трекера АТ930 рассчитать отклонение траектории УО вдоль направления распространения рассеянного зеркалом коллиматора ЭМП относительно линейного тренда траектории УО от координат каретки $\Delta l(x_i)$ (где $\Delta l(x_i) < 0$ при смещении каретки в направлении зеркала коллиматора (рисунок 1).

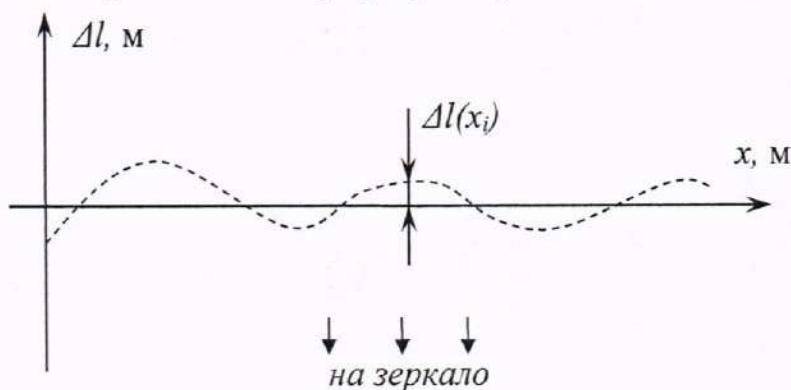


Рисунок 1 – К расчету отклонения траектории каретки сканера (УО)

10.2.5 Сконфигурировать радиочастотный тракт для измерений АФР поля радиоколлиматора в выбранном частотном поддиапазоне.

10.2.6 Установить параметры сканирования, указанные в таблице 6.

Измерения проводить в рабочей зоне, ограниченной диаметром 0,75 м, в горизонтальном и вертикальном сечениях, проходящих через её центр. Количество измеряемых частот должно быть не менее 3 для каждого облучателя радиоколлиматора (включая крайние частоты поддиапазона). В качестве зондовых антенн использовать открытые концы волноводов (далее – ОКВ).

Таблица 6 – Параметры сканирования при измерениях

Поддиапазон частот, ГГц	Тип облучателя	Тип антенны-зонда	Шаг перемещения, мм, не более
от 8,2 до 12,4	ТМО 8.2-12.4	ОКВ 23×10 мм	12
от 12,0 до 18,0	ТМО 12.0-18.0	ОКВ 16×8 мм	8

10.2.7 Путём размыкания радиочастотного тракта убедиться, что отношение сигнал/шум на согласованной поляризации ЭМП составляет не менее 60 дБ. При невыполнении указанного условия изменить параметры обзора ВАЦ и/или установить в радиочастотный тракт малошумящий усилитель, повторить проверку отношения сигнал/шум.

10.2.8 Выполнить измерения зависимостей амплитуды $A'(x)$ и фазы $\Phi'(x)$ измеряемого коэффициента передачи на вертикальной и горизонтальной поляризациях, в горизонтальном и вертикальном сечениях, проходящих через центр рабочей зоны радиоколлиматора, на согласованной поляризации и кроссполяризации. Измерения проводить в произвольном порядке для всех частотных поддиапазонов из таблицы 6.

10.2.9 Обработку результатов измерений проводить с использованием программ Microsoft Excel, MatLab, Mathcad или других математических программных продуктов.

Исключить из измеренного фазового распределения линейное отклонение, обусловленное неперпендикулярностью установки направляющей рельсы сканера направлению распространения ЭМП. Для этого аппроксимировать измеренную зависимость фазы $\Phi'(x_i)$ линейной функцией $\Phi_{лин}(x_i)$ методом наименьших квадратов (рисунок 2).

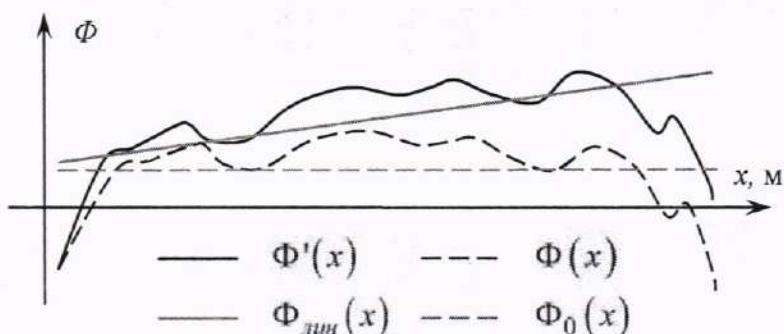


Рисунок 2 - К расчету фазового распределения

10.2.10 Рассчитать фазовое распределение ЭМП по формуле (1):

$$\Phi(x_i) = \Phi'(x_i) - \Phi_{лин}(x_i) - \frac{360}{\lambda} \Delta l(x_i), \quad (1)$$

где λ – длина волны ЭМП, м;

$\Phi'(x_i), \Phi_{лин}(x_i), \Phi(x_i)$ – относительные фазы, градус.

10.2.11 Аппроксимировать зависимость $\Phi(x_i)$ линейной функцией $\Phi_0(x_i)$ методом наименьших квадратов.

10.2.12 Построить полученные пространственные распределения амплитуды $A_j(x_i)$, фазы $\Phi_j(x_i)$ и кроссполяризации $K_j(x_i)$. Исключить из полученных распределений 5 % значений, имеющих наибольшее отклонение от среднего значения. Определить максимальную неравномерность амплитуды ΔA и фазы $\Delta\Phi$ на согласованной поляризации в каждом диапазоне частот по следующим формулам (2-4):

$$\Delta A = \max_j \left(\max_i A_j(x_i) - \min_i A_j(x_i) \right), \quad (2)$$

$$\Delta\Phi = \max_j \left(\max_i \Phi_j(x_i) - \min_i \Phi_j(x_i) \right), \quad (3)$$

где $A_j(x_i)$ – амплитуда ЭМП в i -й точке пространства для j -го сечения, дБ;

$\Phi_j(x_i)$ – фаза ЭМП в i -й точке пространства для j -го сечения, градус;

а также максимальный уровень кроссполяризации

$$K_j = \max_j \left(K_j(x_i) - \max_i A_j(x_i) \right). \quad (4)$$

10.2.13 Результаты поверки считать положительными, если в рабочей зоне коллиматора, ограниченной диаметром 0,75 м, характеристики АФР соответствуют значениям, указанным в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристики ЭМП в рабочей зоне для разных облучателей

Неравномерность А и Ф, относительный уровень К в пределах рабочей зоны, не более			
Диапазон частот, ГГц	A, дБ	$\Phi, {}^\circ$	K, дБ
от 8,2 до 12,4 (антенна-облучатель FD-8-12)	1,8	15,0	-25
от 12,4 до 18,0 (антенна-облучатель FD-12-18)			

10.3 Определение динамического диапазона измерений АДН

10.3.1 Измерения выполнять для комбинаций облучателей и антенн измерительных из состава комплекса, указанных в таблице 8.

10.3.2 На ОПУ установить антенну согласно таблице 8. Подключить вход антенн к измерительному тракту. Поляризацию антенну установить согласованной с поляризацией поля коллиматора, а ось симметрии совместить с горизонтальной плоскостью и направить на центр зеркала коллиматора.

Таблица 8 – Параметры измерений при определении динамического диапазона

Поддиапазон частот, ГГц	Тип облучателя	Тип антенны измерительной	Шаг по частоте, МГц, не более
от 8,2 до 12,4	FD-8-12	П1-139/3	20
от 12,4 до 18,0	FD-12-18	П1-139/4	20

10.3.3 ВАЦ установить в режим измерений коэффициента передачи (S_{21} или S_{12}) со

следующими параметрами:

- диапазон частот и шаг по частоте – в соответствии с табл. 8;
- выходная мощность ВАЦ – максимальная, обеспечивающая режим работы приёмного тракта без компрессии;
- ширина полосы фильтра ПЧ (IF Bandwidht) – 1 кГц;
- усреднения сигнала – отсутствуют.

10.3.4 Зафиксировать измеряемый коэффициент передачи $K_{AHT}(f)$, дБ.

10.3.5 Отключить кабельную сборку приемного измерительного порта ВАЦ и установить на ее место согласованную нагрузку. Зафиксировать измеряемый коэффициент передачи $K_{ШУМ}(f)$, дБ.

Установить режим сглаживания трассы «Smoothing» со значением апертуры от 3 % до 5 %.

10.3.6 Динамический диапазон измерений амплитудных ДН антенных устройств рассчитать по формуле (5):

$$D_{AHT}(f) = K_{AHT}(f) - K_{ШУМ}(f) - 3, \text{ дБ.} \quad (5)$$

10.3.7 Провести измерения пп. 10.3.2 - 10.3.6 поочерёдно для всех облучателей согласно таблице 8.

10.3.8 Результаты поверки считать положительными, если динамический диапазон измерений АДН для всех измерительных каналов составляет не менее 60 дБ.

10.4 Определение доверительных границ (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений КУ антенн

10.4.1 Определение инструментальной погрешности измерений КУ и амплитудных ДН антенных устройств

10.4.1.1 Измерения выполнять для комбинаций облучателей и антенн измерительных, указанных в таблице 8.

10.4.1.2 На ОПУ установить антенну П6-139/3. Подключить вход антенны к измерительному тракту. Поляризацию антенну установить согласованной с поляризацией поля коллиматора, а ось симметрии совместить с горизонтальной плоскостью и направить на центр зеркала коллиматора.

Подключить аттенюатор в приёмную часть СВЧ тракта комплекса до первого каскада усиления (при наличии).

10.4.1.3 ВАЦ ZVA50 установить в режим измерений коэффициента передачи (S_{21} или S_{12}) со следующими параметрами:

- диапазон частот и шаг по частоте – в соответствии с таблицей 8;
- выходная мощность ВАЦ ZVA50 – максимальная, обеспечивающая режим работы приёмного тракта без компрессии;
- ширина полосы фильтра ПЧ (IF Bandwidht) – 100 Гц.

10.4.1.4 Провести измерения коэффициента передачи $A_{dB}(f)$ в диапазоне ослаблений х аттенюатора от 0 до 50 дБ с шагом 10 дБ. Результаты зафиксировать в виде файлов с табличными данными.

10.4.1.5 Повторить операции пп. 10.4.1.2 – 10.4.1.4 для П6-139/4.

10.4.1.6 Подключить аттенюатор к ВАЦ ZVA50 с использованием фазостабильных кабельных сборок длиной не более 2 м каждая. Установить следующие параметры измерений:

- диапазон частот и шаг по частоте – аналогично п. 10.4.1.3;
- выходная мощность ВАЦ ZVA50 – максимальная, обеспечивающая режим работы приёмного канала с уровнем компрессии не более 0,05 дБ (уровень компрессии проверяется

путём записи измеряемой «трассы» при заданном уровне мощности передатчика в память и сравнении её текущей «трассой» при уровне мощности, уменьшенном на 5 дБ);

– ширина полосы фильтра ПЧ (IF Bandwidht) – 100 Гц.

Примечание: измерения параметров аттенюатора допускается проводить отдельно от измерений нелинейности амплитудной характеристики комплекса.

10.4.1.7 Установить на аттенюаторе ослабление 0 дБ, выполнить нормализацию шкалы ВАЦ ZVA50 по измеряемой «трассе». Далее, установить на аттенюаторе ослабление 65 дБ, отключить один из кабелей от аттенюатора.

В случае, если измеряемый коэффициент передачи при разомкнутом тракте составляет не более минус 80 дБ, то подключить кабельную сборку к аттенюатору и перейти к выполнению следующего пункта. В противном случае, добиться обеспечения требуемого значения динамического диапазона путём уменьшения ширины полосы фильтра ПЧ или увеличения количества усреднений.

10.4.1.8 Провести измерения коэффициента передачи $B_{x_{dB}}(f)$ в диапазоне ослаблений x аттенюатора от 0 до 50 дБ с шагом 10 дБ. Результаты зафиксировать в виде файлов с табличными данными.

10.4.1.9 Рассчитать модуль инструментальной погрешности измерений КУ и АДН в децибелах в диапазоне частот по формуле (6):

$$C_{x_{dB}}(f) = \left| [A_{x_{dB}}(f) - A_{0_{dB}}(f)] - [B_{x_{dB}}(f) - B_{0_{dB}}(f)] \right|. \quad (6)$$

10.4.1.10 За результирующую погрешность измерений принять среднее арифметическое значение модуля погрешности $C_{x_{dB}}(f)$ в диапазоне частот для каждого уровня АДН (ослабления аттенюатора со знаком «минус»). Полученные значения не должны превышать указанных в таблице 9, в противном случае результат поверки считать отрицательным.

Таблица 9 – Модуль инструментальной погрешности измерений КУ и АДН, усреднённый в диапазоне частот

Уровень АДН, дБ (минус x дБ)	Модуль инструментальной погрешности измерений КУ и АДН $C_{x_{dB}}$
-10	0,10
-20	0,20
-30	0,30
-40	0,40
-50	0,50

10.4.2 Расчёт составляющей погрешности из-за неравномерности поля радиоколлиматора

10.4.2.1 В качестве исходных данных о характеристиках поверяемых антенн использовать модель антennы со следующими характеристиками:

– КУ исследуемой антennы измеряется в максимуме ДН антennы;
– «косинусным на пьедестале» (размер пьедестала 0,5) распределением амплитуды и равномерным распределением фазы ЭМП вдоль апертуры (8):

$$E_M(x_i) = \sqrt{0,5 \cos\left(\frac{\pi x_i}{l} - \frac{\pi}{2}\right)} + 0,5, \quad (8)$$

где l – протяженность апертуры, м.

Протяженность апертуры исследуемой антennы изменять в пределах от 0,15 до 0,75 м с

шагом не более 100 мм.

Выполнить преобразование Фурье от идеального пространственного распределения ЭМП, что позволит перейти к его угловому распределению – диаграмме направленности (9):

$$D_M(\varphi_i) = \text{DFT}^{+1} \left\{ \frac{E_M(x_i)}{\sum_i E_M(x_i)} \right\}, \quad (9)$$

$$\varphi_i = \left| \arcsin \left(\lambda \frac{i - 0,5I}{I \cdot \Delta x} \right) \right|, \quad (10)$$

где – $\text{DFT}^{+1}\{\cdot\}$ символ прямого дискретного преобразования Фурье,

φ_i – полярный угол, градус;

i и I – номер пространственного отсчёта и их общее количество, соответственно;

Δx – шаг между пространственными отсчётами, м.

10.4.2.2 Выполнить преобразование Фурье от «реального» пространственного распределения ЭМП, определяемого как поэлементное произведение модели $E_M(x_i)$ и соответствующего её размерам отрезка измеренного сечения амплитудно-фазового распределения $E_0(x_i)$, по формуле (11):

$$D(\varphi_i) = \text{DFT}^{+1} \left\{ \frac{E_M(x_i) E_0(x_i)}{\sum_i E_M(x_i)} \right\} \quad (11)$$

$$E_0(x_i) = 10^{A(x_i)/20} \exp \left[\sqrt{-1} \pi \Phi(x_i) / 180 \right]$$

10.4.2.3 Рассчитать погрешность из-за неравномерности амплитудно-фазового распределения ЭМП как отношение максимумов диаграмм направленности «реального» $D(\varphi_i)$ и идеального $D_M(\varphi_i)$ АФР измеряемой антенны, приведённых к максимумам диаграммы направленности «реального» и идеального АФР эталонной антенны. При этом в качестве эталонной антенны принимаются результаты вычислений на отрезке сечения АФР, длина которого соответствует длине апертуры (из двух габаритов принимать наименьшее значение) эталонной антенны для соответствующего диапазона частот. Расчёты выполнять по формуле (12).

$$\delta E = \sqrt{\frac{\max_i |D(\varphi_i)| \cdot \max_i |D_M^{\mathcal{A}}(\varphi_i)|}{\max_i |D^{\mathcal{A}}(\varphi_i)| \cdot \max_i |D_M(\varphi_i)|}} - 1. \quad (12)$$

10.4.2.4 Повторить вычисления пп. 4.7.2.1-4.7.2.3 для вертикального и горизонтального сечений измеренного распределения амплитуды и фазы в рабочей зоне $A(y_i)$ и $\Phi(y_i)$ на каждой частоте.

10.4.2.5 В качестве итогового значения δE принять максимальное значение среди всех сечений и частот.

10.4.3 Расчёт суммарной погрешности измерений

10.4.3.1 Определение доверительных границ (при доверительной вероятности 0,95)

погрешности измерений КУ проводить в соответствии с ГОСТ 8.736-2011 на основе частных составляющих суммарной погрешности по формуле (13):

$$\delta G = \pm 10 \lg \left(1 + 1,1 \sqrt{\theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2 + \theta_4^2 + \theta_5^2} \right), \quad (13)$$

где $\theta_1 = 10^{0,1\Delta G} - 1$ – границы частной составляющей суммарной погрешности, обусловленной погрешностью КУ используемых эталонных антенн, определяемой из описания типа СИ рабочие эталоны для поверки измерительных антенн П1-139/х (Госреестр СИ № 79452-20), равная 0,07;

$\theta_2 = 10^{0,1C_{20dB}} - 1$ – границы частной составляющей суммарной погрешности, обусловленной инструментальной погрешностью C_{20dB} [дБ], определяемой из таблицы 8 для уровня минус 20 дБ;

$\theta_3 = \partial E$ – границы частной составляющей суммарной погрешности, обусловленной неравномерностью амплитудно-фазового распределения ЭМП в пределах апертур эталонной и измеряемой антенн, определяемой в п.4.7.2;

$\theta_4 = \left(\frac{KCBH - 1}{KCBH + 1} \right)^2$ – границы частной составляющей суммарной погрешности, обусловленной рассогласованием СВЧ тракта эталонной антенны (где КСВН принимается равным 1,2, 1,5 и 2,0);

θ_5 – границы частной составляющей суммарной погрешности, обусловленной неточной юстировкой и другими факторами, принимаются равными 0,05.

10.4.3.2 Результаты поверки считать положительными, если доверительные границы (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений КУ в диапазоне частот, находятся в пределах, приведенных в таблице 10.

Таблица 10 – Доверительные границы (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений КУ

Доверительные границы (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений коэффициента усиления (КУ) антенн, дБ	
при КСВН не более 1,2	±0,9
при КСВН не более 1,5	±1,0
при КСВН не более 2,0	±1,2

10.5 Определение доверительных границ (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений КУ антенн

10.5.1 Определить инструментальную погрешность измерений КУ в соответствии с методикой, изложенной в п. 10.4.1.

10.5.2 Определить суммарную погрешность по формуле (14):

$$\delta G = \pm 10 \lg \left(1 + 1,1 \sqrt{\theta_2^2 + S} \right), \quad (14)$$

где $\theta_2 = 10^{0,1C_{20dB}} - 1$ – границы частной составляющей суммарной погрешности,

обусловленной инструментальной погрешностью C_{20dB} [дБ], определяемой из табл. 9 для уровня минус 20 дБ;

S – слагаемое, равное сумме квадратов остальных составляющих погрешности и принимаемое равным 0,042, 0,054 и 0,081 для значений КСВН 1,2, 1,5 и 2,0, соответственно.

10.5.3 Результаты периодической поверки считать положительными, если доверительные границы (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений КУ в диапазоне частот, находятся в пределах, приведенных в таблице 10.

10.6 Определение доверительных границ (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений уровней АДН и ФДН

10.6.1 Выполнить прямое дискретное преобразование Фурье от измеренного распределения амплитуды и фазы в рабочей зоне $A(x_n)$ и $\Phi(x_n)$ для получения углового спектра излучения радиоколлиматора в секторе действительных углов (15):

$$\begin{aligned} M(\varphi_n) &= DFT^{+1}\{E_O(x_n)\} \\ \varphi_n &= \left| \arcsin \left(\lambda \frac{n-0,5N}{N \cdot \Delta x} \right) \right|, \end{aligned} \quad (15)$$

где $n = 0 \dots N-1$ - номер дискретного отсчета;

N – общее число отсчетов;

$A(x_n)$ и $\Phi(x_n)$ – измеренные распределения амплитуды и фазы, дополненные нулевыми отсчетами до необходимой размерности.

10.6.2 Рассчитать угловой спектр используемой оконной функции вида «косинус на пьедестале», выполняющей функцию модельного распределения амплитуды и фазы в рабочей зоне (16):

$$W(\varphi_n) = DFT^{+1}\{E_M(x_n)\}. \quad (16)$$

10.6.3 Выполнить нормировку к максимальным значениям каждого углового спектра $M(\varphi_n)$ и $W(\varphi_n)$.

10.6.4 Угловой спектр помех радиоколлиматора рассчитать по формуле (17):

$$B(\varphi_n) = 20 \lg |0,5(B_B(\varphi_n) + B_\Gamma(\varphi_n))|; \quad (17)$$

$$\text{где } B_B(\varphi_n) = M_B(\varphi_n) - W(\varphi_n) + 10^{-9};$$

$$B_\Gamma(\varphi_n) = M_\Gamma(\varphi_n) - W(\varphi_n) + 10^{-9};$$

где $M_B(\varphi_n)$, $M_\Gamma(\varphi_n)$ – нормированные угловые спектры для вертикального и горизонтального сечений соответственно.

10.6.5 Усреднить арифметически амплитуды распределений, полученных в ортогональных сечениях $B = \max_n \{B^1(\varphi_n)\}$, в заданных угловых секторах.

10.6.6 Повторить вычисления угловых спектров помех пп. 10.6.2-10.6.5 для всех частот и поляризаций. В качестве итоговых принять максимальные значения в выбранных секторах в

каждом частотном поддиапазоне.

10.6.7 Рассчитать значения систематических погрешностей измерений отношений уровней сигналов, обусловленных нелинейностью амплитудной характеристики C_{dB} [дБ] и определяемых в п. 10.4.1.9, по формуле (18) для уровней $x = 10, 20 \dots 50$ дБ:

$$\theta_H = 10^{0.1C_{\text{dB}}} - 1. \quad (18)$$

Рассчитать систематическую погрешность измерений из-за наличия помеховых сигналов по формуле (19):

$$\theta_{KB} = \left[1 + 10^{-0.05(L-B)} \right]^2 - 1, \quad (19)$$

где L – измеряемый уровень диаграммы, дБ;

B – максимальный уровень помех для выбранного сектора углов, определённый в п. 10.6.6.

Рассчитать доверительные границы ($p = 0,95$) случайной погрешности, обусловленной влиянием собственных шумов измерительной системы, по формуле (20):

$$\varepsilon = \left(1 + 10^{-0.05(L+SNR)} \right)^2 - 1, \quad (20)$$

где $SNR = 60$ – отношение сигнал/шум в направлении максимума ДН, дБ.

10.6.8 Погрешность измерений уровней амплитудной ДН (в линейном масштабе) рассчитать по формуле (21):

$$\delta_{\text{лии}} = \frac{\varepsilon + \theta_H + \theta_{KB}}{\varepsilon/2,56 + \frac{1}{\sqrt{3}}(\theta_H + \theta_{KB})} \sqrt{\frac{1}{3}(\theta_H + \theta_{KB})^2 + \frac{\varepsilon^2}{6,56}}. \quad (21)$$

Рассчитать пределы допускаемой погрешности измерений уровней амплитудной ДН в логарифмический масштаб по формуле (22):

$$\delta_{\text{лог}} = \pm 10 \lg(1 + \delta_{\text{лии}}). \quad (22)$$

Пределы допускаемой погрешности измерений уровней фазовой ДН рассчитать по формуле (23):

$$\delta_{\phi} = \pm a \tan(\delta_{\text{лии}}). \quad (23)$$

10.6.9 Результаты первичной поверки считать положительными, если значения доверительных границ (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений уровней

МП 134-24-04 «ГСИ. «Комплекс автоматизированный измерительно-вычислительный ПАВУ.411734.003. Методика поверки»

АДН и ФДН в диапазонах частот от 8,2 до 12,4 ГГц и от 12,4 до 18,0 ГГц находятся в пределах, приведенных в таблицах 11 - 12.

Таблица 11 – Доверительные границы (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений уровней амплитудных диаграмм направленности (АДН) и фазовых диаграмм направленности (ФДН) в диапазоне частот от 8,2 до 12,4 ГГц (облучатель FD-8-12)

Уровень АДН, дБ	Доверительные границы (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений для антенн с размерами апертуры от 150 до 500 мм ^{1,2)} в секторе углов							
	±30	±(30...40)	±(40...60)	±(60...90)	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °
-5	±0,6	±4,1	-	-	-	-	-	-
-10	±0,9	±6,3	±0,6	±4,1	-	-	-	-
-15	±1,5	±10,7	±1,0	±7,0	±0,6	±4,1	±0,5	±3,4
-20	±2,3	±16,9	±1,4	±10,0	±0,7	±4,8	±0,6	±4,1
-25	±3,6	±27,2	±2,1	±15,3	±1,0	±7,0	±0,8	±5,6
-30	-	-	±3,3	±24,9	±1,4	±10,0	±1,1	±7,7
-35	-	-	-	-	±2,1	±15,3	±1,6	±11,5
-40	-	-	-	-	±3,2	±24,1	±2,4	±17,7
-45	-	-	-	-	±4,8	±36,5	±3,5	±26,4
для антенн с размерами апертуры от 500 до 750 мм ^{1,2)}								
Уровень АДН, дБ	±25	±(25...35)	±(35...50)	±(50...90)				
-5	±0,4	±2,7	-	-	-	-	-	-
-10	±0,7	±4,8	±0,5	±3,4	-	-	-	-
-15	±1,1	±7,7	±0,8	±5,6	±0,5	±3,4	±0,5	±3,4
-20	±1,6	±11,5	±1,0	±7,0	±0,6	±4,1	±0,6	±4,1
-25	±2,6	±19,3	±1,6	±11,5	±0,9	±6,3	±0,8	±5,6
-30	±3,9	±29,6	±2,4	±17,7	±1,2	±8,5	±1,0	±7,0
-35	-	-	±3,7	±28,0	±1,8	±13,0	±1,5	±10,7
-40	-	-	-	-	±2,7	±20,1	±2,1	±15,3
-45	-	-	-	-	±4,1	±31,2	±3,3	±24,9
-50	-	-	-	-	-	-	±4,9	±37,2
Примечания:								
1) – для отношения сигнал шум в максимуме измеряемой ДН не менее 60 дБ;								
2) – среднее геометрическое значение габаритов апертуры.								

Таблица 12 – Доверительные границы (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений уровней АДН и ФДН в диапазоне частот от 12,4 до 18,0 ГГц (облучатель FD-12-18)

Уровень АДН, дБ	Доверительные границы (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений для антенн с размерами апертуры от 150 до 500 мм ^{1,2)} в секторе углов							
	±25	±(25...40)	±(40...60)	±(60...90)	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °
-5	±0,6	±4,1	-	-	-	-	-	-
-10	±0,9	±6,3	±0,7	±4,8	-	-	-	-
-15	±1,5	±10,7	±1,0	±7,0	±0,5	±3,4	±0,5	±3,4
-20	±2,3	±16,9	±1,5	±10,7	±0,7	±4,8	±0,5	±3,4
-25	±3,6	±27,2	±2,4	±17,7	±0,9	±6,3	±0,7	±4,8
-30	-	-	±3,6	±27,2	±1,3	±9,2	±0,9	±6,3
-35	-	-	-	-	±1,9	±13,8	±1,3	±9,2
-40	-	-	-	-	±2,9	±21,7	±1,8	±13,0

Продолжение таблицы 12

Уровень АДН, дБ	±25		±(25...40)		±(40...60)		±(60...90)	
	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °
-45	-	-	-	-	±4,5	±34,2	±2,8	±20,9
-50	-	-	-	-	-	-	±4,1	±31,2
для антенн с размерами апертуры от 500 до 750 мм ^{1,2)}								
Уровень АДН, дБ	±25		±(25...40)		±(40...50)		±(50...90)	
	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °	АДН, дБ	ФДН, °
-5	±0,4	±2,7	-	-	-	-	-	-
-10	±0,7	±4,8	±0,4	±2,7	-	-	-	-
-15	±1,0	±7,0	±0,6	±4,1	±0,5	±3,4	±0,4	±2,7
-20	±1,5	±10,7	±0,8	±5,6	±0,5	±3,4	±0,5	±3,4
-25	±2,4	±17,7	±1,1	±7,7	±0,7	±4,8	±0,6	±4,1
-30	±3,6	±27,2	±1,6	±11,5	±0,9	±6,3	±0,7	±4,8
-35	-	-	±2,5	±18,5	±1,3	±9,2	±1,0	±7,0
-40	-	-	±3,7	±28,0	±1,8	±13,0	±1,3	±9,2
-45	-	-	-	-	±2,8	±20,9	±1,8	±13,0
-50	-	-	-	-	±4,1	±31,2	±2,7	±20,1
Примечания:								
1) – для отношения сигнал шум в максимуме измеряемой ДН не менее 60 дБ;								
2) – среднее геометрическое значение габаритов апертуры								

10.7 Определение доверительных границ (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений уровней АДН и ФДН

10.7.1 Проверить результаты выполнения операций поверки, изложенных в пп. 10.2, 10.3 и 10.5.

10.7.2 Результаты поверки считать положительными, если результаты выполнения операций поверки, изложенных в пп. 10.2, 10.3 и 10.5 положительные.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Диапазон рабочих частот определить по п. 10.1.

Определение диапазона рабочих частот проводить одновременно с определением размера рабочей зоны, неравномерности амплитудного и фазового распределений, относительного уровня кроссполяризационной составляющей электромагнитного поля в пределах рабочей зоны (п. 10.2).

Результаты поверки считать положительными, если:

- в ФИФ ОЕИ присутствуют актуальные данные о поверке ВАЦ, П1-139/3 и П1-139/4;
- в диапазоне рабочих частот от 8,2 до 18,0 в рабочей зоне коллиматора, диаметром 0,75 м, характеристики АФР соответствуют значениям, указанным в таблице 7.

11.2 Определить размер рабочей зоны, неравномерность амплитудного и фазового распределений, относительный уровень кроссполяризационной составляющей электромагнитного поля в пределах рабочей зоны по п. 10.2.

Результаты поверки считать положительными, если в рабочей зоне коллиматора, диаметром 0,75 м, характеристики АФР соответствуют значениям, указанным в таблице 7.

11.3 Определить динамический диапазон измерений АДН по п. 10.3.

Результаты поверки считать положительными, если динамический диапазон измерений АДН для всех измерительных каналов составляет не менее 60 дБ.

11.4 Определить доверительные границы (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений КУ антенн по п. 10.4.

Результаты первичной поверки считать положительными, если доверительные границы (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений КУ в диапазоне частот, находятся в пределах, приведенных в таблице 10.

11.5 Определить доверительные границы (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений КУ антенн по п.10.5.

Результаты периодической поверки считать положительными, если погрешность измерений КУ измерительных антенн находятся в пределах, приведенных в таблице 10.

11.6 Определить доверительные границы (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений уровней АДН и ФДН по п.10.6.

Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений уровней АДН и ФДН в диапазонах частот от 8,2 до 12,4 ГГц и от 12,4 до 18,0 ГГц находятся в пределах, приведенных в таблицах 11 - 12.

11.7 Определить доверительные границы (при доверительной вероятности 0,95) погрешности измерений уровней АДН и ФДН по п. 10.7.

Результаты поверки считать положительными, если результаты выполнения операций поверки, изложенных в пп.10.2, 10.3 и 10.5 положительные.

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»

Заместитель начальника НИО-1
ФГУП «ВНИИФТРИ»

О.В. Каминский

А.В. Титаренко

