

425

УТВЕРЖДАЮ

Начальник ГЦИ СИ "Воентест"
32 ГНИИ МО РФ



В.Н. Храменков

« 5 » 2002

ИНСТРУКЦИЯ

Комплекс измерительный радиолокационный "Цунами-3"

Методика поверки

Мытищи, 2002 г.

1. Введение

1.1. Данная методика устанавливает порядок проведения первичной и периодической поверки радиолокационного измерительного комплекса (РИК) "Цунами-3" (далее – комплекс), принадлежащего НИЦ-2 4 ЦНИИ МО РФ.

1.2. Межповерочный интервал - два года.

2. Операции поверки

При поверке выполняют операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1.

	Наименование операции	№ пункта методики	Операции поверки	
			первичная	периодическая
1.	Оценка относительной нестабильности частоты	8.3.1	да	да
2.	Определение амплитудной и фазовой нестабильности аппаратуры комплекса	8.3.2	да	да
3.	Оценка нелинейности градуировочной характеристики комплекса	8.3.3	да	да
4.	Оценка распределения амплитуды и фазы электромагнитного поля в рабочей зоне коллиматора	8.3.4	да	да
5.	Оценка действительных значений и погрешности рабочих мер ЭПР	8.3.5	да	да
6.	Оценка чувствительности комплекса при измерении интегральной моностатической ЭПР (уровень остаточного фона)	8.3.6	да	да
7.	Определение коэффициента безэховости	8.3.7	да	да
8.	Определение динамического диапазона приемного устройства	8.3.8	да	да
9.	Оценка относительного уровня поляризационной развязки	8.3.9	да	да
10.	Оценка погрешности установки углового положения опорно-поворотного устройства	8.3.10	да	да
11.	Оценка суммарной погрешности измерений интегральной ЭПР	8.3.11	да	да
12.	Оценка погрешности измерения импульсной характеристики объекта	8.3.12	да	да
13.	Погрешность измерения частотной характеристики локального центра рассеяния	8.3.13	да	да
14.	Определение погрешности измерений локальной ЭПР	8.3.14	да	да
15.	Определение погрешности измерения продольного местоположения локальных источников	8.3.15	да	да
16.	Оценка разрешающей способности по продольной дальности	8.3.16	да	да
17.	Оценка погрешности измерения элементов поляризационной матрицы рассеяния	8.3.17	да	да
18.	Оценка максимального отклонения поверхности сканирования от плоскости	8.3.18	да	да
19.	Определение погрешности установки приемного зонда в заданную точку плоскости сканирования	8.3.19	да	да
20.	Определение погрешности измерений уровней ДНА	8.3.20	да	да

3. Средства поверки

3.1. При проведении поверки используют средства измерений и вспомогательное оборудование, представленное в таблице 2.

3.2. Допускается использование других средств измерений и вспомогательного оборудования, имеющих метрологические и технические характеристики не хуже характеристик приборов, приведенных в таблице 2

Таблица 2.

Номер пункта методики	Наименование образцового средства измерений или вспомогательного средства поверки; номер документа, регламентирующего технические требования к средству; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики
8.3.1-8.3.19	Стандарт частоты СЧВ –74, Аттенюаторы Д2-14; Д3-29; Д3-28; Д3-33; Д5-5; Д3-34А, Амплифазометр ФК2-33, Анализатор спектра С4 – 60, Теодолит 2Т30П.

3.3. Для нормального функционирования комплекса системы и устройства должны иметь следующие основные технические и метрологические характеристики:

долговременная нестабильность энергетического потенциала более $\pm 0,5$ дБ;

предельное значение нестабильности частоты генератора не более 10^{-8} ;

динамический диапазон приемника не менее 50 дБ;

пределы допускаемого значения погрешности измерения разности фаз не более $\pm 3^0$;

пределы допускаемого значения погрешности измерения отношения уровней не более

$\pm 1,5$ дБ;

пределы допускаемого значения погрешности позиционирования зонда не более $0,01 \lambda$;

пределы допускаемого значения погрешности позиционирования опорно-поворотного устройства не более $\pm 1,5$ дБ;

коэффициент безэховости безэховой камеры не более -30 дБ;

отношение сигнал/фон не менее 10 дБ;

3.4. Рабочие меры ЭПР должны удовлетворять следующим требованиям:

максимальное отклонение линейных размеров от расчетных значений и формы поверхности от идеальной не более $0,01 \lambda$;

шероховатость поверхности (среднеквадратическая высота неоднородностей) не более $0,003 \lambda$;

количество мер ЭПР и действительные значения их ЭПР должны перекрывать весь диапазон измеряемых ЭПР объектов.

4. Требования к квалификации поверителей

К проведению поверки комплекса допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим радиотехническим образованием, имеющим опыт работы с СВЧ установками, ознакомленный с техническим описанием, руководством по эксплуатации и документацией по поверке и имеющие право на поверку.

5. Требования безопасности

5.1. К работе на комплексе допускаются лица, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261, инструкцию по правилам и мерам безопасности и прошедшие инструктаж на рабочем месте.

5.2. Запрещается проведение измерений при отсутствии или неисправности заземления аппаратуры, входящей в состав комплекса.

5.3. При проведении измерений необходимо руководствоваться "Временными санитарными правилами при работе с генераторами сантиметровых волн" № 273-58, "Правилами эксплуатации и безопасности обслуживания электроустановок промышленных предприятий" и "Инструкцией по защите личного состава от воздействия электромагнитных полей, создаваемых радиотехническими средствами" № 4/88.

6. Условия поверки

6.1. Поверка проводится при нормальных условиях (составляющая погрешности измерений любой из характеристик от действия совокупности влияющих величин не превышает 35 % допускаемой основной погрешности).

6.2. Комплекс обеспечивает работоспособность и измерение ЭПР объектов с заданными точностными характеристиками при следующих климатических условиях :

температура, °С	+ 15...+25
давление, мм рт ст	760 ± 30
относительная влажность, %	65 ± 15

6.3. Электропитание комплекса осуществляется от промышленной сети 220/380 В ±5%, 50 Гц. Потребляемая мощность при включении всей аппаратуры комплекса не превышает 20 кВт.

7. Подготовка к поверке

При подготовке к поверке выполняют следующие операции:

проверяют готовность аппаратуры всех систем комплекса на работоспособность по отдельности и комплекса в целом согласно руководства по эксплуатации.

из комплекта рабочих мер ЭПР выбирают меру, обеспечивающую отношение сигнал/фон не менее 30 дБ, и размещают ее в центре рабочей зоны коллиматора; в зависимости от размеров и массы рабочую меру устанавливают на диэлектрических опорах или подвешивают на шнурах;

оценивают стабильность работы комплекса путем записи в течение 5-10 мин. составляющих ортогональных поляризационных компонент сигнала, отраженного выбранной меры ЭПР; работу комплекса считают стабильной, если максимальное отклонение сигнала по всем реализациям не превышает 0,5 дБ от среднего значения.

8. Проведение поверки

8.1. Внешний осмотр систем и устройств комплекса.

При проведении внешнего осмотра комплекса проверяют соответствие состава комплекса технической документации и следующим требованиям:

блоки, узлы и элементы всех составных частей комплекса соединены в соответствии со схемами, приведенными в руководстве по эксплуатации комплекса, и имеют маркировку, соответствующую этим схемам;

номера серийных блоков, оборудования, средств измерений, регистрации и контроля соответствуют записям в формуляре комплекса;

средства измерений, входящие в состав комплекса поверены;

органы управления, коммутации, настройки и регулировки имеют четкую фиксацию и плавное вращение ручек;

зеркало коллиматора и элементы СВЧ тракта прочно соединены и укреплены на местах размещения, не имеют грубых механических повреждений (вмятин, разрывов и др.);

все элементы подъемно-поворотной платформы прочно смонтированы;
кабели межблочных соединений аппаратуры комплекса не имеют механических повреждений;

радиопоглощающее покрытие безэховой камеры не имеет повреждений.

8.2. Опробование аппаратуры, входящей в состав комплекса

8.2.1. При опробовании проверяется работоспособность приемо-передающего тракта, линейно-координатного устройства, подъемно-поворотного устройства, управляющего вычислительного комплекса, пульта управления комплексом, а также действие органов управления, регулировки и настройки, плавность перемещения измерительного зонда в плоскости сканирования и возможность изменения шага перемещения зонда. В процессе опробования оценивается обеспеченность комплекса необходимыми средствами измерений и контроля работоспособности.

8.2.2. Опробование выполняют в соответствии с руководством по эксплуатации комплекса и его составных частей.

8.3. Определение метрологических характеристик.

Перед проведением поверки комплекс и средства поверки подготавливают к работе в соответствии с руководствами по эксплуатации.

8.3.1. Оценка относительной нестабильности частоты.

8.3.1.1. Выполнение требований по относительной нестабильности комплекса подтверждается в процессе поверки стандарта частоты СЧВ-74 и синтезатора частот.

8.3.2. Определение амплитудной и фазовой нестабильности аппаратуры комплекса.

8.3.2.1. Оценку амплитудной и фазовой нестабильности аппаратуры выполняют путем мн нной частоте в соответствии с руководством по эксплуатации;

на поворотную платформу устанавливают малоотражающую опору и с помощью встроенных перестраиваемых аттенюатора и фазовращателя компенсируют остаточный фон безэховой камеры;

на опору устанавливают цилиндрическую меру ЭПР;

через каждые 15 секунд в течение 1 часа снимают показания с выхода приемного устройства с записью в управляющую ЭВМ комплекса;

оценивают амплитудную и фазовую нестабильность комплекса по формулам:

$$\delta_A = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left(A_i - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_i \right)^2};$$

$$\delta_\varphi = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left(\varphi_i - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \varphi_i \right)^2};$$

где $A_i; \varphi_i$ – i -ое измерение амплитуды и разности фаз, N – число измерений;
 $\delta_A; \delta_\varphi$ – среднеквадратическое отклонение результатов измерений амплитуды и разности фаз соответственно.

8.3.3. Оценка нелинейности градуировочной характеристики комплекса.

8.3.3.1. При оценке нелинейности градуировочной характеристики комплекса определяют диапазон линейного участка градуировочной характеристики приемного устройства.

8.3.3.2. Для определения нелинейности градуировочной характеристики подготовить комплекс в режиме измерений ЭПР. При этом в измерительный тракт включают регулируемый прецизионный аттенюатор соответствующего частотного диапазона.

8.3.3.3. Устанавливают заданную рабочую частоту синтезатора частот. С помощью фиксированных аттенюаторов и собственного аттенюатора синтезатора частот устанавливают уровень входного сигнала приемного устройства на 1 дБ ниже порога его

чувствительности, при этом. ослабление прецизионного аттенюатора устанавливают 0 дБ. Последовательно изменяя затухание регулируемого аттенюатора, производят измерение уровня выходного сигнала приемного устройства с помощью амплифазометра ФК2-33 и регистрацию измеренных данных в ЭВМ.

8.3.3.4. Результаты измерений по каналу общего пользования (КОП) регистрируют в ЭВМ и выводят на печать в табличной и графической формах в виде зависимости показаний амплитудного канала амплифазометра от введенного затухания. При этом фиксируют динамический диапазон входного сигнала, в пределах которого амплитудная характеристика приемного устройства носит линейный характер и отклонение полученной зависимости от линейной.

8.3.4. Оценка распределения амплитуды и фазы электромагнитного поля в рабочей зоне коллиматора.

8.3.5.1. Оцениваемые параметры – неравномерность амплитуды и фазы поля, формируемого коллиматором в рабочей зоне. При превышении вариаций амплитуды более 1 дБ и фазы более $\pi/8$ фиксируется размер зоны, в пределах которой вариации не превышают указанных значений

Размер рабочей зоны, в пределах которой вариации поля не превышают по амплитуде не более 1 дБ и по фазе не более $\pi/8$, определяет габаритные размеры исследуемых антенн в поле коллиматора.

8.3.5.2. В процессе измерений необходимо осуществлять последовательное автоматическое сканирование приемного зонда, направленного в сторону зеркала коллиматора, в плоскости сканирования с шагом 10 см и автоматическую регистрацию в память ЭВМ измеренных значений амплитуды и фазы падающего поля.

8.3.5.3. По результатам измерений построить графики распределения фазы и амплитуды поля в рабочей зоне для каждой из двух поляризации. Размеры рабочей зоны определяются по уровню $\Delta A \leq 1 \text{ дБ}$, $\Delta \varphi \leq 22,5^\circ$.

8.3.5. Оценка действительных значений и погрешности рабочих мер ЭПР.

8.3.5.1. Перед началом измерений выполняют визуальный контроль внешней поверхности рабочих мер ЭПР на отсутствие вмятин, трещин, сколов, ржавчин и других неоднородностей поверхности. При выявлении таких отклонений меру бракуют и исключают из комплекта комплекса.

8.3.5.2. Оценку действительных значений и погрешностей моностатических интегральных ЭПР рабочих мер ЭПР осуществляют согласно раздела Руководства по эксплуатации.

8.3.6. Оценка чувствительности комплекса при измерении интегральной моностатической ЭПР (уровень остаточного фона).

8.3.6.1. Оцениваемым параметром является ЭПР остаточного фона.

8.3.6.2. Подготовить комплекс к измерениям в соответствии с руководством по эксплуатации.

8.3.6.3. Для определения уровня остаточного фона необходимо выполнить следующие операции:

установить малоотражающую опору и измерить ее диаграмму обратного рассеяния, регистрируя результаты измерений относительного уровня и фазы отраженного сигнала для каждого углового положения опоры;

на опору установить калибровочную меру из штатного набора комплекса с максимальным значением ЭПР, провести измерение ее диаграммы обратного рассеяния;

снять меру ЭПР и произвести повторное измерение диаграммы обратного рассеяния опоры.

8.3.6.4. Определить уровень остаточного фона в соответствии с формулой:

$$A_{FN} \cdot e^{i\varphi_{FN}} = (A_{1N} - A_{2N}) e^{i(\varphi_{1N} - \varphi_{2N})}$$

где: A_{FN} - уровень сигнала фона для углового положения опоры N градусов;

φ_{FN} - фаза сигнала фона для углового положения опоры N градусов;

A_{1N}, φ_{1N} - массив значений амплитуд и фаз, соответствующих угловому положению опоры N градусов для первой диаграммы обратного рассеяния опоры без объекта;

A_{2N}, φ_{2N} - массив значений амплитуд и фаз, соответствующих угловому положению опоры N градусов, для второй диаграммы обратного рассеяния опоры без объекта.

8.3.6.5. Произвести вычисление среднего значения фона A_F . Рассчитать значение ЭПР остаточного фона в соответствии с формулой:

$$\sigma_\phi = \sigma_o \cdot A_F / A_M,$$

где A_M - уровень сигнала, отраженного от меры;

σ_o - значение ЭПР калибровочной меры, м².

8.3.7. Определение коэффициента безэховости безэховой камеры.

8.3.7.1. Коэффициент безэховости определяется методом наложения диаграмм.

8.3.7.2. Прогреть аппаратуру комплекса в течении 2,5 часов. Приемную антенну или меру ЭПР установить на малоотражающую опору и перемещать с шагом $\Delta/6$ от оси вращения. В пяти точках произвести измерения диаграммы направленности или диаграммы обратного рассеяния.

8.3.7.3. Измерения диаграммы обратного рассеяния производятся в следующем порядке. Установить малоотражающую опору и измерить ее диаграмму обратного рассеяния. Данные измерений занести в ЭВМ. На эту же опору установить эталонную меру ЭПР. Провести измерение суммарной диаграммы обратного рассеяния меры и опоры. Данные измерений занести в ЭВМ. Произвести обработку результатов измерений по формуле:

$$A_{RN} \cdot e^{i\varphi_{RN}} = (A_{MON} - A_{ON}) e^{i(\varphi_{MON} - \varphi_{ON})}$$

где: A_{RN} - амплитуда результирующего сигнала для углового положения N градусов;

φ_{RN} - фаза результирующего сигнала для углового положения N градусов;

A_{MON}, φ_{MON} - амплитуда и фаза суммарного сигнала отраженного от меры ЭПР и опоры соответствующие угловому положению N градусов;

A_{ON}, φ_{ON} амплитуда и фаза сигнала, отраженного от опоры для углового положения N градусов.

Полученные диаграммы накладывается друг на друга, с условием совмещения максимума. По полученным рисункам найти область максимального расхождения диаграмм. Для нее определить:

P^n - мощность падающей волны – среднее значение из максимального и минимального значения лепестка;

ΔP - разность максимального и минимального значений бокового лепестка;

Коэффициент безэховости вычисляется по формуле:

$$K_{БЭ}(\text{дБ}) = 2\Delta P(\text{дБ}) - 12(\text{дБ}) - P^n(\text{дБ}),$$

где: $K_{БЭ}$ - коэффициент безэховости, дБ.

8.3.7.4. Измерения проводятся в рабочей зоне коллиматора, а так же в рабочей зоне рупорной части безэховой камеры.

8.3.8. Определение динамического диапазона приемного устройства

θ - граница систематической составляющей суммарной погрешности измерений,
 $\theta = \sqrt{\theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2 + \theta_4^2 + \theta_5^2 + \theta_6^2}$;

δ - среднеквадратическое значение суммарной погрешности измерений,
 $\delta = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2}$;

t_s - коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 0,95;

θ_1 - граница составляющей систематической погрешности, обусловленная рабочими мерами ЭПР;

θ_2 - граница составляющей систематической погрешности, обусловленной неравномерностью амплитудно-фазового распределения поля в рабочей зоне, $\theta_2 = 0.5 \cdot (1 - 10^{0.2 \Delta A})$, где ΔA - спад амплитуды падающего поля на краях рабочей зоны, дБ;

θ_3 - граница составляющей систематической погрешности, обусловленной остаточным нескомпенсированным фоном, $\theta_3 = 10^{-0.1q}$, q - отношение сигнал/фон, дБ;

θ_4 - граница составляющей систематической погрешности, обусловленной поляризационной развязкой, $\theta_4 = 10^{0.2p}$, p - относительный уровень кроссполаризованной компоненты, дБ;

θ_5 - граница составляющей систематической погрешности, обусловленной многократными отражениями падающего и отраженного сигнала от потолка и стен безэховой камеры, $\theta_5 = 4 \cdot 10^{0.1R} + 10^{0.2R}$, R - коэффициент безэховости, дБ;

θ_6 - граница составляющей систематической погрешности, обусловленной нелинейностью измерительного тракта либо погрешностью измерительного приемника (амплифазометра);

δ_1 - среднеквадратическое значение составляющей случайной погрешности, обусловленной неравномерностью амплитудно-фазового распределения поля в рабочей зоне; суммарной погрешности;

δ_2 - среднеквадратическое значение составляющей случайной погрешности, обусловленной остаточным нескомпенсированным фоном, $\delta_2 = \sqrt{2 \cdot 10^{-0.1q}}$;

δ_3 - среднеквадратическое значение составляющей случайной погрешности, обусловленной многократными отражениями падающего и отраженного сигнала от потолка и стен безэховой камеры, $\delta_3 = 2\sqrt{2 \cdot 10^{0.1R}}$;

δ_4 - среднеквадратическое значение составляющей случайной погрешности, обусловленной нестабильностью параметров и другими неучтенными факторами, определяют путем многократных измерений ЭПР рабочих мер ЭПР с помощью комплекса и последующего расчета среднеквадратического отклонения результатов измерений.

8.3.11.2. Оценку погрешности провести для отношения сигнал/фон 10 дБ.

8.3.12. Оценка погрешности измерения импульсной характеристик объекта

8.3.12.1. Оцениваемым параметром является погрешность измерения локальных частотной и импульсной характеристик на различных поляризациях.

8.3.12.2. Для определения погрешности измерения локальных частотной и импульсной характеристик на различных поляризациях необходимо выполнить следующие операции:

провести измерение пустой БЭЖ и калибровочных тел;

установить на пенопластовой подставке сферы диаметром 27 мм на продольном расстоянии 150 мм и провести измерения в соответствии с разделом 14 РЭ на комплекс;

8.3.8.1. Динамический диапазон приемного устройства проверяется в процессе поверки приемных устройств- амплифазометров ФК2-33.

8.3.9. Оценка относительного уровня поляризационной развязки

8.3.9.1. Оцениваем параметром является уровень кроссполяризации при измерении ЭПР объектов.

8.3.9.2. Прогреть аппаратуру комплекса в течении 2.5 часов. Установить вертикальную поляризацию на передачу.

8.3.9.3. Установить калибровочную меру № 6 с ЭПР 1.789 м² (цилиндр диаметром 90мм и высотой 450мм) на пенопластовую опору и произвести измерение ее диаграммы обратного рассеяния. Прием осуществляется на двух поляризациях: согласованной и кроссовой.

8.3.9.4. Установить горизонтальную поляризацию на передачу и произвести повторное измерение ее диаграммы обратного рассеяния. Путем изменения величины опорного сигнала добиться совпадения величины уровней сигнала отраженного от боковой поверхности цилиндра для обеих поляризаций.

8.3.9.5. Данные измерений диаграмм направленности заносятся в ЭВМ. По полученным данным определяется уровень сигнала отраженного от боковой поверхности калибровочной меры на согласованной и кроссовой поляризации. Разность между значениями сигнала на согласованной и кроссовой поляризации и являются величиной развязки.

8.3.10. Оценка погрешности установки углового положения опорно-поворотного устройства

8.3.10.1. В рупорной части БЭК установить маркер и совместить с ним визир теодолита. Установить нулевое положение шкал на азимутальном лимбе теодолита. Произвести вращение опорно-поворотного устройства (ОПУ) с шагом поворота на угол $\alpha_i=10^\circ$. Управление вращением осуществлять с помощью управляющего вычислительного комплекса. После останковки ОПУ вновь совместить визир теодолита с маркером. Читать с лимба теодолита истинное значение угла поворота по азимуту $\alpha_{ист.}$.

8.3.10.2. По мере последовательного поворота ОПУ на $\alpha_i=10^\circ$, считывать соответствующие i -му повороту значения угла. Измерения заканчиваются, когда ОПУ повернется на 360° . Погрешность установки углового положения объекта по азимуту в каждом i -ом по счету поворота ОПУ, начиная с первого, определяют по формуле:

$$\Delta\alpha_i = |\alpha_{ист.} - \alpha_i|, \text{ (град.)}$$

8.3.10.2. Из полученной совокупности значений погрешностей установки углового положения объекта по азимуту выбирают максимальное значение, которое и принимают за максимальную погрешность установки углового положения объекта по азимуту.

8.3.11. Определение суммарной погрешности измерения интегральной ЭПР

8.3.11.1. Оценка границ суммарной погрешности измерений интегральной моностатической ЭПР проводится расчетным методом в соответствии с выражением:

$$\Delta = k \cdot \sqrt{\frac{\theta^2}{3} + \delta^2},$$

$$\Delta[\text{дБ}] = 10 \cdot \lg(1 + k \cdot \sqrt{\frac{\theta^2}{3} + \delta^2}),$$

где k - коэффициент, зависящий от соотношения систематической и случайной составляющей, $k = \frac{t_s \cdot \delta + \theta}{\delta + 0.5 \cdot \theta}$;

выполнить коррекцию динамических и поляризационных трактов комплекса (в соответствии с разделом 14 и п. 6.8.6 РЭ) и оценить поляризационные матрицы (ПМ) усеченных частотных характеристик сфер, измеренных в соответствии с п. 1.3 РЭ;

с помощью прямоугольного окна временного окна произвести стробирование радиолокационного сигнала от исследуемых объектов.

8.3.12.3. Рассчитать в соответствии с п. 6.8.9 РЭ ПМ усеченные частотные характеристики (ЧХ) измеренных сфер и оценить относительную погрешность измерения ПМ ЧХ в соответствии с формулой:

$$\dot{\Delta}(f) = \frac{\dot{s}_{ij}(f) - \dot{s}_{ij}(f)}{\dot{s}_{ij}(f)}, \quad f \in [f_{\min}; f_{\max}]$$

где $\dot{s}_{ij}(f)$ - рассчитанная по формуле Ми частотная характеристика сферы для ij -ой компоненты поляризационного базиса;

$\dot{s}_{ij}(f)$ - измеренная частотная характеристика сферы для ij -ой компоненты поляризационного базиса.

8.3.12.4. Рассчитать среднее значение относительной погрешности измерений модулей и аргументов ПМ ЧХ:

$$m_{\Delta} = \frac{1}{f_{\max} - f_{\min}} \cdot \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} (\Delta(f)) df.$$

8.3.12.5. Рассчитать СКО относительной погрешности измерений модулей и аргументов ПМ ЧХ:

$$\delta_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{f_{\max} - f_{\min}} \cdot \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} (\Delta(f) - m_{\Delta})^2 df},$$

8.3.12.6. Рассчитать доверительные границы погрешности измерения модулей и аргументов поляризационной матрицы рассеяния для доверительной вероятности 0,95 (1.96δ для закона Гаусса):

$$\Delta_{\text{дог}} = k \cdot S_{\Sigma}$$

где k – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешности,

$$k = \frac{t_s \cdot \delta_{\Delta} + m_{\Delta}}{\delta_{\Delta} + \frac{m_{\Delta}}{\sqrt{3}}};$$

t_s – коэффициент Стьюдента. Для доверительной вероятности 0.95 и бесконечного числа степеней свободы $t_s=1,96$;

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\delta_{\Delta}^2 + \frac{m_{\Delta}^2}{3}}.$$

8.3.13. Оценка погрешности измерения локальных частотной и импульсной характеристики цели

8.3.13.1. Оцениваемыми параметрами является ЭПР локального центра рассеяния и его частотная характеристики.

8.3.13.2. Для выполнения измерений необходимо провести прогрев аппаратуры в течении 2 часов. Подготовить комплекс к работе в режиме измерения локальных характеристик

8.3.13.3. Провести измерение пустой БЭК и калибровочных тел.

Установить на пенопластовой подставке сферы диаметром 27 мм на продольном расстоянии друг от друга равном 500 мм. Провести измерения в соответствии с п.14 РЭ.

Выполнить коррекцию динамических и поляризационных трактов РИК (в соответствии с разделом 14 и п. 6.8.6 РЭ) и оценить поляризационные матрицы усеченных частотных характеристик измеренных сфер.

8.3.13.4. С помощью прямоугольного временного окна провести стробирование радиолокационного сигнала от первой и второй сфер.

Рассчитать поляризационные матрицы (ПМ) усеченных частотных характеристик (ЧХ) измеренных сфер (в соответствии с п. 6.8.9 РЭ).

Рассчитать относительную погрешность измерения ПМ ЧХ:

$$\dot{\Delta}(f) = \frac{\dot{s}_{ij}(f) - \dot{s}_{ij}^{\square}(f)}{\dot{s}_{ij}(f)}, \quad f \in [f_{\min}; f_{\max}]$$

где $\dot{s}_{ij}(f)$ - рассчитанная по формуле Ми частотная характеристика сферы для ij-ой компоненты поляризационного базиса;

$\dot{s}_{ij}^{\square}(f)$ - измеренная частотная характеристика сферы для ij-ой компоненты поляризационного базиса.

Рассчитать среднее значение относительной погрешности измерений компонент ПМ ЧХ:

$$m_{\Delta} = \frac{1}{f_{\max} - f_{\min}} \cdot \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} \Delta(f) df$$

Рассчитать СКО относительной погрешности измерений компонент ПМ ЧХ:

$$\delta_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{f_{\max} - f_{\min}} \cdot \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} (\Delta(f) - m_{\Delta})^2 df}$$

8.3.13.5 Рассчитать доверительные границы погрешности измерения АЧХ и ФЧХ на различных компонентах поляризационного базиса для доверительной вероятности 0,95 (1,96 для закона Гаусса):

$$\Delta_{\text{дог}} = k \cdot S_{\Sigma}$$

где k – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешности,

$$k = \frac{t_s \cdot \delta_{\Delta} + m_{\Delta}}{\delta_{\Delta} + \frac{m_{\Delta}}{\sqrt{3}}};$$

t_s – коэффициент Стьюдента. Для доверительной вероятности 0,95 и бесконечного числа степеней свободы $t_s=1,96$;

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\delta_{\Delta}^2 + \frac{m_{\Delta}^2}{3}}$$

8.3.13.6. Погрешность измерения локальной ЭПР равна максимальной погрешности измерений АЧХ сфер.

8.3.14. Определение погрешности измерений локальной ЭПР

8.3.14.1 Оценка погрешности измерений локальной ЭПР проводится в соответствии с п. 8.3.13. настоящей методики. В качестве погрешности измерения локальной ЭПР принимается погрешность измерения модуля частотной характеристики локального центра рассеяния.

8.3.15. Определение погрешности измерения продольного местоположения локальных источников

8.3.15.1. Оцениваемым параметром является погрешность измерения продольного расстояния между локальными центрами рассеяния .

8.3.15.2. Для определения погрешности измерения продольного расстояния между локальными центрами рассеяния необходимо выполнить следующие операции:

провести измерение пустой БЭЖ и калибровочных тел;

установить на пенопластовой подставке сферы диаметром 27 мм на продольном расстоянии 100 мм и провести измерения в соответствии с разделом 14 РЭ на комплекс;

повторить измерения для продольных удалений между сферами 150, 200 и 250 мм.

8.3.15.3. Выполнить коррекцию динамических и поляризационных трактов комплекса (в соответствии с разделом 14 и п. 6.8.6 РЭ) и оценить ПМ сглаженные импульсные характеристики измеренных сфер.

8.3.15.4. Провести измерение продольного взаимного расстояния между локальными центрами рассеяния для всех проведенных измерений. Для этого определить временное положение максимумов откликов от локальных центров рассеяния t_1 и t_2 , а затем пересчитать в линейное продольное расстояние:

$$R_i = (t_2 - t_1) \cdot c / 2$$

где i – номер измерения;

c – скорость света в свободном пространстве.

8.3.15.5. Рассчитать абсолютную погрешность измерения продольного расстояния между локальными центрами рассеяния:

$$\Delta R_i = R_{O_i} - R_i,$$

где R_{O_i} - истинное продольное расстояние между локальными центрами рассеяния в i -ом цикле измерений;

R_i - измеренное продольное расстояние между локальными центрами рассеяния в i -ом цикле измерений.

8.3.15.6. Рассчитать среднее значение абсолютной погрешности измерения продольного расстояния между локальными центрами рассеяния:

$$m_R = \frac{\sum_{i=1}^N (R_{O_i} - R_i)}{N},$$

где N – число контрольных замеров.

8.3.15.7. Рассчитать СКО абсолютной погрешности измерений продольного расстояния между локальными центрами рассеяния:

$$\delta_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta R_i - m_R)^2}{N}}$$

8.3.15.8. Рассчитать доверительные границы погрешности измерения продольного расстояния между локальными центрами рассеяния для доверительной вероятности 0,95 (1,96 δ для закона Гаусса):

$$\Delta_{\text{доп}} = k \cdot S_{\Sigma}$$

где k – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешности,

$$k = \frac{t_s \cdot \delta_K + m_K}{\delta_K + \frac{m_K}{\sqrt{3}}},$$

t_s – коэффициент Стьюдента. Для доверительной вероятности 0.95 и бесконечного числа степеней свободы $t_s=1,96$;

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\delta_K^2 + \frac{m_K^2}{3}}.$$

8.3.16. Оценка разрешающей способности по продольной дальности

8.3.16.1. Оцениваемым параметром является продольная разрешающая способность.

8.3.16.2. Для проведения измерений подготовить комплекс к измерениям.

8.3.16.3. Провести измерение пустой БЭК и калибровочных тел.

8.3.16.4. Установить на пенопластовой подставке сферы диаметром 27 мм на продольном расстоянии друг от друга равном 50 мм. Провести измерения в соответствии с п.14 РЭ. Последовательно повторить измерения для сфер диаметром 27 мм с взаимным продольным положением равным 70, 100, 150, 200 и 250 мм.

8.3.16.5. Выполнить коррекцию динамических и поляризационных трактов РИК (в соответствии с разделом 14 и п 6.8.6 РЭ) и оценить поляризационные матрицы сглаженных импульсных характеристик измеренных сфер.

8.3.16.6. Определить, при каком наименьшем взаимном продольном удалении друг от друга сферы воспринимаются как два отдельных объекта. В качестве критерия разделения выбирается провал в огибающих временного сигнала, равный 0,707 по амплитуде.

8.3.17. Оценка погрешности измерения модулей и аргументов поляризационной матрицы рассеяния

8.3.17.1. Оцениваемым параметром является погрешности измерения модулей и аргументов поляризационной матрицы рассеяния.

8.3.17.2. Подготовить комплекс к измерениям в соответствии с руководством по эксплуатации.

8.3.17.3. Для определения погрешности измерения модулей и аргументов поляризационной матрицы рассеяния необходимо выполнить следующие операции
 провести измерение пустой БЭК и калибровочных тел.
 провести измерение сфер диаметром 27, 60, 101.6, 200 мм.

выполнить коррекцию динамических и поляризационных трактов комплекса (в соответствии с разделом 14 и п 6.8.6 РЭ) и оценить поляризационные матрицы (ПМ) усеченных частотных характеристик сфер, измеренных в соответствии с п. 1.3 РЭ.

рассчитать в соответствии с п 6.8.9 РЭ ПМ усеченных частотных характеристик (ЧХ) измеренных сфер.

8.3.17.4. Рассчитать относительную погрешность измерения ПМ ЧХ:

$$\dot{\Delta}(f) = \frac{\dot{s}_{\text{Иij}}(f) - \dot{s}_{\text{ij}}(f)}{\dot{s}_{\text{ij}}(f)}, \quad f \in [f_{\text{min}}; f_{\text{max}}]$$

где $\dot{s}_{\text{ij}}(f)$ - рассчитанная по формуле Ми частотная характеристика сферы для ij-ой компоненты поляризационного базиса;

$\dot{s}_{\text{Иij}}(f)$ - измеренная частотная характеристика сферы для ij-ой компоненты поляризационного базиса.

8.3.17.5. Рассчитать среднее значение относительной погрешности измерений модулей и аргументов ПМ ЧХ:

$$m_{\text{mod}\Delta} = \frac{1}{f_{\text{max}} - f_{\text{min}}} \cdot \int_{f_{\text{min}}}^{f_{\text{max}}} \text{mod}(\dot{\Delta}(f)) df,$$

$$m_{\text{arg}\Delta} = \frac{1}{f_{\text{max}} - f_{\text{min}}} \cdot \int_{f_{\text{min}}}^{f_{\text{max}}} \text{arg}(\dot{\Delta}(f)) df,$$

8.3.17.6. Рассчитать СКО относительной погрешности измерений модулей и аргументов ПМ ЧХ:

$$\delta_{\text{mod}\Delta} = \sqrt{\frac{1}{f_{\text{max}} - f_{\text{min}}} \cdot \int_{f_{\text{min}}}^{f_{\text{max}}} (\text{mod}\dot{\Delta}(f) - m_{\text{mod}\Delta})^2 df},$$

$$\delta_{\text{arg}\Delta} = \sqrt{\frac{1}{f_{\text{max}} - f_{\text{min}}} \cdot \int_{f_{\text{min}}}^{f_{\text{max}}} (\text{arg}\dot{\Delta}(f) - m_{\text{arg}\Delta})^2 df}.$$

8.3.17.7. Рассчитать доверительные границы погрешности измерения модулей и аргументов поляризационной матрицы рассеяния для доверительной вероятности 0,95 (1,96δ для закона Гаусса):

$$\Delta_{\text{дог}} = k \cdot S_{\Sigma} \tag{1.4}$$

где k – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешности,

$$k = \frac{t_s \cdot \delta_{\Delta} + m_{\Delta}}{\delta_{\Delta} + \frac{m_{\Delta}}{\sqrt{3}}};$$

t_s – коэффициент Стьюдента. Для доверительной вероятности 0,95 и бесконечного числа степеней свободы $t_s=1,96$;

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\delta_{\Delta}^2 + \frac{m_{\Delta}^2}{3}}.$$

8.3.18. Определение максимального отклонения поверхности сканирования от плоскости.

8.3.18.1. При определении максимального отклонения поверхности, по которой движется приемный зонд, от плоскости измеряют отклонение измерительного зонда от вертикальной плоскости визирования, проходящей через срез раскрыва зонда, при перемещениях его по горизонтали и вертикали.

8.3.18.2. При этом выполняют следующие операции:

ориентируют плоскость визирования теодолита в пространстве безэховой камеры относительно вертикального отвеса и горизонтальной линии (фокус-центр ОПУ);

по контрольной линейке определяют значение начала отсчета C ;

задают программу автоматического движения зонда при управлении с УВК в поле сканирования с шагом измерения 100 мм;

измеряют по измерительной линейке значения $\ell_{откл}$, используя метод поворота теодолита (круг слева, круг справа, см. описание), в каждой фиксированной точке остановки зонда;

результаты измерений отклонения зонда обрабатывают по формуле

$$\Delta = \frac{\ell_{откл1} - \ell_{откл2}}{2} - C,$$

где $\ell_{откл1}, \ell_{откл2}$ - отклонения зонда, полученные при двух съемах данных (круг теодолита слева, круг теодолита справа).

8.3.18.3. Измерения проводят для горизонтальных и вертикальных перемещений зонда. Результаты обработки измеренных данных представляют в виде графика $\Delta = \Delta(\Phi)$.

8.3.19. Оценка погрешности установки приемного зонда в заданную точку плоскости сканирования.

8.3.19.1. Оценку погрешности установки приемного зонда в плоскости сканирования выполняют путем сравнения результатов измерения расстояний между двумя положениями зонда, измеренными с помощью высокоточных линейных измерителей и управляющего вычислительного комплекса.

8.3.19.2. Оценку погрешности установки зонда проводят отдельно для горизонтального и вертикального направления. При этом пары положений зонда выбирают равномерно по всей плоскости сканирования.

8.3.19.3. Искомую оценку погрешности выполняют путем расчета среднеквадратического значения погрешностей установки в каждой паре, количество которых выбирают не менее 6-8.

8.3.19.4. В итоге протоколе приводят результаты измерений погрешности установки зонда в горизонтальном и вертикальном направлениях.

8.3.20. Определение погрешности измерений уровней ДНА

8.3.20.1. Оценку погрешности измерения диаграмм направленности антенн проводят косвенным методом по результатам измерений коэффициента безэховости безэховой камеры (см. п.2.3. настоящего Приложения).

8.3.20.2. В качестве оценки погрешности принимают половину максимального разброса измеренных относительных уровней диаграмм направленности для заданного коэффициента безэховости. При этом используют номограммы Бакли.

8.3.20.3. Оценку погрешности проводят для уровней диаграмм направленности – 10, -20, -30 дБ относительно максимума.

Начальник лаборатории ГЦИ СИ «Воентест» 32 ГНИИИ МО РФ



А.Смирнов

Старший научный сотрудник ГЦИ СИ «Воентест» 32 ГНИИИ МО РФ



И.Малай