

413

УТВЕРЖДАЮ

НАЧАЛЬНИК БИИ СИ "ВОЕНТЕСТ"
32 ГИИИ МО РФ



В. Храменков

« » 2004 г.

Приемник измерительный ESPI7.
Методика поверки.

1. Введение.

1.1. Данная методика распространяется на приемник измерительный ESPI7 (далее – приемник), зав. № 100167, и устанавливает порядок проведения его первичной и периодической поверки.

1.2. Межповерочный интервал - два года.

2. Операции поверки.

При поверке выполняют операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1.

1	Наименование операции	Номер пункта Методики	Проведение операции при	
			первичной поверке	периодической поверке
2	3	4	5	
1.	Внешний осмотр	8.1	да	да
2.	Опробование	8.2	да	да
3.	Определение метрологических характеристик	8.3	да	да
3.1	Проверка диапазона измеряемых значений уровня сигнала	8.3.1	да	да
3.2	Проверка диапазона измеряемых значений уровня сигнала	8.3.2	да	да
3.3	Определение уровня собственных шумов	8.3.3	да	да
3.4	Проверка полос пропускания	8.3.4	да	да
3.5	Проверка предела допускаемой погрешности измерения частоты входного синусоидального сигнала	8.3.5	да	да
3.6	Определение коэффициента формы	8.3.6	да	да
3.7	Проверка ослабления зеркального канала приема	8.3.7	да	да
3.8	Проверка предела допускаемой погрешности измерения уровня синусоидального сигнала	8.3.8	да	да
3.9	Проверка неравномерности АЧХ в установленной полосе частот	8.3.9	да	да
3.10	Проверка нестабильности частоты настройки	8.3.10	да	да
3.11	Проверка относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка	8.3.11	да	да
3.12	Проверка относительного уровня помех, обусловленных гармоническими искажениями	8.3.12	да	да
3.13	Проверка относительного уровня модуляционных составляющих с частотами, кратными частоте питающей сети, и шумов вблизи несущей.	8.3.13	да	нет
3.14	Определение измерений КСВН приемника	8.3.14	да	да

3. Средства поверки.

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

Таблица 2.

№ п. методики поверки	Эталонные СИ, испытательное оборудование и вспомогательная аппаратура
8.3.1	Генератор сигналов низкочастотный прецизионный Г3-122($\Delta F=10^{-3}-2*10^6$ Гц, $\Delta f=\pm 5*10^{-7}f$ Гц), генератор сигналов Г4-201 ($\Delta F = 10$ кГц – 1,2 ГГц, $\Delta f=\pm 2*10^{-5}$), генераторы сигналов высокочастотные Г4-78 ($\Delta F = 1.16 - 1,78$ ГГц, $\Delta f=\pm 5*10^{-3}$), Г4-79 ($\Delta F = 1,78 - 2,56$ ГГц, $\Delta f=\pm 5*10^{-3}$), Г4-80 ($\Delta F = 2,56 - 4$ ГГц, $\Delta f=\pm 5*10^{-3}$), Г4-81 ($\Delta F = 4 - 5,6$ ГГц, $\Delta f=\pm 5*10^{-3}$), Г4-82 ($\Delta F = 5,6 - 7,5$ ГГц, $\Delta f=\pm 5*10^{-3}$) (далее- генераторы); частотомер электронно-счетный ЧЗ-66($\Delta F=10-37,5*10^9$ Гц, $\Delta f=\pm 5*10^{-7}$).
8.3.2	Генераторы сигналов Г3-122, Г4-201, Г4-78, Г4-79, Г4-80, Г4-81, Г4-82; вольтметр переменного тока ВЗ-63 ($\Delta F=10$ Гц-1500МГц, $\Delta U=0.01-100$ В, $\Delta u=\pm[0.2+0.008(U_k/U_x-1)]$); частотомер электронно-счетный ЧЗ-66; шаговый аттенуатор ВМ-577А, измеритель мощности МЗ-54 ($\Delta F=0.-17.85$ ГГц, $\Delta P=10^{-4}-1$ Вт, $\Delta p=\pm(4-6)$).
8.3.3	Согласованная нагрузка 50 Ом
8.3.4	Генераторы сигналов Г3-122, Г4-201, Г4-78, Г4-79, Г4-80, Г4-81, Г4-82
8.3.5	Генераторы сигналов Г3-122, Г4-201, Г4-78, Г4-79, Г4-80, Г4-81, Г4-82; частотомер электронно-счетный ЧЗ-66
8.3.6	Генераторы сигналов Г3-122, Г4-201, Г4-78, Г4-79, Г4-80, Г4-81, Г4-82; вольтметр переменного тока ВЗ-63; частотомер электронно-счетный ЧЗ-66
8.3.7	Генераторы сигналов Г3-122, Г4-201, Г4-78, Г4-79, Г4-80, Г4-81, Г4-82
8.3.8	Генераторы сигналов Г3-122, Г4-201, Г4-78, Г4-79, Г4-80, Г4-81, Г4-82
8.3.9	Генераторы сигналов Г3-122, Г4-201, Г4-78, Г4-79, Г4-80, Г4-81, Г4-82; вольтметр переменного тока ВЗ-63; частотомер электронно-счетный ЧЗ-66
8.3.10	Генератор Г3-122, синтезатор частоты Ч6-71 ($\Delta F=10-1300$ МГц, $\Delta f=\pm 5*10^{-8}$)
8.3.11	Генераторы сигналов Г4-164, ($\Delta F = 0.1 - 639.9$ МГц, $\Delta f=\pm 5*10^{-5}$), РГ4-17-01А, ($\Delta F = 0.1 - 639.9$ МГц, $\Delta f=\pm 5*10^{-5}$)
8.3.12	Генераторы сигналов Г4-164, ($\Delta F = 0.1 - 639.9$ МГц, $\Delta f=\pm 5*10^{-5}$), РГ4-17-01А, ($\Delta F = 0.1 - 639.9$ МГц, $\Delta f=\pm 5*10^{-5}$)
8.3.13	Генераторы сигналов Г4-164, ($\Delta F = 0.1 - 639.9$ МГц, $\Delta f=\pm 5*10^{-5}$), РГ4-17-01А, ($\Delta F = 0.1 - 639.9$ МГц, $\Delta f=\pm 5*10^{-5}$)
8.3.14	Измеритель КСВН и ослабления панорамный Р2-83М, ($\Delta F = 0.1$ ГГц ÷ 18 ГГц), пределы измерения КСВН 1,03 ÷ 5, погрешность $\pm (3КСВ+1)$ %.

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

3.3 Полученные при поверке значения метрологических характеристик должны быть не хуже значений, приведенных в таблице 3.

Таблица 3

№	Характеристика	Значение	
1	Частотный диапазон	9 кГц-7 ГГц	
2	Диапазон измеряемых значений уровня сигнала, дБм	от минус 130 до 30	
3	Средний уровень собственных шумов, дБм/Гц	9 кГц	минус 95
		100 кГц	минус 100
		1 МГц	от минус 120 до минус 125
		от 10 МГц до 1 ГГц	от минус 140 до минус 142
		от 1 до 3 ГГц	от минус 140 до минус 138
	от 3 до 7 ГГц	минус 143	
4	Полосы пропускания, кГц	0,2, 9, 120, 10^3	

5	Предел допускаемой относительной погрешности измерения частоты входного синусоидального сигнала, %	0,1
6	Предел допускаемой погрешности измерения уровня синусоидального сигнала, дБ:	0,2
7	Неравномерность АЧХ в полосе 10 МГц, дБ	0,5
8	Ослабление зеркального канала приема, дБ	70
9	Относительная нестабильность частоты настройки	1×10^{-6}
10	КСВН входа, не более	2,0
11	Погрешность измерений отношения уровней синусоидальных сигналов, дБ	0,2
12	Относительный уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка, дБм	70
13	Относительный уровень помех, обусловленный побочными каналами приема, дБ	70
14	Относительный уровень помех, обусловленных гармоническими искажениями, дБ	60
15	Относительный уровень модуляционных составляющих с частотами, кратными частоте питающей сети, и шумов вблизи несущей, дБ	70

4. Требования к квалификации поверителей.

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

5. Требования безопасности

5.1. К работе на приемнике допускаются лица, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261, ГОСТ 12.2.091, ГОСТ Р 51350, 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 приемника.

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. Приемник обеспечивает работоспособность и измерение характеристик антенн с заданными точностными характеристиками при следующих климатических условиях:

температура окружающей среды 20 ± 5 °С;

относительная влажность воздуха от 45 % до 65 %;

атмосферное давление от 630 до 800 мм рт. ст.;

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

7. Подготовка к поверке.

При подготовке к поверке выполняют следующие операции:

проверяют готовность приемника в целом согласно руководства по эксплуатации; выполняют пробное непродолжительное (10-15 мин.) включение приемника;

8. Проведение поверки.

8.1. Внешний осмотр.

8.2. Опробование.

8.3. Определение метрологических характеристик

8.3.1 Проверка полос обзора (частотного диапазона) приемника.

Полосу обзора приемника определяют измерением начальной f_n и конечной f_k частот каждой полосы обзора при подаче сигнала известной частоты и уровня 0 дБм на вход приемника.

8.3.2 Проверка диапазона измеряемых значений.

На вход приемника с генератора сигналов подают гармонический сигнал, контролируя его с помощью измерителя мощности или вольтметра переменного напряжения.

На вход приемника на частоте 128 МГц и полосе пропускания 10 кГц сначала максимальный сигнал (+30 дБм), затем перестраиваются в стороны минимальных значений (-130 дБм)

8.3.3 Проверка уровня собственных шумов.

Средний уровень собственных шумов определяют измерением уровня с усреднением показаний отсчетных устройств приемника в полосе пропускания, при отсутствии сигнала на входе приемника.

Проверку осуществляют методом сличения с контрольными тестовыми показаниями, для этого выход приемника замыкают на согласованную нагрузку 50 Ом, ослабление входного аттенюатора устанавливают 0 дБм, полоса пропускания 10 Гц, полоса видеобзора 10 Гц, время свипирования 2 с, частота настройки 1677,73 МГц. Далее считывается значение уровня собственных шумов в режиме тестирования.

Далее проводится серия измерений, где ширину полосы пропускания устанавливают 1 кГц, меняя частоты настройки, (согласно табличным в ТО) считывают уровень собственных шумов приемника. Окончательные результаты получают, вычисляя разность между результатами, с полосой в 1 кГц и тестовым результатом с полосой пропускания 10 Гц.

8.3.4 Проверка полос пропускания.

При проведении проверки полос пропускания ESPI7 используется метод «постоянного входа».

Установки приемника должны быть следующими: уровень гармонического сигнала, поступающего с генератора сигналов минус 20 дБм, частота настройки 128 МГц (промежуточная частота). Измерение проводят в режиме ручной развертки.

В режиме ручной развертки частоту поданного на вход сигнала устанавливают равной средней частоте полосы пропускания (по максимуму отклика), а уровень отклика — равным максимальному значению шкалы отсчетного устройства приемника при нулевом положении отсчетных аттенюаторов. Уменьшая и увеличивая частоту сигнала относительно резонансной частоты, устанавливают амплитуды откликов на нормированный в НТД уровень ослабления относительно максимального значения, (- 3 дБ) и (- 6 дБ). Далее фиксируют показания частоты отстройки f_1 и f_2 .

В режиме автоматической развертки полосу обзора выбирают такой, чтобы в измеряемой полосе пропускания на заданном уровне укладывалось не менее трех масштабных отметок частотной шкалы ($0,5 \times \text{ПП}$). Уровень отклика устанавливают аналогично режиму ручной развертки. Изменением частоты генератора максимум отклика совмещают с масштабной отметкой в центре экрана. Уменьшая и увеличивая частоту генератора, фиксируют частоты f_1 и f_2 , при которых амплитуда отклика, размещенного в центре экрана, будет ослаблена более чем на 3 дБ от заданного уровня.

При измерении рекомендуется использовать видеофильтр приемника для усреднения шумов тракта приемника и минимизации их влияния на результат измерения.

Для исключения динамических искажений отклика сигнала скорость развертки уменьшают до тех пор, пока амплитуда отклика перестанет увеличиваться.

Полосы пропускания в единицах частоты вычисляют по формуле:

$$n_{\text{дБ}} = f_1 - f_2,$$

где n дБ— нормированный уровень ослабления в децибелах.

8.3.5 Проверка допускаемой погрешности измерения частоты входного синусоидального сигнала.

Погрешность измерений частоты входного синусоидального сигнала определяют методом сравнения показаний приемника (шкалы или встроенного частотомера) $f_{\text{ПРМ}}$ с показаниями образцового средства измерений $f_{\text{С}}$ (частотомер электронно-счетного ЧЗ-66).

Погрешность измерения частоты Δ_f , выраженную в единицах частоты, вычисляют по формуле:

$$\Delta_f = f_{\text{ПРМ}} - f_{\text{С}},$$

Операцию по определению погрешности измерения частоты проводят в середине и по краям частотного диапазона. При определении погрешности измерения частоты входного синусоидального сигнала допускается определять относительную погрешность значения частоты кварцевого генератора приемника сравнением его частоты с частотой образцовой меры.

8.3.6 Проверка коэффициента формы

С генератора сигналов на вход приемника подают гармонический сигнал с частотой 128 МГц и уровнем 0 дБм. Полосы пропускания выставляется в соответствии с ТО (200 Гц, 9 кГц, 120 кГц, 1 МГц).

Увеличить уровень сигнала на входе приемника до уровня 60 дБ.

Коэффициент формы определяют в соответствии с выражением:

$$K_{\text{П}} = \frac{\Delta F_{60}}{\Delta F_3}$$

8.3.7 Проверка ослабления зеркального канала приема

Для ESPI7 ослабление зеркальных каналов приема проводят на трех промежуточных частотах, приведенных в ТО на прибор. На вход приемника подают сигнал с максимально высоким уровнем, но не выше верхнего предела динамического диапазона, настраивают на частоту генератора f_0 . Измеряют значение уровня приемника A_1 . Затем частоту генератора изменяют на значение, равное удвоенной промежуточной частоте (измерения проводят на частотах $f_{\text{ИП}}=20,4$ МГц, 202,2 МГц и 1738,2 МГц).

$$f_{\text{зк}} = f_0 \pm 2f_{\text{пр}}$$

На частотах равных $f_{\text{зк}}$ фиксируют значения уровня зеркального канала A_2 .

В ТО на приемник $f_{\text{зк}}$ определяется как разница между выходным уровнем генератора и показанием уровня сигнала на приемнике с учетом ослабления входного аттенюатора минус 10 дБм. Поэтому A_3 рассчитывается по формуле:

$$A_3 = (-10 \text{ дБм})A_2 - A_1$$

8.3.8 Проверка допускаемой погрешности измерения уровня синусоидального сигнала.

На вход приемника подается гармонический сигнал на частоте $f=128$ МГц, полосой пропускания 1 кГц и уровнем сигнала 0 дБм.

Погрешность измерения уровней гармонических сигналов на фиксированной частоте определяют с помощью вольтметра переменного напряжения ВЗ-63 или измерителя мощности МЗ-54. Далее уровень мощности изменяют до минус 25 дБ через каждые 5 дБ и также проводят серию измерений, аналогично уровню 0 дБм.

Искомую погрешность вычисляют по формулам:
в процентах

$$\delta_{Af} = \left(\frac{A}{A_0} - 1 \right) \cdot 100,$$

в децибелах

$$\delta_{Af} = A - A_0,$$

где A и A_0 — соответственно, измеренное по проверяемому приемнику и установленное по образцовому прибору значение уровня в единицах напряжения или мощности или децибелах.

8.3.9 Проверка неравномерности АЧХ в установленной полосе частот.

Неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) в установленной полосе частот определяют методом «постоянного входа». Для этого уровень входного гармонического сигнала поддерживают постоянным, контролируя его измерителем мощности или вольтметром переменного напряжения, а отсчет производят по соответствующим устройствам приемника. Неисключенная систематическая погрешность (НСП) определения АЧХ равна

$$\delta' = 1.1 \cdot \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2},$$

где δ_1 — погрешность поддержания постоянного уровня сигнала на входе приемника (эта погрешность равна частотной погрешности измерителя уровня в определяемой полосе частот); δ_2 — погрешность отсчетного устройства приемника; δ_3 — погрешность, связанная с наличием гармоник входного сигнала (приводимая в ТО на измеритель напряжения (мощности)).

Неравномерность АЧХ $\delta_{АЧХ}$ вычисляют по формулам:
в процентах

$$\delta_{АЧХ} = \pm \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{A_{\max}}{A_{\min}} - 1 \right) \cdot 100,$$

в децибелах

$$\delta_{АЧХ} = \pm \frac{1}{2} \cdot B \cdot \lg \frac{A_{\max}}{A_{\min}},$$

$$\delta_{АЧХ} = \pm \frac{1}{2} \cdot |A_{\max} - A_{\min}|,$$

где B — коэффициент, равный 20 при измерении напряжения и 10 при измерении мощности; A_{\max} и A_{\min} — максимальное и минимальное показания выходного измерительного устройства приемника при изменении частоты входного сигнала в полосе частот, указанной в НТД, в единицах напряжения (мощности) или в децибелах.

При использовании метода «постоянного выхода» показания выходного устройства приемника поддерживают постоянными, а регулируют и измеряют уровень входного гармонического сигнала. НСП определения АЧХ в этом случае равна:

$$\delta'' = 1.1 \cdot \sqrt{\delta_3^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2},$$

где δ_4 — частотная погрешность измерения уровня (напряжения или мощности); δ_5 — погрешность поддержания постоянного уровня отклика при помощи отсчетных устройств приемника; δ_6 — аналогично предыдущему методу.

Неравномерность АЧХ подсчитывают по формулам расчета погрешности, где A_{\max} и A_{\min} — максимальный и минимальный уровни входного сигнала в заданной полосе частот.

8.3.10 Проверка нестабильности частоты настройки.

Нестабильность частоты настройки прибора определяют методом сличения показаний приемника со значением частоты сигнала, измеренным с помощью частотомера электронно-счетного, за 15 минут, после установления рабочего режима (самопрогрева). Нестабильность частоты настройки проверяют на крайних частотах.

На вход приемника подают сигнал от источника гармонических колебаний с перестраиваемой частотой. Отклик сигнала устанавливается на центр экрана приемника, после этого отмечают показания частоты по отсчетному устройству приемника, соответствующие максимальному и минимальному отклонениям за указанный интервал времени.

Допускается проверка этой характеристики путем косвенной проверки соответствующей характеристики гетеродинов.

Проверку этого параметра проводят на частоте, близкой к максимальной, для тех частотных поддиапазонов, в которых он нормирован.

8.3.11 Проверка относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка.

Относительный уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка, определяют прямым измерением — путем подачи на вход приемника двух гармонических сигналов с частотами f_1 и f_2 и измерения относительного уровня помех, возникших на частотах $2f_1 - f_2$ и $2f_2 - f_1$. Уровни входных сигналов A_0 устанавливают одинаковыми и равными наибольшему измеряемому уровню минус 16 дБм (при котором еще отсутствует перегрузка первого смесителя приемника). Расстройка между частотами f_1 и f_2 сигналов, равна 50 кГц, полоса пропускания приемника 1 кГц.

Проверку осуществляют на частотах, равных 28, 106, 261, 640, 1000 и 1490 МГц.

Относительный уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями, $D_{\text{и}}$ вычисляют в децибелах по формулам:

$$D_{\text{и}} = B \cdot \lg \frac{A_1}{A_2},$$

$$D_{\text{и}} = A_1 - A_2,$$

где A_1 и A_2 — показания отсчетного устройства приемника, соответственно при измерении сигнала A_0 и отклика от максимальной из помех, возникших на частотах $2f_1 - f_2$ и $2f_2 - f_1$, в единицах напряжения (мощности) или в децибелах.

8.3.12 Проверка относительного уровня помех, обусловленных гармоническими искажениями

Проверку относительного уровня помех, обусловленных гармоническими искажениями, определяют прямым измерением — путем подачи на вход приемника гармонического сигнала и измерения относительного уровня откликов со второй и третьей гармониками входного сигнала.

Уровень A_0 входного сигнала устанавливают равным наибольшему измеряемому уровню приемника (-10 дБм), частота 1510 МГц, 2500 МГц, 3490 МГц.

Измеряемую величину в децибелах определяют по формулам:

$$D_{\text{ГАРМ}} = B \cdot \lg \frac{A_{\text{с}}}{A_{\text{п}}},$$

$$D_{\text{ГАРМ}} = A_{\text{с}} - A_{\text{п}}$$

где A_C и $A_{П}$ - показания индикатора приемника при измерении уровней сигнала A_0 и максимальной из гармоник, соответственно, в единицах напряжения (мощности) и в децибелах.

8.3.13 Проверка относительного уровня модуляционных составляющих с частотами, кратными частоте питающей сети, и шумов вблизи несущей.

Проверку относительного уровня модуляционных составляющих с частотами, кратными частоте питающей сети, определяют прямым измерением — путем подачи гармонического сигнала на вход приемника и измерения уровня искомым составляющих.

Уровень входного сигнала устанавливают равным наибольшему измеряемому уровню приемника, частота — близкой к максимальной для поверяемого прибора. Полоса пропускания выбирается из условия обеспечения разрешения измеряемых откликов в заданном уровне.

Относительный уровень модуляционных составляющих вычисляют по формулам:

$$D_M = B \cdot \lg \frac{A_1}{A_2},$$

$$D_M = A_1 - A_2$$

где A_1 и A_2 - показания индикатора приемника при измерении уровней сигнала и максимальной из помех, соответственно, в единицах напряжения (мощности) и в децибелах.

Если уровень откликов от модуляционных помех с частотами, кратными частоте питающей сети, не различается на уровне собственных шумов, то за уровень помех A_2 , принимают усредненный уровень собственных шумов.

8.3.14 Определение измерений КСВН приемника.

Измерение КСВН выхода проводится прямым методом, с помощью панорамного измерителя КСВН. Измеритель КСВН калибруют, подключают к выходу приемника и считывают.

9. Оформление результатов поверки.

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

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

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

Начальник лаборатории ГЦИ СИ «Воентест» 32 ГНИИИ МО РФ

И. Малай

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

В. Прокопишин