

СОГЛАСОВАНО

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



 А.Н. Щицунов

« 23 » 12 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Комплекс антенный измерительный Апертура-СТТ

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 134-25-06

пгт. Менделеево
2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	4
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	5
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	6
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ	6
6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	8
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	8
8 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	9
9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	9
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ.....	11
11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	19

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на Комплекс антенный измерительный Апертура-СТТ (заводской номер 02) (далее – комплекс), изготовленный Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ»), пгт. Менделеево, и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

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

1.3 При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемого комплекса 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, утверждённой Приказом Росстандарта от 16.08.2023 № 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, эксплуатационной документацией на комплекс и на используемое при поверке оборудование. Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений.

1.6 Комплекс предназначен для измерения радиотехнических характеристик остронаправленных антенн, антенных систем и антенных систем с переносом частоты в диапазоне частот от 1 до 40 ГГц методом ближней зоны.

1.7 В результате поверки комплекса должны быть подтверждены следующие метрологические характеристики, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон рабочих частот, ГГц	от 1 до 40
Динамический диапазон измерений амплитудных диаграмм направленности (далее – АДН), дБ, не менее: – в диапазоне частот от 1 до 2 ГГц включ. – в диапазоне частот св. 2 до 40 ГГц включ.	40 50
Динамический диапазон измерений уровней поляризационных диаграмм (далее – ПД), дБ, не менее: – в диапазоне частот от 1 до 4 ГГц включ. – в диапазоне частот св. 4 до 40 ГГц включ.	30 35
Доверительные границы погрешности измерений относительных уровней АДН при доверительной вероятности 0,95, дБ в диапазоне углов: – от минус 40° до плюс 40° – от минус 65° до минус 40° и от плюс 40° до плюс 65°	$\pm(0,08 \cdot A^1 + 0,1)$ $\pm(0,1 \cdot A^1 + 0,5)$

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Значение
Доверительные границы погрешности измерений относительных уровней ПД при доверительной вероятности 0,95, дБ в диапазоне углов: – от минус 40° до плюс 40° – от минус 65° до минус 40° и от плюс 40° до плюс 65°	$\pm(0,08 \cdot P^2) + 0,1$ $\pm(0,1 \cdot P^2) + 0,5$
Доверительные границы погрешности измерений коэффициента усиления антенн (далее – КУ) при доверительной вероятности 0,95, дБ, при использовании в качестве эталонных антенн: – П1-139/5, П1-139/6 – П6-225/1, П6-225/2, П6-225/3 – П6-127М	$\pm 0,7$ $\pm 0,9$ $\pm 1,2$
Доверительные границы погрешности измерений эффективной изотропно-излучаемой мощности (далее – ЭИИМ) при доверительной вероятности 0,95, дБ:	$\pm 1,8$
Доверительные границы погрешности измерений ширины главного лепестка АДН по заданным уровням при доверительной вероятности 0,95, град.: – минус 1 дБ – минус 3 дБ – минус 10 дБ	$\pm 0,15 \cdot \theta^3$ $\pm 0,10 \cdot \theta^3$ $\pm 0,05 \cdot \theta^3$
Примечания: 1) Измеряемый уровень АДН, дБ. 2) Измеряемый уровень ПД, дБ. 3) Измеренная ширина главного лепестка АДН.	

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
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Проверка программного обеспечения (далее – ПО) средства измерений	Да	Да	8
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	9
Определение доверительных границ погрешности измерений относительных уровней АДН и ПД при доверительной вероятности 0,95	Да	Нет	10.1
	Нет	Да	10.2

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 динамического диапазона измерений уровней АДН и ПД	Да	Да	10.3
Определение доверительных границ погрешности измерений КУ при доверительной вероятности 0,95	Да	Да	10.4
Определение доверительных границ погрешности измерений ЭИИМ при доверительной вероятности 0,95	Да	Да	10.5
Определение доверительных границ погрешности измерений ширины главного лепестка АДН при доверительной вероятности 0,95	Да	Да	10.6

2.2 Допускается проведение поверки на меньшем числе поддиапазонов измерений по частоте, соответствующих рабочим диапазонам частот используемых антенн-зондов 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.

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

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 207 до 253 от 49 до 51
Условия эксплуатации: – температура окружающего воздуха, °C – относительная влажность окружающего воздуха при температуре 20 °C, % – атмосферное давление, кПа	от +15 до +25 не более 80 от 94 до 106

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ 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 антенный измерительный Апертура-СТТ. 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	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 ± 3 гПа. СИ относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 % с погрешностью ± 2 %. СИ напряжения питающей сети в диапазоне от 207 до 253 В, с относительной погрешностью ± 1 %. СИ частоты питающей сети в диапазоне от 49 до 51 Гц с абсолютной погрешностью не более 0,5 Гц.	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7 М (исполнение ИВТМ-7 М 2-Д-В) рег.№ ¹⁾ 71394-18. Мультиметры цифровые Testo 760-2, рег.№ ¹⁾ 65373-16.
9.3 Опробование	СИ ППЭ ЭМП в диапазоне частот от 26,5 до 40 ГГц; КСВН – не более 1,5; КУ – не менее 23 дБ; ПГ – не более 0,8 дБ. СИ ККО в диапазоне частот от 1 до 20 ГГц; диапазон измерений ККО от 0 до 1; ПГ – не более 5%. СИ ККО в диапазоне частот от 18 до 40 ГГц; диапазон измерений КСВН от 1 до 4,5; ПГ – не более 5%.	Антенна измерительная пирамидальная рупорная П6-139/6 рег.№ ¹⁾ 79450-20 (далее – П6-139/6). Анализатор цепей векторный С4220 рег.№ ¹⁾ 65960-16 (далее – ВАЦ С4220). Модули расширения частотного диапазона TFE1854 рег.№ ¹⁾ 87316-22 (далее – модуль TFE1854).

Продолжение таблицы 4

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.1, 10.2 Определение доверительных границ погрешности измерений относительных уровней АДН и ПД при доверительной вероятности 0,95 в диапазоне рабочих частот	Эталон единиц комплексных коэффициентов передачи в диапазоне от 0 до минус 60 дБ и комплексных коэффициентов отражений в диапазоне от 0,002 до 1 в диапазоне частот от 1 до 18 ГГц, соответствующий требованиям к эталонам не ниже 2 разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 16 августа 2023 г. № 1678. СИ ППЭ ЭМП в диапазоне частот от 0,45 до 6,0 ГГц; КСВН – не более 2,0; КУ – от 1,0 до 19,0 23 дБ; ПГ – не более $\pm 1,5$ дБ. СИ ППЭ ЭМП в диапазоне частот от 5,85 до 8,2 ГГц; КСВН – не более 1,5; КУ – не менее 23 дБ; ПГ – не более 0,8 дБ. СИ ППЭ ЭМП в диапазоне частот от 8,2 до 12,4 ГГц; КСВН – не более 1,5; КУ – не менее 23 дБ; ПГ – не более 0,8 дБ. СИ ППЭ ЭМП в диапазоне частот от 12,4 до 18 ГГц; КСВН – не более 1,5; КУ – не менее 23 дБ; ПГ – не более 0,8 дБ. СИ ППЭ ЭМП в диапазоне частот от 18,0 до 26,5 ГГц; КСВН – не более 1,5; КУ – не менее 23 дБ; ПГ – не более 0,8 дБ. СИ ППЭ ЭМП в диапазоне частот от 26,5 до 40 ГГц; КСВН – не более 1,5; КУ – не менее 23 дБ; ПГ – не более 0,8 дБ. СИ расстояний в диапазоне измерений от 1 до 60 м, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений расстояний ± 10 мкм; горизонтальных углов в диапазоне 360°, вертикальных углов $\pm 145^\circ$, пределы допускаемой	Государственный вторичный эталон единиц комплексных коэффициентов передачи в диапазоне от 0 до минус 60 дБ и комплексных коэффициентов отражений в диапазоне от 0,05 до 65 ГГц, рег. № 2.1. ZZT.0210.2015 (далее – ГВЭ ККП и ККО). Антенна широкополосная измерительная рупорная П6-421 рег.№¹ 82813-21 (далее – П6-421). Антенна измерительная пирамидальная рупорная П6-139/2 рег.№¹ 79450-20 (далее – П6-139/2). Антенна измерительная пирамидальная рупорная П6-139/3 рег.№¹ 79450-20 (далее – П6-139/3). Антенна измерительная пирамидальная рупорная П6-139/4 рег.№¹ 79450-20 (далее – П6-139/4). Антенна измерительная пирамидальная рупорная П6-139/5 рег.№¹ 79450-20 (далее – П6-139/5). П6-139/6 Системы лазерные координатно-измерительные Leica Absolute Tracker AT930 рег.№¹ 60403-15 (далее – Leica Tracker).

Продолжение таблицы 4

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	абсолютной погрешности измерения горизонтальных и вертикальных углов $\pm(15+6L)$, где L – измеряемая длина в м. БЭК, эффективность экранирования в диапазоне от 1 до 40 ГГц не менее 50 дБ.	Безэховая экранированная камера.
10.4 Определение доверительных границ погрешности измерений КУ при доверительной вероятности 0,95	СИ КУ измерительных антенн; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений КУ в диапазоне частот: от 1,0 до 8,0 ГГц включ. $\pm 0,6$ дБ; от 8,0 до 18,0 ГГц включ. $\pm 0,7$ дБ; от 18,0 до 40,0 ГГц включ. $\pm 0,3$ дБ.	Государственный эталон единицы коэффициента усиления измерительных антенн в диапазоне значений от 5 до 40 дБ в диапазоне частот от 0,8 до 50 ГГц (2.1.ZZT.0437.2023), (далее – ГЭТ КУ).
Примечание – ¹⁾ Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – ФИФ ОЕИ).		

5.2 Допускается использовать аналогичные средства поверки, обеспечивающих проверку метрологических характеристик поверяемого комплекса с требуемой точностью.

5.3 Средства измерений (эталон) 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 антенный измерительный «Апертура-СТТ». Паспорт» (далее – ПС);
- соответствие внешнего вида комплекса описанию и изображению, приведенному в описании 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 кабелей;

- состояние органов управления.

7.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если:

- комплектность, маркировка и пломбировка комплекса соответствуют ПС;
- внешний вид комплекса соответствует описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- составные части комплекса не имеют механических и электрических повреждений, влияющих на их нормальную работу;
- управляющие и питающие кабели не имеют механических и электрических повреждений;
- органы управления исправны;
- отсутствуют повреждения лакокрасочных покрытий, маркировка четкая;
- 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 персональный компьютер (далее – ПК).

После загрузки операционной системы WINDOWS на экране монитора ПК наблюдать иконки ПО «OPUMeasBZ_NIISTT.exe» (далее – «OPUMeasBZ_NIISTT.exe»). После запуска «OPUMeasBZ_NIISTT.exe» в рабочем окне наблюдать номер версии ПО.

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	OPUMeasBZ_NIISTT.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 1.0
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 актуальных данных 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. Последующие операции поверки проводить после установления в помещении, в котором будет выполняться поверка, условий, соответствующих таблице 3.

9.3 Опробование

9.3.1 Проверить наличие актуальных сведений о пригодности ВАЦ С4220 и МРЧД из состава комплекса в ФИФ ОЕИ. До окончания срока действия поверки должно оставаться не менее половины назначенных межповерочных интервалов.

9.3.2 Подготовить комплекс к работе в соответствии с РЭ.

9.3.3 Проверить работоспособность аппаратуры комплекса путем проверки отсутствия сообщений об ошибках и неисправностях при загрузке ПО.

9.3.4 Проверить работоспособность всех приводов планарного сканера ближнего поля (далее – сканер):

- при перемещении по линейным осям;
- при вращении по оси крена.

9.3.5 Соединить при помощи СВЧ-перехода соединитель кабеля «вход антенны-зонда» и соединитель кабеля «вход испытываемой антенны». В соответствии с эксплуатационной документацией подготовить ВАЦ из состава комплекса для измерений модуля комплексного коэффициента передачи со следующими настройками:

- полоса обзора от 1 до 18 ГГц (допускается разбивать на поддиапазоны частот);
- шаг по частоте не более 20 МГц;
- ширина полосы фильтра ПЧ (IF Bandwidth) не более 0,1 МГц;
- уровень мощности выходного сигнала 0 дБ (отн. 1 мВт).

Наблюдать результат измерений частотной зависимости модуля коэффициента передачи. При этом должны отсутствовать резкие изменения полученной характеристики, свидетельствующие о неудовлетворительном состоянии радиочастотного тракта комплекса.

Переконфигурировать комплекс для работы с модулями расширения частотного диапазона TFE1854. Повторить измерения частотной зависимости модуля коэффициента передачи в диапазоне частот от 18 до 40 ГГц. Должны отсутствовать резкие изменения резонансного характера полученной характеристики, свидетельствующие о неудовлетворительном состоянии радиочастотного тракта комплекса.

9.3.6 Определение КСВН входа антенн-зондов

9.3.5.1 Определение КСВН входа антенн-зондов проводить относительно волнового сопротивления 50 Ом. Измерение КСВН проводить с применением ВАЦ С4220 и МРЧД в соответствии с руководствами по их эксплуатации.

9.3.5.2 Измерения проводить в пределах рабочих диапазонов частот антенн-зондов с шагом по частоте не более 10 МГц. При измерении КСВН антенну-зонд ориентировать в сторону, свободную от отражающих предметов и на удалении от них не менее 3 м.

9.3.5.2 Результаты определения КСВН входа антенн-зондов считать положительными, если значения КСВН в диапазоне рабочих частот не превышают 1,7.

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

9.3.7 В соответствии с РЭ на комплекс провести измерение АДН антенны П6-139/6 в её рабочем диапазоне частот.

9.3.8 Убедиться в корректности полученных результатов измерений АДН путём анализа её формы (наличие выраженного главного лепестка, спадающих боковых лепестков в Е-плоскости, отсутствии выраженных боковых лепестков в Н-плоскости на уровнях от 0 до минус 40 дБ).

9.3.9 Результаты опробования считать положительными, если:

- в ФИФ ОЕИ имеются актуальные сведения о пригодности ВАЦ С4220 и МРЧД из состава комплекса, до окончания сроков действия поверок не менее половины назначенных межповерочных интервалов;

- при загрузке ПО сообщения об ошибках и неисправностях отсутствуют;

- все приводы сканера работоспособны и обеспечивают перемещение антенны-зонда по всей зоне сканирования 8,0×5,2 м и вращение по углу крена;

- на экране наблюдается результат измерений частотной зависимости модуля коэффициента передачи без резких изменений;

- КСВН входов антенн-зондов не превышают 1,7;

- получены корректные результаты измерений АДН антенны П6-139/4.

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

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение доверительных границ погрешности измерений относительных уровней АДН и ПД при доверительной вероятности 0,95 в диапазоне рабочих частот от 1 до 40 ГГц

10.1.1 Определение доверительных границ погрешности измерений относительных уровней АДН осуществить путем последовательных измерений меры АДН (антенн П6-225/1, П6-139/2, П6-139/3, П6-139/4, П6-139/5, П6-139/6) в безэховой камере с соблюдением условий дальней зоны и на испытываемом комплексе на контрольных частотах 1,0; 7,0; 10,0; 15,0; 22,0; 40,0 ГГц.

10.1.2 Измерение опорных АДН в дальней зоне.

10.1.2.1 Измерения проводить в БЭК. В зоне измерений не допускается нахождение предметов, имеющих отражающие металлические поверхности, незакрытые радиопоглощающими материалами.

10.1.2.2 Установить на ОПУ антенну П6-225/1 в положение, соответствующее вертикальной поляризации.

10.1.2.3 Установить на вспомогательное ОПУ вспомогательную антенну П6-421. Поляризацию вспомогательной антенны установить согласованной с поляризацией измеряемой антенны. Расстояние между антеннами R должно соответствовать условию, определяемому формулой (1):

$$R \geq \frac{2 \cdot (D_1 + D_2)^2}{\lambda} \quad (1)$$

где R – расстояние между раскрывами антенн, см;

D_1 и D_2 – наибольшие размеры апертур вспомогательной и измеряемой антенн, см;

λ – минимальная длина волны в диапазоне измерений, см.

10.1.2.4 Подключить выходы антенн с использованием фазостабильных кабельных сборок к измерительным портам ВАЦ.

10.1.2.5 Совместить раскрывы антенн П6-421 и П6-225/1 с помощью приводов ОПУ и вспомогательного ОПУ.

10.1.2.6 Установить настройки ВАЦ в соответствии с таблицей 6.

Таблица 6 – Параметры измерений в дальней зоне

Тип измеряемой антенны	Тип вспомогательной антенны	Поддиапазон частот ¹⁾ , ГГц	Шаг по частоте, МГц, не более
П6-225/1	П6-421	от 0,75 до 4,0	2
П6-139/2	П6-139/2	от 5,85 до 8,20	10
П6-139/3	П6-139/3	от 8,2 до 12,4	10
П6-139/4	П6-139/4	от 12,4 до 18,0	10
П6-139/5	П6-139/5	от 18,0 до 26,5	10
П6-139/6	П6-139/6	от 26,5 до 40,0	10
П р и м е ч а н и е – ¹⁾ Установить поддиапазон частот, соответствующий рабочему диапазону частот применяемых антенн			

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

- диапазон частот и шаг по частоте – в соответствии с таблицей 6;
- выходная мощность ВАЦ – максимальная, обеспечивающая компрессию не более 0,1 дБ;
- ширина полосы фильтра ПЧ – 500 Гц;
- усреднения сигнала – отсутствуют.

10.1.2.8 Зафиксировать измеряемый коэффициент передачи $K_{\text{АНТ}}(f)$, дБ.

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

10.1.2.10 Динамический диапазон измерений АДН определить по формуле (2):

$$D_{\text{АНТ}}(f) = K_{\text{АНТ}}(f) - K_{\text{ШУМ}}(f) - 3, \text{ дБ.} \quad (2)$$

10.1.2.11 В случае, если динамический диапазон (далее – ДД) составляет не менее 60 дБ, то перейти к выполнению следующего пункта. В противном случае, добиться обеспечения требуемого значения ДД путём уменьшения ширины полосы фильтра ПЧ.

10.1.2.12 Повернуть измеряемую антенну по азимуту θ в начальное положение. Последовательно вращая антенну по азимуту от начального положения до конечного, провести измерение комплексного коэффициента передачи $\hat{S}(\theta, f)$ со следующими настройками:

- начальное положение по азимуту минус 65 градусов;
- конечное положение по азимуту 65 градусов;
- шаг сканирования по азимуту 0,5 градуса (не более);
- режим реверса – без реверса.

10.1.2.13 Провести фильтрацию результатов измерений по формуле (3):

$$\dot{S}_{\text{фил}}(\theta, f) = 20 \lg(F^{+1}\{F^{-1}\{\dot{S}(\theta, f)\}w(t)\}), \quad (3)$$

где $\dot{S}_{\text{фил}}(\theta, f)$ – сигнал после фильтрации;

$F^{+1}\{\dots\}$ и $F^{-1}\{\dots\}$ – обозначение прямого и обратного дискретного преобразования Фурье, соответственно;

$w(t)$ – функция окна во временной области.

10.1.2.14 Нормировать АДН к максимуму по формуле (4):

$$A_{\text{дз}}(\theta, f) = |\dot{S}_{\text{фил}}(\theta, f)| - \max(f) \quad (4)$$

где $\max(f)$ – максимум АДН на каждой частоте f .

10.1.2.15 Повторить пункты с 10.1.2.12 по 10.1.2.14 для горизонтальной поляризации измеряемой антенны.

10.1.2.16 Повторить пункты с 10.1.2.1 по 10.1.2.15 для оставшихся пар антенн в соответствии с таблицей 6.

10.1.3 Измерение АДН в ближней зоне.

10.1.3.1 Настроить комплекс в соответствии с требованиями Руководства по эксплуатации (далее – РЭ) для проведения измерений в контрольных точках согласно таблице 7.

Антенну установить в рабочую зону комплекса, в положение, соответствующее горизонтальной поляризации, таким образом, чтобы плоскость раскрыва была параллельно плоскости сканирования.

Далее установить следующие настройки:

- диапазон частот и шаг по частоте – в соответствии с таблицей 7;
- выходная мощность ВАЦ – максимальная, обеспечивающая компрессию не более 0,1 дБ;
- ширина полосы фильтра ПЧ – 100 Гц;
- шаг сканирования – не более $\lambda/3$;
- режим сканирования – непрерывное сканирование без реверса;
- поляризация измеряемой антенны – горизонтальная;
- поляризация зонда – горизонтальная;
- учет зонда – включен;
- размеры области сканирования – определить из условия уменьшения уровня амплитудного распределения на её границе не менее 40 дБ относительно максимума.

Таблица 7 – Параметры измерений в ближней зоне

Контрольная частота f , ГГц	Тип измеряемой антенны	Тип вспомогательной антенны	Антенна зонд	Диапазон частот ВАЦ, ГГц	Шаг по частоте, МГц, не более
1,0	П6-225/1	П6-225/1	Зонд 1,0–3,3 ГГц	от 1,0 до 2,0	100
7,0	П6-139/2	П6-225/3	Зонд 5,8–8,2 ГГц	от 6,0 до 8,0	100
10,0	П6-139/3	П6-127М	Зонд 8–12 ГГц	от 9,0 до 11,0	100
15,0	П6-139/4	П6-127М	Зонд 12–18 ГГц	от 13,0 до 17,0	100
22,0	П6-139/5	П1-139/5	Зонд 18–26 ГГц	от 20,0 до 24,0	500
40,0	П6-139/6	П1-139/6	Зонд 26–40 ГГц	от 39,0 до 41,0	500

$$D(A) = |S_{ny}(A) - S_{ny}^o(A)|, \quad (26)$$

$$D(E) = |S_{nx}(E) - S_{nx}^o(E)|. \quad (27)$$

10.1.9 Доверительные границы погрешности измерений относительных уровней АДН $\delta_{\text{АДН}}$, дБ определить по формуле (28):

$$\delta_{\text{АДН}} = \theta_{A1} + \theta_{A2}. \quad (28)$$

10.1.10 Доверительные границы погрешности измерений относительных уровней ПД $\delta_{\text{ПД}}$, дБ определить по формуле (29):

$$\delta_{\text{ПД}} = \theta_{A1} + \theta_{A2}. \quad (29)$$

10.1.11 Результат определения считать положительным, если доверительные границы погрешности измерений относительных уровней АДН и ПД при доверительной вероятности 0,95 на согласованной поляризации антенны в диапазоне рабочих частот от 1 до 40 ГГц соответствуют значениям указанным в таблице 1.

10.2 Определение доверительных границ погрешности измерений относительных уровней АДН и ПД при доверительной вероятности 0,95 в диапазоне рабочих частот от 1 до 40 ГГц

10.2.1 Измерить опорные АДН в дальней зоне в соответствии с методикой, изложенной в п. 10.1.2.

10.2.2 Измерить АДН в ближней зоне в соответствии с методикой, изложенной в п. 10.1.3.

10.2.3 Определить частную составляющую погрешности измерений уровней АДН, обусловленную методической погрешностью пересчёта параметров электромагнитного поля из ближней в дальнюю зону для неидеальных условий измерений по формуле (5).

10.2.4 Определить частную составляющую погрешности измерений уровней АДН, обусловленную неплоскостностью траектории перемещения антенны-зонда по формуле (20), использовать максимальные значения ЭУП EUP^Z из таблицы 8.

Таблица 8 – Максимальные значения ЭУП

Диапазон углов, град.	Уровень АДН L , дБ	ЭУП EUP^Z , дБ
от -40 до 40	от -50 до -40	-70
	от -40 до -30	-60
	от -30 до 0	-50
от -65 до -40	от -50 до 0	-55
от 40 до 65		

10.2.5 Доверительные границы погрешности измерений относительных уровней АДН $\delta_{\text{АДН}}$ [дБ] определить по формуле (28).

10.2.6 Доверительные границы погрешности измерений относительных уровней ПД $\delta_{\text{ПД}}$ [дБ] определить по формуле (29).

10.6.4 Определить разницу между опорным и искаженным значениями ширины АДН по формуле (34):

$$\delta\theta = \frac{|\theta_{\text{опорн.}} - \theta_{\text{иск.}}|}{\theta_{\text{опорн.}}}, \quad (34)$$

10.6.5 Повторить операции пп.10.6.2-10.6.4 для уровней АДН $L = -3$ дБ и $L = -10$ дБ. В качестве итогового результата принять максимальные значения для каждого уровня АДН.

10.6.6 Результат определения считать положительными, если полученные значения в п. 10.6.4 не превышают значения, указанные в таблице 10.

Таблица 10 – Доверительные границы погрешности измерений ширины главного лепестка АДН

Заданный уровень АДН, дБ	Доверительные границы погрешности измерений ширины главного лепестка АДН, град.
-1	$\pm 0,15 \cdot \theta^{(1)}$
-3	$\pm 0,10 \cdot \theta^{(1)}$
-10	$\pm 0,05 \cdot \theta^{(1)}$
Примечание – ¹⁾ Измеренная ширина главного лепестка АДН.	

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 При положительных результатах поверки комплекс признается годным к применению, при отрицательных результатах поверки комплекс к применению не допускается.

11.2 Результаты поверки оформляются в соответствии с требованиями Приказа № 2510 от 31.07.2020 Минпромторга России.

11.3 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.

11.4 Сведения о результатах поверки, в том числе об объеме проведенной поверки, передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с действующими нормативными правовыми документами.

Начальник НИО-1
ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник лаб. № 134 НИО-1
ФГУП «ВНИИФТРИ»

О.В. Каминский

М.А. Озеров