

УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель генерального
директора-заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»

А.Н.Щипунов



Государственная система обеспечения единства измерений

ИНСТРУКЦИЯ

Анализаторы спектра FPS4, FPS7, FPS13, FPS30, FPS40

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

FPS-2019МП

2019 г.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Настоящая методика поверки распространяется на анализаторы спектра FPS4, FPS7, FPS13, FPS30, FPS40 (далее – анализаторы) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Межповерочный интервал – 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 Перед проведением поверки анализатора провести внешний осмотр и операции подготовки его к работе.

1.2 Метрологические характеристики анализатора, подлежащие проверке, и операции поверки приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке (после ремонта)	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7.1	да	да
2 Опробование	7.2	да	да
3 Определение (контроль) метрологических характеристик:			
3.1 Определение относительной погрешности частоты опорного генератора и абсолютной погрешности измерений частоты	7.3	да	да
3.2 Определение среднего уровня собственных шумов, приведенного к 1 Гц, в зависимости от диапазона частот	7.4	да	да
3.3 Определение погрешности измерений уровня сигнала минус 10 дБ (1 мВт) на частоте 64 МГц	7.5	да	да
3.4 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно уровня на частоте 64 МГц	7.6	да	да
3.5 Определение погрешности измерений уровня из-за переключения входного аттенюатора на частоте 64 МГц относительно ослабления 10 дБ	7.7	да	да
3.6 Определение погрешности измерений уровня из-за переключения полосы пропускания фильтров относительно полосы пропускания 10 кГц	7.8	да	да

1.3 Проведение поверки для меньшего числа измеряемых величин или поверки на сокращенном диапазоне измерений не допускается.

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 Рекомендуемые средства поверки, в том числе рабочие эталоны и средства измерений, приведены в таблице 2.

Вместо указанных в таблице 2 средств поверки допускается применять другие аналогичные средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик с требуемой погрешностью.

2.2 Все средства поверки должны быть исправны, применяемые при поверке средства измерений и рабочие эталоны должны быть поверены и иметь свидетельства о поверке с не истекшим сроком действия на время проведения поверки или оттиск поверительного клейма на приборе или в документации.

Таблица 2

Номер пункта методики	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки; номер документа, регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики средств поверки
7.3	Стандарт частоты рубидиевый FS 725 (рег. № 31222-06), пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты $\pm 5 \cdot 10^{-11}$.
7.6	Генератор сигналов сложной/произвольной формы 81160A (рег. № 56005-13), диапазон рабочих частот от 1 мГц до 120 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 13 \cdot 10^{-6}$.
7.3, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8	Генератор сигналов Agilent E8257D (рег. № 53941-13), диапазон рабочих частот от 250 кГц до 40 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 7,5 \cdot 10^{-8}$.
7.6	Калибраторы мощности СВЧ NRPC40 (рег. № 54535-13), диапазон рабочих частот от 0 до 40 ГГц, пределы допускаемой систематической основной относительной погрешности измерений мощности без учета погрешности рассогласования $\pm 2,5$ %.
7.3	Частотомер электронно-счетный ЧЗ-85/3 (рег. 32359-06), диапазон измеряемых частот от 0,001 Гц до 500 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 1 \cdot 10^{-7}$.
<i>Вспомогательные средства поверки:</i> нагрузка номиналом 50 Ом	

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

3.1 К проведению поверки анализаторов допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим радиотехническим образованием, имеющим опыт работы с радиотехническими установками, ознакомленный с руководством пользователя (РЭ) и документацией по поверке и имеющие право на поверку (аттестованными в качестве поверителей по ПР 50.2.012-94).

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены все требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80 «ССБТ. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности».

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

5.1 Поверку проводить при следующих условиях:

- температура окружающего воздуха, °С (К)	20 ± 5 (293 ± 5);
- относительная влажность воздуха, %	65 ± 15;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	100 ± 4 (750 ± 30);
- параметры питания от сети переменного тока:	
- напряжение, В	220 ± 4,4;
- частота, Гц	50 ± 0,5;
- содержание гармоник, %, не более	5.

5.2 При проведении операций поверки на открытом воздухе должны соблюдаться условия, указанные в РЭ на поверяемый анализатор и средства поверки.

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Поверитель должен изучить РЭ поверяемого анализатора и РЭ используемых средств поверки.

6.2 Перед проведением операций поверки необходимо:

- проверить комплектность поверяемого анализатора (наличие интерфейсных кабелей, шнуров питания и пр.);
- проверить комплектность рекомендованных (или аналогичных им) средств поверки, заземлить (если это необходимо) требуемые рабочие эталоны, средства измерений и включить питание заблаговременно перед очередной операцией поверки (в соответствии со временем установления рабочего режима, указанным в РЭ).

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверить:

- отсутствие внешних механических повреждений и неисправностей, влияющих на работоспособность анализатора;
- исправность органов управления.

Результаты внешнего осмотра считать положительными, если отсутствуют внешние механические повреждения и неисправности, влияющие на работоспособность анализатора, органы управления находятся в исправном состоянии.

7.2 Опробование

7.2.1 Подключить внешний монитор к анализатору через разъемы DisplayPort или DVI на задней панели; клавиатуру и мышь подключить через разъемы USB; подключить анализатор и монитор к сети переменного тока напряжением 220 В с заземленным контактом.

7.2.2 Включить анализатор, после чего автоматически начинается автоматическая калибровка и самопроверка.

7.2.3 Результаты опробования считать положительными, если после прохождения автоматической калибровки и самоконтроля на дисплее не появилось сообщение об ошибке.

7.3 Определение относительной погрешности частоты опорного генератора и абсолютной погрешности измерений частоты

7.3.1 Для определения относительной погрешности частоты опорного генератора собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 1.



Рисунок 1

На частотомере установить время счета не менее 10^7 мкс, перевести его в режим работы от внешнего источника опорного сигнала частотой 10 МГц, который подать от стандарта частоты.

До проведения измерений стандарт частоты прогреть не менее 2 часов.

По истечении времени самопрогрева анализатора, измерить частоту на выходе 10 МГц анализатора.

Относительную погрешность частоты опорного генератора вычислить по формуле (1):

$$\delta_{\text{оп}} = \frac{F_{\text{изм}} - F_{\text{ном}}}{F_{\text{ном}}} \quad (1)$$

где $F_{\text{ном}}$ – номинальное значение частоты опорного генератора;

$F_{\text{изм}}$ – измеренное анализатором значение частоты.

7.3.2 Для проверки абсолютной погрешности измерений частоты подключить ВЧ выход генератора сигналов E8257D к ВЧ входу анализатора. Генератор синхронизировать от внешнего источника – стандарта частоты рубидиевого FS 725.

На генераторе установить параметры сигнала: частота – 1000 МГц, уровень – минус 20 дБ (1 мВт) (далее – дБм).

Настройки анализатора:

- [PRESET]
- [FREQ: CENTER : 1 GHz]
- [SPAN: 1 MHz]
- [BW: RES BW MANUAL : 300 kHz]
- [AMPT: REF Level : -8 dBm]
- [SETUP: REFERENCE INT / EXT]

Переключить анализатор на внутренний источник опорной частоты. Прогреть анализатор в течении минимум 10 минут.

Настроить маркер анализатора:

- [MKR: SIGNAL COUNT].

Установить разрешение:

- [MKR: NEXT: CNTRESOL 1 Hz].

Провести измерения:

- [MKR => : PEAK].

Определить погрешность измерений частоты как разницу между значением частоты сигнала, поданного с генератора сигналов, и значением частоты, измеренным прибором.

Проконтролировать разрешение по частоте R по показаниям маркера анализатора.

7.3.3 Результаты поверки считать положительными, если:

- значение относительной погрешности частоты опорного генератора находится в пределах $\pm 1 \cdot 10^{-6}$;
- значение абсолютной погрешности измерений частоты не превышает ± 1 кГц;
- разрешение по частоте не менее 0,001 Гц.

7.4 Определение среднего уровня собственных шумов, приведенного к 1 Гц, в зависимости от диапазона частот

7.4.1 Для выполнения измерений среднего уровня собственных шумов анализатора подключить ко входу анализатора нагрузку 50 Ом.

Установить следующие настройки анализатора:

- [PRESET]
- [AMPT : RF ATTEN MANUAL : 0 dB]
- [AMPT : -60 dBm]
- [SPAN : 0 Hz]
- [TRACE 1 : AVERAGE]
- [TRACE 1 : SWEEP COUNT : {SWPCNT} ENTER]
- [MEAS : TIME DOMAIN POWER : MEAN]
- [FREQ : CENTER : { f_n }]
- [BW : RBW MANUAL : {RBW}]
- [BW : VBW MANUAL : {VBW}].

Считать значение маркера в верхнем правом углу экрана анализатора и скорректировать значение измерений по формуле 2:

$$C = S + 10 \cdot \lg(\text{RBW}/1 \text{ Гц}) \quad (2)$$

где S – значение маркера, дБ (1 мВт);

C – значение среднего уровня собственных шумов анализатора, приведенное к полосе 1 Гц.

- RBW = 1 Гц соответствует коррекции 0 дБ;
- RBW = 10 Гц соответствует коррекции минус 10 дБ;
- RBW = 100 Гц соответствует коррекции минус 20 дБ;
- RBW = 1 кГц соответствует коррекции минус 30 дБ.

Измерения провести при следующих настройках анализатора:

- RBW = 1 Гц; SWPCNT = 20; f_n = 20 Гц;
- RBW = 10 Гц; SWPCNT = 5; f_n = 30 Гц, 90 Гц;
- RBW = 100 Гц; SWPCNT = 5; f_n = 300 Гц, 980 Гц;
- RBW = 1 кГц; SWPCNT = 1; f_n = 2 кГц, 8 кГц, 10 кГц, 50 кГц, 100 кГц, 500 кГц, 1 МГц, 100 МГц, 500 МГц, 1000 МГц, 3500 МГц, 5000 МГц, 6999 МГц, 7500 МГц до верхнего предела частотного диапазона с шагом 2500 МГц.

7.4.2 Результаты поверки считать удовлетворительными, если:

1) средний уровень собственных шумов [дБ (1 мВт)], приведённый к полосе пропускания 1 Гц не более:

от 10 Гц до 20 Гц включ.	-90
св. 20 Гц до 100 Гц включ.	-100
св. 100 Гц до 1 кГц включ.	-110
св. 1 кГц до 9 кГц*	-120
от 9 кГц до 100 кГц*	-130
от 100 кГц до 1 МГц*	-145
от 1 МГц до 1 ГГц*	-151
от 1,0 ГГц до 3,6 ГГц*	-149
от 3,6 ГГц до 6,0 ГГц*	-146
от 6,0 ГГц до 7,4 ГГц*	-144
от 7,4 до 15,0 ГГц*	-145
от 15 ГГц до 34 ГГц*	-142
от 34 ГГц до 40 ГГц включ.	-136

* верхнее значение не включено в диапазон

7.5 Определение погрешности измерений уровня сигнала минус 10 дБ (1 мВт) на частоте 64 МГц

7.5.1 Собрать схему согласно рисунка 2.



Рисунок 2

Установить на калибраторе параметры, соответствующие измерению на частоте 64 МГц.

Подключить генератор к разъему «IN» калибратора, анализатор — к разъему «TEST». Калибратор подключить к блоку NRP для отображения результатов.

На генераторе установить сигнал с параметрами:

- частота – 64 МГц;
- уровень – минус 10 дБ (1 мВт).

Контролируя по показаниям калибратора, установить уровень выходного сигнала генератора равным минус $10 \pm 0,1$ дБ (1 мВт). Зафиксировать показания калибратора L_{NRPC} .

Установить следующие настройки анализатора:

- [PRESET]
- [AMPT : RFATTENMANUAL : 10 dB]
- [AMPT : -10 dBm]
- [SWEEP : SWEEP TIME : 10 ms]
- [SPAN : 30 kHz]
- [BW : RES BW MANUAL : 10 kHz]
- [TRACE : DETECTOR : RMS]
- [FREQ : CENTER : 64 MHz].

Измерить уровень сигнала L_{FPS} [дБ (1 мВт)] с помощью функции:

- [MKR => : PEAK].

7.5.2 Погрешность измерений уровня сигнала минус 10 дБ (1 мВт) на частоте 64 МГц рассчитать по формуле (3):

$$\Delta L_{64} = L_{FPS} - L_{NRPC} \quad (3)$$

7.5.3 Результаты поверки считать удовлетворительными, если погрешность измерений уровня сигнала не более $\pm 0,2$ дБ.

7.6 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно уровня на частоте 64 МГц

7.6.1 Собрать схему согласно рисунка 2. На частотах до 10 МГц, использовать генератор сигналов сложной/произвольной формы 81160А, выше 10 МГц - генератор сигналов E8257D.

На генераторе установить сигнал с параметрами:

- частота – 64 МГц;
- уровень – 0 дБ (1 мВт).

Установить следующие настройки анализатора:

- [PRESET]
- [AMPT : RF INPUT {coupling}]
- [AMPT : RF ATTEN MANUAL : {a_{FPS}}]
- [AMPT : 0 dBm]

- [SPAN : 100 kHz]
- [BW : RES BW MANUAL : 10 kHz]
- [FREQ : CENTER : 64 MHz]
- [MKR => : MORE : EXCLUDE LO].

Измерить уровень сигнала L_{FPS} с помощью функции:

- [MKR => : PEAK].

Зафиксировать показания калибратора L_{NRPC} .

Погрешность измерений уровня сигнала ΔL^{REF} [дБ] рассчитать по формуле (3) и занести в протокол.

7.6.2 Неравномерность амплитудно-частотной характеристики относительно частоты 64 МГц рассчитать для частот $f_{in} = 10$ Гц, 50 Гц, 300 Гц, 10 кГц, 30 кГц, 100 кГц, 300 кГц, 1 МГц, 3 МГц, 10 МГц, 50 МГц, 100 МГц, 200 МГц, 500 МГц до 8 ГГц с шагом 500 МГц, 8500 МГц и до верхнего предела частотного диапазона с шагом 1500 МГц.

Установить следующие настройки анализатора:

- [SPAN : zero]
- [FREQ : CENTER : { f_{in} }]
- [BW : RES BW MANUAL : { RBW }]

В диапазоне частот f_{in} до 100 кГц использовать $RBW=f_{in}/10$, в остальных случаях использовать $RBW=10$ кГц.

Измерить уровень сигнала L_{FPS} с помощью функции:

- [MKR => : PEAK].

Зафиксировать показания калибратора L_{NRPC} [дБ (1 мВт)].

Неравномерность амплитудно-частотной характеристики относительно частоты 64 МГц $\delta_{АЧХ}$ [дБ] рассчитать по формуле (4):

$$\delta_{АЧХ}[\text{дБ}] = L_{FPS} - L_{NRPC} - \Delta L^{REF}. \quad (4)$$

7.6.3 Результаты поверки считать удовлетворительными, если значение неравномерность амплитудно-частотной характеристики [дБ] не более:

от 10 Гц до 20 Гц*	±1,5
от 20 Гц до 9 кГц*	±1,0
от 9 кГц до 10 МГц*	±0,5
от 10 МГц до 3,6 ГГц*	±0,3
от 3,6 ГГц до 7,0 ГГц*	±0,5
от 7,0 ГГц до 13,6 ГГц*	±1,5
от 13,6 ГГц до 30,0 ГГц*	±2,0
от 30 ГГц до 40 ГГц включ.	±2,5

* верхнее значение не включено в диапазон

7.7 Определение погрешности измерений уровня из-за переключения входного аттенюатора на частоте 64 МГц относительно ослабления 10 дБ

7.7.1 Определение погрешности измерений уровня из-за переключения входного аттенюатора на частоте 64 МГц относительно ослабления 10 дБ провести методом прямых измерений с помощью генератора сигналов E8257D. Измерения проводят путём сравнением показаний дельта маркера анализатора спектра при установке значений входного аттенюатора в диапазоне от 0 до 70 дБ. При этом устанавливается постоянный уровень сигнала на первом смесителе анализатора.

Выполнить соединение СИ в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 3.

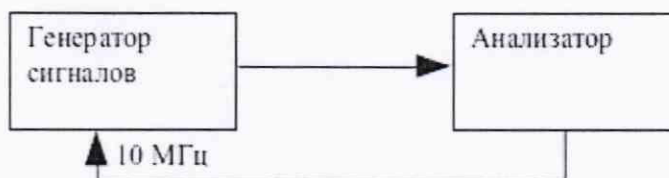


Рисунок 3

Выполнить следующие установки на анализаторе:

- [PRESET]
- [FREQ : CENTER 64 MHz]
- [AMPT: Ref Level: -10 dBm]
- [AMPT: RF ATTEN MANUAL: 10 dB]
- [BW : Res BW Manual : 1 kHz]
- [BW : Video BW Manual : 30 Hz]
- [SPAN : 500 Hz]
- [TRACE : DETECTOR: RMS]
- [SWEEP : SWEEP TIME MANUAL : 100 ms]

Установить выходной уровень сигнала генератора сигналов 0 дБ (1 мВт), частоту выходного сигнала 64 МГц.

Установить маркер анализатора на максимум сигнала:

- [MARKER->: Peak]

Установить опорное значение дельта маркера на максимум сигнала:

- [MARKER : Select Marker Function : Reference Fixed]

Установить ослабление входного аттенюатора анализатора в соответствии с таблицей 4:

- [AMPT: RF ATTEN MANUAL: A_{FPS}]

Установить опорный уровень анализатора в соответствии с таблицей 4:

- [AMPT: RefLevel: RL]

Установить маркер на максимум сигнала:

- [MARKER->: Peak]

7.7.2 Считать показание маркера Delta [T1 FXD] { Δ_m }dB в верхнем правом углу ЖКИ для каждого из значений ослабления входного аттенюатора анализатора и занести в таблицу 4.

Таблица 4

Установки анализатора		Отсчет маркера Δ_m , дБ	Пределы допускаемой погрешности $\Delta_{att\ max}$, дБ
Ослабление входного аттенюатора A _{FPS} , дБ	Опорный уровень, RefLevel, дБ (1 мВт)		
0	минус 40		±0,2
10	минус 30	0	-
20	минус 20		±0,2
30	минус 10		
40	0		
50	10		
60	20		
70	30		

7.7.3 Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, значения погрешности измерений уровня из-за переключения входного аттенюатора на частоте 64 МГц относительно ослабления 10 дБ не превышает ±0,2 дБ.

7.8 Определение погрешности измерений уровня из-за переключения полосы пропускания фильтров относительно полосы пропускания 10 кГц

7.8.1 Подключить ВЧ выход генератора сигналов E8257D к ВЧ входу анализатора. Генератор

синхронизировать от внешнего источника – стандарта частоты рубидиевого FS 725.

На генераторе установить сигнал с параметрами:

частота – 64 МГц;

уровень – минус 20 дБм.

Настройки анализатора:

- [PRESET]
- [AMPT : -10 dBm]
- [AMPT : RF ATTEN MANUAL : 10 dB]
- [FREQ : CENTER : 64 MHz]
- [SPAN : 100 kHz]
- [BW : RBW MANUAL : 10 kHz]
- [BW : VBW MANUAL : 100 Hz]

Установить маркер на пик сигнала и зафиксировать значение:

- [MKR => : PEAK]
- [MKR : REFERENCE FIXED].

7.8.2 Изменить настройки анализатора:

- [SPAN : {10 × RBW}]
- [BW : RBW MANUAL : {RBW} : ENTER]
- [BW : VBW MANUAL : {0.01 x RBW} : ENTER]

Если $RBW < 100$ Гц, то использовать ширину полосы видеофильтра $VBW = 1$ Гц.

Установить маркер на пик сигнала и зафиксировать значение:

- [MKR => : PEAK].

Провести измерения для значений полосы пропускания $RBW = 100$ Гц, 1, 10, 100 кГц, 1 и 10 МГц.

Разница уровней отображается в поле «Delta [T1 FXD] {xxx} dB».

7.8.3 Повторить измерения п.4.10.2 для режима БПФ-фильтра. Для этого изменить настройки анализатора:

- [SWEEP : SWEEP MODE : FFT].

7.8.4 Результаты поверки считать удовлетворительными, если погрешность измерений уровня из-за переключения полосы пропускания фильтров относительно полосы пропускания 10 кГц не более $\pm 0,2$ дБ.

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 При положительных результатах поверки анализатора выдается свидетельство установленной формы.

8.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

8.3 В случае отрицательных результатов поверки поверяемый анализатор к дальнейшему применению не допускается. На него выдается извещение об его непригодности к дальнейшей эксплуатации с указанием причин.

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник отдела ФГУП «ВНИИФТРИ»



О.В.Каминский

Н.Р.Баженов