

СОГЛАСОВАНО
Главный метролог
АО «ПриСТ»



«30» июля 2025 г.

А.Н. Новиков

**«ГСИ. АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА АКИП-4226.
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ»**

МП-ПР-29-2025

Москва
2025

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на анализаторы спектра АКИП-4226 (далее анализаторы) и устанавливает методы и средства их поверки.

Прослеживаемость при поверке анализаторов обеспечивается в соответствии со следующими государственными поверочными схемами:

- государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3461, к Государственному первичному эталону единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах диапазоне частот от 0,03 до 37,50 ГГц – ГЭТ 26-2010;

- государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2360, к Государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени – ГЭТ 1-2022.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в Приложении А.

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик по п. п. 9.1 – 9.14 применяется метод прямых измерений.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1	2	3	4
1. Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	Раздел 6
2. Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	Раздел 7
3. Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	Раздел 8
4. Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			Раздел 9
5. Определение относительной погрешности частоты опорного генератора	Да	Да	9.1
6. Определение относительной погрешности измерения частоты маркером	Да	Да	9.2
7. Определение относительной погрешности установки полос пропускания фильтров промежуточной частоты (ПЧ) и фильтров электромагнитной совместимости (ЭМС)	Да	Да	9.3
8. Определение абсолютной погрешности измерения опорного уровня на частоте 50 МГц	Да	Да	9.4
9. Определение абсолютной погрешности из-за нелинейности логарифмической шкалы	Да	Да	9.5
10. Определение абсолютной погрешности измерений уровня сигнала из-за переключения входного аттенюатора (относительно 20 дБ)	Да	Да	9.6
11. Определение погрешности измерения уровня сигнала при изменении полосы пропускания	Да	Да	9.7
12. Определение уровня гармонических искажений 2-го порядка	Да	Да	9.8
13. Определение уровня фазовых шумов	Да	Да	9.9

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
14. Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ)	Да	Да	9.10
15. Определение уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка	Да	Да	9.11
16. Определение среднего уровня собственных шумов	Да	Да	9.12
17. Определение абсолютной погрешности установки опорного уровня следящего генератора на частоте 50 МГц	Да	Да	9.13
18. Определение неравномерности АЧХ следящего генератора	Да	Да	9.14
19. Оформление результатов поверки	Да	Да	10

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от плюс 15 °С до плюс 25 °С;
- относительная влажность от 20 % до 90 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- напряжение питающей сети от 200 до 240 В;
- частота питающей сети от 47 до 63 Гц.

4. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
7.1	Средства измерений температуры окружающей среды от +10 до +30 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С; Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха от 30 до 80 % с абсолютной погрешностью ± 3 %	Термогигрометр Fluke 1620A (рег. № 36331-07)
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью ± 5 гПа	Измеритель давления Testo 511 (рег. № 53431-13)
	Средства измерений переменного напряжения в диапазоне от 50 до 480 В. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений переменного напряжения 2 %. Средства измерений частоты от 45 до 60 Гц. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты 1 %.	Прибор измерительный универсальный параметров электрической сети DMG 800 (рег. № 49072-12)
9.1-9.11	Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты $\pm 5 \cdot 10^{-11}$.	Стандарт частоты рубидиевый FS 725 рег. № 31222-06
9.1	Эталоны единицы измерений времени и частоты и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 5 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты, в диапазоне значений частоты от 10 Гц до 1 ГГц.	Частотомер универсальный CNT-90XL рег. № 70888-18

Продолжение таблицы 2

1	2	3
9.3-9.8, 9.11	Диапазон частот выходного сигнала от 1 МГц до 4 ГГц; пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 5 \cdot 10^{-8}$; пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня в диапазоне от -20 до -40 дБм на частоте 50 МГц не более $\pm 0,05$ дБ; пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала в диапазоне частот от 100 кГц до 4 ГГц не более $\pm 0,3$ дБ; диапазон установки ослабления от 0 до 116 дБ; пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления в диапазоне от 0 до 64 дБ не более $\pm 0,03$ дБ; уровень гармонических составляющих в выходном сигнале не более -70 дБ. Вспомогательное оборудование: Фильтры нижних частот (ФНЧ) «Mini-Circuitse» с полосой пропускания: 45 МГц, 800 ГГц, 3 ГГц, 6 ГГц	Калибратор многофункциональный Fluke 9640A-LPNX рег. № 55872-13
9.10, 9.13, 9.14	Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 50 МГц до 7,5 ГГц.	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP-18A рег. № 64926-16
9.2, 9.10	Диапазон частот выходного сигнала от 250 кГц до 40 ГГц (с опцией 540); пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 7,5 \cdot 10^{-8}$.	Генератор сигналов E8257D рег. № 53941-13.
9.11	Диапазон частот выходного сигнала от 100 кГц до 3 ГГц; пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 2,1 \cdot 10^{-6}$.	Генератор сигналов Agilent N5182A рег. № 37154-08.
Вспомогательное оборудование		
9.10	Диапазон частот от 0 до 18 ГГц, максимальная мощность 0,5 Вт;	Делитель мощности Keysight 11667A
9.11	Диапазон частот от 0 до 18 ГГц Ослабление: 10 дБ	Аттенюаторы Huber+Suhner 6810.17.B
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа, поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

5. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.27.0-75. ГОСТ 12.3.019-80. ГОСТ 12.27.7-75. требованиями правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 июля 2013 г № 328Н.

5.2 Средства поверки, вспомогательные средства поверки и оборудование должны соответствовать требованиям безопасности, изложенным в руководствах по их эксплуатации.

5.3 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь действующее удостоверение на право работы в электроустановках с напряжением до 1000 В с квалификационной группой по электробезопасности не ниже III.

6. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

6.1 Перед проверкой должен быть проведен внешний осмотр, при котором должно быть установлено соответствие поверяемого прибора следующим требованиям:

- не должно быть механических повреждений корпуса. Все надписи должны быть четкими и ясными;
- все разъемы, клеммы и измерительные провода не должны иметь повреждений и должны быть чистыми.

6.2 При наличии дефектов поверяемый прибор бракуется и подлежит ремонту.

7. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- средства поверки и поверяемое СИ должны быть подготовлены к работе согласно руководствам по эксплуатации;
- должен быть выполнен контроль условий по обеспечению безопасности проведения поверки (раздел 5);
- должен быть выполнен контроль условий проведения поверки (раздел 3).

7.2 Опробование анализаторов проводить путем проверки их на функционирование в соответствии с руководством по эксплуатации:

- подготовить анализатор к работе в соответствии с руководством по эксплуатации;
- включить анализатор и проверить отсутствие сообщений о неисправности в процессе загрузки;
- проверить правильность прохождения процедуры самотестирования, описанной в руководстве по эксплуатации.

Результат опробования считать положительным, если на дисплее отсутствуют сообщения об ошибках, прибор функционирует согласно руководству по эксплуатации. При отрицательном результате опробования СИ бракуется и направляется в ремонт.

8. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Проверка идентификационных данных программного обеспечения анализаторов осуществляется путем вывода на дисплей прибора информации о версии программного обеспечения. Вывод системной информации осуществляется по процедуре, описанной в руководстве по эксплуатации на прибор.

Результат считается положительным, если версия программного обеспечения соответствует данным, приведенным в таблице 3.

Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	-
Номер версии (идентификационный номер ПО), не ниже	1.0.0.1

9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Периодическая поверка анализатора, в случае его использования для измерений меньшего числа величин или на меньшем числе диапазонов измерений по отношению к указанным в разделе «Метрологические и технические характеристики» описания типа, допускается на основании письменного заявления владельца прибора, оформленного в произвольной форме.

9.1 Определение относительной погрешности частоты опорного генератора

9.1.1 Определение относительной погрешности частоты опорного генератора проводить методом прямых измерений с помощью частотомера универсального CNT-90, работающего от внешней опорной частоты 10 МГц со стандарта частоты рубидиевого FS725.

9.1.2 Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 1.

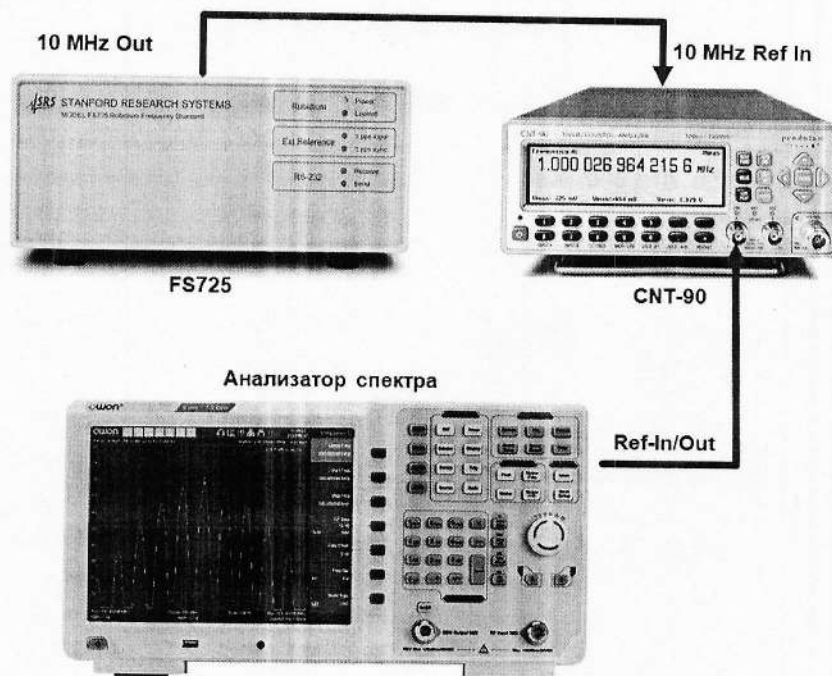


Рисунок 1 – Схема соединения приборов для определения относительной погрешности частоты опорного генератора

9.1.3 Измерить частоту опорного генератора ($F_{\text{ном}}=10 \text{ МГц}$) анализатора спектра, зафиксировать результаты измерений частотомером $F_{\text{изм}}$.

9.1.4 Относительную погрешность определять по формуле (1):

$$\delta f = \frac{F_{\text{ном}} - F_{\text{изм}}}{F_{\text{изм}}} \quad (1)$$

где $F_{\text{ном}}$ – установленное значение частоты, Гц;

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

Результаты поверки считать положительными, если относительная погрешность частоты опорного генератора не превышает $\pm 1 \cdot 10^{-6}$.

9.2 Определение относительной погрешности измерения частоты маркером

Определение относительной погрешности измерения частоты маркером проводить методом прямых измерений с генератора сигналов E8257D.

9.2.1 Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 2.

9.2.2 Установить следующие параметры анализатора спектра:

- полоса обзора: 100 кГц;
- полоса пропускания: 3 кГц;
- опорный уровень: 1 дБм;
- шкала: 1 дБ.

Таблица 4

Частота сигнала, установленная на калибраторе	Частота, измеренная маркером	Пределы допускаемой погрешности	
		Нижняя граница	Верхняя граница
250 кГц		247.6580833 кГц	252.3419167 кГц
1 МГц		0,997657333 МГц	1,002342667 МГц
100 МГц		99,9975583 МГц	100,0024417 МГц
160 МГц		159,9974983 МГц	160,0025017 МГц
1 ГГц		0,999996658 ГГц	1,000003342 ГГц
1,45 ГГц		1,449996208 ГГц	1,450003792 ГГц

Анализаторы серии АКИП-4226/2, АКИП-4226/3			
2 ГГц		1,999995658 ГГц	2,000004342 ГГц
3 ГГц		2,999994658 ГГц	3,000005342 ГГц
3,55 ГГц		3,549994108 ГГц	3,550005892 ГГц
Анализаторы серии АКИП-4226/3			
7,45 ГГц		7,449990208 ГГц	7,450009792 ГГц

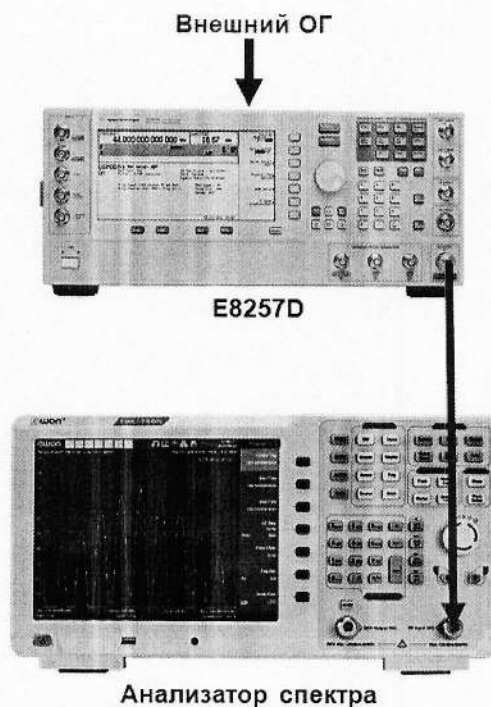


Рисунок 2 – Схема соединения приборов для определения относительной погрешности измерения частоты маркером

9.2.3 Частоту сигнала устанавливать в соответствии с таблицей 4. Уровень выходного сигнала установить 0 дБм.

9.2.4 Установить маркер на пик несущей, измерить частоту сигнала и записать измеренное значение в таблицу 4.

9.2.5 Рассчитать относительную погрешность измерения частоты по формуле (2):

$$\delta f = \frac{F_{\text{ном}} - F_{\text{изм}}}{F_{\text{изм}}} \quad (2)$$

где $F_{\text{ном}}$ – установленное значение частоты, Гц;

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

Результаты поверки считать положительными, если относительная погрешность измерения частоты маркером не превышает значений, указанных в таблице 4.

9.3 Определение относительной погрешности установки полос пропускания фильтров промежуточной частоты (ПЧ) и фильтров электромагнитной совместимости (ЭМС) (при наличии опции ЭМС)

Определение относительной погрешности установки полос пропускания фильтров промежуточной частоты (ПЧ) и фильтров электромагнитной совместимости (ЭМС) проводить методом прямых измерений с помощью калибратора многофункционального Fluke 9640A-LPNX.

9.3.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 3. Анализатор спектра перевести в режим работы по внешнему сигналу опорной частоты с калибратора.

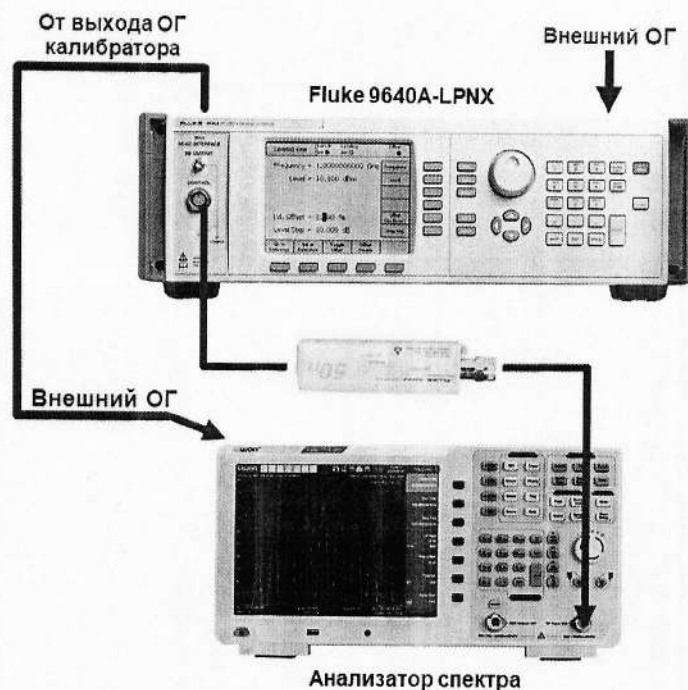


Рисунок 3 – Схема соединения приборов для определения относительной погрешности установки полос пропускания

9.3.2 Установить на выходе калибратора сигнал с частотой 50 МГц и уровнем -30 дБм.

9.3.3 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

– центральная частота 50 МГц;

– полоса пропускания: 1 Гц;

– полоса обзора: 2 x (полоса пропускания), (для полос пропускания 1 Гц - 30 Гц установить полосу обзора 100 Гц);

– опорный уровень: -30 дБм.

9.3.4 В меню анализатора «Marker Fctn» включить измерение по уровню N дБ и установить уровень -3 дБ. Результат измерения записать в таблицу 5. Повторить измерения для других значений полос пропускания, устанавливая их в соответствии с таблицей 5.

Таблица 5

Установленная полоса пропускания	Измеренная полоса пропускания	Пределы допускаемой погрешности
1 Гц		$\pm(0,05 \cdot RBW_{\text{уст}} + 1) \text{ Гц};$
3 Гц		
5 Гц		
10 Гц		
30 Гц		
50 Гц		
100 Гц		
300 Гц		
500 Гц		
1 кГц		
3 кГц		
5 кГц		
10 кГц		
30 кГц		
50 кГц		
100 кГц		
300 кГц		
500 кГц		
1 МГц		

Фильтры ЭМС		
200 Гц		$\pm(0,1 \cdot RBW_{уст} + 20) \text{ Гц};$
9 кГц		$\pm(0,05 \cdot RBW_{уст} + 1) \text{ Гц};$
120 кГц		
1 МГц		

9.3.5 Полосы пропускания 200 Гц, 9 кГц, 120 кГц и 1 МГц устанавливаются после включения в меню «BW» функции «EMI Filter». Установить по очереди фильтры и произвести для каждого из них измерение полосы пропускания. Измерения проводить по методике, описанной в п. 9.3.4 за исключением того, что перед началом измерений установить уровень -6 дБ в меню измерений анализатора.

9.3.6 Рассчитать погрешность установки полосы пропускания по формуле (3):

$$\delta RBW = \frac{RBW_{уст} - RBW_{изм}}{RBW_{уст}} \cdot 100\% \quad (3)$$

где $RBW_{уст}$ – установленное значение полосы пропускания, Гц;

$RBW_{изм}$ – измеренное значение полосы пропускания, Гц.

Результаты поверки считать положительными, если погрешность установки полос пропускания не превышает пределов допустимой погрешности таблицы 5.

9.4 Определение абсолютной погрешности измерения опорного уровня на частоте 50 МГц

Определение абсолютной погрешности измерения опорного уровня на частоте 50 МГц проводить методом прямых измерений с помощью калибратора многофункционального Fluke 9640A-LPNX.

9.4.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 3.

9.4.2 В настройках калибратора включить выход опорной частоты. Анализатор спектра перевести в режим работы по внешнему сигналу опорной частоты с калибратора. В качестве синхронизации по частоте допускается использовать синхронизацию от внешнего стандарта частоты.

9.4.3 Установить на выходе калибратора сигнал с частотой 50 МГц и уровнем -20 дБм, калибратор перевести в режим работы по внешнему сигналу опорной частоты.

9.4.4 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- центральная частота 50 МГц;
- полоса обзора 10 кГц;
- полоса пропускания 1 кГц;
- полоса видеофильтра 1 кГц;
- опорный уровень: -18 дБм.

9.4.5 Установить маркер на пик несущей и измерить уровень сигнала.

9.4.6 Установить на калибраторе уровень сигнала -40 дБм.

9.4.7 На анализаторе спектра установить опорный уровень -38 дБм, включить предусилитель и повторить измерения по п. 9.4.5.

9.4.8 Вычислить погрешность измерения уровня по формуле (4):

$$\Delta P = P_{изм} - P_{кал} \quad (4)$$

где $P_{изм}$ – измеренное анализатором значение уровня сигнала;

$P_{кал}$ – установленный уровень сигнала на калибраторе.

Результаты поверки считать положительными, если значения погрешности, вычисленные по формуле (4) не превышают допускаемых значений, приведенных в таблице 6:

Таблица 6

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня мощности, дБм	
- при выключенном предусилителе и уровне мощности на входе -20 дБм	±0,4
- при включенном предусилителе и уровне мощности на входе -40 дБм	±0,5

9.5 Определение абсолютной погрешности из-за нелинейности логарифмической шкалы

Определение абсолютной погрешности из-за нелинейности логарифмической шкалы проводить методом прямых измерений с помощью калибратора многофункционального Fluke 9640A-LPNX.

9.5.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 3. Анализатор спектра перевести в режим работы по внешнему сигналу опорной частоты с калибратора.

9.5.2 Установить на выходе калибратора сигнал с частотой 50 МГц и уровнем -20 дБм.

9.5.3 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- центральная частота 50 МГц;
- полоса обзора 10 кГц;
- полоса пропускания 1 кГц;
- полоса видеофильтра 1 кГц;
- опорный уровень: 0 дБм;
- усреднение: Включено, 50.

9.5.4 Дождаться окончания усреднения спектрограммы и измерить анализатором уровень при помощи маркера. Записать измеренное значение в таблицу 7 в качестве опорного значения.

9.5.5 Установить на калибраторе уровень мощности согласно таблице 7 и после окончания усреднения спектрограммы измерить амплитуду маркером. Измеренные значения $P_{изм}$ записать в таблицу 7.

Таблица 7

Уровень мощности, задаваемый калибратором P_k , дБм	Измеренное значение уровня анализатором $P_{изм}$, дБм
0	
-10	
-20	$P_0 =$
-30	
-40	
-50	

9.5.6 Абсолютную погрешность измерений уровня из-за нелинейности шкалы определить по формуле (5):

$$\Delta P_n = P_{изм} - P_{кал} - P_0 \quad (5)$$

где P_0 – значение уровня сигнала, измеренное при ослаблении 0 дБм;

$P_{изм}$ – измеренное значение уровня анализатором, дБм;

$P_{кал}$ – уровень мощности, задаваемый калибратором, дБм.

Результаты поверки считать положительными, если полученные значения погрешности не превышают допускаемых пределов ±0,5 дБм.

9.6 Определение абсолютной погрешности измерений уровня сигнала из-за переключения входного аттенюатора (относительно 20 дБ)

Определение абсолютной погрешности измерений уровня сигнала из-за переключения входного аттенюатора проводить методом прямых измерений с помощью калибратора многофункционального Fluke 9640A-LPNX.

9.6.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 3.

9.6.2 Установить на выходе калибратора сигнал с частотой 50 МГц и уровнем -40 дБм. Анализатор спектра перевести в режим работы по внешнему сигналу опорной частоты с калибратора.

9.6.3 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- центральная частота 50 МГц;
- полоса обзора 10 кГц;
- полоса пропускания 1 кГц;
- полоса видеофильтра 1 кГц;
- аттенуатор 20 дБ;
- опорный уровень: -30 дБм;
- усреднение: Включено, 50.

9.6.4 Установить маркер на пик несущей и измерить амплитуду сигнала. Записать измеренное значение в таблицу как $P_{оп}$. Далее установить настройки согласно таблице 8 и после окончания усреднения спектрограммы - измерить амплитуду маркером. Измеренные значения $P_{изм}$ записать в таблицу 8.

Таблица 8

Ослабление внутреннего аттенюатора анализатора A , дБм	Опорный уровень, дБм	Уровень мощности, задаваемый калибратором P_k , дБм	Измеренное значение уровня $P_{изм}$, дБм
0	-40	-50	
5	-35	-45	
10	-30	-40	
15	-25	-35	
20 ($A_{оп}$)	-30	-40	$P_{оп} =$
25	-15	-25	
30	-10	-20	
35	-5	-15	
40	0	-10	
45	5	-5	
50	10	0	

9.6.5 Погрешность измерений уровня сигнала из-за переключения входного аттенюатора определить по формуле (7):

$$\Delta A = (P_{оп} - P_{изм}) - (A_{оп} - A) \quad (7)$$

где $P_{оп}$ – значение уровня сигнала, измеренное при ослаблении внутреннего аттенюатора анализатора 20 дБ;

$P_{изм}$ – значение уровня сигнала, измеренное анализатором при заданных из таблицы 8 параметрах;

$A_{оп}$ – значение ослабления 20 дБ, задаваемое внутренним аттенюатором анализатора;

A – значение ослабления, задаваемое из таблицы 8.

Результаты поверки считать положительными, если вычисленные по формуле (7) значения погрешностей не превышают допускаемых пределов: $\pm 0,5$ дБ.

9.7 Определение погрешности измерения уровня сигнала при изменении полосы пропускания

Определение погрешности измерения уровня сигнала при изменении полосы пропускания проводить методом прямых измерений с помощью калибратора многофункционального Fluke 9640A-LPNX.

9.7.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 3. Анализатор спектра перевести в режим работы по внешнему сигналу опорной частоты с калибратора.

9.7.2 Установить на выходе калибратора сигнал с частотой 50 МГц и уровнем 0 дБм. Анализатор спектра перевести в режим работы по внешнему сигналу опорной частоты с калибратора.

9.7.3 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- центральная частота 50 МГц;
- полоса пропускания 1 кГц;
- полоса обзора 25 кГц;
- аттенюатор 10 дБ;
- опорный уровень: 0 дБм;
- шкала: 1 дБ;
- усреднение: Включено, 20.

9.7.4 Измерить уровень сигнала при полосе пропускания 1 кГц и записать в таблицу 9, как опорное значение. На анализаторе последовательно устанавливать полосы пропускания из таблицы 9, изменяя при этом полосу обзора как указано в таблице. Измерять значение уровня сигнала при изменении полосы пропускания относительно опорного значения. Измеренное значение уровня записать в таблицу 9.

Таблица 9

Значение полосы пропускания анализатора	Полоса обзора	Измеренное значение уровня, $P_{изм}$, дБм
10 Гц	100 Гц	
30 Гц	150 Гц	
100 Гц	500 Гц	
300 Гц	1,5 кГц	
1 кГц (опорная)	25 кГц	0 (опорный уровень $P_{оп}$)
3 кГц	15 кГц	
30 кГц	150 кГц	
100 кГц	500 кГц	
300 кГц	1,5 МГц	
1 МГц	5 МГц	

9.7.5 Рассчитать отклонение амплитуды по формуле (8):

$$\Delta A = P_{изм} - P_{оп} \quad (8)$$

где $P_{опорное}$ – значение уровня сигнала, измеренное при полосе пропускания 1 кГц;

$P_{изм}$ – значение уровня сигнала, измеренное анализатором.

Результаты поверки считать положительными, если вычисленные по формуле (8) значения погрешностей не превышают допустимых пределов: $\pm 0,15$ дБм.

9.8 Определение уровня гармонических искажений 2-го порядка

Определение уровня гармонических искажений 2-го порядка проводить методом прямых измерений с помощью калибратора многофункционального Fluke 9640A-LPNX.

9.8.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 3.

9.8.2 Установить на выходе калибратора сигнал с частотой 450 МГц и уровнем -20 дБм.

9.8.3 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- режим измерения гармоник;
- несущая частота: 450 МГц;
- число гармоник: 2.

9.8.4 Дождаться окончания усреднения спектрограммы и измерить уровень второй гармоники.

9.8.6 Повторить измерения на частоте сигнала 1000 МГц.

Результаты поверки считать положительными, если значение модуля уровня второй гармоники относительно уровня несущей не менее 40 дБс.

9.9 Определение уровня фазовых шумов

Определение уровня фазовых шумов проводить методом прямых измерений с помощью калибратора многофункционального Fluke 9640A-LPNX.

9.9.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 3. Анализатор спектра перевести в режим работы по внешнему сигналу опорной частоты с калибратора.

9.9.2 Установить на выходе генератора сигнал с частотой 1 ГГц и уровнем 0 дБм, генератор перевести в режим работы по внешнему сигналу опорной частоты.

9.9.3 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- режим измерения фазового шума;
- несущая частота: 1000 МГц;

9.9.4 Дождитесь окончания усреднения спектрограммы и произвести измерение значения фазового шума для отстроек: 10 кГц, 100 кГц, 1 МГц.

Результаты поверки считать положительными, если уровень фазовых шумов не превышает допускаемых значение:

- для отстройки 10 кГц: -103 дБ/Гц;
- для отстройки 100 кГц: -101 дБ/Гц;
- для отстройки 1 МГц: -112 дБ/Гц.

9.10 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ)

Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики проводить методом прямых измерений с помощью калибратора Fluke 9640A-LPNX и (или) с помощью генератора E8257D, в зависимости от частоты сигнала.

9.10.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 4.

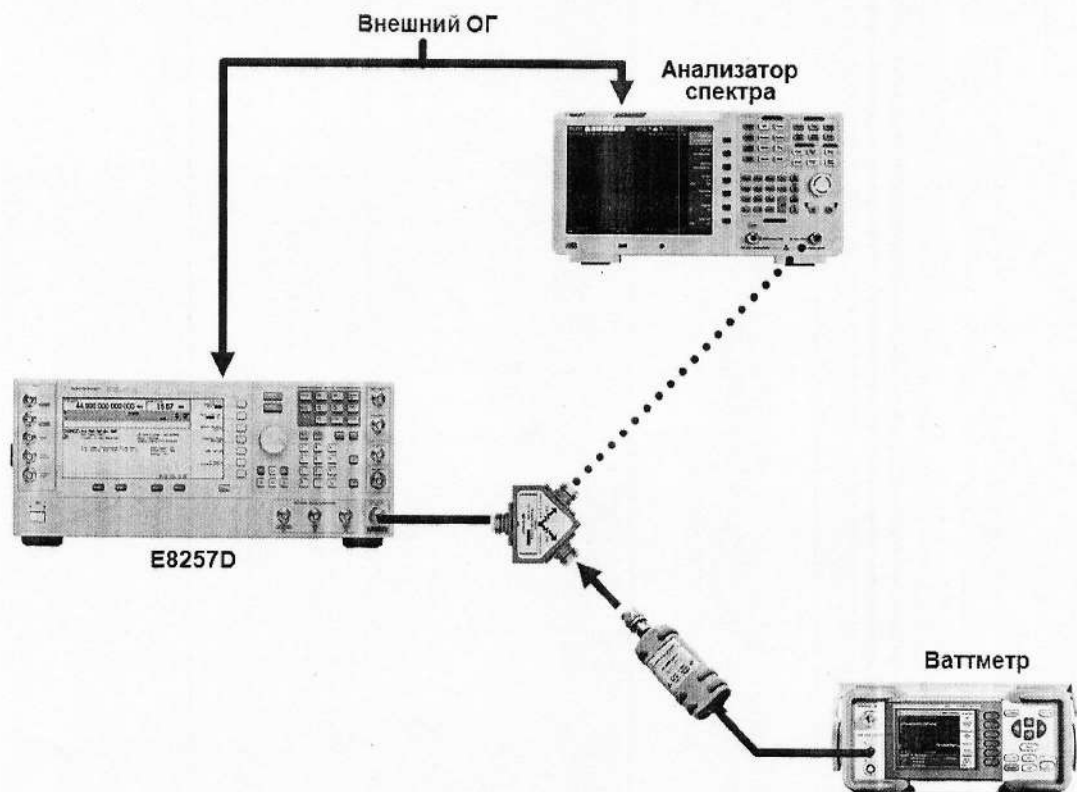


Рисунок 4 – Схема соединения приборов для определения неравномерности амплитудно-частотной характеристики

9.10.2 Установить на выходе генератора сигнал с частотой 50 МГц и уровнем -20 дБм.

9.10.3 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- центральная частота 50 МГц;
- полоса обзора 10 кГц;
- полоса пропускания 1 кГц;
- полоса видеофильтра 1 кГц;
- опорный уровень: -18 дБм;
- предусилитель выключен.

9.10.4 Измерить при помощи маркера уровень сигнала на опорной частоте 50 МГц. Записать измеренное значение уровня в таблицу 10.

9.10.5 Последовательно устанавливая значение частот на генераторе из таблицы 10, произвести измерение уровня анализатором при помощи маркера, устанавливая соответствующую центральную частоту. Записать результаты измерений в таблицу 10.

9.10.6 Установить уровень сигнала -30 дБм.

9.10.7 На анализаторе спектра установить опорный уровень -28 дБм, включить предусилитель и повторить измерения по п. п. 9.10.4 - 9.10.5 с включенным предусилителем. Записать результаты измерений в таблицу 10.

Таблица 10

Частота сигнала, установленная на генераторе	Измеренное значение уровня $P_{\text{изм}}$, дБм		Пределы допустимой погрешности, дБм с выкл./вкл. предусилителем:
	С выключенным предусилителем	С включенным предусилителем	
50 МГц (опорная)	$P_{\text{оп}} =$	$P_{\text{оп}} =$	
250 кГц			0.9/1.2
300 кГц			
600 кГц			
1 МГц			
500 МГц			0.8/1.1
1 ГГц			
1,45 ГГц			
2 ГГц			
3 ГГц			0.9/1.2
3.55 ГГц			
4 ГГц			
5 ГГц			
6 ГГц			
7 ГГц			1.2/1.3
7.45 ГГц			

9.10.8 Вычислить значение неравномерности АЧХ анализатора по формуле (11):

$$\Delta \text{АЧХ} = P_{\text{оп}} - P_{\text{изм}} \quad (11)$$

где $P_{\text{оп}}$ – значение уровня, измеренное анализатором на частоте 50 МГц;

$P_{\text{изм}}$ – значение уровня, измеренное на частотах из таблицы 10.

Результаты поверки считать положительными, если полученные значения неравномерности АЧХ не превышают значений, указанных в таблице 10.

9.11 Определение уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка

Определение уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка проводить методом прямых измерений с помощью калибратора многофункционального Fluke 9640A-LPNX и генератора сигналов N5182A.

9.11.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 5. В качестве генератора 1 использовать калибратор многофункциональный Fluke 9640A-LPNX. В качестве генератора 2 использовать генератор сигналов N5182A. В качестве сигнала опорной частоты использовать выход ОГ калибратор многофункциональный Fluke 9640A-LPNX. Сигнал с выхода внутренней опорной частоты калибратор многофункциональный Fluke 9640A-LPNX подключить на вход внешней опорной частоты генератор сигналов N5182A и поверяемого анализатора спектра.

9.11.2 На генераторе 1 установить частоту 499,95 МГц, уровень -4 дБм; на генераторе 2 установить частоту 500,05 МГц, уровень -4 дБм.

9.11.3 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- центральная частота: 500 МГц
- полоса обзора: 400 кГц

- опорный уровень: -20 дБм
- аттенюатор 0 дБ
- усреднение: Включено, 20

9.11.4 Установить маркер анализатора поочередно на максимум одного из сигналов и регулировкой выходной мощности генераторов настроить уровни сигналов по экрану анализатора на -20 дБм.

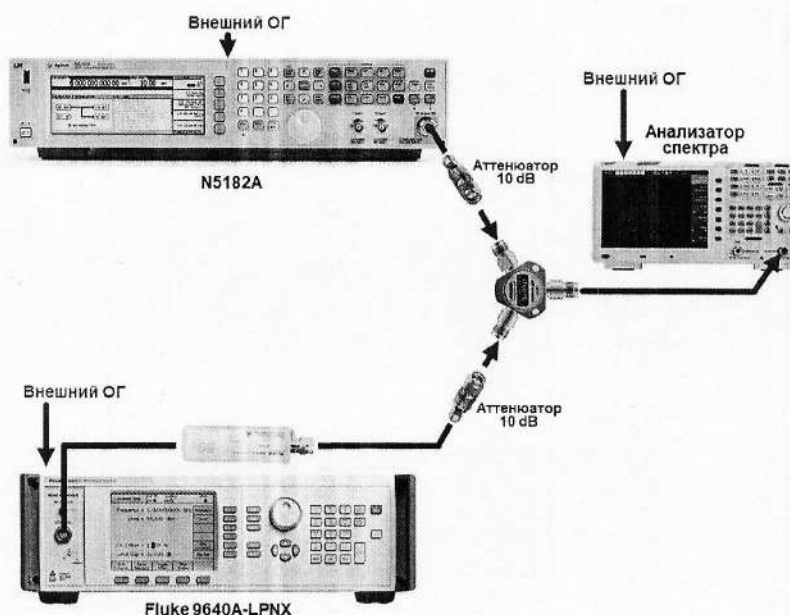


Рисунок 5 - Схема соединения приборов для определения уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка

9.12.5 Включить функцию измерения TOI и дождаться окончания усреднения спектрограммы, затем измерить уровни на частотах интермодуляции:

Частота нижнего бокового тона: $2f_1 - f_2$,

Частота верхнего бокового тона: $2f_2 - f_1$,

где f_1 – частота сигнала с генератора 1, f_2 – частота сигнала с генератора 2.

9.12.6 Рассчитать точку пересечения третьего порядка (TOI) по формулам (11) и (12):

$$TOI = P(f_1) + (P(f_2) - P(2f_1 - f_2))/2 \quad (11)$$

$$TOI = P(f_2) + (P(f_1) - P(2f_2 - f_1))/2 \quad (12)$$

где $P(f_1)$ – измеренный уровень сигнала на частоте сигнала с генератора 1,

$P(f_2)$ – измеренный уровень сигнала на частоте сигнала с генератора 2,

$P(2f_1 - f_2)$ - измеренный уровень сигнала на частоте интермодуляции $2f_1 - f_2$ (нижний боковой тон),

$P(2f_2 - f_1)$ - измеренный уровень сигнала на частоте интермодуляции $2f_2 - f_1$ (верхний боковой тон).

Результаты поверки считать положительными, если значения точки пересечения третьего порядка (TOI), вычисленные по формулам (11) и (12) не менее 9 дБм.

9.12 Определение среднего уровня собственных шумов

Определение среднего уровня собственных шумов выполняется методом прямых измерений.

9.12.1 На вход анализатора спектра подключить согласованную нагрузку 50 Ом.

9.12.2 Установить на проверяемом анализаторе следующие параметры:

- предусилитель: Выкл;
- опорный уровень: -60 дБм;
- аттенюатор: 0 дБ;
- усреднение: Включено, 50.

9.12.3 В качестве начальной и конечной частот поочередно устанавливать значения из таблицы 11. Дождаться окончания усреднения спектрограммы.

9.12.4 Установить на анализаторе полосу пропускания 10 кГц и с помощью маркера найти частоту с максимальным шумом.

9.12.5 Установить в качестве центральной частоты частоту измеренного максимального уровня. Далее – выполнить следующие настройки на анализаторе:

- полоса пропускания: 10 Гц;
- полоса обзора 1 кГц;
- усреднение: Включено, 50.

9.12.6 При помощи маркера произвести измерения максимального и минимального уровня отображаемой шумовой дорожки на экране прибора.

9.12.7 Рассчитать средний уровень собственных шумов по формуле (13):

$$P_N = \frac{P_{max} - P_{min}}{2} - 10 \quad (13)$$

где P_{max} – измеренное значение максимального уровня шума, дБм;

P_{min} – измеренное значение минимального уровня шума, дБм.

9.12.8 Повторить измерения для остальных диапазонов частот, указанных в таблице 11.

Таблица 11

Начальная частота	Конечная частота	Измеренный средний уровень собственных шумов	
		с выключенным предусилителем	с включенным предусилителем
Анализаторы серии АКИП-4226/1, АКИП-4226/2, АКИП-4226/3			
9 Гц/100 кГц ¹⁾	1 МГц		
1 МГц	500 МГц		
500 МГц	1,5 ГГц		
Анализаторы серии АКИП-4226/2, АКИП-4226/3			
500 МГц	3,6 ГГц		
Анализаторы серии АКИП-4226/3			
3,6 ГГц	6 ГГц		
6 ГГц	7.5 ГГц		
¹⁾ – с включенным предусилителем			

9.12.9 Повторить измерения по пунктам 9.12.2 – 9.12.8, включив встроенный предусилитель.

Результаты поверки считать положительными, если средний уровень собственных шумов анализатора, не превышает значений, приведенных в таблице 12.

Таблица 12

Диапазон частот	С выключенным/включенным предусилителем:
- от 9 Гц /100 кГц ¹⁾ до 1 МГц	-88/-128
- св. 1 МГц до 500 МГц	-130/-150
- св. 500 МГц до 1 ГГц	-128/-148
- св. 1 ГГц до 3,6 ГГц	-128/-148
- св. 3.6 ГГц до 6 ГГц	-124/-144
- св. 6 ГГц до 7,5 ГГц	-119/-139

¹⁾ – с включенным предусилителем

9.13 Определение абсолютной погрешности установки опорного уровня следящего генератора на частоте 50 МГц

Определение абсолютной погрешности установки опорного уровня следящего генератора на частоте 50 МГц проводить методом прямых измерений с помощью ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP18A.

9.13.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 6.



Рисунок 6 – Схема соединения приборов для определения абсолютной погрешности установки опорного уровня следящего генератора

9.13.2 Задать на выходе следящего генератора уровень выходного сигнала 0 дБм и установить частоту сигнала 50 МГц и установить нулевую полосу обзора. Установки выполнить в соответствии с руководством по эксплуатации.

9.13.3 Измерить уровень сигнала ваттметром и записать, как $P_{\text{оп}}$.

9.13.4 Вычислить значение абсолютной погрешности установки уровня $\Delta P_{\text{оп}}$ по формуле (14):

$$\Delta P_{\text{оп}} = P_{\text{уст}} - P_{\text{оп}} \quad (14)$$

где $P_{\text{уст}}$ – значение уровня на выходе следящего генератора, дБм;

$P_{\text{оп}}$ – значение уровня, измеренное ваттметром на частоте 50 МГц, дБм.

9.13.5 Повторить измерения по пунктам 9.13.3 – 9.13.4 устанавливая уровень следящего генератора -10 дБм, -20 дБм, -30 дБм и -40 дБм.

Результаты измерений уровня сигнала на выходе следящего генератора считать положительными, если значение абсолютной погрешности, вычисленное по формуле (14) не превышает допускаемых пределов: ± 2 дБ.

9.14 Определение неравномерности АЧХ следящего генератора

Определение неравномерности АЧХ следящего генератора проводить методом прямых измерений с помощью ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP18A.

9.14.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 6.

9.14.2 Для определения неравномерности АЧХ провести измерение уровня сигнала с помощью ваттметра на частотах, указанных в таблице 13 при нулевой полосе обзора. Измеренные значения уровня мощности P_f записать в таблицу 13.

Таблица 13

Частота сигнала, установленная на следящем генераторе, МГц	Значения уровня выходной мощности, установленные на выходе следящего генератора, дБм	Измеренные ваттметром значения уровня мощности P_f , дБм
0,1	0	
0,150	0	
0,2	0	
0,250	0	
1	0	
10	0	
50	0	$P_{оп} =$
200	0	
500	0	
800	0	
1000	0	
1300	0	
1500	0	
1900	0	
2100	0	
2200	0	
2500	0	
2800	0	
3000	0	
3600	0	
4000	0	
5000	0	
6000	0	
7000	0	
7500	0	

9.14.3 Вычислить значение неравномерности АЧХ по формуле (15):

$$\Delta AЧХ = P_f - P_{оп} \quad (15)$$

где $P_{оп}$ – значение уровня мощности, по показаниям ваттметра на частоте сигнала 50 МГц, дБм;

P_f – значения уровня мощности, по показаниям ваттметра, дБм.

Результаты измерений неравномерности АЧХ считать положительными, если полученные по формуле (15) значения не превышают допустимых пределов: ± 3 дБ.

10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1. Результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.2 При положительных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке и (или) наносится знак поверки на средство измерений.

10.3 При отрицательных результатах поверки (когда не подтверждается соответствие средств измерений метрологическим требованиям) по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности.

10.4 Протоколы поверки оформляются в соответствии с требованиями, установленными в организации, проводившей поверку.

Начальник отдела испытаний
АО «ПриСТ»

О. В. Котельник

Ведущий инженер по метрологии
отдела испытаний АО «ПриСТ»

Е. Е. Смердов

Инженер по метрологии АО «ПриСТ»

А. В. Сазыкин

Таблица А1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
1	2
Пределы основной дополнительной допускаемой относительной погрешности частоты опорного генератора (δ_0)	$\pm 1 \cdot 10^{-6}$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки аттенюатора, дБ, не более	0,5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности полос пропускания фильтров ПЧ по уровню -3 дБ для $F_{пч}$, Гц	$\pm(0,05 \cdot F_{пч} + 1)$
Разрешение по частоте в режиме измерения маркером (k_m), Гц	$F_{обзор}/(N-1)$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения частоты маркером ($F_{изм}$), Гц	$\pm((\delta_0 + \delta_t) \cdot F_{изм} + 0,01 \cdot F_{обзор} + 0,1 \cdot F_{пч} + k_m)$
Абсолютная погрешность измерения уровня при изменении полосы пропускания, дБ	$\pm 0,15$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня мощности на частоте 50 МГц, дБм при выключенном предусилителе и уровне мощности на входе -20 дБм при включенном предусилителе и уровне мощности на входе -40 дБм	$\pm 0,4$ $\pm 0,5$
Уровень фазовых шумов относительно несущей 1 ГГц, дБн/Гц, не более - при отстройке на 10 кГц - при отстройке на 100 кГц - при отстройке на 1 МГц	-103 -101 -112
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) относительно уровня сигнала на частоте 50 МГц (внутренний аттенюатор 10 дБ), дБ, не более с выключенным предусилителем от 250 кГц до 1 МГц включ. св. 1,0 до 1,5 МГц включ. св. 1,5 МГц до 6,0 ГГц включ. св. 6,0 до 7,5 ГГц включ. с включенным предусилителем от 250 кГц до 1 МГц включ. св. 1,0 до 1,5 МГц включ. св. 1,5 МГц до 6,0 ГГц включ. св. 6,0 до 7,5 ГГц включ.	$\pm 0,9$ $\pm 0,8$ $\pm 0,9$ $\pm 1,2$ $\pm 1,2$ $\pm 1,1$ $\pm 1,2$ $\pm 1,3$
Средний уровень собственных шумов (аттенюатор 0 дБ, $F_{пч}=1$ Гц, усреднение св. 50), дБм, не более с выключенным предусилителем от 9 кГц до 1 МГц включ. св. 1 до 500 МГц включ. св. 500 МГц до 1 ГГц включ. св. 1,0 до 3,6 ГГц включ. св. 3,6 до 6,0 ГГц включ. св. 6,0 до 7,5 ГГц включ. с включенным предусилителем от 100 кГц до 1 МГц св. 1 до 500 МГц включ. св. 500 МГц до 1 ГГц включ. св. 1,0 до 3,6 ГГц включ. св. 3,6 до 6,0 ГГц включ. св. 6,0 до 7,5 ГГц включ.	-88 -130 -128 -128 -124 -119 -128 -150 -148 -148 -144 -139

Продолжение таблицы А1

1	2
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня мощности из-за нелинейности логарифмической шкалы (уровень мощности на входе от -50 до 0 дБм, $F_{пч}=1$ кГц, пиковый детектор включен, аттенюатор 0 дБ, частота сигнала св. 100 кГц), дБ	$\pm 0,5$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня мощности из-за переключения аттенюатора относительно опорного значения 20 дБ, дБ	$\pm 0,5$
Относительный уровень гармонических искажений 2-го порядка (диапазон частот св. 50 МГц, уровень мощности на смесителе -20 дБм, ослабление внутреннего аттенюатора 0 дБ, предусилитель выключен), дБм, не менее	40
Интермодуляционные искажения третьего порядка, выраженные в виде точки пересечения 3-го порядка (ТОИ) ($L_{изм}$) (диапазон частот св. 50 МГц, уровень мощности на смесителе -20 дБм, двутонный сигнал с разницей частоты 100 кГц, ослабление внутреннего аттенюатора 0 дБ, предусилитель выключен), дБм, не менее	9
Трекинг генератор	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки опорного уровня на частоте 50 МГц, дБ	± 2
Неравномерность АЧХ следящего генератора относительно уровня сигнала на частоте 50 МГц, дБ	± 3
Фильтры ЭМС (опция)	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности полос пропускания фильтров ЭМС по уровню -6 дБ для $F_{пч}$, Гц до 200 Гц включ. св. 200 Гц	$\pm(0,1 \cdot F_{пч} + 20)$ $\pm(0,05 \cdot F_{пч} + 1)$
Неравномерность АЧХ, дБ	± 3