

УТВЕРЖДАЮ

Врид начальника
ФГБУ «ГНИИЦ» Минобороны России

Т.Ф. Мамлеев



« 21 » 04 2020 г.

Государственная система обеспечения единства измерений.
Комплексы аппаратно-программные ПАРНАС-ЭХО12Е
Методика поверки

г. Мытищи
2020 г.

Настоящая методика поверки (МП) устанавливает порядок проведения и оформления результатов поверки комплексов аппаратно-программных ПАРНАС-ЭХО12Е (далее – комплексы), изготавливаемые акционерным обществом Специальное агентство «ОМЕГА» (АО СА «ОМЕГА»), г. Санкт-Петербург и устанавливает методы и средства их первичной (после ремонта и вновь изготовленные) и периодической поверок.

Интервал между поверками 1 год.

Сокращенная поверка комплексов в ограниченных диапазонах значений рабочих частот не возможна.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1. - Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	6.1	+	+
2 Опробование	6.2	+	+
2.1 Проверка цифрового идентификатора программного обеспечения	6.3	+	+
3 Определение метрологических характеристик	6.4		
3.1 Определение среднего уровня собственных шумов	6.4.1	+	+
3.2 Определение абсолютной погрешности измерений уровня мощности сигнала	6.4.2	+	+
3.3 Определение динамического диапазона	6.4.3	+	-
3.4 Определение уровня собственного фазового шума анализатора	6.4.4	+	+
3.5 Определение диапазона рабочих частот, относительной погрешности установки частоты синусоидального сигнала	6.4.5	+	+
3.6 Определение уровня мощности выходного сигнала, абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала	6.4.6	+	+
3.7 Определение уровня фазового шума генератора	6.4.7	+	+
3.8 Определение диапазона рабочих частот	6.4.8	+	-

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Средства поверки

Номер пункта методики	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки. Обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
6.4.2, 6.4.3, 6.4.4	Генератор сигналов Agilent E8257D (рег. № 53941-13), диапазон рабочих частот от 250 кГц до 20 ГГц; пределы изменения уровня выходной мощности на выходе прибора в режиме НК от минус 110 до 11 дБм; уровень фазовых шумов на частоте 1 ГГц при отстройке 10 кГц не более минус 130 дБн/Гц, на частоте 10 ГГц при отстройке 10 кГц не более минус 110 дБн/Гц
6.4.2	Генератор сигналов высокочастотный Г4-229 (рег. № 48133-11), диапазон рабочих частот от 0,009 до 6000 МГц; номинальные пределы изменения уровня выходной мощности на основном выходе прибора в режиме НК в зависимости от установленной частоты на основном выходе прибора для частот от 0,009 до 50 МГц от минус 120 до 13 дБм
6.4.2, 6.4.6	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18T (рег. № 69958-17), диапазон частот от 0 до 18 ГГц; пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений мощности без учета погрешностей из-за рассогласования, установки и дрейфа «нуля» в диапазоне частот от 0 до 18 ГГц $\pm(0,9...2,6)\%$
6.4.4, 6.4.5	Компаратор частотный ЧК7-1011 (рег. № 35168-14), номинальное значение частоты выходных сигналов 1, 5, 10 МГц, относительная погрешность воспроизведения частоты от включения к включению не более $2 \cdot 10^{-11}$
6.4.5	Частотомер универсальный ЧЗ-89 (рег. № 47058-11), диапазон измерений частоты от $1 \cdot 10^{-3}$ до $37,5 \cdot 10^9$ Гц, пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты $\delta(f,P) = \pm (\delta_0 + \delta_{зап} + \Delta t_P / t_c)$, где - δ_0 - относительная погрешность по частоте опорного генератора, $\delta_{зап}$ - относительная погрешность запуска, Δt_P - аппаратурная разрешающая способность, t_c - установленное время счета
6.4.7	Анализатор источников сигнала E5052B (рег. № 37181-08), диапазон частот от 10 до 7000 МГц, уровень характеристической чувствительности к фазовому шуму на частоте 1 ГГц при отстройке 1 кГц минус 128 дБн/Гц, при отстройке 10 кГц минус 137 дБн/Гц
<i>Вспомогательные средства поверки</i>	
6.4.1	Нагрузка согласованная 50 Ом -1 шт.
6.4.5	Аттенюатор резистивный фиксированный 30 дБ - 1 шт.
6.2	Аттенюатор резистивный фиксированный 20 дБ - 1 шт.
Примечания:	
1 Допускается использование других средств измерений, имеющих метрологические и технические характеристики не хуже характеристик приборов, приведенных в таблице.	
2 Применяемые средства поверки должны быть утверждённого типа, исправны и иметь действующие свидетельства (отметки в формулярах или паспортах)	

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

3.1 К проведению поверки могут быть допущены лица, имеющие высшее или среднее техническое образование и практический опыт в области радиотехнических измерений, и аттестованные на право проведения поверки.

3.2 Поверитель должен изучить эксплуатационные документы наверяемый комплекс и используемые средства поверки.

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также изложенные в технической документации комплекса, в технической документации на применяемые при поверке рабочие эталоны и вспомогательное оборудование.

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С..... 20 ± 5 ;
- относительная влажность воздуха, %.....от 30 до 80;
- атмосферное давление, мм.рт.ст.....от 626 до 795;
- напряжение питания, В..... 220 ± 22 ;
- частота, Гц 50 ± 1 .

5.2 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- выдержать комплекс в условиях, указанных в п. 5.1, в течение не менее 15 минут;
- выполнить операции для подготовки комплекса к измерениям, оговоренные в технической документации;
- выполнить операции, оговоренные в технической документации на применяемые средства поверки по их подготовке к измерениям;
- осуществить предварительный прогрев средств измерений для установления их рабочего режима.

6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1 Внешний осмотр

6.1.1 При внешнем осмотре установить соответствие комплекса требованиям технической документации. При внешнем осмотре убедиться в:

- отсутствии механических повреждений;
- чистоте разъемов;
- исправности соединительных проводов и кабелей;
- целостности лакокрасочных покрытий и четкости маркировки.

Проверить комплектность комплекса в соответствии с технической документацией.

6.1.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если комплекс удовлетворяет вышеперечисленным требованиям, комплектность комплекса полная. В противном случае комплекс дальнейшей поверке не подвергается, бракуется.

6.2 Опробование

6.2.1 Подготовить комплекс к работе в соответствии с РЭ.

6.2.2 К входу комплекса «Вход 1» посредством радиочастотного коаксиального кабеля через аттенюатор 20 дБ подключить выход «Выход 1».

Настройки комплекса установить следующими: вход – «Вход 1», частота – 10 МГц, ширина полосы обзора 10 кГц, уровень сигнала – 15 дБмВт, опорный уровень сигнала – 5 дБмВт.

6.2.3 С «Выход 1» комплекса на «Вход 1» комплекса подать сигнал частотой 10 МГц. На экране комплекса наблюдать отклик комплекса на входной сигнал.

6.2.4 Результаты опробования считать положительными, если при подаче на вход комплекса гармонического сигнала наблюдается отклик комплекса на это воздействие, на всех

этапах проверки отсутствовали ошибки и предупреждающие сообщения программного обеспечения.

6.3 Проверка цифрового идентификатора программного обеспечения (ПО)

6.3.1 Проводится проверка соответствия:

- наименования ПО;
- идентификационного наименования ПО;
- номера версии (идентификационного номера) ПО;
- контрольная сумма исполняемого кода (алгоритм вычисления идентификатора ПО CRC32).

6.3.2 Комплекс считать прошедшим поверку с положительным результатом, если подтверждается соответствие:

- наименование ПО - программа «**Parnas-ECHO12E**»;
- идентификационное наименование библиотеки вычислений – «**lvanlys.dll**»;
- идентификационное наименование библиотеки вычислений – «**lvblas.dll**»;
- идентификационное наименование библиотеки – «**lvsound2.dll**»;
- идентификационное наименование библиотеки – «**nilvamt.dll**»;
- идентификационное наименование библиотеки – «**ftd2xx.dll**»;
- идентификационное наименование ПО – «**Parnas_echo.exe**»;
- номера версии (идентификационного номера) библиотеки вычислений «**lvanlys.dll**» -

17.0.0f0;

- контрольная сумма исполняемого кода библиотеки вычислений «**lvanlys.dll**» - **ED3ADBC5**;

6.4 Определение метрологических характеристик (комплекс в режиме анализатора спектра)

6.4.1 Определение среднего уровня собственных шумов

Определение уровня спектральной плотности мощности шума производить с использованием нагрузки согласованной 50 Ом.

6.4.1.1 Подключить на «Вход 1» комплекса согласованную нагрузку 50 Ом.

6.3.2.2 На комплексе выполнить следующие установки:

- вход – «Вход 1»;
- центральная частота 10 МГц;
- опорный уровень минус 80 дБВт;
- обзор 100 кГц;
- RBW 1 кГц;
- VBW 3 Гц.

6.4.1.3 Установить маркер на центральную частоту. Зафиксировать значение маркера $P_{изм}$ после 10-ти усреднений. Результаты измерений записать в протокол измерений.

Вычислить уровни спектральной плотности мощности шума по формуле:

$$P_{noise} = P_{изм} - 10 \cdot \lg(B_{RBW}), \text{ дБВт/Гц}$$

где B_{RBW} - полоса пропускания фильтра разрешения RBW, Гц.

6.4.1.4 Повторить измерения на следующих частотах: 99,9; 499,9; 999,9; 2999,9; 6999,9 и 9999,9 МГц.

6.4.1.4 Для опции 01 выполнить аналогичные измерения. Подключить на «Вход 2» комплекса согласованную нагрузку 50 Ом.

На комплексе выполнить следующие установки:

- вход – «Вход 2»;
- центральная частота 9 кГц;
- опорный уровень минус 80 дБВт;
- обзор 1 кГц;

- RBW 1 Гц;
- VBW 0,3 Гц.

Зафиксировать значение маркера после 10-ти усреднений. Повторить измерения на следующих частотах: 0,01; 0,1; 1; 9,9; 99,9; 499,9; 999,9; 3999,9 МГц.

6.4.1.5 Результаты поверки считать положительными, если средний уровень собственных шумов для «Вход 1» не более минус 155 дБмВт/Гц, а для «Вход 2» не более минус 140 дБмВт/Гц.

6.4.2 Определение абсолютной погрешности измерений уровня мощности сигнала

Определение абсолютной погрешности измерений уровня мощности сигнала производить с использованием генератора сигналов Agilent 8257D, генератор сигналов высокочастотный Г4-229 и ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP18T.

6.4.2.1 Собрать схему, представленную на рисунке 1.



Рисунок 1 - Схема подключения для определения погрешности измерений уровня сигнала

6.4.2.2 Установить на генераторе сигналов частоту 10 МГц, уровень 0 дБмВт.

Изменяя уровень генератора, установить показания ваттметра L_w равным 0 дБмВт.

6.4.2.3 На комплексе выполнить следующие установки:

- вход – «Вход1»;
- центральная частота 10 МГц;
- опорный уровень 0 дБмВт (при перегрузке увеличить на 1 - 2 дБ);
- обзор 10 кГц;
- RBW «авто»;
- VBW «авто».

6.4.2.4 Измерить уровень сигнала L_s с помощью маркера.

6.4.2.5 Аналогичные измерения выполнить на частотах 100, 500, 1000, 3000, 7000 и 11000 МГц.

6.4.2.6 Вычислить погрешность измерений уровня мощности сигнала по формуле:

$$\Delta_L = L_s - L_w, \text{ дБ}$$

6.4.2.7 При опции 01 выполнить аналогичные измерения для «Вход 2» на следующих частотах: 0,009; 0,01; 0,1; 1; 10; 100; 500; 1000; 4000 МГц.

6.4.2.8 Результаты поверки считать положительными, если значения погрешности измерений уровня сигнала не превышает ± 1 дБ.

6.4.3 Определение динамического диапазона

Определение динамического диапазона анализатора производить с помощью генератора сигналов E8257D.

6.4.3.1 К входу комплекса «Вход 1» посредством радиочастотного коаксиального кабеля подключить выход генератора сигналов.

Установить на генераторе сигналов частоту 1000 МГц, уровень 0 дБмВт.

На комплексе выполнить следующие установки:

- вход – «Вход1»;
- центральная частота 1000 МГц;
- опорный уровень 0 дБмВт (при перегрузке увеличить на 1 - 2 дБ);
- обзор 10 кГц;
- RBW 100 Гц;
- VBW «авто».

6.4.3.2 Включить следящий маркер на максимум сигнала. Изменяя частоту генератора, установить показания маркера на центральную частоту 1000 МГц. Зафиксировать показания маркера после 10-ти усреднений L_{S_1} .

6.4.3.3 Установить маркер на частоту отстройки от несущей частоты сигнала на 1 кГц. Зафиксировать показания маркера после 10-ти усреднений L_{S_2} .

6.4.3.4 Вычислить динамический диапазон по формуле:

$$D = L_{S_1} - L_{S_2} + 10 \cdot \lg(B_{RBW}), \text{ дБ}$$

где B_{RBW} - полоса пропускания фильтра разрешения RBW, Гц.

6.4.3.5 При опции 01 повторить измерения по п.п. 6.4.3.1 - 6.4.3.4 для «Вход 2».

6.4.3.6 Результаты поверки считать положительными, если динамический диапазон не менее 100 дБ.

6.4.4 Определение уровня собственного фазового шума анализатора

Определение уровня спектральной плотности мощности фазового шума комплекса в режиме анализатора спектра производить с помощью генератора сигналов E8257D и компаратора частотного ЧК7-1011.

6.4.4.1 Собрать схему, представленную на рисунке 2.

К входу комплекса «Вход 1» посредством радиочастотного коаксиального кабеля подключить выход генератора сигналов. К входу источник опорной частоты 10 МГц генератора сигнала подключить компаратор частоты.

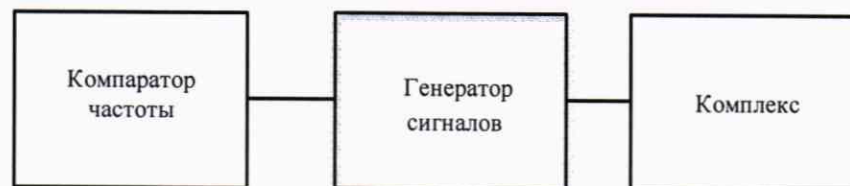


Рисунок 2 - Схема подключения для определения собственного фазового шума анализатора

6.4.4.2 Установить на генераторе сигналов частоту 1000 МГц, уровень 10 дБмВт. На комплексе выполнить следующие установки:

- вход – «Вход 1»;
- центральная частота 1000 МГц;
- опорный уровень 10 дБмВт (при перегрузке увеличить на 1 - 2 дБ);
- обзор 1 кГц;
- шаг перестройки по частоте 500 Гц;
- RBW 1 Гц;
- VBW «авто».

Установить маркер на максимум сигнала. Изменяя частоту генератора, установить показания маркера на центральную частоту 1000 МГц.

6.4.4.3 Установить маркер на максимум («Центр» равно маркер). Зафиксировать уровень сигнала P_s .

6.4.4.4 Установить центральную частоту 1000,001 МГц (два шага вверх «Центр»). Опорный уровень минус 10 дБмВт. Установить маркер на «Центр».

Произвести 10 отсчетов и зафиксировать усредненное значение уровня шумов P_{noise} .

6.4.4.5 Вычислить уровень спектральной плотности мощности фазового шума при отстройке на 1 кГц от несущей, как разницу между уровнем P_c и уровнем шума на маркере P_{noise} :

$$S_{PN} = P_s - P_{noise}, \text{ дБн/Гц}$$

6.4.4.6 Установить на комплексе центральную частоту 1000,01 МГц. Маркер на центр.

Произвести 10 считываний значения уровня шумов P_{noise} .

6.4.4.7 Вычислить уровень спектральной плотности мощности фазового шума S_{PN} при отстройке на 10 кГц.

6.4.4.8 При опции 01 повторить измерения по п.п. 6.4.4.1 - 6.4.4.7 для «Вход 2».

6.4.4.9 Результаты поверки считать положительными, если уровень собственного фазового шума для «Вход 1» и «Вход 2» на частоте 1000 МГц при отстройке от несущей на 1 кГц не более минус 100 дБн/Гц, а на отстройке 10 кГц, не более минус 105 дБн/Гц.

Определение метрологических характеристик комплекса в режиме генератора сигналов

6.4.5 Определение диапазона рабочих частот, относительной погрешности установки частоты синусоидального сигнала

Определение диапазона рабочих частот, относительной погрешности установки частоты синусоидального сигнала производить с помощью компаратора частотного ЧК7-1011 и частотомера универсального ЧЗ-89.

6.4.5.1 Подключить выход «10 МГц» компаратора частотного к входу синхронизации «10 МГц» частотомера.

Установить следующие параметры комплекса:

- «Выход 1»;

- частота сигнала $f_{сиг}$ 100 МГц;

- уровень сигнала 10 дБмВт;

- подключить частотомер через аттенюатор 30 дБ к разъему «Выход 1» на задней панели комплекса.

6.4.5.2 Выполнить измерения частоты генератора комплекса, зафиксировав показания частотомера $f_{изм}$.

6.4.5.2 Вычислить относительную погрешность установки частоты генератора по формуле:

$$\delta = \frac{(f_{сиг} - f_{изм})}{f_{сиг}},$$

где $f_{изм}$ - показания частотомера, МГц;

$f_{сиг}$ - частота, установленная на генераторе, МГц.

6.4.5.3 Повторить измерения на частотах 500; 1000; 3000; 5000; 8000; 10000 и 12000 МГц.

6.4.5.4 При опции 01 повторить измерения по п.п. 6.4.5.1 - 6.4.5.2 для «Выход 2» на частотах 0,01; 0,1; 1; 100; 500; 1000 и 4000 МГц.

6.4.5.5 Результаты поверки считать положительными, если диапазон рабочих частот генератора для «Выход 1» составляет от 0,1 до 12000 МГц, а для «Выход 2» составляет от 0,01 до 4000 МГц и значения относительной погрешности установки частоты синусоидального сигнала не превышают $\pm 2 \cdot 10^{-6}$.

6.4.6 Определение уровня мощности выходного сигнала, абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала

Определение уровня мощности выходного сигнала в диапазоне рабочих частот и абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала производить с помощью ваттметра поглощаемой мощности NRP18T.

6.4.6.1 Установить следующие параметры комплекса:

- «Выход 1»;
- частота сигнала $f_{\text{сиг}}$ 100 МГц;
- уровень сигнала $P_{\text{сиг}}$ 16 дБмВт.

Подключить к разъему «Выход 1» на задней панели комплекса ваттметр поглощаемой мощности. Зафиксировать показания ваттметра $P_{\text{изм}}$.

6.4.6.2 Вычислить абсолютную погрешность установки уровня выходной мощности по формуле:

$$\Delta_P = P_{\text{сиг}} - P_{\text{изм}}, \text{дБ}$$

6.4.6.3 Повторить измерения на частотах 500, 990, 1000, 3000, 6000, 8000 и 10000 МГц.

6.4.6.4 При опции 01 повторить измерения по п.п. 6.4.6.1 - 6.4.6.2 для «Выход 2» на частотах:

- 0,01; 0,1; 1; 93 МГц и уровнях выходной мощности 10, 12 дБмВт;
- 95, 500, 1 000, 4 000 МГц и уровне выходной мощности 9 дБмВт.

6.4.6.5 Результаты поверки считать положительными, если уровень выходной мощности сигнала для «Выход 1» не менее 15 дБмВт, для «Выход 2» не менее 8 дБмВт, а значения абсолютной погрешности установки уровня выходной мощности сигнала находятся в пределах ± 1 дБ.

6.4.7 Определение уровня фазового шума генератора

Определение уровня фазового шума генератора при отстройке на 1 кГц и 10 кГц, на частоте 1 ГГц производить с помощью анализатора источников сигнала E5052B.

6.4.7.1 Уровень фазовых шумов генератора определить анализатором спектра с функцией измерения фазовых шумов.

Подключить вход анализатора к «Выход 1» комплекса.

6.4.7.2 На комплексе в режиме генератора сигналов установить следующие настройки:

- частота 1 ГГц,
- уровень выходной мощности 10 дБмВт.

6.4.7.3 Провести измерения уровня фазовых шумов генератора при отстройке от основного сигнала на 1 кГц и на 10 кГц.

6.4.7.4 При опции 01 произвести измерения фазового шума генератора для «Выход 2» на частоте 1 ГГц.

Подключить вход анализатора к «Выход 2» комплекса.

Установить частоту 1 ГГц, уровень выходной мощности 10 дБмВт.

6.4.7.5 Результаты поверки считать положительными, если уровень фазовых шумов на 1 ГГц для «Выход 1» при отстройке от несущей на 1 кГц составляет не более минус 105 дБн/Гц, при отстройке от несущей на 10 кГц составляет не более минус 115 дБн/Гц; для «Выход 2» уровень фазовых шумов на частоте 1 ГГц при отстройке от несущей на 1 кГц составляет не более минус 105 дБн/Гц, при отстройке от несущей на 10 кГц составляет не более минус 115 дБн/Гц.

6.4.8 Определение диапазона рабочих частот

6.4.8.1 Определение диапазона рабочих частот провести по результатам выполнения п.п.6.4.1 – 6.4.3 и 6.4.5. При этом динамический диапазон изменений должен составлять не менее 100 дБ, уровень собственных шумов для «Вход 1» не более минус 155 дБн/Гц, для

«Вход 2» не более минус 140 дБн/Гц, а значение погрешности измерений уровня сигнала находится в пределах $\pm 1,0$ дБ.

6.4.8.2 Результаты поверки считать положительными, если диапазон рабочих частот комплекса составляет для «Вход 1» от 100 кГц до 12 ГГц, а для «Вход 2» от 1 кГц до 4 ГГц.

7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1 При положительных результатах поверки на комплекс выдается свидетельство установленной формы.

7.2 Знак поверки наносится на корпус комплекса в виде наклейки и в свидетельство о поверке в виде оттиска клейма.

7.3 При отрицательных результатах поверки комплекс бракуется. На забракованный комплекс выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования.

Начальник отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Старший научный сотрудник
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



К. Черняев

А. Терехов