

179

**УТВЕРЖДАЮ**

**Начальник ГЦИ СИ "Воентест"**  
**32 ГНИИ МО РФ**



**В.Н.Храменков**

«    » \_\_\_\_\_ 2003 г.

**Комплекты антенн измерительные "Амур-М"**

**Методика поверки**

## 1. Вводная часть

Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодических проверок при эксплуатации и после ремонта. комплекта антенн «Амур-М» (активные антенны ЭА-1 и МА-1 и пассивная антенна ЭА-2), предназначенный для измерения напряженности электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля при совместной работе с измерительными приборами (селективными микровольтметрами и анализаторами спектра). Межповерочный интервал два года.

## 2. Операции проверки

При проведении проверки комплекта антенн должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

| Наименование операций                                                                                                             | Номер пункта методики | Проведение операций    |                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                                                                                   |                       | При первичной проверке | При периодической и внеочередной проверке |
| Внешний осмотр                                                                                                                    | 6.1                   | ДА                     | ДА                                        |
| Опробование                                                                                                                       | 6.2                   | ДА                     | ДА                                        |
| Определение частотной характеристики коэффициента калибровки в диапазоне рабочих частот для антенн:<br>– ЭА-2<br>– ЭА-1<br>– МА-1 | 6.3                   | ДА<br>ДА<br>ДА         | ДА<br>ДА<br>ДА                            |
| Определение погрешности коэффициента калибровки антенн:<br>– ЭА-2<br>– ЭА-1<br>– МА-1                                             | 6.4                   | ДА<br>ДА<br>ДА         | ДА<br>ДА<br>ДА                            |
| Определение частотной зависимости коэффициента стоячей волны напряжения для антенн:<br>– ЭА-2<br>– ЭА-1<br>– МА-1                 | 6.5                   | ДА<br>НЕТ<br>НЕТ       | ДА<br>НЕТ<br>НЕТ                          |
| Определение напряжения шума на выходе антенн:<br>– ЭА-2<br>– ЭА-1<br>– МА-1                                                       | 6.6                   | НЕТ<br>ДА<br>ДА        | НЕТ<br>ДА<br>ДА                           |

|                                         |     |     |     |
|-----------------------------------------|-----|-----|-----|
| Определение времени непрерывной работы: |     |     |     |
| – ЭА-2                                  | 6.7 | НЕТ | НЕТ |
| – ЭА-1                                  |     | ДА  | ДА  |
| – МА-1                                  |     | ДА  | ДА  |

### 3. Средства поверки

При проведении поверки должны применяться следующие средства измерений:

#### 1) Для поверки ЭА-2:

– Генератор сигналов высокочастотный Г4-159.

Диапазон частот от 300 до 700 МГц. Запас по краям диапазона 1,5 %.

Относительная погрешность установки частоты по шкале задающего генератора не более  $\pm 1,5 \%$ .

Нестабильность частоты не более  $\pm 5 \cdot 10^{-4}$ .

Максимальный уровень выходной мощности, снимаемой с разъема ВЫХОД W, на нагрузке 50 Ом не менее 50 Вт. При этом коэффициент стоячей волны нагрузки должен быть не более 1,5.

– Генератор сигналов высокочастотный Г4-160.

Диапазон частот от 700 до 1000 МГц. Запас по краям диапазона 1,5 %.

Относительная погрешность установки частоты по шкале задающего генератора не более  $\pm 1,5\%$ .

Нестабильность частоты не более  $\pm 5 \cdot 10^{-4}$ .

Максимальный уровень выходной мощности, снимаемой с разъема ВЫХОД W, на нагрузке 50 Ом не менее 50 Вт. При этом коэффициент стоячей волны нагрузки должен быть не более 1,5.

– Генератор сигналов высокочастотный Г4-151.

диапазон частот от 1 до 512 МГц;

нестабильность частоты не более  $\pm 10^{-5}$ ;

погрешность установки частоты сигнала не более 0,05 %;

напряжение выходного сигнала до 1 В.

– Частотомер электронно-счетный ЧЗ-63.

диапазон частот от 0,1 Гц до 1000 МГц;

погрешность измерения частоты  $\pm 1,0 \cdot 10^{-8}$ .

– Нановольтметр цифровой постоянного тока В2-38 (3 шт.).

Диапазон измерения постоянного напряжения от  $1 \cdot 10^{-9}$  до 2 В ;

Активное входное сопротивление не менее  $3 \cdot 10^7$  Ом;

Входной ток не превышает  $1 \cdot 10^{-10}$  А.

– Вольтметр переменного тока ВЗ-63.

Диапазон измеряемых прибором напряжений от 0,01 до 100 В;

Диапазон частот измеряемых прибором переменных напряжений от 10 Гц до 1500 МГц.

– Комплект полуволновых дипольных антенн АД1 – АД21 с резонансными частотами от 30 до 1000 МГц и номинальными токами ТВБ от 1 до 5 мА, соответственно.



- Основные данные излучающих антенн приведены в таблице 2:

Таблица 2

| Тип антенны          | ИД           | ИЛ1           | ИЛ2           | ИР1            |
|----------------------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| Диапазон частот, МГц | от 30 до 100 | от 100 до 300 | от 300 до 700 | от 700 до 1000 |

- Калибратор программируемый П 320:  
предел калиброванного постоянного тока до 10мА;  
предел допускаемой погрешности установки тока не более 1,1 мкА.
- Усилитель мощности:  
диапазон частот 30 – 300 МГц;  
наибольший гарантируемый уровень выходной мощности на нагрузке 50 Ом с КСВН не более 1,5 не менее 5 Вт;  
коэффициент усиления по мощности не менее 25 дБ;  
пределы регулировки коэффициента усиления не менее 15 дБ.
- Антенна измерительная Пб-23А:  
диапазон частот от 1 до 12 ГГц;  
эффективная площадь не менее 150 см<sup>2</sup>.
- Измеритель разности фаз и отношения уровней ФК2-33:  
диапазон частот от 0,1 до 18 ГГц;  
динамический диапазон измерения уровня от минус 60 до 30 дБ.
- Синтезатор частот РЧ6-01:  
диапазон частот от 1 до 4 ГГц;  
шаг перестройки частоты 1 Гц.
- Измеритель КСВН и ослабления Р2-102:  
диапазон частот от 0,01 до 2,14 ГГц;  
диапазон измерения КСВН от 1,03 до 5,0;  
диапазон измерения ослабления от 0 до 50 дБ.

## 2) Для поверки ЭА-1:

- Установка электрического поля УЭП-2.  
Диапазон частот от  $10 \cdot 10^{-6}$  до 10 МГц.  
Основная погрешность не более  $\pm 0,01$  %.  
Содержание гармоник несущей частоты минус 30 дБ.
- Генератор сигналов высокочастотный Г4-153.  
Диапазон частот от  $10 \cdot 10^{-6}$  до 10 МГц.  
Основная погрешность установки частоты не более  $\pm 0,01$  %.  
Содержание гармоник несущей частоты минус 30 дБ.
- Генератор сигналов высокочастотный Г4-192.  
Диапазон частот от 0,01 до 1300 МГц.  
Основная погрешность установки частоты не более  $\pm 0,01$  %.  
Нестабильность частоты не более  $\pm 10^{-5}$ .  
Содержание гармоник несущей частоты минус 25 дБ.

- Селективный микровольтметр *SMV-8,5*.  
Диапазон частот от 30 до 1000 МГц;  
Диапазон измеряемых напряжений до 1,5 В.  
Погрешность измерения напряжения  $\pm 1,0$  дБ.
- Селективный микровольтметр *SMV-11*.  
Диапазон частот от 9 кГц до 30 МГц;  
Диапазон измеряемых напряжений до 1,5 В.  
Погрешность измерения напряжения  $\pm 1,0$  дБ.
- Частотомер электроносчетный *ЧЗ-63*.  
Рабочая полоса частот от 0,15 до 30 МГц.

### 3) Для поверки МА-1

- Генератор сигналов высокочастотный *Г4-153*.  
Диапазон частот от 10 Гц до 10 МГц. Запас по краям диапазона 1,5 %.  
Относительная погрешность установки частоты по шкале задающего генератора не более  $\pm 1,5$  %.  
Нестабильность частоты не более  $\pm 1 \cdot 10^{-5}$ .
- Генератор сигналов высокочастотный *Г4-154*.  
Диапазон частот от 0,1 до 50 МГц. Запас по краям диапазона 1,5 %.  
Относительная погрешность установки частоты по шкале задающего генератора не более  $\pm 1,5$  %.  
Нестабильность частоты не более  $1,5 \cdot 10^{-5}$ .
- Частотомер электронно-счетный *ЧЗ-63*.  
диапазон частот от 0,1 Гц до 1000 МГц;  
погрешность измерения частоты  $\pm 1,0 \cdot 10^{-8}$ .
- Вольтметр цифровой постоянного тока *В2-36 (2 шт.)*.  
Диапазон измерения постоянного напряжения от  $1 \cdot 10^{-9}$  до 10 В ;
- Вольтметр переменного тока *В3-59*.  
Диапазон измеряемых прибором напряжений от 0,265 мВ до 1000 В;  
Диапазон частот измеряемых прибором переменных напряжений от 10 Гц до 100 МГц.
- Комплект антенн дипольных излучающих *АДИ* с номинальными токами ТВБ от 1 до 5 мА, соответственно.
- Основные данные излучающих антенн приведены в таблице 3:

Таблица 3

| Тип антенны          | АДИ-21        | АДИ-2         | АДИ-3         |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|
| Диапазон частот, МГц | от 0,01 до 30 | от 0,01 до 30 | от 0,01 до 30 |

- Калибратор программируемый *П 320*:  
предел калиброванного постоянного тока до 10 мА;  
предел допускаемой погрешности установки тока не более 1,1 мкА.



При проведении поверки комплекта антенн «Амур-М» допускается использование других средств измерений и типов приборов при условии, что их метрологические характеристики не хуже перечисленных выше.

Приборы, используемые при поверке, должны быть поверены.

#### **4. Требования к квалификации поверителей**

Поверители должны быть ознакомлены с технической документацией наверяемое средство, средства поверки и с методикой поверки и иметь удостоверение поверителя.

#### **5. Требования безопасности**

При проведении поверки должны быть соблюдены меры безопасности, указанные в руководствах по эксплуатации измерительных установок и средств измерений, используемых при поверке и требования НТД по охране труда, в том числе ГОСТ12.1.006-84, Сан ПИН 2.2.4/2. 1.8.055-96.

Особое внимание обратить на следующее:

- при работе на номинальных уровнях поля запрещается приближаться к излучающей антенне на расстояние ближе 2 метров;
- необходимо сводить к минимуму промежутки времени воспроизведения номинального поля для проведения измерений;
- при любых перерывах в работе необходимо выводить до нуля мощность генераторов;
- все предварительные и настроечные работы производить при минимальном уровне поля.

#### **6. Условия поверки**

При проведении испытаний должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды -  $293 \pm 5$  К ( $20 \pm 5$  °С);
- относительная влажность воздуха -  $65 \pm 15$  %;
- атмосферное давление -  $100 \pm 4$  кПа ( $750 \pm 30$  мм рт.ст.);
- напряжение питающей сети -  $220 \pm 4,4$  В;
- частота питающей сети -  $50 \pm 0,5$  Гц.
- 

#### **7. Подготовка к поверке**

7.1. Проверьте наличие средств поверки по п.3, укомплектованность их документацией и необходимыми элементами соединений.

7.2. Используемые средства поверки разместите, заземлите и соедините в соответствии с требованиями их технической документации.

7.3. Подготовку, соединение, включение и прогрев поверяемого средства и средств поверки, регистрацию показаний и другие работы по поверке производите в соответствии с документацией на указанные средства.

#### **8. Проведение поверки**

##### **8.1 Внешний осмотр.**

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие антенны следующим требованиям:

комплектность,

сохранность пломб,  
отсутствие видимых механических повреждений, влияющих на ее нормальную работу,  
чистота разъемов и клемм,  
состояние лакокрасочных покрытий и четкость маркировок,  
отсутствие отсоединившихся или слабо закрепленных элементов антенн.

## 8.2. Опробование.

При опробовании комплекта антенн проверяют:

- работоспособность всей поверочной аппаратуры;
- исправность и работоспособность всех механизмов перемещения комплексов антенного поля, в особенности координатных устройств для антенн: обеспечение ориентации антенн по высоте, азимуту, углу места, возможность точной установки по расстоянию;
- исправность соединительных элементов, возможность и удобство смены антенн – излучателей, антенн дипольных, испытываемой антенны, индикаторов уровня;
- работоспособность антенн – излучателей, для чего воспроизводят вспомогательное поле с помощью опробываемых антенн и рекомендуемых серийных генераторов и, с помощью антенн дипольных рабочего комплекта, убеждаются в возможности получения номинального тока в АД;
- работоспособность измерителя КСВН и ослабления путем измерения КСВН на грузок и измерения ослабления аттенюаторов, входящих в его комплект.
- работоспособность проверяемых антенн.

## 8.3. Определение коэффициента калибровки антенн комплекта.

### 8.3.1. Для поверяемой антенны «ЭА-2»

8.3.1.1. Подготовить к работе аппаратуру в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Подготовить к работе в режиме однократных измерений вольтметр переменного тока. Выбрать высоту и расстояние между излучателем и образцовой дипольной антенной в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4

| Частота, МГц | Ток в антенне, мА | Высота антенн, м | Расстояние между антеннами, м |
|--------------|-------------------|------------------|-------------------------------|
| 100          | 1,8 - 3           | 1,7 - 2,2        | 1,8 - 2,5                     |
| 125          | 1,8 - 3           | 1,7 - 2,2        | 1,8 - 2,5                     |
| 150          | 1,8 - 3           | 1,7 - 2,2        | 1,8 - 2,5                     |
| 175          | 1,8 - 3           | 1,7 - 2,2        | 1,4 - 2,5                     |
| 200          | 3 - 5             | 1,7 - 2,2        | 1,4 - 2,5                     |
| 225          | 3 - 5             | 1,7 - 2,2        | 1,4 - 2,5                     |
| 250          | 3 - 5             | 1,7 - 2,2        | 1,4 - 2,5                     |
| 300          | 3 - 5             | 1,7 - 2,2        | 1,4 - 2,5                     |
| 400          | 3 - 5             | 1,7 - 2,2        | 1,4 - 2,5                     |
| 500          | 3 - 5             | 1,7 - 2,2        | 1,4 - 2,5                     |
| 600          | 3 - 5             | 1,7 - 2,2        | 1,4 - 2,5                     |
| 700          | 3 - 5             | 1,7 - 2,2        | 1,4 - 2,5                     |
| 800          | 3 - 5             | 1,7 - 2,2        | 1,4 - 2,5                     |
| 1000         | 3 - 5             | 1,7 - 2,2        | 1,4 - 2,5                     |

Измерения проводить на горизонтальной поляризации электромагнитного поля. Подать высокочастотную мощность с соответствующего генератора на излучатель. Увеличивая мощность, контролировать величину термо-ЭДС в цепи дипольной антенны (АД) и в цепи индикатора уровня. Подобрать тип индикатора уровня таким образом, чтобы обеспечивалось значение термо-ЭДС в антенне АД на 1 мВ ниже номинального и удобство отсчета с помощью индикатора уровня. Подстроить частоту генератора под резонансную частоту антенны АД, измеряя ее значение частотоме-



ром. Произвести юстировку дипольной антенны в пространстве. Для этого, уменьшив уровень излучаемого поля до минимума, обеспечивающего индикацию термо-ЭДС в АД, изменять положение излучателя и АД в пространстве (поворот, покачивание), следя за уровнем термо-ЭДС и найти положение, соответствующее максимуму сигнала при постоянных показаниях индикатора уровня. Увеличивая мощность на выходе генератора, установить рабочий уровень мощности в антенне АД (термо-ЭДС на 1 мВ меньше номинального значения). Измерить значения термо-ЭДС в АД  $U_T$  и с индикатора уровня  $U_{ny1}$ . Переключить выходной сигнал с излучателя на согласованную нагрузку, переведя в нижнее положение соответствующий тумблер блока коммутации БК-4.

8.3.1.2. Для определения действующего значения тока в антенне  $I$  и сопротивления  $R_T$  произвести расшифровку постоянным током показаний  $U_T$  в соответствии с п.6.1. инструкцией по эксплуатации.

8.3.1.3. Установить в точку расположения эталонной антенны поверяемую антенну, предварительно подключив ее к вольтметру переменного тока ВЗ-63. Подать сигнал с генератора на излучатель и произвести отсчет напряжения выходного сигнала испытываемой антенны  $U$  и напряжения термо-ЭДС индикатора уровня  $U_{ny2}$ . Переключить выходной сигнал с излучателя на согласованную нагрузку, переведя в нижнее положение соответствующий тумблер блока коммутации БК-4.

8.3.1.4. Действующее значение напряженности электрического поля  $E$  в момент нахождения образцовой антенны рассчитывается по формуле (1):

$$E = \frac{I}{\alpha\beta} \times \frac{R_{\Sigma} + R_T \alpha^2}{h_d} \quad (1)$$

Действующее значение напряженности электрического поля  $E_u$  в момент нахождения испытываемой антенны рассчитывается по формуле (2):

$$E_u = \sqrt{\frac{U_{ny2}}{U_{ny1}}} \times E. \quad (2)$$

Коэффициент калибровки поверяемой антенны  $K$  без учета ослабления кабеля, соединяющего антенну и вольтметр переменного тока, рассчитывается по формуле (3):

$$K = 20 \left[ \lg \left( \frac{E_u}{E_0} \right) - \lg \left( \frac{U}{U_0} \right) \right], \quad (3)$$

Коэффициент калибровки собственно испытываемой антенны рассчитывается по формуле (4):

$$K_A = K - A, \quad (4)$$

где  $A$  – ослабление ВЧ - кабеля антенны на соответствующей частоте, дБ.

8.3.1.5. Определение коэффициента калибровки антенны ЭА-2 производится на частотах 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 1000 МГц.

8.3.1.6. Определение коэффициента калибровки поверяемой антенны ЭА-2 в диапазоне частот 1000 – 2000 МГц производится в безэховой камере методом замещения с использованием образцовой измерительной антенны. Вспомогательное поле в рабочей зоне камеры создается антенной-излучателем. Сначала приемником ФК2-33 измеряется уровень сигнала с выхода образцовой антенны  $U_0$  (дБ), затем – уровень сигнала с поверяемой антенны ЭА-2  $U_A$  (дБ), которую устанавливают вместо



4) измерить напряжение на выходе антенны на частоте 100 МГц с помощью селективного микровольтметра SMV 8.5 в полосе 120 кГц и определить напряжение шума в полосе 1 кГц, уменьшив полученное значение на 41,6 дБ.

8.6.2. Для измерения напряжения шума на выходе антенны МА1 необходимо:

1) поместить антенну МА1 в экранирующую камеру;

2) включить ЗУ;

3) измерить напряжение на выходе антенны с помощью селективного микровольтметра типа SMV11 на частотах 0,1; 1,0; 10; 30 МГц в полосе 9 кГц и определить напряжение шума в полосе 1 кГц, уменьшив полученные значения на 9,5 дБ.

8.7. Определение времени непрерывной работы

8.7.1. В соответствии с РЭ на комплект АИ «Амур-М» произвести полный заряд аккумуляторов.

8.7.2. Воспроизвести магнитное поле на частоте 10 МГц. С помощью селективного микровольтметра SMV11 определить напряжение на выходе испытуемых антенн  $U_1$ .

8.7.3. Повторять измерения напряжения на выходе антенн через каждые 15 мин. до достижения значения нестабильности результатов измерений более 10 %. Нестабильность результатов измерений определяется по формуле:

$$H = \left| \frac{U_i - \bar{U}}{\bar{U}} \right| \cdot 100 ,$$

$\bar{U}$  – среднее значение, определяемое по выражению  $\bar{U} = \sum_{i=1}^N U_i / N$ ,  $i$  – текущее измерение,  $N$  – общее число измерений.

## 9. Оформление результатов поверки

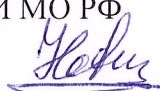
9.1. При проведении поверки ведется протокол, в котором указываются следующие данные:

- дата проведения поверки;
- объект поверки;
- используемые средства измерений;
- результаты измерений;
- значения метрологических характеристик, полученных в результате измерений;
- заключение о результате поверки.

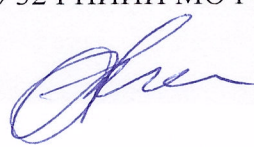
9.2. При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке, и в формуляр вносятся измеренные при поверке значения метрологических характеристик измерительных преобразователей.

9.3. При отрицательных результатах поверки свидетельство о предыдущей поверке аннулируется и оформляется извещение о непригодности средства измерения к эксплуатации по ПР 50.2.000 и вносится запись в формуляр.

Начальник отдела ГЦИ СИ «Воентест» 32 ГНИИ МО РФ

 Н.Ю.Новиков

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

 И.М.Малай