

УТВЕРЖДАЮ

340

НАЧАЛЬНИК 32 ГНИИ МО РФ  
генерал-майор



В. Храменков

2002 г.

## Инструкция

Комплекс измерительный радиолокационный "Сектор"

Методика поверки

Мытищи, 2002 г.

1. Введение.

1.1. Данная методика устанавливает порядок проведения первичной и периодической поверки радиолокационного измерительного комплекса (РИК) "Сектор" (далее – комплекс), принадлежащего 5 ЦНИИ МО РФ.

1.2. Межповерочный интервал - два года.

1. Операции поверки.

При поверке выполняют операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1.

	Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
			первичной поверке	периодической поверке
1.	Оценка действительных значений и погрешностей моностатических интегральных ЭПР рабочих мер ЭПР.	8.3.1	да	да
2.	Оценка действительных значений и погрешностей бистатических интегральных ЭПР рабочих мер ЭПР.	8.3.2	да	да
3.	Измерение нелинейности градуировочной характеристики комплекса.	8.3.3	да	да
4.	Измерение амплитудной и фазовой нестабильности аппаратуры комплекса	8.3.4	да	да
5.	Измерение распределения амплитуды и фазы напряженности падающего электромагнитного поля коллиматора.	8.3.5	да	да
6.	Измерение коэффициента безэховости.	8.3.6	да	да
7.	Оценка чувствительности комплекса при измерении интегральной моностатической ЭПР (уровень остаточного фона).	8.3.7	да	да
8.	Оценка чувствительности комплекса при измерении интегральной бистатической ЭПР.	8.3.8	да	да
9.	Оценка чувствительности комплекса при измерении локальной ЭПР.	8.3.9	да	да
10.	Измерение погрешности установки приемного зонда в плоскости сканирования.	8.3.10	да	да
11.	Измерение погрешности установки положения объекта на поворотном устройстве в автоматизированном режиме.	8.3.11	да	да
12.	Измерение максимального отклонения поверхности сканирования от плоскости.	8.3.12	да	да
13.	Оценка уровня кроссполяризованной составляющей в падающем поле.	8.3.13	да	да
14.	Оценка суммарной погрешности измерений интегральной моностатической ЭПР объекта.	8.3.14	да	да
15.	Оценка суммарной погрешности измерений интегральной бистатической ЭПР объекта.	8.3.15	да	да
16.	Оценка суммарной погрешности измерений локальной ЭПР объекта.	8.3.16	да	да
17.	Оценка погрешности определения местоположения "блестящей точки" на поверхности объекта.	8.3.17	да	да
18.	Оценка погрешности установки угловых и линейных координат антенны устройства измерения бистатических характеристик.	8.3.18	да	да
19.	Оценка погрешности измерений диаграмм направленности антенны.	8.3.19	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	Генераторы сигналов выбранного диапазона. Аттенуаторы тт4138/8; Д2-14; Д3-29; Д3-28; Д3-33; Д5-5; Д3-34А. Амплифазометр ФК2-33. Электронно-счетный частотомер со сменными блоками и преобразователем частоты. Теодолит 2Т30П. Рулетка металлическая Р20. Комплект рабочих мер ЭПР. Специальная стойка с фиксируемыми по ее высоте уголковыми отражателями. Малоотражающая опора. Оптический автоколлиматор АК-IV.

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

энергетический потенциал комплекса не менее 100 дБ;

долговременная нестабильность энергетического потенциала более  $\pm 0.5$  дБ;

предельное значение нестабильности частоты генератора не более  $10^{-7}$  дБ;

динамический диапазон приемника не менее 60 дБ;

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

предел допускаемого значения погрешности измерения отношения уровней не более  $\pm 1.5$  дБ;

предел допускаемого значения погрешности позиционирования зонда не более  $0.01 \lambda$ ;

ширина основного лепестка диаграммы направленности приемного не менее

$$2 \cdot \left[ \frac{\pi}{2} - \arctg \left( \frac{Z_l}{L_{ps}} \right) \right] \quad (Z_l - \text{расстояние между плоскостями изображения и сканирования, } L_{ps} -$$

линейный размер рабочей зоны комплекса);

уровень боковых лепестков диаграммы направленности приемного зонда не более  $-10 \dots -15$  дБ;

предел допускаемого значения погрешности позиционирования опорно-поворотного устройства не более  $\pm 0.5^0$ ;

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, ГОСТ 12.2.091, ГОСТ 26104, 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 окружающей среды  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ ;

относительная влажность воздуха 45% - 65%;

атмосферное давление 630-800 мм рт. ст.;

6.3. Электропитание комплекса осуществляется от промышленной сети 220/380 В  $\pm 5\%$ , 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;

проверку стабильности работы комплекса проводят не реже чем через 2 часа работы комплекс;

сканер переводят в режим с максимальным размером зоны сканирования;

измеряют расстояние от плоскости регистрации до ближней  $R_{\min}$  и дальней  $R_{\max}$  точек установленной меры ЭПР.

## 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 серьезных 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 контроль 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 действительных значений и погрешностей моностатических интегральных ЭПР рабочих мер ЭПР.

8.3.1.1. 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 из бракуют и из комплекта комплекса исключают.

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

8.3.2. Оценка действительных значений и погрешностей бистатических интегральных ЭПР рабочих мер.

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

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

### 8.3.3. Оценка градуировочной характеристики комплекса.

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

8.3.3.2. Собирают схему измерительной установки согласно рис. 8.3.1. При этом высокочастотный сигнал с синтезатора частот через амплифазометр подают на вход направленного ответвителя, где он разделяется на два канала. Сигнал первого канала через усилитель УК 3-20, регулируемый аттенюатор ДЗ-33, фиксированный аттенюатор (36дБ), усилитель М 42189 подают на один из входов двойного Т-моста. Сигнал второго канала через регулируемый аттенюатор Д5-5 и фазовращатель направляют на другой вход двойного Т-моста. Поступающий с выхода двойного Т-моста сигнал усиливают с помощью усилителя УВ-23 и подают на измерительный вход амплифазометра.

8.3.3.3. Устанавливают заданную рабочую частоту синтезатора частот. С помощью фиксированного аттенюатора (36дБ) и собственного аттенюатора синтезатора частот устанавливают уровень входного сигнала приемного устройства на 1 дБ ниже порога его чувствительности. Ослабление прецизионного аттенюатора ДЗ-33А устанавливают 0 дБ. Последовательно изменяя затухание ДЗ-33А, производят измерение уровня выходного сигнала приемного устройства с помощью амплифазометра ФК2-33 и регистрацию измеренных данных в ЭВМ. Измерения заканчивают при установке затухания ДЗ-33А 59 дБ.

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, или отклонение полученной зависимости от линейной.

### 8.3.4. Оценка амплитудной и фазовой нестабильности аппаратуры комплекса.

8.3.4.1. Оценку амплитудной и фазовой нестабильности аппаратуры выполняют путем многократных измерений амплитуды и фазы на выходе приемного устройства при неизменных параметрах передающего устройства и волноводно-фидерного тракта.

8.3.4.2. Для этого выполняют следующие операции:

комплекс подготавливают к работе в режиме измерения интегральных ЭПР на выбранной 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.

8.3.5. Измерение распределения фазы и плотности мощности поля коллиматора в плоскости сканирования зонда.

8.3.5.1. При измерении распределении фазы и плотности мощности поля коллиматора в плоскости сканирования зонда оценивают неравномерность амплитуды и фазы поля, формируемого коллиматором, в рабочей зоне размерами  $2.5 \times 2.5 \text{ м}^2$ .

8.3.5.2. В процессе измерений осуществляют последовательное автоматическое сканирование приемного зонда, направленного в сторону зеркала коллиматора, в плоскости размером  $4.0 \times 3.8 \text{ м}^2$  с шагом 10 см и измерение амплитуды и фазы падающего поля с записью в память ЭВМ при двух ортогональных поляризациях облучателя и зонда.

8.3.5.3. Измеренные распределения фазы  $\Phi(X, Y)$  в плоскости сканирования зонда пересчитывают в распределение фазы  $\varphi(X, Y)$  в плоскости, аппроксимирующей волновой фронт коллиматора, по формулам

$$\varphi_i(x_i, y_i) = \varepsilon_i(x_i, y_i) - Ax_i - By_i,$$

$$\text{где } \varepsilon_i(x_i, y_i) = \Phi_i(x_i, y_i) - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Phi_i(x_i, y_i), \quad A = \frac{\sum_{i=1}^N x_i \cdot \varepsilon_i}{\sum_{i=1}^N x_i^2}, \quad B = \frac{\sum_{i=1}^N y_i \cdot \varepsilon_i}{\sum_{i=1}^N y_i^2},$$

8.3.5.4. С целью получения наглядного представления о распределении поле коллиматора выполняют построение кривых равной плотности мощности и равной фазы для каждой из двух поляризаций. При этом фиксируют вертикальный и горизонтальный размер рабочей зоны, в пределах которой вариации амплитуды и фазы не превышают соответственно значений  $\Delta A \leq 1 \text{ дБ}$ ,  $\Delta \varphi \leq 20^\circ$ .

8.3.6. Определение коэффициента безэховости безэховой камеры.

8.3.6.1. Оценку коэффициента безэховости выполняют методом наложения диаграмм.

8.3.6.2. При определении коэффициента безэховости выполняют следующие операции:

в рабочем объеме с габаритным размером  $1-2 \lambda$  выбирают 10-15 точек ( $\lambda$  - длина волны);

последовательно размещая индикаторную антенну в каждой точке, измеряют ее диаграмму направленности;

измеренные диаграммы накладывают друг на друга; фиксируют уровень диаграммы направленности, при котором разброс результатов измерений диаграмм наибольший;

для выбранного уровня диаграммы направленности и его разброса вычисляют коэффициент безэховости;

8.3.7. Оценка чувствительности комплекса при измерении интегральной моноэхо-ской ЭПР объекта.

8.3.7.1. Комплекс готовят к измерениям интегральных ЭПР согласно руководства по эксплуатации.

8.3.7.2. Устанавливают мало отражательную опору высотой 1 м или 2 м в центр поворотной платформы и компенсируют остаточный фон комплекса. Размещают на опоре рабочую меру ЭПР  $\sigma_M$  и регистрируют амплитуду  $A_M$  и фазу  $\varphi_M$  рассеянного комплексного сигнала от меры ЭПР.

8.3.7.3. Убирают из рабочего объема меру ЭПР и записывают в память ЭВМ  $N \geq 10$  значений амплитуды  $A_{\varphi_i}$  и фазы  $\varphi_{\varphi_i}$  комплексного принятого сигнала, соответствующего уровню остаточного (после компенсации) фона ( $i = \overline{1, N}$ ). При этом в рабочей зоне находятся либо опорные устройства или подвесные нити. Время регистрации значений скомпенсированного уровня фона выбирают не менее времени, необходимого для градуировки приемного

тракта при подготовке к измерениям интегральной ЭПР объекта. Для каждого измерения уровня фона вычисляют величину

$$\dot{\sigma}_{\phi,i} = \sigma_M \cdot 10^{0.1(A_M - A_{\phi,i})} \cdot e^{j(\varphi_M - \varphi_{\phi,i})}$$

8.3.7.4. В качестве оценки уровня остаточного фона принимают величину:

$$\sigma_{\phi} = t_{0.95, N-1} \cdot \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N \left| \dot{\sigma}_{\phi,i} - \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \dot{\sigma}_{\phi,i} \right|^2}$$

где  $t_{0.95, N-1}$  - коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 0.95 и  $N-1$  степеней свободы.

8.3.8. Оценка чувствительности комплекса при измерении интегральной бистатической ЭПР объекта.

8.3.8.1. Оценка чувствительности комплекса при измерении бистатических интегральных ЭПР проводят косвенным методом.

8.3.8.2. Для оценки чувствительности комплекса при измерении бистатических интегральных ЭПР выполняют следующие операции:

в рабочей зоне комплекса устанавливают рабочую меру ЭПР с геометрическими размерами меньше размеров рабочей зоны;

передающую антенну устанавливают в положение, обеспечивающее бистатический угол  $\beta = 180^\circ$ ;

регистрируют уровень отраженного сигнала;

используя результаты теоретических расчетов величины ЭПР меры в виде сферы при данном угле разнеса приемной и передающей антенн

вычисляют чувствительность комплекса  $\sigma_{\min}(\beta)$  по следующей формуле:

$$\sigma_{\min}(\beta) = \sigma_M(\beta) \cdot 10^{0.1(N+20-G_M(\beta))}$$

где  $N$  - минимальное регистрируемое отношение уровней амплифазометра комплекса,  $N = -60 \text{ дБ}$ ;

$\sigma_M(\beta)$  - рассчитанное значение ЭПР,  $\text{м}^2$ ;

$G_M(\beta)$  - показания амплифазометра при регистрации сигнала меры ЭПР, дБ.  $\sigma_M(\beta)$

8.3.8.3. Измерения по п. 8.3.11.3 повторяют 4-5 раз, в качестве оценки значения чувствительности принимают значение, полученное в результате усреднений по полученным реализациям.

8.3.8.4. Измерения по п. 8.3.11.2, 8.3.11.3 проводят во всем диапазоне бистатических углов с шагом  $2^\circ$ .

8.3.8.5. По результатам измерений составляют таблицу по нижеприведенной форме.

Бистатический угол, $\beta^\circ$	Уровень рассеянного сигнала меры, дБ	ЭПР выбранной меры, $\text{м}^2$	Чувствительность, $\text{м}^2$

8.3.9. Оценка чувствительности комплекса при измерении локальной ЭПР объекта.

8.3.9.1. Оценка чувствительности комплекса при измерении локальной ЭПР объекта проводят на рабочих мерах с ЭПР  $\sigma_0$  порядка  $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ .

8.3.9.2. Для проведения измерений комплекс готовят в режиме измерений локальных ЭПР.



8.3.9.3. В рабочей зоне размещают две рабочие меры с расстоянием в поперечной плоскости в несколько элементов разрешения и измеряют их локальные ЭПР, при этом фиксируя показание встроенного аттенюатора  $G_0$ .

8.3.9.4. Последовательно вводя затухание с шагом 2-3 дБ измерения по п.8.3.9.3. повторяют до тех пор, пока наблюдается отчетливый двумерный портрет используемых рабочих мер ЭПР.

8.3.9.5. В качестве оценки чувствительности комплекса при измерении локальных ЭПР принимается значение, вычисляемое по формуле:

$$\sigma_\phi = \sigma_0 \cdot 10^{0.1(G_0 - G)},$$

где  $G$  - максимальное введенное затухание, еще обеспечивающее устойчивый отчетливый двумерный портрет.

8.3.10. Оценка погрешности установки приемного зонда в плоскости сканирования.

8.3.10.1. 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.

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

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

8.3.10.4. В итогом протоколе приводят результаты измерений погрешности установки зонда в горизонтальном и вертикальном направлениях.

8.3.11. Оценка погрешности установки углового положения объекта.

8.3.11.1. Для оценки погрешности установки углового положения объекта по азимуту в центр площадки поворотной платформы устанавливают теодолит и юстируют его.

8.3.11.2. Поворотную платформу поворачивают на азимут  $\alpha = 0^\circ$ ; на продольной оси беззховой камеры ближе к коллиматору устанавливают пустую деревянную стойку; с помощью теодолита юстируют вертикальные стойки по линии визирования теодолита; вертикальную линию визирования теодолита совмещают с вертикальной линией края стойки и устанавливают нулевое положение шкал на азимутальных лимбах теодолита.

8.3.11.3. С помощью управляющего вычислительного комплекса начинают плавно вращать поворотную платформу с шагом поворота  $\alpha_i = 10^\circ$ . После остановки платформы совмещают вертикальную линию визирования теодолита с вертикальной линией края стойки. По шкале теодолита определяют действительное значение угла поворота  $\Delta\alpha_{уст}$ . По мере последовательного поворота платформы на угол  $\Delta\alpha_i = 10^\circ$ , фиксируют соответствующие  $i$ -ому повороту значения  $\Delta\alpha_{уст i}$ . Измерения заканчивают, когда платформа повернется на угол  $\alpha = 360^\circ$ . Погрешность установки углового положения объекта по азимуту определяют по формуле

$$\Delta\alpha_i = |\Delta\alpha_{уст i} - \Delta\alpha_i|$$

За максимальную погрешность установки углового положения объекта по азимуту  $\Delta\alpha_{\max}$  принимают максимальное из полученных значений.

8.3.11.4. На поворотное устройство устанавливают опору и размещают на ней металлическую пластину длиной примерно 100 см, шириной около 20 см и толщиной 2-3 мм так, чтобы плоскость пластины была горизонтальна (тангаж  $\gamma = 0$ , крен  $\beta = 0$ ). У угла пластины в непосредственной близости, допускающей фокусирование оптической системы, устанавливают теодолит, юстируют его и совмещают линию визирования теодолита с боковой гранью

пластины. С угломестной шкалы теодолита регистрируют действительное значение угла тангажа ( $\gamma_{уст.i}$ ).

8.3.11.5. С помощью механизмов измерения угла тангажа устанавливают значения угла тангажа  $\gamma_i$  в пределах  $0^\circ-80^\circ$  через  $\Delta\gamma=5^\circ$ , каждый раз изменяя высоту оптической системы теодолита таким образом, чтобы линия визирования совпадала с направлением боковой грани пластины, отсчитывая по угломестной шкале теодолита значения  $\gamma_{уст.i}$ .

8.3.11.6. Углы тангажа в диапазоне  $0^\circ-40^\circ$  измеряют, располагая теодолит на той же площадке, где установлена опора, а при углах тангажа в диапазоне  $40^\circ-80^\circ$  теодолит располагают в углублении фундамента рядом с облучателем коллиматора. При каждом  $i$ -ом измерении теодолит юстируют. Погрешность установки углового положения объекта по тангажу в каждом  $i$ -ом по счету измерении определяют по формуле

$$\Delta\gamma_i = |\gamma_{уст.i} - \gamma_i|,$$

Из полученной совокупности значений погрешностей  $\Delta\gamma_i$  выбирают максимальное значение, которое и принимают за максимальную погрешность установки объекта по тангажу  $\Delta\gamma_{max}$ .

8.3.11.7. Определение максимальной погрешности установки объекта на подъемно-поворотном устройстве по крену  $\Delta\beta$  проводят аналогично определению погрешности установки объекта тангажу, изменяя при этом угол крена пластины и измеряя значения  $\beta_{уст.i}$ , ставя им в соответствие установленные с помощью механизмов комплекса значения. Значения погрешности установки угла крена объекта в каждом  $i$ -м измерении определяют по формуле

$$\Delta\beta_i = |\beta_{уст.i} - \beta_i|,$$

и из полученной совокупности  $\Delta\beta_i$  выбирают наибольшее значение, которое и принимают за  $\Delta\beta_{max}$ .

8.3.11.8. При работе маятниковым угломером типа ЗУРИ-М разрешается операции измерений выполнять в соответствии с руководством по эксплуатации угломера.

8.3.12. Определение максимального отклонения поверхности, по которой движется приемный зонд, от плоскости.

8.3.12.1. 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.

8.3.12.2. 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 размерами  $3 \times 3 \text{ м}^2$  с шагом измерения 100 мм;

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

результаты измерений отклонения зонда обрабатывают по формуле

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

где  $\lambda_{откл1}, \lambda_{откл2}$  - отклонения зонда, полученные при двух съемах данных (круг теодолита слева, круг теодолита справа);  $C$  - значение на измерительной линейке начала отсчета;

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

8.3.13. Оценка уровня кроссполяризованной составляющей в падающем поле.

8.3.13.1. Для оценки уровня кроссполяризованной составляющей в падающем поле используют вспомогательную антенну с уровнем кроссполяризованной развязки не менее 20 дБ.

8.3.13.2. Для измерений антенну располагают в середине рабочего объема и, вращая ее вокруг горизонтальной оси, фиксируют эллипс поляризации, где определяют относительный уровень ортогональной компоненты.

8.3.14. Оценка суммарной погрешности измерения интегральной моноэлектронной ЭПР объекта.

8.3.14.1. Оценка суммарной погрешности измерений интегральной моноэлектронной ЭПР выполняют расчетным методом на основании результатов измерений технических характеристики комплекса для объекта, имеющего изотропную диаграмму ЭПР, диагональную поляризационную матрицу рассеяния и занимающего весь рабочий объем.

8.3.14.2. Расчет суммарной погрешности измерения интегральной ЭПР проводят по формуле:

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

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

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

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

$\delta$  - 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;

$\theta_1$  - граница составляющей систематической погрешности, обусловленная рабочими мерами ЭПР;

$\theta_2$  - граница составляющей систематической погрешности, обусловленной неравномерностью амплитудно-фазового распределения поля в рабочей зоне,  $\theta_2 = 0.5 \cdot (1 - 10^{-2 \cdot \Delta A})$ , где  $\Delta A$  - спад амплитуды падающего поля на краях рабочей зоны, дБ;

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

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

$\theta_5$  - 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;

$\theta_6$  - граница составляющей систематической погрешности, обусловленной нелинейностью измерительного тракта либо погрешностью измерительного приемника (амплифазометра);

$\delta_1$  - среднеквадратическое значение составляющей случайной погрешности, обусловленной неравномерностью амплитудно-фазового распределения поля в рабочей зоне; суммарной погрешности;

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

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

$\delta_4$  - 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.

8.3.14.3. Оценку погрешности измерений ЭПР проводят для отношений сигнал/фон 10 дБ, 20 дБ, 30 дБ.

8.3.15. Оценка суммарной погрешности измерений интегральной бистатической ЭПР объекта.

8.3.15.1. Оценку суммарной погрешности измерений интегральной бистатической ЭПР объекта проводят аналогично оценке суммарной погрешности измерений интегральной моностатической ЭПР объекта п.п.8.3.14.1.-8.3.14.2.

8.3.15.2. Оценку погрешности измерений ЭПР проводят для отношений сигнал/фон 10 дБ, 20 дБ, 30 дБ.

8.3.16. Оценка погрешности измерения локальной ЭПР участка поверхности объекта.

8.3.16.1. Оценку погрешности измерения локальной ЭПР участка поверхности объекта проводят путем статистической обработки результатов измерений ЭПР объекта в виде совокупности 3-4 соизмеримых по ЭПР простых отражателей, расположенных по вертикали и горизонтали не ближе 3-4. При этом выбирают три совокупности отражателей с ЭПР, обеспечивающей различное отношение сигнал/фон. В качестве локального участка поверхности объекта принимают меры ЭПР, габаритные размеры которых не менее размеров элемента разрешения на рабочей длине волны  $\lambda$ . Габаритные размеры каждой совокупности в целом должны совпадать с габаритными размерами рабочей зоны.

8.3.16.2. Оценку погрешности измерений локальной ЭПР проводят для отношений сигнал/фон 10 дБ, 20 дБ, 30 дБ.

8.3.16.3. Комплекс подготавливают к измерениям локальных ЭПР. Примерно напротив середины плоскости сканирования приемного зонда устанавливают цилиндрическую меру ЭПР на подвеске из капроновых нитей по центру поворотной платформы. Измеряют амплитудно-фазовое распределение рассеянного поля в пределах зоны сканирования  $1.6 \times 1.6 \text{ м}^2$ .

8.3.16.4. Аналогично п. 8.3.9.4 проводят операции для выбранных трех совокупностей отражателей.

8.3.16.5. Результаты измерений обрабатывают в соответствии с руководством по эксплуатации и определяют ЭПР каждой из рабочих мер в каждой совокупности.

8.3.16.6. По измеренному значению локальной ЭПР совокупности рабочих мер и ее действительному значению вычисляют среднее  $\theta$ , среднеквадратическое значение  $\delta$  погрешности измерений локальной ЭПР для каждого отношения сигнал/фон.

8.3.16.7. Доверительные границы суммарной погрешности измерений локальной ЭПР участка поверхности вычисляют по формуле:

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

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

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

8.3.17. Оценка погрешности определения местоположения «блестящей точки» на поверхности объекта.

8.3.17.1. Оценку погрешности определения местоположения «блестящей точки» на поверхности объекта определяют на модели объекта в виде совокупности простых отражателей.

8.3.17.2. При оценке погрешности определения местоположения «блестящей точки» выполняют следующие операции:

устанавливают стойки (возможна подвеска на капроновых шнурах) с закрепленными на них девятью отражателями, играющими роль «блестящих точек» на поверхности объекта, в плоскости, проходящей через центр поворотной платформы;

с помощью рулетки и теодолита измеряют значения координат  $x_i$  и  $y_i$  каждого  $i$ -го отражателя по центру их раскрыв;

включают сканирование приемного зонда линейно-координатного устройства и измеряют амплитудно-фазовое распределение рассеянного поля в плоскости сканирования зонда с регистрацией результатов измерений в ЭВМ;

в соответствии с алгоритмом измерений локальных ЭПР выполняют построение кривых равной плотности потока мощности в плоскости размещения объекта с выводом на печать;

по измеренным координатам центров кривых наибольшей плотности мощности рассеянного поля и действительным значениям координат отражателей вычисляют погрешность определения местоположения «блестящих точек».

8.3.18. Оценка погрешности установки угловых и линейных координат антенны устройства измерения бистатистических характеристик.

8.3.18.1. Перед началом измерений комплекс подготавливают к режиму измерений бистатистических ЭПР.

8.3.18.2. Оценку погрешности установки угловых и линейных координат антенны устройства измерения бистатистических характеристик проводят в следующей последовательности:

в центре апертуры антенны закрепляют мишень с нанесенными на ней концентрическими окружностями с расстоянием между ними 1 мм;

лазерный визир устанавливают в центр опорно-поворотного устройства (ОПУ) и, вращая его, добиваются совпадения показаний угловой шкалы лазерного визира и угловых меток, нанесенных на рельсовом пути;

бистатистический угол устанавливают  $180^0$ ;

манипулируя устройствами поворота антенны обеспечивают отражение луча лазерного визира от апертуры антенны в точку излучения (зеркало для этого накладывают на мишень и плотно прижать к апертуре антенны);

данные об угловом положении антенны (углы места и азимута) снимают с угловых шкал устройства крепления антенны;

не изменяя положения антенны, убирают зеркало и производят измерения вертикального и горизонтального отклонения луча от центра апертуры антенны, используя градуиров-

ку мишени (считывая отклонения с учетом знака), и определяют погрешность углового положения антенны;

повторяют вышеперечисленные операции для всех заданных значений бистатистических углов с шагом бистатистического угла 2; при этом тележку с антенной передвигают на новое положение, которое контролируют с использованием отвеса, закрепленного по центру верхней горизонтальной кромке апертуры;

данные по измерениям отклонений при установке линейных и угловых координат записываются в таблицу.

8.3.19. Оценка погрешности измерений диаграмм направленности антенн.

8.3.19.1. Оценку погрешности измерений диаграмм направленности антенн косвенным методом для относительных уровней диаграмм направленности -10, -20, -30 дБ.

8.3.19.2. Доверительные границы суммарной погрешности измерений относительных уровней диаграмм направленности определяют по формуле:

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

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

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

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

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

$t_s$  - коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 0.95;

$\theta_1$  - граница составляющей систематической погрешности, обусловленной измерительным приемником, приписывают на основании технических характеристик амплифазометра;

$\theta_2$  - граница составляющей систематической погрешности, обусловленной многократными отражениями и взаимодействием антенны и безэховой камеры, определяют на основании измеренного коэффициента безэховости и выбранного уровня диаграмм направленности с помощью номограмм Бакли;

$\delta_1$  - среднеквадратическое отклонение случайной погрешности, обусловленной измерительным приемником, приписывают на основании технических характеристик амплифазометра;

$\delta_2$  - среднеквадратическое отклонение случайной погрешности, обусловленной нестабильностью параметров аппаратуры и другими факторами, определяют на основании многократных измерений диаграммы направленности индикаторной антенны, размещенной в середине рабочего объема, и последующего расчета среднеквадратического отклонения выбранного уровня диаграммы направленности.

8.3.20. Определение метрологических и технических характеристик комплекса в соответствии с п.п. 8.3.1-8.3.9., 8.3.13-8.3.17, 8.3.19 проводят для частот 1, 10, 17 ГГц.

9. Оформление результатов поверки.

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

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

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

Начальник лаборатории 32 ГНИИИ МО РФ



А.Смирнов

Младший научный сотрудник 32 ГНИИИ МО РФ



К.Черняев