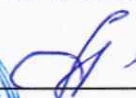


СОГЛАСОВАНО

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



 А.Н. Щипунов
« 20 » 01 2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Анализаторы спектра СК-4 НОВО АС-12
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

651-22-005 МП

р.п. Менделеево

2022 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее - МП) устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки анализаторов спектра СК-4 НОВО АС-12 (далее - анализатор, изделие), изготавливаемых обществом с ограниченной ответственностью «НОВО» (ООО «НОВО»), г. Мытищи Московской обл., и находящихся в эксплуатации, а также после хранения и ремонта.

1.2 Первичной поверке подлежат анализаторы, выпускаемые из производства и выходящие из ремонта.

Периодической поверке подлежат изделия, находящиеся в эксплуатации и на хранении.

Обеспечивается прослеживаемость поверяемого анализатора к государственным первичным эталонам единиц величин посредством использования аттестованных (поверенных) в установленном порядке средств поверки.

По итогам проведения поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемого изделия к государственным первичным эталонам:

- единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1-2018;
- единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,50 ГГц ГЭТ 26-2010.

Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений.

1.3 Интервал между поверками 1 (один) год.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки генераторов должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7	да	да
Подготовка к поверке и опробование	8	да	да
Проверка программного обеспечения	9	да	да
Определение метрологических характеристик	10	да	да
Определение относительной погрешности частоты внутреннего опорного генератора	10.1	да	да
Определение погрешности измерения уровня входного сигнала	10.2	да	да
Определение максимального измеряемого уровня входного сигнала	10.3	да	нет
Определение среднего отображаемого уровня собственных шумов	10.4	да	да
Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов	10.5	да	да
Определение минимальной частотной полосы пропускания измерительного фильтра	10.6	да	да

2.2 Поверка анализаторов осуществляется аккредитованными в установленном порядке юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

2.3 Допускается проведение поверки меньшего числа измеряемых величин и на меньшем диапазоне измерений, которые используются при эксплуатации по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке на основании заявления владельца средства измерения.

3 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

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

Таблица 2

Номер пункта МП	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
10.1	Частотомер универсальный CNT-90XL с опцией 10: диапазон частот от 0 до 3 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты $\pm 2 \cdot 10^{-7}$
10.1	Стандарт частоты и времени рубидиевый Ч1-92: пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты (1; $5 \cdot 10^6$; $1 \cdot 10^7$) Гц $\pm 2,0 \cdot 10^{-10}$
8.2, 10.2, 10.3, 10.5, 10.6	Генератор сигналов E8257D: диапазон частот от 250 кГц до 40 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $7,5 \cdot 10^{-8}$, диапазон выходных значений от минус 135 до плюс 17 дБм, пределы допускаемой погрешности установки уровня выходного сигнала (0,6—2,5) дБ, уровень фазового шума на частоте несущей 1 ГГц (отстройка от несущей 20 кГц) - 124 дБн/Гц, наличие низкочастотного выхода
8.2, 10.2	Генератор сигналов сложной/произвольной формы 81160A: диапазон частот от 1 мГц до 500 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 13 \cdot 10^{-6}$
10.2, 10.3	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP50T: диапазон рабочих частот от 0 до 50 ГГц; диапазон измеряемой мощности от минус 35 дБм до плюс 20 дБм; пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня мощности (0,8 - 4,0) %
10.5	Анализатор фазовых шумов PNA20: диапазон частот от 5 до 26000 МГц; уровень характеристической чувствительности к фазовому шуму при отстройке от несущей от 1 до 10000 кГц не более минус 135 дБн/Гц

3.2 Допускается использовать аналогичные средства поверки, которые обеспечат измерения соответствующих параметров с требуемой точностью.

3.3 Средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь свидетельства о поверке.

3.4 При отрицательных результатах поверки по любому из пунктов таблицы 1 поверяемый анализатор бракуется и направляется в ремонт.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами со средним или высшим техническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в установленном порядке и имеющим квалификационную группу электробезопасности не ниже третьей.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с руководством по эксплуатации (далее – РЭ) и документацией по поверке.

5 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00, а также требования безопасности, приведённые в эксплуатационной документации поверяемых анализаторов и средств поверки.

5.2 Средства поверки должны быть надежно заземлены в одной точке в соответствии с документацией.

5.3 Размещение и подключение измерительных приборов разрешается производить только при выключенном питании.

6 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- | | |
|--|---------------|
| - температура окружающего воздуха, °С | от 15 до 25; |
| - относительная влажность окружающего воздуха, % | от 30 до 80; |
| - атмосферное давление, кПа | от 84 до 106. |

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

7.1 При проведении внешнего осмотра анализатора проверить:

- отсутствие механических повреждений и чистоту соединительных разъемов;
- наличие и целостность наружных деталей и пломб (наклейки);
- полноту маркировки и её сохранность, все надписи должны быть читаемы.

7.2 Проверку комплектности проводить путем сличения с данными паспорта.

7.3 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если выполняются требования, перечисленные в пунктах 7.1 и 7.2.

7.4 Анализатор, не удовлетворяющий положительным критериям внешнего осмотра, признается непригодным к применению.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Проверить наличие эксплуатационной документации и срок действия свидетельств о поверке на средства поверки.

8.1.2 Подготовить средства поверки к проведению измерений в соответствии с руководством по эксплуатации СИ.

8.2 Опробование

8.2.1 Провести опробование работы анализатора для оценки его исправности в следующей последовательности.

8.2.2 К входному разъёму «RF1» анализатора подключить генератор сигналов 81160А. К розетке соединителя “micro USB” с помощью кабеля подключить управляющую ПЭВМ. К вилке соединителя питания подключить блок питания из комплекта генератора.

8.2.3 После коммутации изделия запустить программное обеспечение «Анализатор АС-12». При правильном подключении в рабочем окне программы в левом нижнем углу должна появиться надпись «NOVO Analyzer ver 1.0.0.2».

8.2.4 Установить центральную частоту анализатора 9 кГц. Полосу обзора SPAN 0,1 кГц.

Установить частоту сигнала генератора 81160А 9 кГц, уровень мощности сигнала 0 дБ (отн.1 мВт). Включить «RF OUTPUT» выход генератора.

8.2.5 С помощью анализатора убедиться в наличии сигнала на частоте 9 кГц.

8.2.6 Заменить генератор 81160А генератором Е8257D. Повторить операции пунктов 8.2.2 - 8.2.5 для частоты 14500 МГц. Полосу обзора SPAN установить 1 МГц.

8.2.7 Результаты проверки работоспособности считать положительными, если:

- после запуска программного обеспечения «Анализатор АС-12» отобразился вид рабочего окна программы (рисунок 1), а в левом нижнем углу рабочего окна программы появилась надпись «NOVO Analyzer ver 1.002»;

- с помощью анализатора удалось убедиться в наличии сигнала на частотах 9 кГц и 14500 МГц.

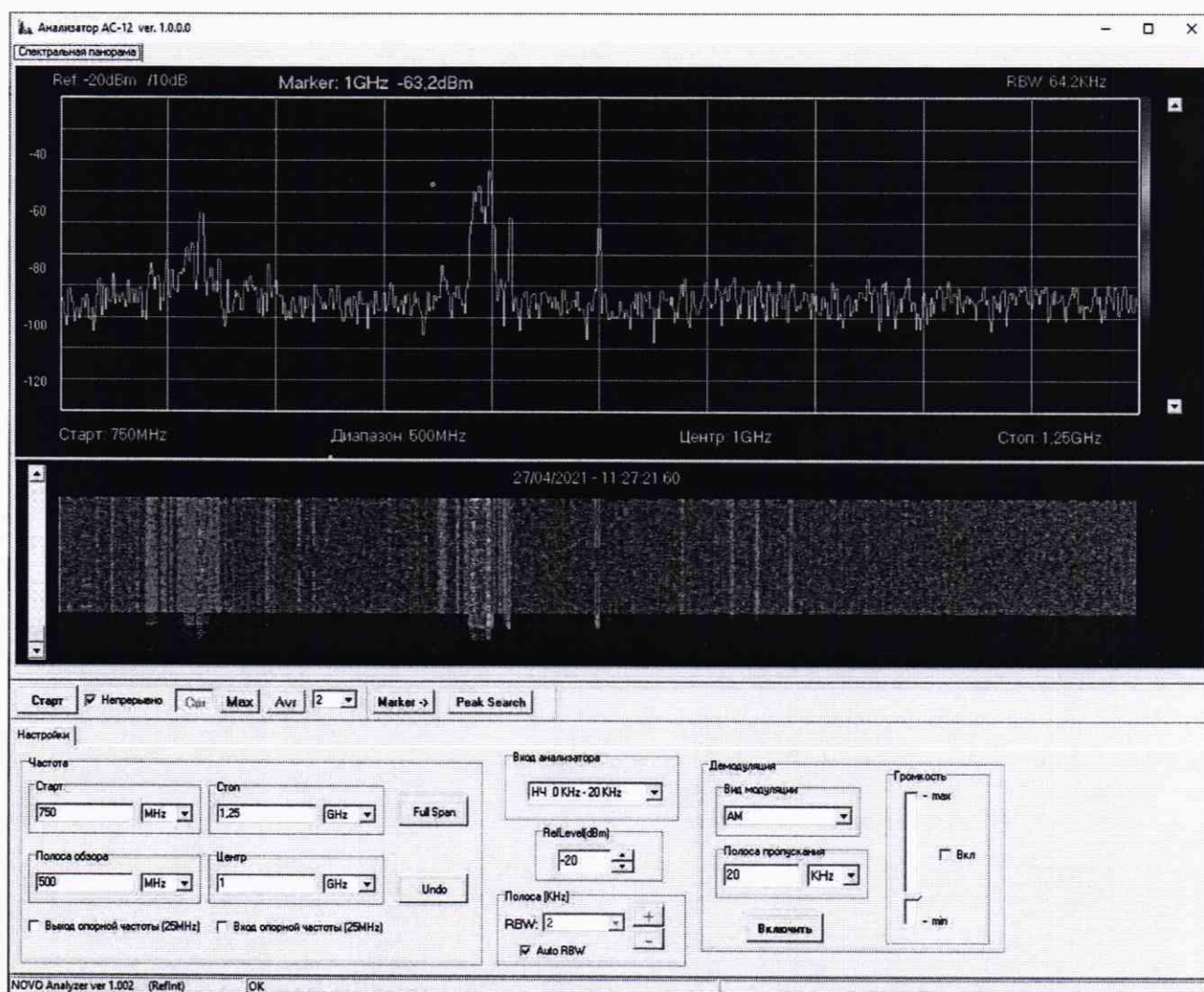


Рисунок 1

8.2.2 Результаты опробования считать положительными, если:

- после запуска программного обеспечения «Анализатор АС-12» отобразился вид рабочего окна программы, а в левом нижнем углу появилась надпись «NOVO Analyzer ver 1.002»;

- с помощью анализатора удалось убедиться в наличии сигнала на частотах 9 кГц и 14500 МГц;

- виртуальные кнопки (органы управления) функционируют, частота и уровень мощности регулируются.

В противном случае результаты опробования считать отрицательными и анализатор признается непригодным к применению.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

9.1 Включить анализатор. После запуска программного обеспечения (ПО) на экране ПК отобразится вид главного рабочего окна программы (рисунок 1), а в левом нижнем углу рабочего окна программы появилась надпись «NOVO Analyzer ver 1.002»;

9.2 Программное обеспечение должно иметь следующие идентификационные данные:

- наименование «Анализатор АС-12»;
- номер версии (идентификационный номер) ПО: не ниже 1.0.0.2.

9.3 Результаты поверки считать положительными, если процедура проверки проходит успешно, идентификационные данные ПО соответствуют идентификационным данным, приведённым в информационном окне (рисунок 1). В противном случае результат идентификации ПО считать отрицательным и поверяемый анализатор признается непригодным к применению.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

10.1 Определение относительной погрешности частоты внутреннего опорного генератора

10.1.1 Провести подключение приборов следующим образом:

- соединить выходной разъём «REF EXT» анализатора с входным разъёмом «RF IN» частотомера CNT-90XL;
- соединить выходной разъём «10 МГц» стандарта частоты Ч1-92 с входным разъёмом «Ext REF» частотомера CNT-90XL.

10.1.2 Используя программу управления анализатором, включить сигнал опорного генератора на выходном разъёме «REF EXT» анализатора.

10.1.3 Измерить на частотомере CNT-90XL частоту сигнала внутреннего опорного генератора анализатора. Рассчитать относительную погрешность по формуле (1):

$$\delta F = (F_{\text{изм}} - 10 \text{ МГц}) / 10 \text{ МГц}, \quad (1)$$

где $F_{\text{изм}}$ - значение частоты, измеренное частотомером, МГц.

10.1.4 Результаты поверки считать положительными, если значение относительной погрешности опорного генератора находится в пределах $\pm 1 \cdot 10^{-6}$.

В противном случае результаты поверки по данному пункту методики считать отрицательными и анализатор признается непригодным к применению.

10.2 Определение погрешности измерения уровня входного сигнала

10.2.1 Провести подключение приборов следующим образом:

- соединить выходной разъём «RF OUT» генератора сигналов E8257D с входным разъёмом делителя мощности ДМС2Б-32-13Р;
- соединить первый выходной разъём делителя с входным разъёмом «RF1» анализатора;
- соединить второй выходной разъём делителя с входом ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP50T.

10.2.2 На анализаторе произвести следующие настройки:

- CENTER: Частота измерения;
- SPAN: 1 МГц;

RBW: 1,5 кГц;
RefLevel: 0 дБм;
Average: 16.

10.2.3 Установить на выходе генератора E8257D сигнал с частотой 100 МГц, уровень выходного сигнала 6 дБм. Измерить уровень сигнала с помощью ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP50T (A1, в [дБм]) и с помощью анализатора (A2, в [дБм]). Рассчитать значение погрешности измерений по формуле (2):

$$\Delta A_i = A_1 - A_2. \quad (2)$$

10.2.4 Повторить измерения и расчёт ΔA_i для установленной частоты при значениях уровня сигнала минус 20 дБм, для чего на генераторе выставить уровень мощности минус 14 дБм, зафиксировать измеренное анализатором значение P_{-20} .

10.2.5 Подключить аттенюатор с номинальным ослаблением 20 дБ между выходом делителя мощности и входом анализатора.

10.2.6 Установить на генераторе уровень мощности 6 дБм и с помощью анализатора (P, в [дБм]) рассчитать значение поправки (At1) по формуле (3):

$$At1 = P - P_{-20}. \quad (3)$$

10.2.7 Установить на генераторе уровень мощности минус 14 дБм. Измерить уровень сигнала с помощью ваттметра (A1, в [дБм]) и с помощью анализатора (A2, в [дБм]) рассчитать значение погрешности измерений по формуле (4):

$$\Delta A_i = A_1 - A_2 - At1. \quad (4)$$

10.2.8 Зафиксировать измеренное анализатором значение P_{-40} .

10.2.9 Повторить операции пунктов 10.2.5-10.2.7, установив на вход анализатора второй аттенюатор с номинальным ослаблением 20 дБ и рассчитав для него значение поправки (At2) по формуле (5):

$$At2 = P - P_{-40}. \quad (5)$$

10.2.10 Установить на генераторе уровень мощности минус 14 дБм. Измерить уровень сигнала с помощью ваттметра (A1, в [дБм]) и с помощью анализатора (A2, в [дБм]) Рассчитать значение погрешности измерений по формуле (6):

$$\Delta A_i = A_1 - A_2 - (At1 + At2). \quad (6)$$

10.2.11 Повторить измерения уровня выходной мощности в соответствии с пунктами 10.2.1 – 10.2.10 последовательно устанавливая на выходе генератора E8257D сигналы с частотами 1 МГц, 1001 МГц, 3 ГГц, 6 ГГц, 8 ГГц и 10 ГГц.

10.2.12 Повторить операции пунктов 10.2.1-10.2.10 для сигнала с частотами 10 кГц и 100 кГц, используя генератор сложной/произвольной формы 81160A.

10.2.13 Результаты поверки считать положительными, если рассчитанные значения погрешности ΔA_i , для всех вариантов измерения, находятся в пределах ± 1 дБ.

В противном случае результаты поверки по данному пункту методики считать отрицательными и анализатор признается непригодным к применению.

10.3 Определение максимального измеряемого уровня входного сигнала

10.3.1 Провести подключение приборов следующим образом:

- соединить выходной разъём «RF OUT» генератора сигналов E8257D с входным разъёмом делителя мощности;
- соединить первый выходной разъём делителя с входным разъёмом «RF1» анализатором;

- соединить второй выходной разъём делителя с входом ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP50T.

10.3.2 Установить на выходе генератора E8257D сигнал с частотой 100 МГц и уровнем 11 дБм.

10.3.3 На анализаторе произвести следующие настройки:

CENTER: 100 МГц;

SPAN: 1 МГц;

RBW: 1.5 кГц;

RefLevel: 20 дБм;

Average: 16.

10.3.4 С помощью плавной подстройки уровня выходной мощности генератора установить уровень сигнала по показанию ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP50T (A_1 , в [дБм]) равное 5 дБм. Измерить уровень мощности с помощью анализатора (A_2 , в [дБм]) и рассчитать значение погрешности измерений по формуле (7):

$$\Delta A_i = A_1 - A_2 \quad (7)$$

10.3.5 Повторить операции пункта 10.3.4 для уровня выходной, мощности установленного по показаниям ваттметра 4 и 6 дБм. Максимальный измеренный анализатором уровень мощности, при котором значение ΔA_i не превышает 1 дБ, зафиксировать в протоколе.

10.3.6 Установить последовательно на выходе генератора E8257D сигналы с частотой 1000 МГц и 10000 МГц.

10.3.7 Повторить измерения в соответствии с пунктами 10.3.1 - 10.3.5.

10.3.8 Результаты поверки считать положительными, если зафиксированные значения уровней выходного сигнала A_1 измеренные ваттметром NRP50T для всех установленных частот генератора E8257D не ниже значения 5 дБм.

В противном случае результаты поверки по данному пункту методики считать отрицательными и анализатор признается непригодным к применению.

10.4 Определение среднего отображаемого уровня собственных шумов

10.4.1 Провести подключение приборов следующим образом: подключить к входу «RF1» анализатора согласованную нагрузку 50 Ом.

10.4.2 На анализаторе произвести следующие настройки:

CENTER: 101 МГц;

SPAN: 1 кГц;

RBW: 1.5 Гц;

RefLevel: минус 100 дБм;

Average: 8.

10.4.3 Установить измерительный маркер на центр отображаемого спектра и провести измерение усреднённого уровня шума P_i . При наличии паразитных составляющих в центре спектра, измерения уровня шума P_i проводить с некоторым смещением в область отсутствия помех.

10.4.4 Последовательно установить на анализаторе центральные частоты 1001 МГц, и 5999,9 МГц. Повторить измерения усреднённого уровня шума P_i .

10.4.5 Результаты считать положительными, если измеренное значение усреднённого уровня шума ($P_i - 1,8$), для всех частот, не превышает значения минус 160 дБм (1.8 дБм – поправка, учитывающая отличие установленного RBW от 1 Гц).

10.4.6 Последовательно устанавливать на анализаторе центральные частоты 10, 100 кГц; 101, 6001 и 9999,9 МГц. Провести измерения усреднённого уровня шума P_i .

10.4.7 Результаты поверки считать положительными, если измеренное значение усреднённого уровня шума ($P_i - 1,8$), не превышает значения минус 155 дБм.

В противном случае результаты поверки по данному пункту методики считать отрицательными и анализатор признается непригодным к применению.

10.5 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов

10.5.1 Подключение приборов произвести следующим образом: соединить выходной разъём «RF OUTPUT» генератора сигналов E8257D с входным разъёмом «RF IN» анализатора фазовых шумов PNA20.

10.5.2 На генераторе сигналов установить частоту выходного сигнала 100 МГц и уровень выходного сигнала 0 дБм.

10.5.3 Провести измерения уровня фазовых шумов генератора. Убедиться, что на частоте отстройки от несущей 1 кГц собственные шумы генератора не превышают значения минус 123 дБн/Гц. В противном случае требуется применение генератора с более низким уровнем фазового шума.

10.5.4 На анализаторе произвести следующие настройки:

CENTER: 100 МГц;

SPAN: 3 кГц;

RBW: 12 Гц;

RefLevel: 0 дБм;

Average: 16.

10.5.5 Установить с помощью кнопки «PEAK SEARCH» измерительный маркер на центр отображаемого спектра и произвести измерения усреднённого уровня входного сигнала P0.

10.5.6 Установить измерительный маркер со смещением 1 кГц по отношению к частоте входного сигнала (справа и слева) и произвести измерения усреднённого уровня шума P11 и P12. При наличии паразитных составляющих в точке смещения 1 кГц, измерения уровня шума P1 производить с некоторым смещением в область отсутствия помех.

10.5.7 Рассчитать значение уровня фазового шума по формуле (8):

$$P_{\text{фш}} = (P11+P12)/2 - P0 - 10,8 \text{ дБ}, \quad (8)$$

10.5.8 Результаты поверки считать положительными, если значение фазового шума $P_{\text{фш}}$ не превышает минус 120 дБн/Гц.

В противном случае результаты поверки по данному пункту методики считать отрицательными и анализатор признается непригодным к применению.

10.6 Определение минимальной полосы пропускания измерительного фильтра

10.6.1 Подключение приборов произвести следующим образом:

соединить выходной разъём «RF OUTPUT» генератора сигналов E8257D с входным разъёмом «RF1» анализатора

соединить выходной разъём опорной частоты 10 МГц генератора сигналов E8257D с входным разъёмом «Ext REF» анализатора

10.6.2 На анализаторе включить режим внешней синхронизации.

10.6.3 На генераторе сигналов установить частоту выходного сигнала 101 МГц и уровень выходного сигнала 0 дБм

10.6.4 На анализаторе произвести следующие настройки:

CENTER: 101 МГц;

SPAN: 20 Гц;

RBW: 1.5 Гц;

RefLevel: 10 дБм;

Average: 8.

10.6.5 Установить измерительный маркер, с помощью кнопки «PEAK SEARCH», на центр отображаемого спектра и произвести измерение усреднённого уровня входного сигнала P0

10.6.6 Плавное уменьшение значения частоты выходного сигнала генератора до уменьшения показания уровня на величину, менее минус 3 дБ от исходного уровня P0.

10.6.7 Зафиксировать, с точностью 0,1 Гц, предыдущее (на шаг назад), значение частоты выходного сигнала генератора F1

10.6.8 Установить с помощью кнопки «PEAK SEARCH» измерительный маркер на центр отображаемого спектра и произвести повторное измерение усреднённого уровня входного сигнала P0.

10.6.9 Плавное увеличение значения частоты выходного сигнала генератора до уменьшения показания уровня на величину, менее минус 3 дБ от исходного уровня P0.

10.6.10 Зафиксировать, с точностью 0,1 Гц, предыдущее (на шаг назад), значение частоты выходного сигнала генератора F2.

10.6.11 Рассчитать значение частотной полосы пропускания по формуле (9):

$$\Delta F = F2 - F1. \quad (9)$$

10.6.12 Результаты поверки считать положительными, если значение полосы пропускания находится в диапазоне от 1 до 1,5 Гц.

В противном случае результаты поверки по данному пункту методики считать отрицательными и анализатор признается непригодным к применению

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 При положительных результатах поверок по пунктам разделов 7-10, анализатор признаётся пригодной к применению (подтверждено соответствие метрологическим требованиям).

11.2 При отрицательных результатах поверок по пунктам разделов 7-10, анализатор признаётся непригодной к применению (не подтверждено соответствие метрологическим требованиям).

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Анализатор признается годным, если в ходе поверки все результаты поверки положительные.

12.2 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

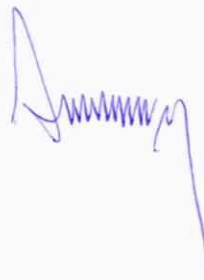
12.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца прибора или лица, предъявившего его на поверку, на средство измерений наносится знак поверки, и (или) выдается свидетельство о поверке, и (или) в паспорт прибора вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

Знак поверки в виде наклейки наносится на переднюю панель анализатора.

12.4 При выполнении сокращенной поверки (на основании решения или заявки на проведение поверки, эксплуатирующей организации) в свидетельстве о поверке указываются сведения для каких измеряемых величин выполнена поверка.

12.5 Анализатор, имеющий отрицательные результаты поверки, в обращение не допускается. На него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования по установленной форме.

Начальник НИО-1
ФГУП «ВНИИФТРИ»

A handwritten signature in blue ink, consisting of a series of loops and a long vertical stroke at the end.

О.В. Каминский