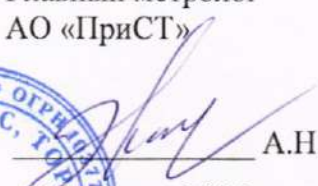


СОГЛАСОВАНО

Главный метролог

АО «ПриСТ»



 А.Н. Новиков

«19» марта 2026 г.

«ГСИ. АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА АКИП-4221.
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ»

МП-ПР-07-2026

Москва
2026

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на анализаторы спектра АКИП-4221 (далее анализаторы) и устанавливает методы и средства их поверки.

При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемых анализаторов к государственным первичным эталонам единиц величин:

- к ГЭТ 1-2022. «ГПЭ единиц времени, частоты и национальной шкалы времени» в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2360;

- к ГЭТ 26-2010 «ГПЭ единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,5 ГГц» в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 № 3461;

- ГЭТ 167-2021 «ГПЭ единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 118,1 ГГц» в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 ГГц до 118,1 ГГц, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 09.11.2022 № 2813.

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

Допускается проведение периодической поверки анализаторов для меньшего числа измеряемых величин.

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик по п. п. 9.1 – 9.20 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 абсолютной погрешности измерения опорного уровня	Да	Да	9.2
7 Определение абсолютной погрешности установки опорного уровня в диапазоне от -60 до -10 дБм	Да	Да	9.3
8 Определение нелинейности шкалы относительно уровня -10 дБм	Да	Да	9.4
9 Определение погрешности измерения уровня при переключении аттенюатора относительно 10 дБ	Да	Да	9.5
10 Определение погрешности установки полосы пропускания и коэффициента прямоугольности фильтров ПЧ	Да	Да	9.6

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
11 Определение погрешности измерения уровня при изменении полосы пропускания	Да	Да	9.7
12 Определение погрешности измерения частоты маркером и встроенным частотомером	Да	Да	9.8
13 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ)	Да	Да	9.9
14 Определение спектральной плотности фазовых шумов	Да	Да	9.10
15 Определение уровня помех, обусловленных гармоническими искажениями 2-го порядка	Да	Да	9.11
16 Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка	Да	Да	9.12
17 Определение уровня подавления частоты зеркального канала	Да	Да	9.13
18 Определение уровня остаточных сигналов комбинационных частот	Да	Да	9.14
19 Определение среднего уровня собственных шумов	Да	Да	9.15
20 Определение остаточного среднеквадратического значения векторной ошибки модуляции (при наличии опции S12)	Да	Да	9.16
21 Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента амплитудной модуляции	Да	Да	9.17
22 Определение абсолютной погрешности измерения девиации частоты	Да	Да	9.18
23 Определение абсолютной погрешности измерения индекса фазовой модуляции	Да	Да	9.19
24 Определение погрешности установки полосы пропускания для фильтров EMI CISPR (при наличии опции S05)	Да	Да	9.20
25 Подстройка (калибровка) встроенного опорного генератора	Да	Да	9.21
26 Оформление результатов поверки	Да	Да	Раздел 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 ± 1 °С; Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха от 20 до 90 % с абсолютной погрешностью ± 3 %	Термогигрометр Fluke 1620A (рег. № 36331-07)
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью ± 5 гПа	Измеритель давления Testo 511 (рег. № 53431-13)

Продолжение таблицы 2

1	2	3
7.1	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 – 9.13, 9.16 – 9.19	Средства измерений времени и частоты. Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты $\pm 5 \cdot 10^{-11}$.	Стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG рег. № 70172-18
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, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2360.	Частотомер универсальный CNT-90XL рег. № 70888-18
9.8, 9.9, 9.17 – 9.19	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-Circuits» с полосой пропускания: 45 МГц, 800 ГГц, 3 ГГц, 6 ГГц	Калибратор многофункциональный Fluke 9640A-LPNX рег. № 55872-13
9.2, 9.9	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, утвержденные приказом Росстандарта № 3461 от 30.12.2019 и не ниже 1 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений мощности электромагнитных колебаний, утвержденные приказом Росстандарта № 2813 от 09.11.2022.	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP-67T рег. № 69958-17. Преобразователь измерительный U2052XA (рег. № 84552-22) Преобразователь измерительный U2053XA (рег. № 84552-22) Преобразователь измерительный U2054XA (рег. № 84552-22) Преобразователь измерительный U2055XA (рег. № 84552-22)

Продолжение таблицы 2

1	2	3
9.2 – 9.13, 9.20	Средства измерений времени и частоты. 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.
9.10	Средства измерений шума. Диапазон частот от 10 МГц до 26,5 ГГц. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения фазового шума при уровне измеряемого фазового шума на 15 дБ больше уровня собственных фазовых шумов прибора, в диапазонах отстроек ΔF : от 0,01 до 1 МГц ± 1 дБ; от 1 МГц до 26,5 ГГц ± 2 дБ.	Анализатор фазового шума FSWP26 (рег. № 63528-16).
9.3, 9.4	Меры ослабления. Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления А без учета частотной коррекции относительно 0 дБ, дБ: (0...1) ГГц: $\pm(0,2+0,01 \cdot A)$ (1...2) ГГц: $\pm(0,4+0,01 \cdot A)$ (2...6) ГГц: $\pm(0,6+0,013 \cdot A)$	Аттенюатор ступенчатый RSC (рег. № 48368-11)
9.12, 9.16	Средства измерений времени и частоты. 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		
9.2, 9.9, 9.12	Диапазон частот от 0 до 18 ГГц, максимальная мощность 0,5 Вт;	Делитель мощности Keysight 11667A
9.2, 9.9, 9.12	Диапазон частот от 0 до 26,5 ГГц, максимальная мощность 0,5 Вт;	Делитель мощности Keysight 11667B
9.2, 9.9, 9.12	Диапазон частот от 0 до 50 ГГц Максимальная мощность 0,5 Вт;	Делитель мощности Keysight 11667C
9.2, 9.9, 9.12	Диапазон частот от 0 до 67 ГГц Максимальная мощность 0,5 Вт;	Делитель мощности Keysight 11636D
9.12	Диапазон частот от 0 до 67 ГГц Ослабление: 10 дБ	Аттенюаторы Huber+Suhner
9.11	Диапазон частот от 45 МГц до 6 ГГц	Фильтры НЧ Mini-Circuits серии VLF
9.14, 9.15	Диапазон частот от 0 до 67 ГГц	Нагрузка согласованная 50 Ом
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 правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Минтруда России от 15 декабря 2020 № 903н.

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

Перед поверкой должен быть проведен внешний осмотр, при котором должно быть установлено соответствие поверяемого анализатора следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида средства измерений описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- 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.

При наличии несоответствий поверяемый анализатор до поверки не допускается.

7. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

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

7.2 Перед поверкой:

- выдержать анализатор во включённом состоянии не менее 30 мин;
- в соответствии с руководством по эксплуатации провести автоматическую калибровку;
- при длительной поверке повторять калибровку каждый час.

7.3 Опробование анализатора цепей проводят путем проверки функционирования в соответствии с руководством по эксплуатации.

При отрицательном результате опробования прибор бракуется и направляется в ремонт.

7.4 Для улучшения повторяемости измерений рекомендуется проводить подключение устройств с коаксиальными соединителями в указанной последовательности:

- аккуратно соединить соединители устройств;
- удерживая подключаемое устройство, накрутить гайку соединителя «вилка» таким образом, чтобы центральный проводник соединителя «вилка» вошел в центральный проводник соединителя «розетка»;

– окончательное затягивание гайки соединителя «вилка» проводить с помощью ключа тарированного, при этом следует использовать гаечный поддерживающий ключ для предотвращения поворота корпуса подключаемого устройства.

- Отключение соединителей проводить в обратной последовательности.

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	1.01.01

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

9.1 Определение относительной погрешности частоты опорного генератора

Определение относительной погрешности частоты опорного генератора проводить методом прямых измерений с помощью частотомера универсального CNT-90XL, работающего от внешней опорной частоты 10 МГц со стандарта частоты рубидиевого GPS-12RG.

9.1.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 1.

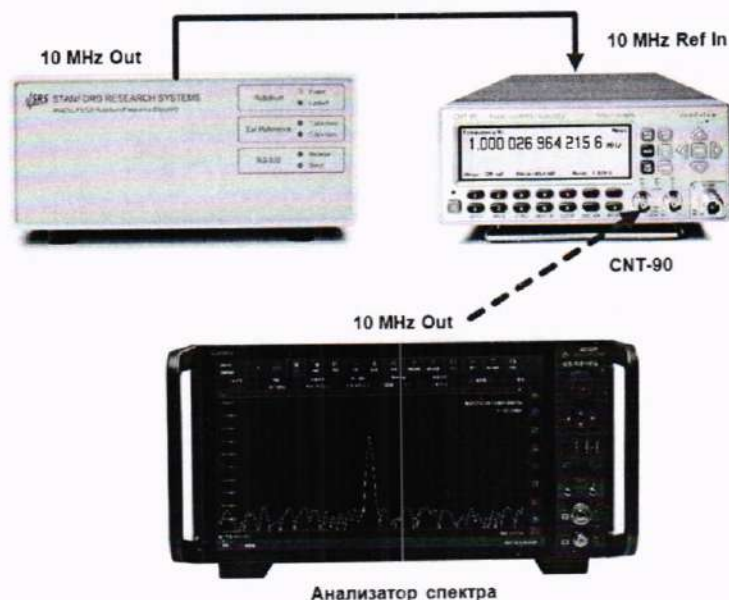


Рисунок 1 - Схема соединения для определения относительной погрешности частоты опорного генератора

9.1.2 Подать сигнал с выхода 10 MHz Ref Out (на задней панели анализатора) на вход «А» частотомера. Измерить по частотомеру частоту сигнала внутреннего опорного генератора анализатора спектра F_d . Рассчитать относительную погрешность по формуле (1):

$$\delta_f = \frac{10 - f}{10}, \quad (1)$$

где f – значение частоты, измеренное частотомером, МГц

Результаты поверки считать положительными, если относительная погрешность частоты опорного генератора не превышает $\pm 0,5 \cdot 10^{-7}$.

9.2 Определение абсолютной погрешности измерения опорного уровня

Определение абсолютной погрешности измерения опорного уровня проводить методом прямых измерений с помощью генератора сигналов E8257D (далее генератор E8257D) и измерителя мощности NRP (далее измеритель мощности).

9.2.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 2.

9.2.2 На генераторе E8257D выполнить следующие настройки:

- синхронизация от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц;
- значение частоты: 500 МГц;
- выходной уровень: минус 20 дБм;
- включить выход генератора.

9.2.3 Произвести регулировку уровня на выходе генератора таким образом, чтобы показания измерителя мощности составили минус 20 дБм. Зафиксировать показания измерителя мощности и использовать его как опорное значение $P_{оп}$.

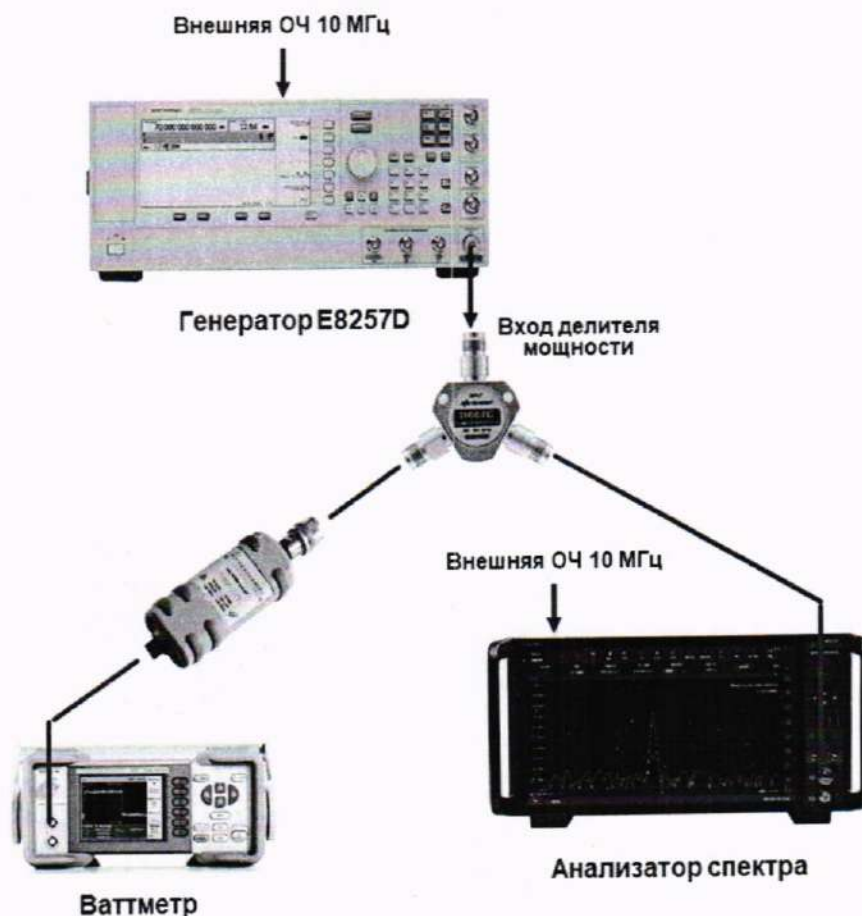


Рисунок 2. Схема соединения для определения абсолютной погрешности измерения опорного уровня

9.2.4 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- [Preset];
- [I/O] → Freq Ref: 10 MHz;
- [Amp] → Scale/Div: 10 дБ/дел.;
- [Amp] → Ref Level: минус 10 дБм;
- [Amp] → Mech Atten: 10 дБ;
- [Amp] → More... → PreAmplify → Status: OFF (при наличии опции);
- [Freq] → Center Freq: 500 МГц;
- [Freq] → Span: Zero Span;
- [BW] → Res BW: 300 кГц;
- [BW] → Video BW: 30 кГц;
- [Trace] → Detector: Normal;
- [Meas Config] → Average Type: Log-Pwr Avg;
- [Meas Config] → Avg/Hold Times: 10.

9.2.5 Установить маркер анализатора спектра на пик сигнала. Зафиксировать показание уровня мощности маркера.

9.2.6 Для анализаторов с установленной опцией предусилителя повторить измерения по пункту 9.2.5 включив его: [Amp] → Pre Amplify.

9.2.7 Для каждого измеренного значения, рассчитать абсолютную погрешность измерения уровня по формуле (2):

$$\Delta P = P_{\text{изм}} - P_{\text{ген}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{изм}}$ – измеренное анализатором значение уровня сигнала, дБм;
 $P_{\text{ген}}$ – установленный уровень сигнала на калибраторе, дБм.

Результаты поверки считать положительными, если значения погрешности, вычисленные по формуле (2) не превышают допустимых пределов, приведенных в таблице 4:

Таблица 4

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня мощности, дБм	
- при выключенном предусилителе	$\pm 0,24$
- при включенном предусилителе	$\pm 0,36$

9.3 Определение абсолютной погрешности установки опорного уровня в диапазоне от минус 60 до минус 10 дБм

Определение абсолютной погрешности установки опорного уровня в диапазоне от минус 60 до минус 10 дБм проводить методом прямых измерений с помощью генератора E8257D и ступенчатого аттенюатора RSC (далее аттенюатор RSC).

9.3.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 3.

9.3.2 На генераторе E8257D выполнить следующие настройки:

- синхронизация от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц;
- значение частоты: 30,02 МГц;
- выходной уровень: минус 11 дБм;
- включить выход генератора.

9.3.3 На аттенюаторе RSC выполнить следующие настройки:

- значение частоты: 30,02 МГц;
- ослабление: 0 дБ.

9.3.4 На экране аттенюатора RSC в поле «Deviation» определить значение поправки аттенюатора δ и занести его в таблицу 5.

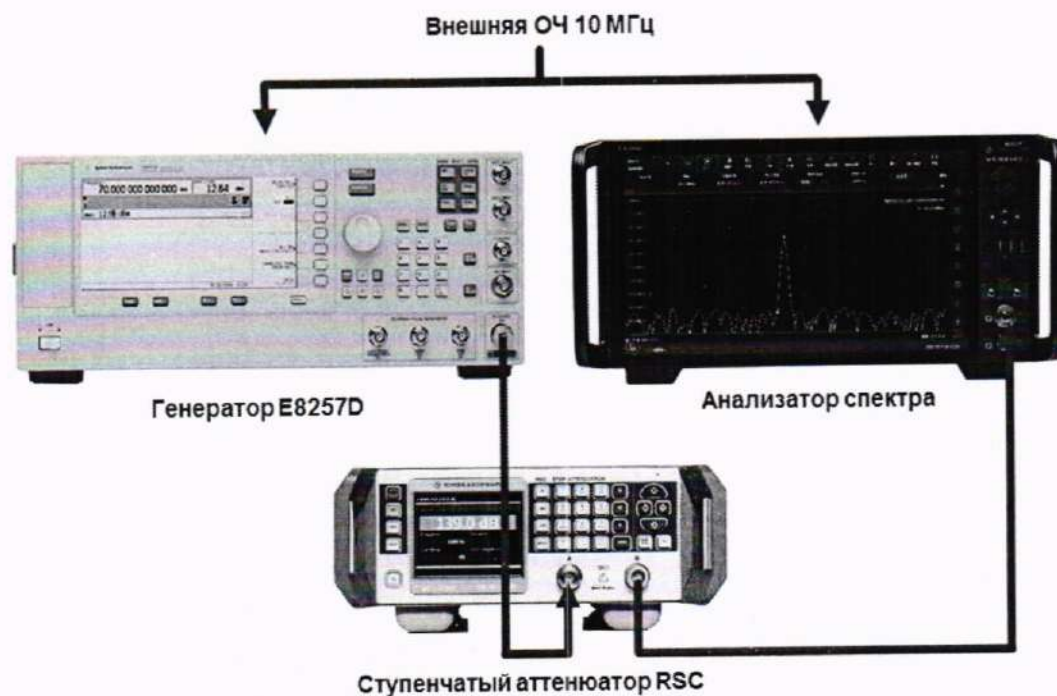


Рисунок 3. Схема соединения для определения абсолютной погрешности установки опорного уровня в диапазоне от минус 60 до минус 10 дБм.

9.3.5 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- [Preset];
- [I/O] → Freq Ref: 10 MHz;
- [Amp] → Scale/Div: 10 дБ/дел.;
- [Amp] → Ref Level: минус 10 дБм;
- [Amp] → Mech Atten: 10 дБ;

- [Amp] → More... → PreAmplify → Status: OFF (при наличии опции);
- [Freq] → Center Freq: 32,02 МГц;
- [Freq] → Span: Zero Span;
- [BW] → Res BW: 1 кГц;
- [BW] → Video BW: 30 кГц;
- [Trace] → Detector: Normal;
- [Meas Config] → Average Type: Log-Pwr Avg;
- [Meas Config] → Avg/Hold Times: 10;
- [Peak] → Peak Search.

9.3.6 Произвести регулировку уровня на выходе генератора таким образом, чтобы показание маркера анализатора спектра составило минус 10 дБм. Зафиксировать показания маркера в таблице 5 и использовать его как опорное значение.

Таблица 5

Установленное значение ослабления аттенюатора RSC, дБ	Значение поправки аттенюатора RSC, δ	Опорный уровень анализатора спектра, дБм	Показания маркера анализатора спектра, дБм
0		-10	
10		-20	
20		-30	
30		-40	
40		-50	
50		-60	

9.3.7 Установить значение ослабления аттенюатора RSC равным 10 дБ, зафиксировать в таблице 5 значение корректирующей поправки δ аттенюатора.

9.3.8 Установить опорный уровень анализатора спектра минус 10 дБм и при помощи маркера [Peak] → Peak Search измерить уровень сигнала. Зафиксировать полученное значение в таблице 5.

9.3.9 Повторить измерения по пунктам 9.3.7 – 9.3.8, для всех остальных значений ослабления аттенюатора RSC и опорного уровня анализатора спектра из таблицы 5.

9.3.10 Для каждого измеренного значения, рассчитать абсолютную погрешность измерения уровня по формуле (3):

$$\Delta P = (P_{N-1} - P_N) - 10 - \delta \quad (3)$$

где, P_{N-1} - мощность, измеренная на предыдущем уровне опорного сигнала, дБм;

P_N - мощность, измеренная на текущем уровне опорного сигнала, дБм;

δ - значение корректирующей поправки аттенюатора RSC.

Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности, вычисленные по формуле (3) не превышают $\pm 0,2$ дБм.

9.4 Определение нелинейности шкалы относительно уровня минус 10 дБм

Определение нелинейности шкалы относительно уровня минус 10 дБм проводить методом прямых измерений с помощью генератора E8257D и аттенюатора RSC.

9.4.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 3.

9.4.2 На генераторе E8257D выполнить следующие настройки:

- значение частоты: 30,02 МГц;
- выходной уровень: минус 10 дБм;
- синхронизация от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц;
- включить выход генератора.

9.4.3 На аттенюаторе RSC установить:

- частота: 30,02 МГц;
- ослабление: 0 дБ.

9.4.4 На экране аттенюатора RSC в поле «Deviation» определить значение поправки аттенюатора δ и занести его в таблицу 6.

9.4.5 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- [Preset];
- [I/O] → Freq Ref: 10 MHz;
- [Amp] → Ref Level: минус 10 дБм;
- [Freq] → Center Freq: 32,02 МГц;
- [Freq] → Span: Zero Span;
- [BW] → Res BW: 1 кГц;
- [BW] → Video BW: 30 Гц;
- [Trace] → Detector: Normal;
- [Amp] → Mech Atten: 20 дБ;
- [Amp] → More... → PreAmplify → Status: OFF (при наличии опции);
- [Meas Config] → Average Type: Log-Pwr Avg;
- [Meas Config] → Avg/Hold Times: 10.

9.4.6 Произвести регулировку уровня на выходе генератора таким образом, чтобы показание маркера анализатора спектра составило минус 10 дБм. Зафиксировать показания маркера в таблице 6 и использовать его как опорное значение.

Таблица 6

Установленное значение ослабления аттенюатора RSC, дБ	Значение поправки аттенюатора RSC, δ	Показания маркера анализатора спектра дБ
0		
10		
20		
30		
40		
50		
60		

9.4.7 Установить значение ослабления аттенюатора RSC равным 10 дБ, зафиксировать в таблице 6 значение корректирующей поправки δ аттенюатора.

9.4.8 При помощи маркера [Peak] → Peak Search измерить уровень сигнала. Зафиксировать полученное значение в таблице 6.

9.4.9 Повторить измерения по пунктам 9.4.7 – 9.4.8, для всех остальных значений ослабления аттенюатора RSC из таблице 6.

9.4.10 Для каждого измеренного значения, рассчитать абсолютную погрешность измерения уровня по формуле (3).

Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности, вычисленные по формуле (3) не превышают $\pm 0,1$ дБ.

9.5 Определение погрешности измерения уровня при переключении аттенюатора относительно 10 дБ

Определение погрешности измерения уровня при переключении аттенюатора относительно 10 дБ проводить методом прямых измерений с помощью генератора сигналов E8257D.

9.5.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 4.

9.5.2 На генераторе E8257D выполнить следующие настройки:

- значение частоты: 500 МГц;
- выходной уровень: минус 10 дБм;
- синхронизация от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц;
- включить выход генератора.



Рисунок 4. Схема соединения для определения погрешности измерения уровня при переключении аттенюатора относительно 10 дБ.

9.5.3 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- [Preset];
- [I/O] → Freq Ref: 10 MHz;
- [Amp] → Scale/Div: 10 дБ/дел.;
- [Amp] → Ref Level: минус 10 дБм;
- [Amp] → Mech Atten: 10 дБ;
- [Amp] → More... → PreAmplify → Status: OFF (при наличии опции);
- [Freq] → Center Freq: 500 МГц;
- [Freq] → Span: Zero Span;
- [BW] → Res BW: 100 Гц;
- [BW] → Video BW: 1 кГц;
- [Trace] → Detector: Normal;
- [Meas Config] → Average Type: Log-Pwr Avg;
- [Meas Config] → Avg/Hold Times: 10;
- [Peak] → Peak Search.

9.5.4 Произвести регулировку уровня на выходе генератора таким образом, чтобы показание маркера анализатора спектра составило минус 10 дБм. Зафиксировать показания маркера в таблице 7 и использовать его как опорное значение $P_{оп}$.

Таблица 7

Установленное значение входного аттенюатора анализатора спектра, дБ	Показания маркера анализатора спектра $P_{изм}$, дБм	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, дБм
0		$\pm 0,15$
2		
4		
6		
8		
10	$P_{оп}$	
20		
30		
40		
50		
60		$\pm 0,2$
70		

9.5.5 Установить значение входного аттенюатора равным 0 дБ и при помощи маркера **[Peak]** → Peak Search измерить уровень сигнала. Зафиксировать полученное значение в таблице 7.

9.5.6 Повторить измерения по пункту 9.5.5, для всех остальных значений ослабления входного аттенюатора из таблицы 7.

9.5.7 Для каждого измеренного значения, рассчитать абсолютную погрешность измерения уровня по формуле (4):

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

где, $P_{\text{изм}}$ - измеренное анализатором значение уровня сигнала, дБм;

$P_{\text{оп}}$ - опорный уровень, измеренный измерителем мощности, дБм.

Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности, вычисленные по формуле (4) не превышают значений указанных в таблице 7.

9.6 Определение погрешности установки полосы пропускания и коэффициента прямоугольности фильтров ПЧ

Определение погрешности установки полосы пропускания и коэффициента прямоугольности фильтров ПЧ проводить методом прямых измерений с помощью генератора сигналов E8257D.

9.6.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 4.

9.6.2 На генераторе E8257D выполнить следующие настройки:

- значение частоты: 500 МГц;
- выходной уровень: минус 10 дБм
- синхронизация от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц;
- включить выход генератора.

9.6.3 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- **[Preset]**;
- **[I/O]** → Freq Ref: 10 MHz;
- **[Amp]** → Scale/Div: 10 дБ/дел.;
- **[Amp]** → Ref Level: минус 8 дБм;
- **[Amp]** → Mech Atten: Auto;
- **[Amp]** → More... → PreAmplify → Status: OFF (при наличии опции);
- **[Freq]** → Center Freq: 500 МГц;
- **[Freq]** → Span: 10 Гц;
- **[BW]** → Res BW: 0,1 Гц;
- **[Trace]** → Detector: Normal;
- **[Meas Config]** → Average Type: Log-Pwr Avg;
- **[Meas Config]** → Avg/Hold Times: 10;
- **[Peak]** → Peak Search.

9.6.4 В меню анализатора включить измерение ширины полосы пропускания по уровню (N дБ) минус 3 дБ:

- **[Marker]** → Mkr Function → N dB Point → Status: On;
- **[Marker]** → Mkr Function → N dB Point → N=3.

9.6.5 Измерить ширину полосы пропускания по индикации на дисплее. Результат измерения записать в таблицу 8.

9.6.6 Включить режим удержания минимальных значений: **[Trace]** → Trace Mode → Min Hold.

9.6.7 Установить уровень (N дБ), по которому измеряется ширина полосы пропускания, равный минус 60 дБ. Провести измерение ширины полосы пропускания. Результат измерения записать в таблицу 8.

9.6.8 Повторить измерения для других значений полос пропускания, устанавливая их в соответствии с таблицей 8.

Таблица 8

Установленная полоса пропускания $RBW_{уст}$	Полоса обзора (ПО)	Измеренная полоса пропускания по уровню минус 3 дБ ($RBW_{-3дБ}$)	Измеренная полоса пропускания по уровню минус 60 дБ ($RBW_{-60дБ}$)
0,1 Гц	10 Гц		
0,2 Гц			
0,3 Гц			
0,5 Гц			
1 Гц			
2 Гц			
3 Гц			
5 Гц	$3 \cdot RBW_{уст}$		
10 Гц			
20 Гц			
30 Гц			
50 Гц			
100 Гц			
200 Гц			
300 Гц			
500 Гц			
1 кГц			
2 кГц			
3 кГц			
5 кГц			
10 кГц			
20 кГц			
30 кГц			
50 кГц			
100 кГц			
200 кГц			
300 кГц			
500 кГц			
1 МГц			
2 МГц			
3 МГц			
5 МГц			
10 МГц			
20 МГц			

9.6.9 Рассчитать погрешность полосы пропускания по формуле (5):

$$\delta RBW = RBW_{уст} - RBW_{-3 дБ} \tag{5}$$

где, $RBW_{уст}$ – номинальное значение полосы пропускания Res BW, установленное в меню [BW] анализатора, Гц;

$RBW_{-3дБ}$ – измеренное значение полосы пропускания по уровню минус 3 дБ, Гц.

Результаты поверки считать положительными, если погрешность установки полос пропускания не превышает допускаемых пределов:

для $RBW_{уст}=0,1$ Гц св. 0,1 до 500 Гц включ. св. 500 Гц до 5 МГц включ. св. 5 МГц	$\pm(0,1 \cdot RBW_{уст})$ Гц; $\pm(0,03 \cdot RBW_{уст} + 0,1)$ Гц; $\pm(0,03 \cdot RBW_{уст})$ Гц; $\pm(0,15 \cdot RBW_{уст})$ Гц.
---	---

9.6.10 Вычислить коэффициент прямоугольности по формуле (6):

$$K_{(60\text{ дБ:}3\text{ дБ})} = RBW_{-60\text{ дБ}}/RBW_{-3\text{ дБ}} \quad (6)$$

где, $RBW_{-60\text{ дБ}}$ – измеренное значение полосы пропускания по уровню минус 60 дБ;
 $RBW_{-3\text{ дБ}}$ – измеренное значение полосы пропускания по уровню минус 3 дБ.

Результаты поверки считать положительными, если значение коэффициента прямоугольности, вычисленное по формуле (6), не превышает допустимых пределов:

для $RBW_{\text{уст}}$ от 0,1 до 1 Гц включ.	±8
св. 1 Гц	±5

9.6.11 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

– [BW] → Filter Type → EMI

– BW → Res BW: 1 Гц.

9.6.12 В меню анализатора включить измерение ширины полосы пропускания по уровню (N дБ) минус 6 дБ:

– [Marker] → Mkr Function → N dB Point → Status: On;

– [Marker] → Mkr Function → N dB Point → N = 6.

9.6.13 Измерить ширину полосы пропускания по индикации на дисплее. Результат измерения записать в таблицу 9.

Таблица 9 – Погрешность установки полосы пропускания фильтров EMI

Установленная полоса пропускания $RBW_{\text{уст}}$	Полоса обзора	Измеренная полоса пропускания по уровню минус 6 дБ ($RBW_{-6\text{ дБ}}$)
1 Гц	10 Гц	
2 Гц		
3 Гц		
5 Гц		
10 Гц	$6 \cdot RBW_{\text{уст}}$	
20 Гц		
30 Гц		
50 Гц		
100 Гц		
200 Гц		
300 Гц		
500 Гц		
1 кГц		
2 кГц		
3 кГц		
5 кГц		
10 кГц		
20 кГц		
30 кГц		
50 кГц		
100 кГц		
200 кГц		
300 кГц		
500 кГц		
1 МГц		
2 МГц		
3 МГц		
5 МГц		
10 МГц		
20 МГц		

9.6.14 Повторить измерения по пунктам 9.6.11 и 9.6.13 для других значений полос пропускания, устанавливая их в соответствии с таблицей 9.

9.6.15 Рассчитать по формуле (5) погрешность полосы пропускания, принимая в качестве $RW_{-3дБ}$ измеренное значение $RW_{-6дБ}$.

Результаты поверки считать положительными, если погрешность установки полос пропускания не превышает допустимых пределов:

для $RW_{уст}$ от 1 до 500 Гц включ. св. 500 Гц до 5 МГц включ. св. 5 МГц	$\pm(0,03 \cdot RW_{уст} + 0,1)$ Гц; $\pm(0,03 \cdot RW_{уст})$ Гц; $\pm(0,15 \cdot RW_{уст})$ Гц.
--	--

9.7 Определение погрешности измерения уровня при изменении полосы пропускания

Определение погрешности измерения уровня при изменении полосы пропускания проводить методом прямых измерений с помощью генератора E8257D.

9.7.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 4.

9.7.2 На генераторе E8257D выполнить следующие настройки:

- значение частоты: 500 МГц;
- выходной уровень: минус 10 дБм
- синхронизация от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц;
- включить выход генератора.

9.7.3 На поверяемом анализаторе выполнить следующие установки:

- [Preset];
- [I/O] → Freq Ref: 10 MHz;
- [Amp] → Scale/Div: 5 дБ/дел.;
- [Amp] → Ref Level: минус 10 дБм;
- [Amp] → Mech Atten: 10 дБ;
- [Freq] → Center Freq: 500 МГц;
- [Freq] → Span: 0 Гц;
- [BW] → Res BW: 300 кГц;
- [Trace] → Detector: Normal;
- [Meas Config] → Average Type: Log-Pwr Avg;
- [Meas Config] → Avg/Hold Times: 10;
- [Peak] → Peak Search.

9.7.4 Измерить уровень сигнала при полосе пропускания 300 кГц и записать в таблицу 10 как опорное значение. На анализаторе последовательно устанавливать полосы пропускания из таблицы 10, меняя 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 10.

Таблица 10 - Зависимость уровня от полосы пропускания

Значение полосы пропускания анализатора	Измеренное значение уровня, $P_{изм}$, дБ	Допустимое значение, дБ
0,1 Гц		$\pm 0,03$
0,2 Гц		
0,3 Гц		
0,5 Гц		
1 Гц		
2 Гц		
3 Гц		
5 Гц		
10 Гц		

20 Гц		
30 Гц		
50 Гц		
100 Гц		
200 Гц		
300 Гц		
500 Гц		
1 кГц		
2 кГц		
3 кГц		
5 кГц		
10 кГц		
20 кГц		
30 кГц		
50 кГц		
100 кГц		
200 кГц		
300 кГц	$P_{оп}$	
500 кГц		
1 МГц		
2 МГц		$\pm 0,05$
3 МГц		$\pm 0,1$
5 МГц		$\pm 0,3$
10 МГц		
20 МГц		$\pm 1,0$

9.7.5 Рассчитать отклонение амплитуды по формуле (7):

$$\Delta A = P_{изм} - P_{оп}$$

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

$P_{оп}$ – опорный уровень относительно полосы пропускания 300 кГц, дБм.

Результаты поверки считать положительными, если отклонение измеренного значения уровня при установленных полосах пропускания относительно опорной 300 кГц не превышает значений, указанных в таблице 10.

9.8 Определение погрешности измерения частоты маркером и встроенным частотомером

Определение погрешности измерения частоты маркером и встроенным частотомером проводить методом прямых измерений с помощью калибратора многофункционального Fluke 9640A-LPNX и (или) генератора E8257D, в зависимости от частоты сигнала.

9.8.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 5.

9.8.2 На калибраторе выполнить следующие настройки:

- значение частоты: 2 Гц;
- выходной уровень: минус 5 дБм;
- синхронизация от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц;
- включить выход калибратора.

9.8.3 На поверяемом анализаторе выполнить следующие установки:

- [Preset];
- [I/O] → Freq Ref: Inner;
- [I/O] → Input Coupling: DC;
- [Amp] → Scale/Div: 5 дБ/дел.;
- [Amp] → Ref Level: минус 5 дБм;

- [Freq] → Center Freq: 2 Гц;
- [Freq] → Span: 10 Гц;
- [BW] → Res BW: Auto;
- [Trace] → Detector: Normal.

9.8.4 Установить маркер на пик сигнала [Peak] → Peak Search., измерить частоту и записать измеренное значение в таблицу 11.

9.8.5 Включить в анализаторе функцию частотомера. Измерить значение частоты в режиме частотомера и записать измеренное значение в таблицу 12.

9.8.6 Повторить измерения по пунктам 9.8.3 – 9.8.5 для всех частот указанных в таблице 11.

9.8.7 Рассчитать абсолютную погрешность измерений по формуле (8):

$$\Delta = F_{\text{изм}} - F_{\text{уст}} \quad (8)$$

где $F_{\text{уст}}$ – значение частоты, установленное на генераторе, Гц;

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

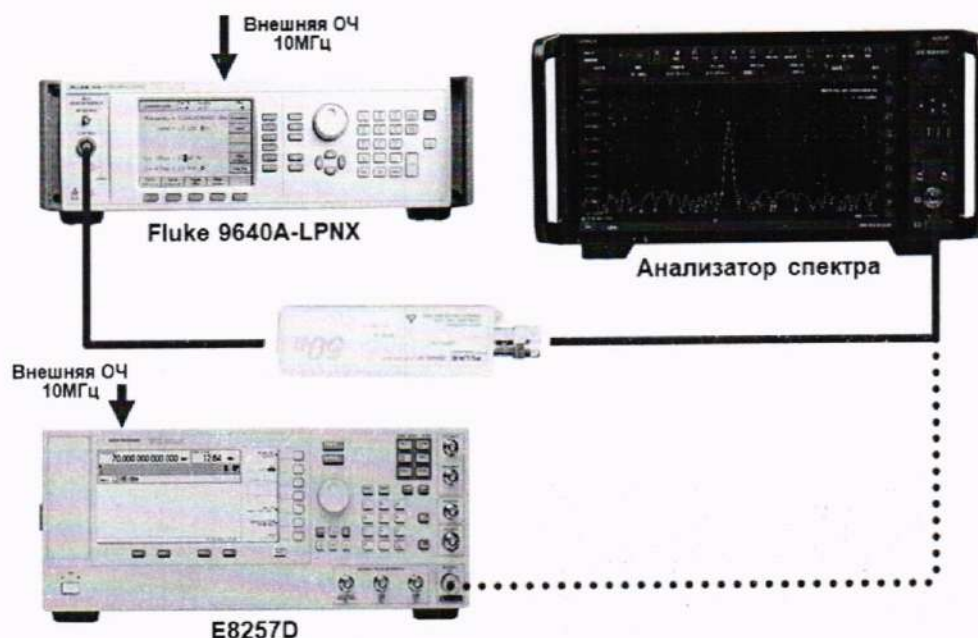


Рисунок 5. Схема соединения приборов для определения погрешности измерения частоты маркером и встроенным частотомером

Таблица 11 - Измерения частоты маркером и частотомером

Частота сигнала, установленная на генераторе	Полоса обзора	Частота, измеренная в режиме частотомера	Частота, измеренная маркером
2,0000000 Гц	10 Гц		
100,0000000 Гц	40 Гц		
1,0000000 кГц	500 Гц		
10,0000000 кГц	1 кГц		
100,0000000 кГц	5 кГц		
1,0000000 МГц			
10,0000000 МГц			
100,0000000 МГц			
500,0000000 МГц			
1,0000000 ГГц			
1,0500000 ГГц			
2,0500000 ГГц			
3,0500000 ГГц			

5,0500000 ГГц			
7,0500000 ГГц			
8,0500000 ГГц			
8,3900000 ГГц			
Для анализаторов с опциями 018; 026; 045; 050			
10,0500000 ГГц	5 кГц		
15,0500000 ГГц			
17,9000000 ГГц			
Для анализаторов с опциями 026; 045; 050			
20,0500000 ГГц	5 кГц		
23,0500000 ГГц			
26,4000000 ГГц			
Для анализаторов с опциями 045; 050			
30,0500000 ГГц	5 кГц		
37,0500000 ГГц			
44,4900000 ГГц			
Для анализаторов с опцией 050			
47,0500000 ГГц	5 кГц		
49,9000000 ГГц			

Результаты поверки считать положительными, если абсолютная погрешность измерения частоты, рассчитанная по формуле (8) не превышает допустимых пределов, рассчитанных по формулам, приведенных в таблице 12.

Таблица 12 - Допустимая погрешность измерения частоты

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой относительной погрешности частоты опорного генератора, δ_0	$5 \cdot 10^{-8}$
Горизонтальное разрешение по частоте в режиме измерения маркером (k_m), Гц где N – число точек развертки; $f_{по}$ – установленная полоса обзора, Гц.	$f_{по}/(N-1)$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты встроенным частотомером (f), Гц	$\pm(\delta_0 \cdot f + 1)$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения частоты маркером ($f_{изм}$), Гц где $f_{пп}$ – полоса пропускания, Гц; $f_{по}$ – установленная полоса обзора, Гц.	$\pm(\delta_0 \cdot f_{изм} + 0,001 \cdot f_{по} + 0,05 \cdot f_{пп} + 0,5 \cdot k_m)$

9.9 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.

9.9.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 6.

9.9.2 На калибраторе выполнить следующие настройки:

- значение частоты: 500 МГц;
- выходной уровень: минус 20 дБм;
- синхронизация от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц;
- включить выход калибратора.

9.9.3 На поверяемом анализаторе выполнить следующие установки:

- [Preset];
- [I/O] → Freq Ref: 10 MHz;
- [I/O] → Input Coupling: DC;
- [Amp] → Scale/Div: 5 дБ/дел.;

- [Amp] → Ref Level: минус 15 дБм;
- [Amp] → Mech Atten: 10 дБ;
- [Amp] → More... → PreAmplify → Status: OFF (при наличии опции);
- [Freq] → Center Freq: 500 МГц;
- [Freq] → Span: Zero Span;
- [BW] → Res BW: 300 кГц;
- [BW] → Video BW: Auto;
- [Trace] → Detector: Normal;
- [Meas Config] → Average Type: Log-Pwr Avg;
- [Meas Config] → Avg/Hold Times: 10.

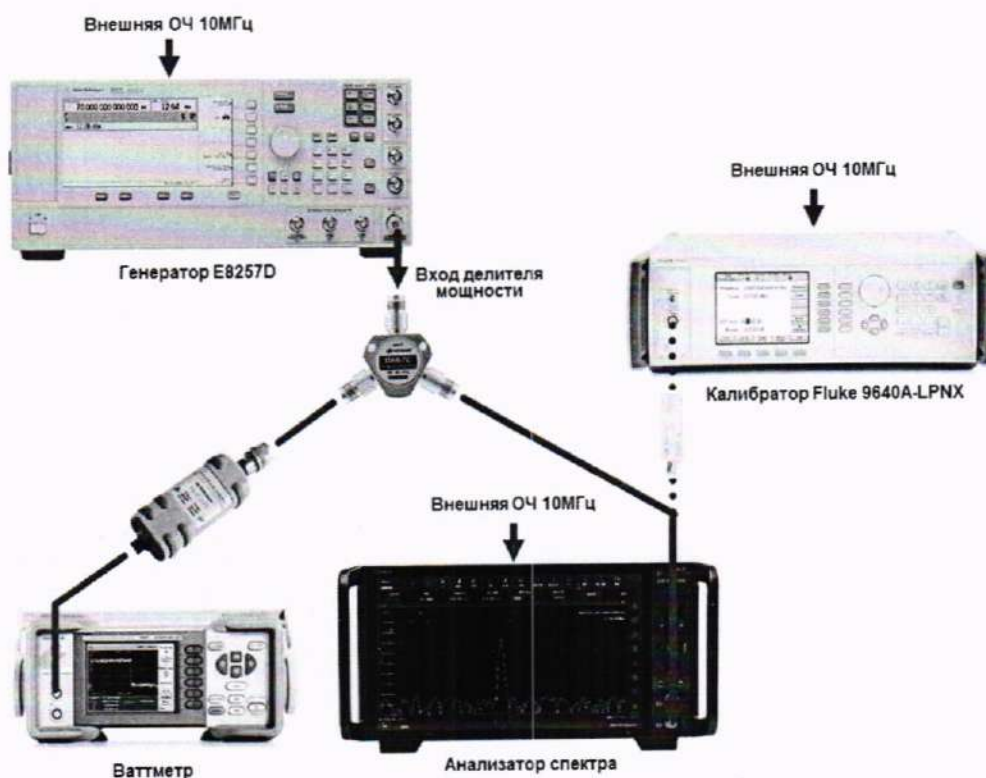


Рисунок 6 - Схема соединения приборов для определения неравномерности АЧХ

9.9.4 Измерить при помощи маркера [Peak] → Peak Search уровень сигнала на опорной частоте 500 МГц. Записать измеренное значение уровня в таблицу 14.

9.9.5 В соответствии с частотным диапазоном анализатора спектра, последовательно устанавливать значение частот из таблицы 14 и уровень минус 20 дБм. При помощи маркера произвести измерение уровня сигнала. Записать результаты измерений в таблице 14.

9.9.6 При использовании генератора E8257D уровень сигнала устанавливать по показаниям ваттметра.

При отсутствии опции предусилителя перейти к выполнению п. 9.9.9.

9.9.7 Установить на калибраторе уровень сигнала минус 30 дБм.

9.9.8 На анализаторе спектра установить опорный уровень [Amp] → Ref Level минус 30 дБм, включить предусилитель и повторить измерения по п.п. 9.9.4 – 9.9.6 с включенным предусилителем. Записать результаты измерений в таблицу 13.

Таблица 13 - Определение неравномерности АЧХ

Частота сигнала f , установленная на генераторе	Установленная полоса пропускания	Установленная полоса обзора, Гц	Измеренное значение уровня $P_{изм}$, дБ	
			Предусилитель включен	Предусилитель выключен
2 Гц	0,1 Гц	10		-
10 Гц	0,5 Гц	10		-
100 Гц	1 Гц	10		-
1 кГц	2 Гц	100		
100 кГц	100 Гц	0		
1 МГц	300 кГц			
10 МГц	300 кГц			
100 МГц	300 кГц			
500 МГц	300 кГц		$P_{оп} =$	$P_{оп} =$
1,000 ГГц	300 кГц			
1,495 ГГц	300 кГц			
2,000 ГГц	300 кГц			
2,095 ГГц	300 кГц			
2,5 ГГц	300 кГц			
3,000 ГГц	300 кГц			
3,240 ГГц	300 кГц			
3,550 ГГц	300 кГц			
4,000 ГГц	300 кГц			
4,500 ГГц	300 кГц			
5,240 ГГц	300 кГц			
5,300 ГГц	300 кГц			
6,000 ГГц	300 кГц			
7,000 ГГц	300 кГц			
8,200 ГГц	300 кГц			
8,350 ГГц	300 кГц			
9,000 ГГц	300 кГц			
11,000 ГГц	300 кГц			
13,000 ГГц	300 кГц			
15,000 ГГц	300 кГц			
17,000 ГГц	300 кГц			
18,000 ГГц	300 кГц			
19,000 ГГц	300 кГц			
21,000 ГГц	300 кГц			
23,000 ГГц	300 кГц			
25,000 ГГц	300 кГц			
26,500 ГГц	300 кГц			
27,000 ГГц	300 кГц			
29,000 ГГц	300 кГц			
31,000 ГГц	300 кГц			
33,000 ГГц	300 кГц			
35,000 ГГц	300 кГц			
37,000 ГГц	300 кГц			
39,000 ГГц	300 кГц			
41,000 ГГц	300 кГц			
43,000 ГГц	300 кГц			
45,000 ГГц	300 кГц			
45,500 ГГц	300 кГц			
47,000 ГГц	300 кГц			
49,000 ГГц	300 кГц			
50,000 ГГц	300 кГц			

9.9.9 Вычислить значение неравномерности АЧХ анализатора по формуле (9):

$$\Delta AЧХ = P_{оп} - P_{изм} \quad (9)$$

где $P_{оп}$ – значение уровня, измеренное анализатором на частоте 500 МГц;
 $P_{изм}$ – значение уровня, измеренное на частотах из таблицы 14.

Результаты поверки считать положительными, если полученные значения неравномерности АЧХ не превышают значений, указанных в таблице 14.

Таблица 14 - Погрешность измерения АЧХ

Частота сигнала	Допустимое значение неравномерности АЧХ, дБ, не более	
	Предусилитель выключен	Предусилитель включен
от 2 до 10 Гц	±5,00	-
от 10 Гц до 100 кГц	±2,00	-
от 100 кГц до 10 МГц	±0,50	±1,00
от 10 МГц до 4 ГГц	±0,40	±1,00
от 4 до 8 ГГц	±0,50	±1,50
от 8 до 18 ГГц	±1,50	±2,50
от 18,0 до 26,5 ГГц	±2,00	±3,00
от 26,5 до 45 ГГц	±2,50	±3,00
от 45 до 50 ГГц	±3,00	±3,50

9.10 Определение спектральной плотности фазовых шумов

Определение спектральной плотности фазовых шумов проводить методом прямых измерений с помощью анализатора фазовых шумов FSWP26.

9.10.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 7.

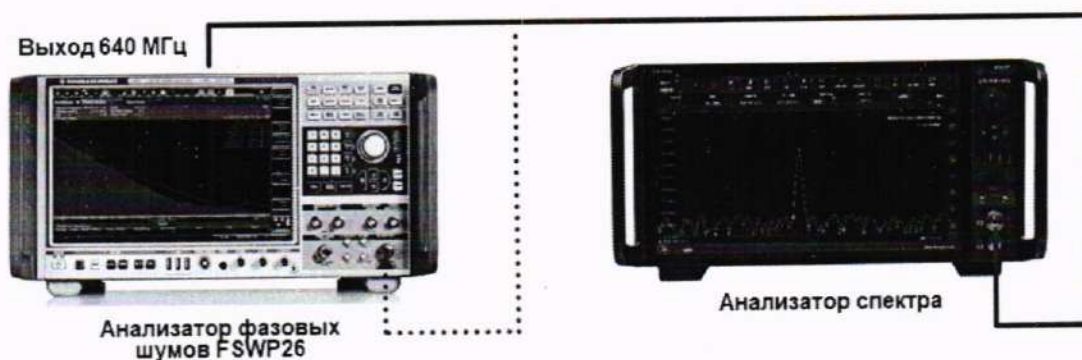


Рисунок 7 - Схема соединения приборов для определения спектральной плотности фазовых шумов

9.10.2 На анализаторе фазового шума выполнить следующие настройки:

- включить выход 640 МГц;
- режим измерения: Phase Noise;
- автоматическое определение несущей частоты: выкл.;
- частота несущей: 640 МГц;
- начальная частота анализа: 10 Гц;
- конечная частота анализа: 11 МГц;
- аттенюатор: авто;
- шкала: авто;
- количество точек развертки: 20;
- сглаживание трассы: включено;

- апертура сглаживания трассы: 10;
- кросс-корреляция: 100;
- включить маркерные измерения.

9.10.3 Выполнить измерения фазовых шумов на отстройках, указанных в таблице 15.

Таблица 15 - Уровень фазовых шумов, измеренный анализатором FSWP26

Отстройка дельта маркера	Измеренное значение уровня фазовых шумов не более, дБн/Гц	Допустимое значение уровня фазовых шумов не более, дБн/Гц
100 Гц		-105
1 кГц		-121
10 кГц		-132
100 кГц		-132
1 МГц		-145

9.10.4 В случае если измеренные значения фазовых шумов превышают допустимые значения указанные в таблице 15, следует заменить анализатор фазового шума на анализатор, имеющий значение фазового шума в измеряемых точках, на 6 дБ ниже нормируемого значения для анализатора спектра.

9.10.5 На поверяемом анализаторе выполнить следующие настройки:

- **[Preset]**;
- **[I/O]** → Freq Ref: Inner;
- **[Amp]** → Scale/Div: 13 дБ/дел.;
- **[Amp]** → Ref Level: 10 дБм;
- **[Amp]** → Mech Atten: 10 дБ;
- **[Amp]** → More... → PreAmplify → Status: OFF (при наличии опции);
- **[Sweep]** → Trace Point: 1001;
- **[Freq]** → Center Freq: 640 МГц;
- **[Freq]** → Span: 250 Гц;
- **[BW]** → Res BW: 5 Гц;
- **[BW]** → Video BW: Auto;
- **[Meas Config]** → PN Opt: On
- **[Meas Config]** → Average Type: Log-Pwr Avg;
- **[Meas Config]** → Avg/Hold Times: 20.

9.10.6 Дождаться окончания усреднения спектрограммы. Установить маркер анализатора на максимум сигнала **[Peak]** → Peak Search, затем включить режим дельта-маркера **[Marker]** → Delta. Отстроить дельта-маркер от сигнала на 100 Гц, установив значение отстройки в поле X Axis. Включить **[Marker]** → Mkr Function: Phase Noise On и измерить уровень фазового шума при данной отстройке. Зафиксировать результаты измерений в таблице 16.

9.10.7 Повторить измерения для отстроек 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц, 1 МГц. Полосы обзора и пропускания устанавливать в соответствии с таблицей 16.

Таблица 16 - Уровень фазовых шумов

Отстройка дельта маркера	Установленная полоса обзора	Установленная полоса пропускания	Измеренное значение уровня фазовых шумов, дБн/Гц	Допустимое значение уровня фазовых шумов не более, дБн/Гц
100 Гц	250 Гц	5 Гц		-99
1 кГц	2,5 кГц	100 Гц		-116
10 кГц	25 кГц	100 Гц		-126
100 кГц	250 кГц	1 кГц		-126
1 МГц	2,5 МГц	10 кГц		-139

Результаты измерения считать положительными если уровень фазовых шумов не превышает значений, указанных в таблице 16.

9.11 Определение уровня помех, обусловленных гармоническими искажениями 2-го порядка

Определение уровня помех, обусловленных гармоническими искажениями 2-го порядка проводить методом прямых измерений с помощью генератора E8257D.

9.11.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 8.

9.11.2 В качестве фильтра низких частот (ФНЧ) использовать фильтры, с полосой пропускания равной частоте основной гармоники и уровнем подавления не менее 20 дБ.

9.11.3 На генераторе E8257D выполнить следующие настройки:

- значение частоты: 45 МГц;
- выходной уровень: минус 15 дБм;
- синхронизация от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц;
- режим снижения уровня шумов;
- включить выход генератора.

9.11.4 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- [Preset];
- [I/O] → Freq Ref: 10 MHz;
- [Amp] → Scale/Div: 15 дБ/дел.;
- [Amp] → Ref Level: минус 15 дБм;
- [Amp] → Mech Atten: Auto;
- [Amp] → More... → PreAmplify → Status: OFF (при наличии опции);



Рисунок 8. Схема соединения приборов для определения уровня гармонических искажений 2-го порядка

9.11.5 Включить функцию измерения гармонических искажений:

- [+] → Harmonic Distortion;
- [Meas Config] → Meas Method: Carrier Search;
- [Meas Config] → Harmonics: 2;
- [Meas Config] → Avg/Hold: On;
- [Meas Config] → RF Gain: Auto;
- [Freq] → Center Freq: 45 МГц;
- [Freq] → Span: 500 Гц;
- [BW] → Res BW: 10 Гц;
- [BW] → Video BW: Auto;
- [Meas Config] → Average Type: Log-Pwr Avg;

– [Meas Config] → Avg/Hold Times: 10.

9.11.6 Произвести измерение и зафиксировать результаты в таблице 18.

9.11.7 Используя соответствующий фильтр, повторить измерения по пунктам 9.11.4 – 9.11.6 на частотах, указанных в таблице 18. Для частот выше 6 ГГц фильтры не использовать.

Результаты поверки считать положительными, если уровень второй гармоники относительно уровня несущей не превышает значений, указанных в таблице 17.

Таблица 17 - Гармонические искажения 2-го порядка

Частота несущей	Измеренный уровень второй гармоники, дБн	Уровень второй гармоники, дБн, не более
45 МГц		-60
800 МГц		
1 ГГц		
1,7 ГГц		
3 ГГц		
6 ГГц		-70
13 ГГц		-65
20 ГГц		-65
25 ГГц		-65

9.12 Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка

Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка проводить методом прямых измерений с помощью двух генераторов E8257D.

9.12.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 9.

9.12.2 Сигнал с выхода внутренней опорной частоты генератора 1 подключить на вход внешней опорной частоты генератора 2 и поверяемого анализатора спектра.

9.12.3 На генераторе 1 установить частоту 99,975 МГц, уровень минус 15 дБм; на генераторе 2: (частота 1-ого генератора + 50 кГц), уровень минус 15 дБм.

9.12.4 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- [Preset];
- [I/O] → Freq Ref: 10 MHz;
- [Amp] → Ref Level: минус 10 дБм;
- [Amp] → Mech Atten: 10 дБ;
- [Amp] → More → PreAmplify → Status: OFF (при наличии опции);
- [Freq] → Center Freq: 100 МГц;
- [Freq] → Span: 300 кГц;
- [BW] → Res BW: 10 Гц;
- [BW] → Video BW: Auto;
- [Meas Config] → Average Type: Log-Pwr Avg;
- [Meas Config] → Avg/Hold Times: 20.

9.12.5 Установить маркер анализатора поочередно на максимум одного из сигналов и регулировкой выходной мощности генераторов настроить уровни сигналов по экрану анализатора на минус 10 дБм.

9.12.6 Дождаться окончания усреднения спектрограммы, в меню измерений анализатора включить функцию измерения TOI: [+] → TOI и измерить уровни с помощью маркеров 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.

9.12.7 Рассчитать точку пересечения третьего порядка (TOI) по формулам (10) и (11):

$$TOI = P(f_1) + (P(f_2) - P(2f_1 - f_2)) / 2 \quad (10)$$

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

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

Base(Lower) → Abs Amplitude;

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

Base(Upper) → Abs Amplitude;

$P(2f_1 - f_2)$ - измеренный уровень сигнала на частоте интермодуляции $2f_1 - f_2$ (нижний боковой тон), **Intermod(Lower) → Abs Amplitude;**

$P(2f_2 - f_1)$ - измеренный уровень сигнала на частоте интермодуляции $2f_2 - f_1$ (верхний боковой тон), **Intermod (Upper) → Abs Amplitude.**

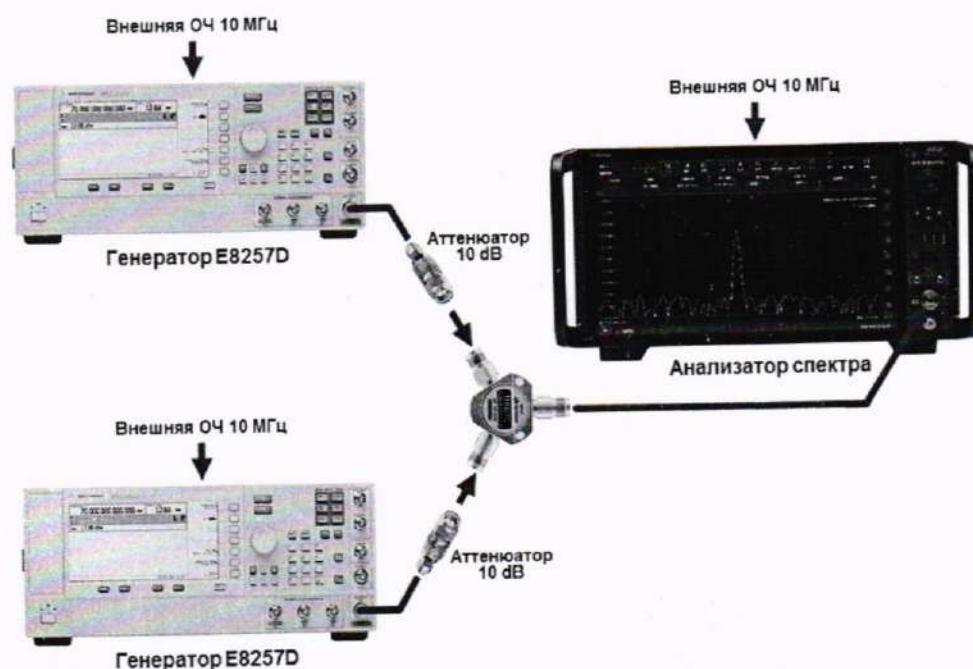


Рисунок 9. Схема соединения приборов для определения уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка

9.12.8 Выбрать наибольшее значение и записать результаты в таблицу 18.

Таблица 18 - Интермодуляционные искажения 3-го порядка

Центральная частота анализатора спектра, МГц	Частота 1-го генератора, МГц	Частота 2-го генератора, МГц	Измеренное значение TOI, дБм	Допустимые значения TOI, дБм, не менее
100	99,975	100,025		12,000
500	499,975	500,025		12,000
1000	999,975	1000,025		12,000
4000	3999,975	4000,025		17,000
5500	5499,975	5500,025		16,000
8300	8299,975	8300,025		18,000
17900	17899,975	17900,025		18,000
26400	26399,975	26400,025		18,000
39900	39899,975	39900,025		18,000
49900	49899,975	49900,025		18,000

9.12.9 Повторить измерения по пунктам 9.12.3 - 9.12.8 для частот, указанных в таблице 19.

Результаты поверки по данной операции считаются положительными, если уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка, выраженный в виде точки пересечения 3 порядка TOI, не менее значений, указанных в таблице 19.

9.13 Определение уровня подавления частоты зеркального канала

Определение уровня подавления частоты зеркального канала проводят методом прямых измерений с помощью генератора E8257D.

9.13.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 4.

9.13.2 На генераторе E8257D выполнить следующие настройки:

- значение частоты (f_1): 950 МГц;
- выходной уровень: минус 10 дБм;
- синхронизация от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц;
- включить выход генератора.

9.13.3 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- [Preset];
- [I/O] → Freq Ref: 10 MHz;
- [Amp] → Scale/Div: 15 дБ/дел.;
- [Amp] → Ref Level: минус 10 дБм;
- [Amp] → Mech Atten: 10 дБ;
- [Amp] → More... → PreAmplify → Status: OFF (при наличии опции);
- [Freq] → Center Freq: 950 МГц;
- [Freq] → Span: 1 МГц;
- [BW] → Res BW: 100 Гц;
- [BW] → Video BW: 10 кГц;
- [Trace] → Detector: Normal;
- [Meas Config] → Average Type: Log-Pwr Avg;
- [Meas Config] → Avg/Hold Times: 10.

9.13.4 С помощью маркера [Peak] → Peak Search определить уровень входного сигнала.

9.13.5 Подстраивая уровень выходного сигнала на генераторе E8257D, установить его значение по маркеру анализатора спектра минус 10 дБм. Зафиксировать это значение в таблице 19 как P_{f1} .

9.13.6 Установить частоту зеркального канала (f_2) в соответствии с таблицей 19 как центральную частоту анализатора спектра. Произвести измерения уровня на этой частоте, вводя значение частоты в поле измерения маркера X Axis и зафиксировать в таблице 19 как P_{f2} .

9.13.7 Определить уровень подавления зеркального канала ΔP по формуле (12):

$$\Delta P = P_{f2} - P_{f1} \quad (12)$$

где P_{f1} – значение уровня, измеренное анализатором на опорной частоте f_1 ;
 P_{f2} – значение уровня сигнала зеркального канала, измеренное на частоте f_2 .

Таблица 19 - Подавление зеркальных каналов

Частота опорного сигнала f_1	Частота зеркального канала f_2	Измеренное значение уровня мощности P_{f1} , дБн	Измеренное значение уровня мощности P_{f2} , дБн	Уровень допустимых значений, не более, дБн
1-я промежуточная частота				
11,45 ГГц	1 ГГц			-80
13,45 ГГц	3 ГГц			-80
8,95 ГГц	5 ГГц			-80
2-я промежуточная частота				
1,85 ГГц	1 ГГц			-80
3,85 ГГц	3 ГГц			-80
5,85 ГГц	5 ГГц			-80
15,85 ГГц	15 ГГц			-80

25,85 ГГц	25 ГГц			-70
35,85 ГГц	35 ГГц			-70
45,85 ГГц	45 ГГц			-70
3-я промежуточная частота				
1,15 ГГц	1 ГГц			-80
3,15 ГГц	3 ГГц			-80
5,15 ГГц	5 ГГц			-80
15,15 ГГц	15 ГГц			-80
25,15 ГГц	25 ГГц			-80
35,15 ГГц	35 ГГц			-80
45,15 ГГц	45 ГГц			-76

9.13.8 Провести измерения для остальных частот, указанных в таблице 19 в соответствии с частотным диапазоном анализатора спектра.

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если действительные значения уровня подавления каналов приема зеркальных и промежуточных частот не превышают значений, указанных в таблице 19.

9.14 Определение уровня остаточных сигналов комбинационных частот

Определение уровня остаточных сигналов комбинационных частот выполняется методом прямых измерений.

9.14.1 На вход анализатора спектра подключить согласованную нагрузку 50 Ом.

9.14.2 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- [Preset];
- [Amp] → Ref Level: минус 70 дБм;
- [Amp] → Scale/Div: 10 дБ/дел.;
- [Amp] → Mech Atten: 0 дБ;
- [Amp] → More... → PreAmplify → Status: OFF (при наличии опции);
- [Freq] → Center Freq: 15,2 МГц;
- [Freq] → Span: 1 МГц;
- [BW] → Res BW: 1 кГц;
- [BW] → Video BW: Auto;
- [Meas Config] → Average Type: Log-Pwr Avg;
- [Meas Config] → Avg/Hold Times: 10.

9.14.3 Дождаться окончания усреднения спектрограммы. Установить маркер на пик сигнала и определить, как P_1 уровень остаточных сигналов комбинационных частот на частоте 15,2 МГц.

9.14.4 Установить центральную частоту 43,7 МГц. Дождаться окончания усреднения спектрограммы. Установить маркер на пик сигнала и определить, как P_2 уровень остаточных сигналов комбинационных частот на частоте 43,7 МГц.

9.14.5 Установить центральную частоту 8 ГГц. Дождаться окончания усреднения спектрограммы. Установить маркер на пик сигнала и определить, как P_3 уровень остаточных сигналов комбинационных частот на частоте 8 ГГц.

9.14.6 Из значений P_1 , P_2 и P_3 выбрать максимальное.

Результаты поверки считать положительными, если максимальное значение уровня остаточных сигналов комбинационных частот не превышает минус 98 дБ.

9.15 Определение среднего уровня собственных шумов

Определение среднего уровня собственных шумов выполняется методом прямых измерений.

9.15.1 На вход анализатора спектра подключить согласованную нагрузку 50 Ом.

9.15.2 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- [Preset]
- [I/O] → Freq Ref: 10 MHz

- [I/O] → Input Coupling: DC;
- [Amp] → Scale/Div: 10 дБ/дел.
- [Amp] → Ref Level: минус 70 дБм;
- [Amp] → Mech Atten: 0 дБ;
- [Amp] → More... → PreAmplify → Status: OFF (при наличии опции)
- [Freq] → Start Freq: 2 Гц;
- [Freq] → Stop Freq: 10 кГц;
- [BW] → Res BW: 1 кГц;
- [BW] → Video BW: 1 кГц;
- [Meas Config] → Average Type: Log-Pwr Avg;
- [Meas Config] → Avg/Hold Times: 10.

9.15.3 Дождаться окончания усреднения спектрограммы.

9.15.4 При помощи маркера [Peak] → Peak Search произвести измерения максимального уровня отображаемой шумовой дорожки на экране прибора. При явной установке маркера на комбинационные составляющие, произвести отстройку центральной частоты на 2 кГц. Частоту максимально измеренного значения уровня установить в качестве центральной частоты [Freq] → Center Freq: $F_{\text{макс}}$.

9.15.5 Установить полосу обзора равной 1 кГц и зафиксировать новые границы диапазона Start и Stop Freq как $F_{\text{нач}}$ и $F_{\text{конеч}}$.

9.15.6 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- [BW] → Res BW: 10 Гц;
- [BW] → Video BW: 1 Гц;
- [Amp] → More... → PreAmplify → Status: OFF (при наличии опции);
- [Marker] → Mkr Function → Band Power/ Density → Density: On;
- [Marker] → Mkr Function → Band Power/ Density → Density Unit: dBm/Hz;
- [Marker] → Mkr Function → Band Power/ Density → Params → Start: $F_{\text{нач}}$;
- [Marker] → Mkr Function → Band Power/ Density → Params → Stop: $F_{\text{конеч}}$.

9.15.7 Выполнить измерение, записать значение маркера Band Density в таблицу 20.

9.15.8 Повторить измерения по пунктам 9.15.2 – 9.15.7 для всех частот из таблицы 20 в соответствии с частотным диапазоном анализатора спектра.

9.15.9 При наличии опции, включить предусилитель [Amp] → More... → PreAmplify → Status: ON и повторить измерения по пунктам 9.15.2 – 9.15.7.

Таблица 20 - Средний уровень собственных шумов

Таблица 20 - Средний уровень собственных шумов					
Начальная частота	Конечная частота	Измеренный средний уровень собственных шумов, дБм/Гц		Допустимые значения среднего уровня собственных шумов, не более, дБм/Гц	
		Предусилитель выключен	Предусилитель включен	Предусилитель выключен	Предусилитель включен
для опций 004, 008					
2 Гц	10 кГц		-	-110	-
10 кГц	100 кГц		-	-110	-
100 кГц	10 МГц			-147	-148
10 МГц	50 МГц			-151	-156
50 МГц	1,0 ГГц			-151	-161
1,0 ГГц	2,0 ГГц			-149	-161
2,0 ГГц	3,0 ГГц			-148	-161
3,0 ГГц	4,0 ГГц			-144	-161
4,0 ГГц	6,0 ГГц			-147	-161
6.0 ГГц	8,0 ГГц			-145	-157

для опций 013, 018, 026, 040, 045, 050					
2 Гц	10 кГц		-	-110	-
10 кГц	100 кГц		-	-110	-
100 кГц	10 МГц			-147	-148
10 МГц	50 МГц			-149	-156
50 МГц	1,0 ГГц			-149	-161
1,0 ГГц	2,0 ГГц			-147	-161
2,0 ГГц	3,0 ГГц			-146	-161
3,0 ГГц	4,0 ГГц			-141	-161
4,0 ГГц	6,0 ГГц			-142	-161
6,0 ГГц	8,0 ГГц			-139	-157
8,0 ГГц	18,0 ГГц			-145	-157
18 ГГц	26,5 ГГц			-141	-154
26,5 ГГц	40 ГГц			-135	-151
40 ГГц	45 ГГц			-134	-151
45 ГГц	50 ГГц			-130	-148

Результаты поверки считать положительными, если средний уровень собственных шумов анализатора не превышает значений, приведенных таблице 20.

9.16 Определение остаточного среднеквадратического значения векторной ошибки модуляции (при наличии опции S12)

Определение остаточного среднеквадратического значения (СКЗ) векторной ошибки модуляции проводят методом прямых измерений с помощью генератора сигналов векторного N5182A.

9.16.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 10.



Рисунок 10. Схема соединения приборов для определения остаточного среднеквадратического значения векторной ошибки модуляции

9.16.2 На генераторе установить:

- синхронизация от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц;
- частота: 1 ГГц;
- уровень сигнала: минус 10 дБм;
- тип модуляции: QPSK;
- скоростью передачи: 100 кГц;
- фильтр: Root Cosine;
- коэффициент сглаживания: 0,35.

9.16.3 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- [Preset];

- [Amp] → Ref Level: минус 10 дБм;
- [Freq] → Center Freq: 1 ГГц;
- [+] → VSA;
- Modulation Form: QPSK;
- Sym Rate: 100 кГц;
- Points/Sym: 4;
- Meas Filter: Root Raised Cosine;
- Ref Filter: Raised Cosine;
- Alpha/BT: 0,35.

9.16.4 Выполнить измерение СКЗ векторной ошибки модуляции $E_{изм}$ на экране анализатора спектра в окне Errs Table → EVM → Avg Value → RMS. Зафиксировать измеренное значение $E_{изм}$ в таблице 22.

9.16.5 Рассчитать по формулам (13) и (14) значения остаточного среднеквадратического значения векторной ошибки модуляции $E_{вм}$.

- если измеренное СКЗ векторной ошибки модуляции $E_{изм} \leq 0,8 \%$, по формуле (13):

$$E_{вм} = \frac{E_{изм}}{1,4} \quad (13)$$

где $E_{изм}$ – измеренное СКЗ векторной ошибки модуляции, %.

- если измеренное СКЗ векторной ошибки модуляции $E_{изм} > 0,8 \%$, по формуле (14):

$$E_{вм} = \sqrt{E_{изм}^2 - E_{ген}^2} \quad (14)$$

где $E_{изм}$ – измеренное СКЗ векторной ошибки модуляции, %;

$E_{ген}$ – допускаемый предел СКЗ векторной ошибки модуляции генератора (для генератора N5182A, $E_{ген} = 0,8 \%$).

9.16.6 Повторить измерения по пунктам 9.16.4 – 9.16.5 для скорости передачи 1 и 5 МГц.

Результаты измерений считаются положительными, если значения остаточного среднеквадратического значения векторной ошибки модуляции не превышают пределы, указанные в таблице 21.

Таблице 21 - Векторная ошибка модуляции

Скорость передачи	Значение СКЗ векторной ошибки модуляции $E_{изм}$, %	Предел %, не более
100 кГц		0,6
1 МГц		0,6
5 МГц		0,6

9.17 Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента амплитудной модуляции

Определение погрешности измерения коэффициента амплитудной модуляции проводят методом прямых измерений с помощью калибратора Fluke 9640A.

9.17.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 11.

9.17.2 На калибраторе установить:

- частота несущей: 25 МГц;
- уровень: 0 дБм;
- синхронизация от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц;
- модулирующая частота $F_{мод}$: 1 кГц;
- коэффициент $K_{ам}$: 1%.

9.17.3 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- [Preset];

- [Amp] → Ref Level: 2 дБм;
- [Amp] → Mech Atten: 10 дБ;
- [Freq] → Center Freq: 25 МГц;
- [+] → Analog Demod;
- [Meas Config] → Demod Type → AM Demod;
- [Meas Config] → Meas BW: ($\approx 6 \cdot F_{\text{мод}}$);
- [Meas Config] → Demod Time: ($\approx 10/F_{\text{мод}}$).



Рисунок 11. Схема соединения приборов для определения погрешности модуляции АМ, ЧМ и ФМ

9.17.4 Зафиксировать в таблице 22 результаты измерений $K_{\text{изм}}$ в окне Metrics в поле $\pm \text{Peak}/2$.

9.17.5 Повторить измерения по пунктам 9.17.2 - 9.17.4, для всех значений $K_{\text{ам}}$ и $F_{\text{мод}}$ указанных в таблице 22.

Таблица 22 - Коэффициент амплитудной модуляции

$K_{\text{ам}}, \%$	$K_{\text{изм}}, \%$	$F_{\text{мод}}$
1, 10, 50, 90, 95, 99		1 кГц
99		30 Гц, 100 Гц, 10 кГц, 100 кГц, 200 кГц

9.17.6 Для всех значений $K_{\text{изм}}$, рассчитать абсолютную погрешность измерений коэффициента амплитудной модуляции $\Delta K_{\text{ам}}$, по формуле (15):

$$\Delta K_{\text{ам}} = K_{\text{изм}} - K_{\text{ам}} \quad (15)$$

где $K_{\text{изм}}$ – результат измерения коэффициента амплитудной модуляции, %;

$K_{\text{ам}}$ – установленный коэффициент амплитудной модуляции, %.

Результаты измерений считаются положительными, если значения абсолютной погрешности измерений коэффициента амплитудной модуляции не превышают пределы $\pm(0,01 \cdot K_{\text{ам}} + 0,1) \%$.

9.18 Определение абсолютной погрешности измерения девиации частоты

Определение погрешности измерения девиации частоты проводят методом прямых измерений с помощью калибратора Fluke 9640A.

9.18.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 10.

9.18.2 На калибраторе установить:

- частота несущей: 50 МГц;
- уровень: 0 дБм;
- синхронизация от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц;
- модулирующая частота $F_{\text{мод}}$: 1 кГц;

– девиация частоты Δf : 30 Гц.

9.18.3 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

[Preset];

– [Amp] → Ref Level: 2 дБм;

– [Amp] → Mech Atten: 10 дБ;

– [Freq] → Center Freq: 50 МГц;

[+] → Analog Demod;

[Meas Config] → Demod Type → FM Demod;

[Meas Config] → Meas BW:

для $F_{\text{мод}} < 100$ кГц: $(\approx 6 \cdot F_{\text{мод}} + \Delta f)$;

для $F_{\text{мод}} \geq 100$ кГц: $(\approx 15 \cdot F_{\text{мод}} + \Delta f)$.

[Meas Config] → Demod Time: $(\approx 10/F_{\text{мод}})$.

9.18.4 Зафиксировать в таблице 23 результаты измерений $\Delta f_{\text{изм}}$ в окне Metrics в поле $\pm \text{Peak}/2$.

9.18.5 Повторить измерения по пунктам 9.18.2 - 9.18.4, для всех значений Δf и $F_{\text{мод}}$ указанных в таблице 23.

Таблица 23 - Девиация частоты

Δf	$\Delta f_{\text{изм}}$	$F_{\text{мод}}$
30 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц, 500 кГц		1 кГц
100 кГц		30 Гц, 90 Гц, 10 кГц, 100 кГц, 200 кГц

9.18.6 Для всех значений $\Delta f_{\text{изм}}$, рассчитать абсолютную погрешность измерений девиации частоты Δ , по формуле (16):

$$\Delta = \Delta f_{\text{изм}} - \Delta f \quad (16)$$

где $\Delta f_{\text{изм}}$ – результат измерения девиации частоты, Гц;

Δf – установленное значение девиация частоты, Гц.

Результаты измерений считаются положительными, если значения абсолютной погрешности измерений девиации частоты не превышают пределы $\pm(0,01 \cdot \Delta f + 5)$ Гц.

9.19 Определение абсолютной погрешности измерения индекса фазовой модуляции

Определение абсолютной погрешности измерения индекса фазовой модуляции проводят методом прямых измерений с помощью калибратора Fluke 9640A.

9.19.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 10.

9.19.2 На калибраторе установить:

частота несущей: 50 МГц;

уровень: 0 дБм;

синхронизация от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц;

модулирующая частота $F_{\text{мод}}$: 1 кГц;

девиация частоты Δf : 1 кГц.

9.19.3 Индекс фазовой модуляции $\Delta \phi$ при модуляции синусоидальным сигналом определяется по формуле (17):

$$\Delta \phi = \Delta f / F_{\text{мод}} \quad (17)$$

где Δf – установленное значение девиация частоты, Гц;

$F_{\text{мод}}$ – установленное значение модулирующей частоты, Гц.

9.19.4 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

[Preset];

[Amp] → Ref Level: 2 дБм;

[Amp] → Mech Atten: 10 дБ;

[Freq] → Center Freq: 50 МГц;

[+] → Analog Demod;

[Meas Config] → Demod Type → PM Demod;

[Meas Config] → Meas BW: ($\approx 6 \cdot F_{\text{мод}}$);

[Meas Config] → Demod Time: ($\approx 10/F_{\text{мод}}$).

9.19.5 Зафиксировать в таблице 24 результаты измерений $\Delta\varphi_{\text{изм}}$ в окне Metrics в поле $\pm\text{Peak}/2$.

9.19.6 Повторить измерения по пунктам 9.19.2 - 9.19.5, для всех значений Δf и $F_{\text{мод}}$ указанных в таблице 24.

Таблица 24

Δf	$F_{\text{мод}}$	$\Delta\varphi$, рад	$\Delta\varphi_{\text{изм}}$, рад
1 кГц	1 кГц	1	
1 кГц	10 кГц	0,1	
10 кГц	1 кГц	10	

9.19.7 Для всех значений $\Delta\varphi_{\text{изм}}$, рассчитать абсолютную погрешность индекса фазовой модуляции (Δ), по формуле (18):

$$\Delta = \Delta\varphi_{\text{изм}} - \Delta\varphi \quad (18)$$

где $\Delta\varphi_{\text{изм}}$ – результат измерения индекса фазовой модуляции, рад;

$\Delta\varphi$ – установленное значение индекса фазовой модуляции, рад.

Результаты измерений считаются положительными, если значения абсолютной погрешности измерений индекса фазовой модуляции не превышают пределы $\pm(0,01 \cdot \varphi + 0,001)$ рад.

9.20 Определение погрешности установки полосы пропускания для фильтров EMI CISPR (при наличии опции S05)

Определение погрешности установки полосы пропускания для фильтров EMI CISPR проводить методом прямых измерений с помощью генератора сигналов E8257D.

9.20.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 4.

9.20.2 На генераторе E8257D выполнить следующие настройки:

- значение частоты: 500 МГц;
- выходной уровень: минус 10 дБм
- синхронизация от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц;
- включить выход генератора.

9.20.3 Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

- [BW] → Filter Type → EMI (CISPR);
- BW → Res BW: 200 Гц.

9.20.4 В меню анализатора включить измерение ширины полосы пропускания по уровню (N дБ) минус 6 дБ:

- [Marker] → Mkr Function → N dB Point → Status: On;
- [Marker] → Mkr Function → N dB Point → N = 6.

9.20.5 Измерить ширину полосы пропускания по индикации на дисплее. Результат измерения записать в таблицу 25.

Таблица 25 – Погрешность установки полосы пропускания фильтров EMI (CISPR)

Установленная полоса пропускания $RW_{уст}$	Полоса обзора (ПО)	Измеренная полоса пропускания по уровню минус 6 дБ ($RW_{-6дБ}$)
200 Гц	$3 \cdot RW_{уст}$	
9 кГц		
120 кГц		
1 МГц		

9.20.6 Повторить измерения по пунктам 9.20.3 и 9.20.5, результаты измерений зафиксировать в таблице 25.

9.20.7 Рассчитать по формуле (5) погрешность полосы пропускания, принимая в качестве $RW_{-6дБ}$ измеренное значение $RW_{-6дБ}$.

Результаты поверки считать положительными, если погрешность установки полос пропускания не превышает допустимых пределов:

для $RW_{уст}$ от 1 Гц до 500 Гц включ. – $\pm(0,03 \cdot RW_{уст} + 0,1)$ Гц
св. 500 Гц до 20 МГц – $\pm(0,03 \cdot RW_{уст})$ Гц.

9.21 Подстройка (калибровка) встроенного опорного генератора

После поверки выполнить подстройку опорного генератора анализатора спектра, чтобы компенсировать его годовой частотный дрейф.

Подробная инструкция по подстройке опорного генератора приведена в руководстве по эксплуатации анализатора.

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 проведении поверки в сокращенной форме информация об объеме проведенной поверки передается в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

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

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

Ведущий инженер по метрологии
отдела испытаний АО «ПриСТ»



Е. Е. Смердов

Приложение А

Таблица А1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
1	2
Пределы допускаемой относительной погрешности частоты опорного генератора (δ_0)	$\pm 5 \cdot 10^{-8}$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты (f) встроенным частотомером, Гц	$\pm(\delta_0 \cdot f + 1)$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты маркером ($f_{изм}$), Гц	$\pm(\delta_0 \cdot f_{изм} + 0,001 \cdot f_{по} + 0,05 \cdot f_{пп} + 0,5 \cdot k_m)$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки полос пропускания фильтров ПЧ по уровню -3 дБ для $f_{пп}$, Гц 0,1 Гц от 0,1 до 500 Гц включ. св. 500 Гц до 5 МГц включ. св. 5 до 20 МГц	$\pm 0,1 \cdot f_{пп}$ $\pm(0,03 \cdot f_{пп} + 0,1)$ $\pm 0,03 \cdot f_{пп}$ $\pm 0,15 \cdot f_{пп}$
Коэффициент прямоугольности фильтров ПЧ по уровням -60 дБ и -3 дБ, для $f_{пп}$, Гц, не более от 0,1 до 1 Гц включ. св. 1 Гц	± 8 ± 5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки полос пропускания фильтров ЕМІ по уровню -6 дБ для $f_{пп}$, Гц от 1 до 500 Гц включ. св. 500 Гц до 5 МГц включ. св. 5 до 20 МГц	$\pm(0,03 \cdot f_{пп} + 0,1)$ $\pm 0,03 \cdot f_{пп}$ $\pm 0,15 \cdot f_{пп}$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня на частоте 500 МГц, при изменении полосы пропускания ($f_{пп}$), дБ $f_{пп}$ св. 0,1 Гц до 1 МГц включ. $f_{пп}=2$ МГц $f_{пп}=3$ МГц $f_{пп}=5, 10$ МГц $f_{пп}=20$ МГц	$\pm 0,03$ $\pm 0,05$ $\pm 0,1$ $\pm 0,3$ $\pm 1,0$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки опорного уровня в диапазоне от -60 до -10 дБ ¹⁾ , дБ ¹⁾	$\pm 0,2$
Нелинейность шкалы относительно уровня -10 дБ ¹⁾ , при значениях входного сигнала от -60 до -10 дБ ¹⁾ , дБ	$\pm 0,1$
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) относительно уровня сигнала на частоте 500 МГц с выключенным/включенным предусилителем (внутренний аттенюатор 10 дБ), дБ, не более от 2 до 10 Гц от 10 Гц до 100 кГц от 100 кГц до 10 МГц от 10 МГц до 4 ГГц от 4 до 8 ГГц от 8 до 18 ГГц от 18,0 до 26,5 ГГц от 26,5 до 45 ГГц от 45 до 50 ГГц	$\pm 5,00/-$ $\pm 2,00/-$ $\pm 0,50/\pm 1,00$ $\pm 0,40/\pm 1,00$ $\pm 0,50/\pm 1,50$ $\pm 1,50/\pm 2,50$ $\pm 2,00/\pm 3,00$ $\pm 2,50/\pm 3,00$ $\pm 3,00/\pm 3,50$

Продолжение таблицы А1

1	2
Средний уровень собственных шумов с выключенным/включенным предусилителем (аттенюатор 0 дБ, $f_{\text{ш}}=1$ Гц), в полосе частот, дБ/Гц ³⁾ , не более	
для опций 004, 008	
от 2 Гц до 10 кГц	-110/-
св. 10 до 100 кГц включ.	-110/-
св. 100 кГц до 10 МГц включ.	-147/-148
св. 10 до 50 МГц включ.	-151/-156
св. 50 МГц до 1 ГГц включ.	-151/-161
св. 1 до 2 ГГц включ.	-149/-161
св. 2 до 3 ГГц включ.	-148/-161
св. 3 до 4 ГГц включ.	-144/-161
св. 4 до 6 ГГц включ.	-147/-161
св. 6 до 8 ГГц включ.	-145/-157
для опций 013, 018, 026, 040, 045, 050	
от 2 Гц до 10 кГц	-110/-
св. 10 до 100 кГц включ.	-110/-
св. 100 кГц до 10 МГц включ.	-147/-148
св. 10 до 50 МГц включ.	-149/-156
св. 50 МГц до 1 ГГц включ.	-149/-161
св. 1 до 2 ГГц включ.	-147/-161
св. 2 до 3 ГГц включ.	-146/-161
св. 3 до 4 ГГц включ.	-141/-161
св. 4 до 6 ГГц включ.	-142/-161
св. 6 до 8 ГГц включ.	-139/-157
св. 8 до 18 ГГц включ.	-145/-157
св. 18 до 26,5 ГГц включ.	-141/-154
св. 26,5 до 40 ГГц включ.	-135/-151
св. 40 до 45 ГГц включ.	-134/-151
св. 45 до 50 ГГц включ.	-130/-148
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня мощности на частоте 500 МГц из-за переключения аттенюатора относительно опорного значения 10 дБ, дБ ¹⁾ , при значениях аттенюатора:	
от 0 до 58 дБ	±0,15
от 60 до 70 дБ	±0,2
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня мощности относительно опорного уровня -20 дБ ¹⁾ , дБ ¹⁾	
с выключенным предусилителем	±0,24
с включенным предусилителем	±0,36
Уровень фазовых шумов относительно несущей 640 МГц, дБ/Гц ⁴⁾ , не более	
- при отстройке на 100 Гц	-99
- при отстройке на 1 кГц	-116
- при отстройке на 10 кГц	-126
- при отстройке на 100 кГц	-126
- при отстройке на 1 МГц	-139
Уровень помех, обусловленных гармоническими искажениями 2-го порядка (диапазон частот св. 10 МГц, уровень мощности на смесителе -15 дБ ¹⁾ , предусилитель выключен), дБ ²⁾ , не менее	
от 10 МГц до 2 ГГц включ.	-60
св. 2 до 4 ГГц включ.	-60
св. 4 до 8 ГГц включ.	-70
св. 8 до 25 ГГц	-65

Продолжение таблицы А1

1			2
Относительный уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка, выраженный в виде точки пересечения 3-го порядка (ТОИ) (диапазон частот св. 10 МГц, уровень мощности на смесителе от -10 до +2 дБ ¹⁾ , предусилитель выключен), дБ ¹⁾ , не менее			+12
от 10 МГц до 2 ГГц включ.			+17
св. 2 до 4 ГГц включ.			+16
св. 4 до 8 ГГц включ.			+18
св. 8 до 50 ГГц			
Относительный уровень помех, обусловленных побочными каналами приема			
Значения уровня подавления частоты зеркального канала, дБ ²⁾ , не более			
	Диапазон частот:	Частота зеркального канала	Уровень подавления
Уровень подавления частоты зеркального канала 1-й ПЧ	от 10 МГц до 4 ГГц включ.	$f+10,45$ ГГц	-80
	св. 4 до 8 ГГц включ.	$f+3,95$ ГГц	
Уровень подавления частоты зеркального канала 2-й ПЧ	от 10 МГц до 18 ГГц включ.	$f+850$ МГц	-80
	св. 18 до 50 ГГц включ.		-70
Уровень подавления частоты зеркального канала 3-й ПЧ	от 10 МГц до 40 ГГц включ.	$f+150$ МГц	-80
	св. 40 до 50 ГГц включ.		-76
Уровень помех, обусловленных остаточными комбинационными частотами от 1 МГц до 8 ГГц (согласованная нагрузка 50 Ом, аттенюатор 0 дБ), дБ, не более			-98
Диапазон измерений коэффициента амплитудной модуляции ($K_{ам}$), %			от 0 до 100
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $K_{ам}$ при частоте модулирующего сигнала от 30 Гц до 1 МГц, %			$\pm(0,01 \cdot K_{ам} + 0,1)$
Диапазон измерений девиации частоты (Δf) при частотной модуляции, Гц			от 5 до $1 \cdot 10^7$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений девиации частоты при частоте модулирующего сигнала от 30 Гц до 1 МГц, Гц			$\pm(0,01 \cdot \Delta f + 5)$
Диапазон измерений коэффициента фазы при фазовой модуляции, рад			от 0,001 до 1280
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений коэффициента фазы при частоте модулирующего сигнала от 20 Гц до 1 МГц, рад			$\pm(0,01 \cdot \phi + 0,001)$
Измерения на соответствие требованиям EMI CISPR (опция S05)			
Полоса пропускания фильтров электромагнитной совместимости (EMI CISPR) по уровню -6 дБ, Гц			200; $9 \cdot 10^3$; $1,2 \cdot 10^5$; $1 \cdot 10^6$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки полос пропускания фильтров EMI CISPR по уровню -6 дБ для $F_{пп}$, Гц от 1 до 500 Гц включ. св. 500 Гц до 20 МГц включ.			$\pm(0,03 \cdot F_{пп} + 0,1)$ $\pm 0,03 \cdot F_{пп}$
Анализатор векторных сигналов (опция S12)			
Остаточное среднеквадратическое значение векторной ошибки модуляции (модуляция QPSK, частота несущей 1 ГГц, скорость передачи данных до 5 МГц), %, не более			0,6
Примечания:			
1) – дБ относительно 1 мВт;			
2) – дБ относительно уровня несущей;			
3) – дБ относительно 1 мВт на 1 Гц;			
4) – дБ относительно уровня несущей в полосе пропускания 1 Гц;			
N – выбранное число точек развертки;			
f – частота входного сигнала, Гц;			
$f_{пп}$ – полоса пропускания, Гц.			