

529

УТВЕРЖДАЮ
НАЧАЛЬНИК ЦИСи «Воентест»
32 ГИИИ МО РФ

генерал-майор

В. Храменков

« 25 »

2003 г.



ИНСТРУКЦИЯ
Комплекс измерительный радиолокационный
"Компат"
Методика поверки

г. Мытищи, 2003 г.

Введение

Данная методика устанавливает порядок проведения первичной и периодической поверки комплекса измерительного радиолокационного "Компат" (далее – комплекс), принадлежащего 4 ЦНИИИ МО РФ.

Межповерочный интервал - два года.

1 Операции поверки

При поверке выполняют операции, представленные в табл. 1.

Таблица 1 Операции поверки.

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведения операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1		3	4
Внешний осмотр	6.1.1.	да	да
Определение метрологических характеристик	6.2.	да	да
Определение действительного значения мер ЭПР и оценка их погрешности.	6.2.1.	да	да
Проверка значений центральной частоты зондирующего импульса приемопередатчика, ее относительной нестабильности во времени и полосы частот.	6.2.2.	да	да
Определение нестабильности энергетического потенциала.	6.2.3.	да	да
Определение показателей надежности и потребляемой мощности от первичного источника питания ± 27 В.	6.2.10	да	да
Определение динамического диапазона приемного устройства "Компат".	6.2.4.	да	да
Определение цены младшего разряда оконечных устройств регистрации.	6.2.9	да	да
Определение ширины лепестка диаграммы направленности антенны, град. (в плоскостях E, H).	6.2.6.	да	да
Определение минимально измеряемой ЭПР (шумовой эквивалент ЭПР на расстоянии 20 км), м ² .	6.2.8.	да	да

1	2	3	4
Определение нелинейности градуировочной характеристики приемного устройства, дБ.	6.2.5.	да	да
Определение уровня поляризационной развязки, дБ	6.2.7.	да	да
Определение разрешающей способности (по дальности, по азимуту).	6.2.11	да	да
Определение пределов допускаемой погрешности измерения взаимного местоположения локальных источников, см.	6.2.12	да	да
Определение погрешности измерений ЭПР с доверительной вероятностью 0,95.	6.2.13	да	да

1.1 До начала поверочных работ в соответствии с таблицей 1 следует произвести поверку радиоизмерительных приборов, входящих в состав комплекса (аттенуаторов, приемопередатчика, анализаторов спектра, контрольных частотомеров и измерителя мощности), а также средств управления отображения и обработки информации.

Поверку указанных приборов проводят в соответствии с имеющейся нормативно-технической документацией по их поверке.

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки комплекса должны быть применены средства измерений, приведены указанной в табл. 2.

Таблица 2. Средства поверки.

Наименование	Тип	Диапазон частот	Пределы измерения	Погрешность
1	2	3	4	5
Анализатор спектра	СК4-60/2	10 МГц÷1,5 ГГц 1.5÷39,6 ГГц		±1 дБ
Измеритель мощности	МЗ-22А	0.03÷53,6 ГГц		±5%
Цифровой амперметр	Ф1760.8-АД			±0,2%

2.2 Вместо указанных в таблице 2 средств измерений разрешается применять другие средства измерения, если они не уступают им по своим метрологическим характеристикам.

3 Требования к квалификации поверителей и безопасности

3.1 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.

4 Требования безопасности

4.1 К работе на комплексе допускаются лица, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261, ГОСТ Р 51350 - 99, инструкцию по правилам и мерам безопасности и прошедшие инструктаж на рабочем месте.

4.2. Работа приемопередатчика с открытой крышкой недопустима.

4.3. 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.

5 Условия поверки.

5.1 Комплекс обеспечивает работоспособность и измерение ЭПР объектов с заданными точностными характеристиками при следующих климатических условиях

Поверку комплекса проводят в следующих условиях:

температура окружающего воздуха	от +15 до +25;°С;
относительная влажность воздуха не более	80 %;
атмосферное давление	760 ± 30 мм рт.ст.;
напряжение	27 В.

5.2 Перед проведением поверки, должна быть подготовлена аппаратура комплекса и все средства поверки в соответствии с их руководствами по эксплуатации, комплекс выдерживают во включенном состоянии не менее 30 минут.

6 Подготовка к поверке

6.1 Внешний осмотр.

6.1.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие аппаратуры комплекса следующим требованиям:

блоки и элементы системы комплекса должны быть соединены в соответствии со схемами, приведенными в руководстве по эксплуатации комплекса и должны иметь маркировку, соответствующую этим схемам;

номера серийных средств измерений, регистрации и контроля должны соответствовать записям в формуляре комплекса;

серийные средства измерений, входящие в состав комплекса должны иметь клеймо поверки;

блоки и элементы системы должны быть прочно закреплены на авиационном носителе;

антенна должна быть чистой и не иметь механических повреждений;

кабели межблочных соединений всей аппаратуры не должны иметь повреждений.

6.1.2 При внешнем осмотре системы эталонирования должно быть установлено:

отсутствие вмятин, царапин на поверхности рабочих мер ЭПР;

отсутствие задиров металлизированного слоя малоотражающих подставок;

6.1.3 элементы аппаратуры, имеющие дефекты, обнаруженные при внешнем осмотре, из комплекса изымаются и направляются в ремонт.

6.2 Определение метрологических характеристик

6.2.1 Определение действительного значения меры ЭПР и оценка её погрешности.

Для определения действительного значения ЭПР и погрешности меры ЭПР трехгранных угольковых отражателей применяют амплифазометрический метод и метод электромагнитного моделирования.

При наличии выбоин, трещин, глубоких царапин, следов ржавчины, явной изогнутости боковых поверхностей цилиндрических отражателей и внутренних поверхностей граней уголкового отражателя последние изымают из эксплуатации и заменяют новым.

6.2.2 Проверка значений центральной частоты зондирующего импульса приемопередатчика, ее относительной нестабильности во времени и полосы частот.

Действительное значение центральной частоты и ее нестабильность определяют по результатам многократных измерений частоты излучаемого сигнала с помощью анализатора спектра СК4-60/2.

Подготавливают комплекс и анализатор спектра к работе.

Настраивают анализатор спектра на частоту зондирующего импульса приемопередатчика комплекса и проводят ее измерение.

Измерения частоты проводят с интервалом времени 5 минут в течение 1 часа.

По результатам измерений рассчитывают среднее значение рабочей частоты $\overline{f_{\text{раб}}}$ формуле:

$$\overline{f_{\text{раб}}} = \sum_1^N f_i / N; [\text{МГц}]$$

где: f_i – измеренные значения частоты зондирующего импульса, МГц;

N - количество измерений.

Относительную нестабильность частоты определяют по формуле:

$$\delta f = \frac{1}{\overline{f_{\text{раб}}}} \sqrt{\sum_1^N (f_i - \overline{f_{\text{раб}}})^2 / (N - 1)};$$

где $\overline{f_{\text{раб}}}$ - среднее значение центральной частоты.

Относительная нестабильность не должна превышать значений, приведенных в паспорте на опорный генератор приемопередатчика.

Полосу частот зондирующего сигнала определяют с помощью штатного анализатора спектра СК4-60/2.

Подготавливают комплекс и анализатор спектра к работе. Полосу обзора задают шириной в 200 МГц. Длительность развертки 10 с.

Полоса обзора должна быть в 2-3 раза ожидаемой полосы сигнала.

6.2.3 Определение нестабильности энергетического потенциала.

Нестабильность энергетического потенциала определяется по результатам многократных измерений амплитуды сигнала поступающего через направленный ответвитель на измеритель мощности.

Подготавливают комплекс.

С выхода приемопередатчика комплекса через направленный ответвитель излучаемая мощность поступает на измеритель мощности, который фиксирует ее значения, а также позволяет установить нестабильность мощности зондирующего импульса.

Проводят регистрацию на ПЭВМ типа IBM. Регистрацию одной реализации сигнала производят в течении 1 минуты.

Измерения амплитуды сигнала проводят с интервалом времени 5 минут в течении 1 часа без изменения положения органов управления станции.

Определяют среднее значение амплитуды сигнала по формуле:

$$\overline{A} = \sum_1^N A_i / N, [\text{дБ}];$$

где A_i – амплитуда принимаемого сигнала в i -том измерении;
 N – количество измерений.

Относительную нестабильность энергетического потенциала определяют по формуле:

$$\Delta_{\text{ЭП}} = \frac{1}{A} \sqrt{\sum_1^N (A_i - \bar{A})^2 / (N-1)}, \text{ [дБ]}.$$

При нестабильности энергетического потенциала более 1 дБ комплекс признают негодным для выполнения измерений и направляют в ремонт.

6.2.4 Определение динамического диапазона приемопередатчика комплекса.

Определение динамического диапазона осуществляют путем введения в приемный тракт калиброванного сигнала от генератора СВЧ и последовательной установки его минимального и максимального уровней.

Подготавливают комплекс к работе. От генератора СВЧ на частоте 8600 МГц на вход приемопередатчика подают калиброванный по мощности сигнал. С помощью аттенюатора вводят такое ослабление A_{MAX} , при котором сигнал превышает уровень шумов приемника на 3 дБ. С помощью аттенюатора вводят и фиксируют минимальное ослабление A_{MIN} , при котором отсутствует ограничение принимаемого сигнала. Динамический диапазон определяют по результатам измерений в соответствии со следующим соотношением:

$$D = | A_{\text{MAX}} - A_{\text{MIN}} |, \text{ [дБ]}.$$

По результатам измерений составляют протокол. Полученные значения динамического диапазона тракта приемника не должны превышать расчетного значения, определяемого амплитудными характеристиками 8-разрядного АЦП (42 дБ).

6.2.5 Определение нелинейности градуировочной характеристики приемного устройства, дБ.

Метод измерений основан на сравнении значений выходного сигнала, получаемого на основании аппроксимации градуировочной характеристики измерительного тракта для данного входного сигнала, и выходного сигнала, измеренного экспериментально при аналогичном входном сигнале.

Подготавливают комплекс к работе. Проводят градуировку приемного тракта комплекса. Измеряя уровень сигнала с интервалом в 1 дБ, в диапазоне от –130 дБ/Вт до –70 дБ/Вт, измеряется дисперсия выходного сигнала приемного тракта с помощью специальной программы “Анализ”.

По результатам измерений составляют протокол.

6.2.6 Определение ширины лепестка диаграммы направленности антенны

Ширина лепестка диаграммы направленности антенны может измеряться следующим образом. Для этого в дальней зоне антенны устанавливают измерительный прибор (анализатор спектра) с приемной антенной.

Подготавливают комплекс к работе в соответствии с руководством по эксплуатации.

Выполняют градуировку приемных трактов комплекса с помощью генератора стандартных сигналов СВЧ. Исследуемую антенну устанавливают на опорно-поворотном устройстве таким образом, чтобы волна распространялась в направлении приемного устройства в Е-плоскости. Опорно-поворотное устройство должно иметь шкалу деления в градусах. Настраивают измерительную антенну на максимум излучения сигнала исследуемой антенны. Полоса частот близка к центральной, равной 8600 МГц.

Определяют точку максимума и выбирают ее за нулевую. Отворачивают исследуемую антенну на 15-20 градусов от принятого нулевого значения в любую (правую, левую) сторо-

ны. Через 2÷3 градуса в сторону отмеченного максимума фиксируют значения уровней сигнала измеряемых анализатором спектра. Достигнув максимума, следуют в противоположную сторону (минус 15; минус 20 градусов). Фиксируя полученные значения, производят их обработку с помощью программно-математического обеспечения. Строят диаграмму направленности и по уровню 0,707 определяют ее ширину. Аналогичный алгоритм проделывают для определения ширины диаграммы направленности в Н-плоскости.

6.2.7 Оценка относительного уровня поляризации развязки комплекса.

Измерение уровня кроссполяризации составляющей падающего поля комплекса выполняется с помощью измерительной антенны, размещаемой в рабочей зоне и вращаемой вокруг оси, связывающей антенну комплекса и используемую антенну. В результате строится эллипс поляризации, в котором выделяются основная и крестовая компоненты, и рассчитывается относительный уровень крестовой компоненты.

Измеренный уровень кроссполяризованной компоненты не должен превышать значений, приведенных в табл.3.

6.2.8 Определение минимально измеряемой ЭПР (эквивалент ЭПР на расстоянии 20 км), м².

Для измерения минимальной ЭПР выполняют следующий алгоритм работы.

- подготавливают комплекс к работе;
- в ходе полетных испытаний проводят измерения отражений участка земной поверхности с размещенными на ней уголковыми отражателями, обрабатывая полученные результаты с помощью специальной программы “Анализ” изображение земной поверхности привязывают относительно ЭПР уголковых отражателей и выражают в м².

- находят участок, не содержащий изображения уголковых отражателей (без явных радиолокационных признаков), его усредняют. Полученный результат соответствует уровню сигнал/шум на входе приемного тракта комплекса, превышение данного значения на 10 м² (неравномерность поля не оказывает существенного влияния) принимаем за минимально измеряемую ЭПР.

6.2.9 Определение цены младшего разряда окончных устройств регистрации.

Оценку цены младшего разряда окончных устройств регистрации проводят расчетным путем. Выбирают меньший (измеренный) динамический диапазон, так как обработка измерительной информации выполняется персональной ЭВМ и информация преобразуется в цифровую форму 8 разрядным АЦП то, цена младшего разряда определяется отношением динамического диапазона к числу разрядов АЦП и выражается в дБ.

6.2.10 Определение показателей надежности комплекса и потребляемой мощности

Оценку показателей надежности комплекса проводят расчетным путем на основании показателей надежности входящих в комплекс элементов.

Оценку потребляемой мощности проводят путем суммирования потребляемых мощностей элементов, создающих наиболее энергоемкий режим измерений.

6.2.11 Проверка разрешающей способности по продольной и поперечной осями координат

Разрешающая способность определяет свойства радиолокационной системы распознавать близко расположенные цели и измерять параметры каждой из них. Разрешающая способность по дальности численно характеризуется минимальным расстоянием между двумя неподвижными целями расположенными в радиальном направлении относительно РЛС.

Разрешающая способность по азимуту определяется как угловая разрешающая способность и численно характеризуется минимальным углом между направленными на две непод-

вижные равноудаленные относительно РЛС точечные цели, при котором они наблюдаются раздельно.

В комплексе разрешение по радиолокационной дальности определяется шириной полосы излучаемого и принимаемого сигнала. Разрешение по азимуту обеспечивается за счет излучения и приема через антенну когерентных импульсных сигналов. Принятые и усиленные отраженные сигналы, преобразуются в квадратурные составляющие, которые оцифровываются и регистрируются в виде массива радиоголограммы. Последующая обработка позволяет восстанавливать РЛИ с пространственным разрешением по азимуту, независящим от дальности (с увеличением дальности увеличивается массив обрабатываемой информации).

6.2.12 Определение пределов допускаемой погрешности измерения взаимного местоположения локальных источников, см.

Погрешность взаимного расположения локальных источников определяется методом сравнения. Произвольно выбираются два уголкового отражателя, расстояние между ними измеряется с помощью измерительной линейки или рулетки. Далее это же расстояние измеряют с помощью комплекса в его рабочем режиме. Далее анализируют полученные значения и вычисляют погрешность от значений измеренных рулеткой и вычисленных комплексом.

6.2.13 Определение интервала, в котором находится погрешность измерений ЭПР с доверительной вероятностью 0.95 при отношении сигнал/фон не менее 10 дБ.

Оценка погрешности измерений мгновенных ЭПР объекта.

Расчет суммарной погрешности измерения мгновенной ЭПР проводится по формуле:

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

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

где k - коэффициент, зависящий от соотношения систематической и случайной составляющей, $k = \frac{t_s \cdot \delta + \theta}{\delta + 0,5 \cdot \theta}$;

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,
 $\delta = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2}$;

t_s - коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 0.95, $t_s = 1.96$;

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

θ_2 - граница составляющей систематической погрешности, обусловленной неравномерностью распределения поля, обусловленной фазовой неравномерностью; рассчитывается по формуле:

$$\theta_2 = 1 - \left(\frac{\text{Sin}x}{x} \right)^2;$$

где $x = \frac{\pi \cdot L^2}{4\lambda R}$; L - размер рабочей зоны; R - протяженность измерительной трассы.

θ_3 - граница составляющей систематической погрешности, обусловленной амплитудной неравномерностью облучающего поля; определяется по графику (Рис. 1) зависимости относительной погрешности от величины амплитудной неравномерности падающего поля в рабочей зоне комплекса:

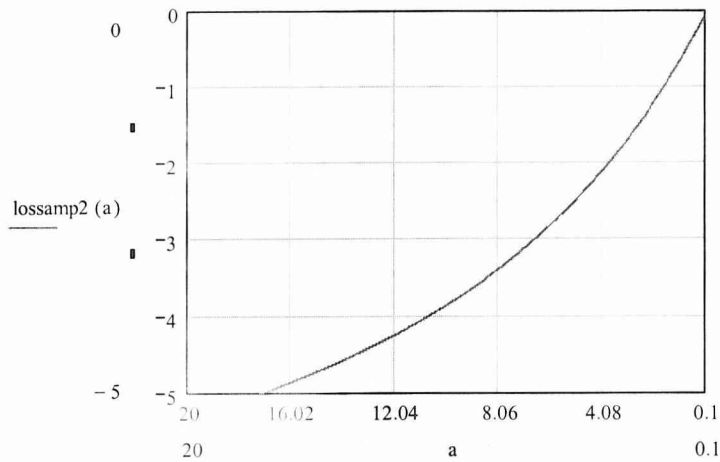


Рис. 1

График зависимости относительной погрешности от амплитудной неравномерности падающего поля в рабочей зоне комплекса

θ_4 - граница составляющей систематической погрешности, обусловленной остаточным фоном, $\theta_4 = 10^{0,1q}$, q - отношение сигнал/фон, дБ; определяется косвенным методом для отношения сигнал/фон не менее 20 дБ;

θ_5 - граница составляющей систематической погрешности, обусловленной поляризационной развязкой, $\theta_5 = 10^{0,2p}$, p - относительный уровень кроссполяризованной компоненты, дБ,

θ_6 - граница составляющей систематической погрешности, обусловленной отражениями сигнала от земной поверхности;

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

$$\delta_1 = \frac{1 - 10^{2 \cdot \Delta A}}{2\sqrt{3}};$$

δ_2 - среднеквадратическое значение составляющей случайной погрешности, обусловленной остаточным фоном, $\delta_2 = 2 * \sqrt{10^{0,1q}}$;

δ_3 - среднеквадратическое значение составляющей случайной погрешности, обусловленной отраженным от земной поверхности сигнала; определяется как амплитуда вариаций уровня принятого сигнала от перемещающегося в рабочей зоне отражателя (трехгранного уголкового отражателя);

δ_4 - среднеквадратическое значение составляющей погрешности, обусловленной кроссполяризованной развязкой; $\delta_4 = 2 * \sqrt{10^{0,2p}}$;

δ_5 - среднеквадратическое значение погрешности, обусловленной нестабильностью потенциала, принимается равной относительной нестабильности потенциала;

δ_6 - среднеквадратическое значение погрешности, обусловленной аппроксимацией градуировочной характеристики приемного тракта.

Полученное значение погрешности не должно превышать значений из табл. 3.

6.3.9. Определение суммарной погрешности измерений средней ЭПР исследуемого объекта.

Доверительные границы погрешности измерений средней ЭПР объекта определяются аналогично определению границ погрешности измерений мгновенной ЭПР при отсутствии составляющих погрешности, обусловленных вариациями фазы.

Полученные значения погрешности не должны превышать значений, приведенных в табл.3.

7. Оформление результатов поверки

7.1 Положительным результатом поверки считают соответствие полученных метрологических и технических характеристик комплекса характеристикам, приведенным в описании типа на комплексе.

7.2 При положительных результатах поверки оформляется Свидетельство о поверке с указанием полученных метрологических и технических характеристик, которое выдается хранителю комплекса.

7.3 При отрицательных результатах поверки комплекс настраивают и направляют на повторную поверку.

Начальник лаборатории ГЦИ СИ «Воентест» 32 ГНИИ МО РФ



А. Смирнов

Младший научный сотрудник ГЦИ СИ «Воентест» 32 ГНИИ МО РФ



В. Прокопишин