

СОГЛАСОВАНО

Директор

ФБУ «Томский ЦСМ»



Н.В. Мурсалимова

« 12 » 12 2023 г.

М.П.

Государственная система обеспечения единства измерений

АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА СК4М

Методика поверки

ЖНКЮ.468166.024 ДЗ

г. Томск

Содержание

1 Общие указания.....	3
2 Перечень операций поверки.....	3
3 Требования к условиям проведения поверки.....	5
4 Метрологический и технические требования к средствам поверки.....	5
5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки.....	10
6 Внешний осмотр.....	11
7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений.....	11
8 Проверка программного обеспечения.....	13
9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия анализаторов метрологическим требованиям.....	13
9.1 Определение погрешности частоты опорного генератора.....	13
9.2 Определение погрешности измерения частоты в режиме частотомера.....	14
9.3 Определение погрешности измерения уровня сигнала из-за переключения полосы пропускания.....	16
9.4 Определение погрешности установки ширины полос пропускания и коэффициента прямоугольности фильтров ПЧ.....	17
9.5 Определение погрешности установки опорного уровня.....	19
9.6 Определение диапазона и погрешности измерения уровня из-за нелинейности шкалы анализатора.....	20
9.7 Определение погрешности измерения уровня из-за переключения ослабления входного аттенюатора.....	22
9.8 Определение среднего уровня собственных шумов.....	23
9.9 Определение диапазонов и инструментальных погрешностей измерений коэффициента шума (КШ) и коэффициента передачи (КП) (опция «ИКШ»).....	25
9.10 Определение пределов абсолютной погрешности измерения КШ (опция «ИКШ»).....	29
9.11 Определение погрешности градуировки генераторов шума (опция «ГРП»).....	32
9.12 Определение диапазона отстроек и пределов допускаемой абсолютной погрешности измерения фазового шума (опция «ИФШ»).....	34
9.13 Определение абсолютной погрешности измерений частоты модулирующего сигнала Fm (опция «АДП»).....	35
9.14 Определение абсолютной погрешности измерений коэффициентов амплитудной модуляции (опция «АДП»).....	36
9.15 Определение абсолютной погрешности измерений девиации частоты (опция «АДП»).....	38
9.16 Определение погрешности измерения уровня минус 30 дБм на частоте 100 МГц.....	39
9.17 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ).....	40
9.18 Определение уровня фазовых шумов.....	42
9.19 Определение уровня гармонических искажений второго порядка.....	43
9.20 Определение интермодуляционных искажений третьего порядка.....	45
9.21 Определение КСВН входа СВЧ анализатора и аттенюаторов.....	48
9.22 Измерение напряжения питания ГШ.....	48
9.23 Подтверждение соответствия анализаторов метрологическим требованиям.....	49
Приложение А (обязательное) Метрологические характеристики анализаторов.....	50

1 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (МП) распространяется на анализаторы спектра СК4М (далее – анализатор) производства компании АО «НПФ «МИКРАН» (Россия), и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Средства измерений, используемые для проведения первичной и периодической поверки, по своим характеристикам должны быть прослеживаемы к государственным первичным эталонам единиц времени, частоты, спектральной плотности мощности шумового радиоизлучения.

1.3 Поверяемые анализаторы должны быть прослеживаемы к

- государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени - ГЭТ1-2022, согласно документу «Государственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты (утверждена приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2360);

- государственному первичному эталону единицы девиации частоты - ГЭТ166-2020, согласно документу «Государственная поверочная схема для средств измерений девиации частоты» (утверждена приказом Росстандарта от 01.02.2022 № 233);

- государственному первичному эталону единицы спектральной плотности мощности шумового радиоизлучения в диапазоне частот от 0,002 до 178,3 ГГц - ГЭТ21-2021, согласно документу ГОСТ Р 8.860-2013 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности мощности шумового радиоизлучения в диапазоне частот 0,002 ... 178,3 ГГц».

1.4 Методику поверки реализуют посредством методов прямых и косвенных измерений.

1.5 Объем первичной и периодической поверок приведен в таблице 1.

1.6 Допускается проводить периодическую поверку анализаторов в ограниченной полосе рабочего частотного диапазона, исходя из требований пользователя. Допускается проводить поверку анализатора только в том режиме, в котором он применяется с обязательным указанием информации об объеме проведенной поверки.

Примечания:

1 При указании, что необходимо запустить программу управления анализатором (или просто ПО), подразумевается, что программа управления анализатором запускается в режиме «Анализатор спектра СК4М», если не указано иное.

2 При снятии показаний под установившимся значением, если не указано иное, понимается такое значение, при котором за два-три кадра развертки его величина меняется не более чем на две единицы младшего разряда; записывать в этом случае рекомендуется последнее показание.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

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

2.2 В случае выявления несоответствия требованиям в ходе выполнения любой операции, указанной в таблице 1, поверяемый анализатор бракуется, поверку прекращают, и оформляют извещение о непригодности.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность проведения операции при поверке	
		первичной	периодической
1 Внешний осмотр	6	+	+
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7	+	+
3 Проверка программного обеспечения	8	+	+

Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность проведения операции при поверке	
		первичной	периодической
4 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия анализаторов метрологическим требованиям	9	+	+
4.1 Определение погрешности частоты опорного генератора	9.1	+	+
4.2 Определение погрешности измерения частоты в режиме частотомера Определение погрешности измерения частоты в режиме частотомера	9.2	+	-
4.3 Определение погрешности измерения уровня из-за переключения полосы пропускания Определение погрешности измерения уровня сигнала из-за переключении полосы пропускания	9.3	+	-
4.4 Определение погрешности установки ширины полос пропускания и коэффициента прямоугольности фильтров ПЧ	9.4	+	-
4.5 Определение погрешности установки опорного уровня	9.5	+	+
4.6 Определение диапазона и погрешности измерения уровня из-за нелинейности шкалы анализатора	9.6	+	+
4.7 Определение погрешности измерения уровня из-за переключения ослабления входного аттенюатора	9.7	+	+
4.8 Определение среднего уровня собственных шумов	9.8	+	+
4.9 Определение диапазонов и инструментальных погрешностей измерений коэффициента шума (КШ) и коэффициента передачи (КП) (опция «ИКШ»)	9.9	+	+
4.10 Определение пределов абсолютной погрешности измерения КШ (опция «ИКШ»)	9.10	+	-
4.11 Определение погрешности градуировки генераторов шума (опция «ГРП»)	9.11	+	+
4.12 Определение диапазона отстроек и пределов допускаемой абсолютной погрешности измерения фазового шума (опция «ИФШ»)	9.12	+	+
4.13 Определение абсолютной погрешности измерений частоты модулирующего сигнала Fм (опция «АДП»)	9.13	+	+
4.14 Определение абсолютной погрешности измерений коэффициентов амплитудной модуляции (опция «АДП»)	9.14	+	+

Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность проведения операции при поверке	
		первичной	периодической
4.15 Определение абсолютной погрешности измерений девиации частоты (опция «АДП»)	9.15	+	+
4.16 Определение погрешности измерения уровня минус 30 дБм на частоте 100 МГц Определение погрешности измерения уровня минус 30 дБм на частоте 100 МГц	9.16	+	+
4.17 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ)	9.17	+	+
4.18 Определение уровня фазовых шумов	9.18	+	+
4.19 Определение уровня гармонических искажений второго порядка	9.19	+	–
4.20 Определение интермодуляционных искажений третьего порядка	9.20	+	–
4.21 Определение КСВН входа СВЧ анализатора и аттенюаторов	9.21	+	–
4.22 Измерение напряжения питания ГЩ	9.22	+	+
4.23 Подтверждение соответствия анализаторов метрологическим требованиям	9.23	+	+
5 Оформление результатов поверки	10	+	+

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 20 до 30;
- относительная влажность воздуха, %, не более 80;
- атмосферное давление кПа (мм рт. ст.) от 84,0 до 106,7 (от 630 до 800).

3.2 Электропитание анализатора осуществляется от промышленной сети (230 ± 23) В, частотой 50 Гц.

4 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки должны применяться основные и вспомогательные средства поверки согласно таблицам 2, 3. Допускается применять другие средства поверки с аналогичными или лучшими метрологическими характеристиками, обеспечивающие требуемую точность передачи единиц величин поверяемому анализатору.

4.2 Все применяемые средства поверки должны быть исправны, средства измерений должны быть поверены и иметь действующий срок 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
7.3	Измерители присоединительных размеров: - номинал измеряемого присоединительного размера «А» в трактах 3,5/1,5 и 2,4/1,042 мм - 0,00 мм, в тракте 7,0/3,04 мм – 5,26 мм	Комплекты измерителей присоединительных размеров КИПР рег. № 68805-17 (КИПР-11Р-11,

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	- пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений присоединительного размера «А»: - в трактах 3,5/1,5 и 2,4/1,042 мм: $\pm 0,008$ мм; - в тракте 7,0/3,04 мм: $\pm 0,02$ мм	КИПР-13Р-13, КИПР-05Р-05)
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 по Приказу Росстандарта от 26.09.2022 № 2360	Частотомер универсальный CNT-90XL рег. № 70888-18
9.2 – 9.7, 9.9, 9.16, 9.17, 9.19, 9.20		Стандарт частоты рубидиевый FS 725 рег. № 31222-06
9.2 – 9.7, 9.9, 9.17 – 9.20		Синтезатор частот Г7М-20А рег. № 52796-13 (для анализаторов с опциями «11Р» и «13Н»)
9.2	СИ частоты: - диапазон частот от 10 МГц до 50000 МГц; - диапазон установки уровня мощности от минус 70 до 10 дБм ¹⁾ ; - пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ - погрешность установки уровня выходной мощности $\pm 2,5$ дБ	Генератор сигналов произвольной формы АКИП-3402 рег. № 40102-08
9.12 – 9.15	Рабочий эталон 1 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений девиации частоты по Приказу Росстандарта от 01.02.2022 № 233	Генератор сигналов векторный Г7М-06 рег. № 78508-20 (для анализаторов с опциями «ИФП» и/или «АДП»)
9.16, 9.17	СИ мощности ВЧ и СВЧ колебаний: - границы допускаемой относительной погрешности установки выходной мощности сигнала калибратора $\pm 0,4$ % - границы нелинейности амплитудной характеристики $\pm 0,5$ %	Блок измерительный ваттметров N1913А рег. № 57386-14
	СИ мощности ВЧ и СВЧ колебаний: - диапазон частот от 0,09 до 18000 МГц; - диапазон измеряемого уровня мощности от минус 60 до 20 дБм; - пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности ± 8 %	Преобразователь измерительный Е9304А-Н18 рег. № 57387-14 (для анализаторов с опцией «11Р»)
	СИ мощности ВЧ и СВЧ колебаний: - диапазон рабочих частот от 50 до 26500 МГц - диапазон измеряемого уровня мощности от минус 70 до 20 дБм - пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности ± 8 %	Преобразователь измерительный Е4413А рег. № 57163-14 (для анализаторов с опцией «13Н»)

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9.17	СИ мощности ВЧ и СВЧ колебаний: - диапазон рабочих частот от 50 до 50000 МГц; - диапазон измеряемого уровня мощности от минус 30 до 20 дБм - пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности $\pm 8 \%$	Преобразователь измерительный термоэлектрический ваттметров поглощаемой мощности 8487А рег. № 58375-14 (для анализаторов с опцией «05Н»)
9.16	СИ мощности ВЧ и СВЧ колебаний: - диапазон рабочих частот от 50 до 50000 МГц; - диапазон измеряемого уровня мощности от минус 60 до минус 20 дБм; - пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности $\pm 8 \%$	Преобразователь измерительный ваттметров поглощаемой мощности 8487D рег. № 58320-14 (для анализаторов с опцией «05Н»)
9.5 – 9.7	СИ ослабления электрических сигналов в коаксиальных трактах: - диапазон частот от 1 до 100 МГц; - диапазон ослабления от 0 до 70 дБ; - погрешность установки ослабления $\pm 1,2$ дБ	Аттенуатор управляемый электро-механический Д6М-26-13Р рег. № 87878-23
9.21	СИ с диапазоном частот от 10 до 50 000 МГц; - пределы измерения КСВН от 1,05 до 5,0 - пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения модуля коэффициента отражения, не более $\pm 1,63$ дБ	Анализатор цепей векторный E8364В рег. № 37176-08
9.22	СИ напряжения: - диапазон измерений постоянного напряжения от 0 до 200 В; - пределы допускаемой относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока $\pm 0,1 \%$	Мультиметр цифровой АРРА 305 рег. № 20088-05
9.9, 9.10	СИ с диапазоном рабочих частот от 10 до 18000 МГц; - диапазон ИОШТ от 13 до 16 дБ; - пределы допускаемой абсолютной погрешности избыточной относительной шумовой температуры (ИОШТ) $\pm 0,4$ дБ	Генератор шума ГШМ2-18В-01 рег. № 52705-13 (для анализаторов с опциями «ИКШ» и «11Р»)
9.9 – 9.11	СИ с диапазоном рабочих частот от 10 до 20000 МГц; - диапазон ИОШТ от 13 до 16 дБ; - пределы допускаемой погрешности ИОШТ $\pm 0,4$ дБ	Генератор шума ГШМ2-20В-13 рег. № 52705-13 (для анализаторов с опциями «ИКШ» и «13Н»)
9.9 – 9.11	СИ с диапазоном рабочих частот от 1000 до 50000 МГц; - диапазон ИОШТ от 13 до 16 дБ; - пределы допускаемой погрешности ИОШТ $\pm 0,5$ дБ	Генератор шума 346С opt.K01 рег. № 37179-08 (для анализаторов с опциями «ИКШ» и «05Н»)

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9.11	СИ времени: - минимальный диапазон измерений интервалов времени от 0 до 4 ч; - допускаемая основная абсолютная погрешность измерения в режиме секундомера (без учета знака) при температуре $(25 \pm 5) ^\circ\text{C}$, не более 0,04 с за 4 ч	Секундомер электронный «Интеграл С-01» рег. № 44154-16
¹⁾ Здесь и далее дБм – это дБ относительно 1 мВт ²⁾ Для 9.20 требуется 2 шт.		

Таблица 3 – Вспомогательные средства поверки

Номер пункта методики	Наименование вспомогательного средства поверки, количество и (или) основные технические характеристики
9.9, 9.11	Аттенюаторы коаксиальные Д2М-20-10-13Р-13 (2 шт) Д2М-20-20-13Р-13 Д2М-20-30-13Р-13 – соединители тип 3,5 мм (розетка) - 3,5 мм (вилка) – диапазон рабочих частот от 10 до 20000 МГц; – КСВН не более 1,15
9.9	Аттенюаторы коаксиальные Д2М-18-10-11Р-11 (2 шт) Д2М-18-20-11Р-11 Д2М-18-30-11Р-11 – соединители тип N (розетка) - N(вилка) – диапазон рабочих частот от 10 до 18000 МГц; – КСВН не более 1,15
9.9, 9.11	Аттенюаторы коаксиальные Д2М-50-10-05Р-05 (2 шт.) Д2М-50-20-05Р-05 Д2М-50-30-05Р-05 – соединители тип 2.4мм (розетка) – 2.4мм (вилка) – диапазон рабочих частот от 10 до 50000 МГц; – КСВН не более 1,3
9.9	Аттенюатор ступенчатый программируемый 84905М – диапазон частот от 10 МГц до 50 ГГц; – наличие ступени с номинальным ослаблением 10 дБ
9.20	Делитель мощности (делитель 1) для опций «11Р» и «13Н» – соединители: тип 3,5, розетка; – диапазон рабочих частот от 10 до 20000 МГц; – КСВН не более 1,2; – развязка на плечо не менее 5 дБ.
9.20	Делитель мощности (делитель 2) для опции «05Н» – соединители: тип 2,4, розетка; – диапазон рабочих частот от 0 до 50000 МГц; – КСВН, не более, в диапазоне частот: от 0 до 20 ГГц1,2, от 20 до 50 ГГц.....1,3; – развязка на плечо не менее 5 дБ.

Номер пункта методики	Наименование вспомогательного средства поверки, количество и (или) основные технические характеристики
9.2, 9.5, 9.19, 9.20	Кабель коаксиальный (кабель 1): – соединители: тип BNC, вилка; тип BNC, вилка; – частота измерений 10 МГц.
9.2, 9.9, 9.19, 9.20	Кабель коаксиальный (кабель 2): – соединители: тип 2,4, вилка; – диапазон рабочих частот от 10 до 50000 МГц; – КСВН не более 1,5
9.2, 9.5, 9.9, 9.20	Кабель коаксиальный (кабель 3): – соединители: тип 3,5, вилка; – диапазон рабочих частот от 10 до 20000 МГц; – КСВН не более 1,5; – вносимые потери не более 2,5 дБ
9.8	Нагрузка согласованная НСЗ-50-05Р (нагрузка 1): – соединитель: тип 2,4 розетка; – диапазон рабочих частот от 10 до 50000 МГц; – КСВН не более 1,15.
9.2, 9.5, 9.20	Переход коаксиальный ПК2-18-13Р-11 (переход 1): – соединители: тип 3,5, розетка - тип N, вилка; – диапазон рабочих частот от 10 до 18000 МГц; – КСВН не более 1,15; – вносимые потери не более 0,3 дБ.
9.2, 9.5, 9.20	Переход коаксиальный ПК2-20-13Р-13Р (переход 2): – соединители: тип 3,5 розетка - тип 3,5, розетка; – диапазон рабочих частот от 10 до 20000 МГц; – КСВН не более 1,15; – вносимые потери не более 0,3 дБ.
9.2, 9.19, 9.20	Переход коаксиальный ПК2-50-05Р-05Р (переход 3): – соединители: тип 2,4, розетка - тип 2,4, розетка; – диапазон рабочих частот от 10 до 50000 МГц; – КСВН не более 1,25; – вносимые потери не более 0,5 дБ.
9.2	Переход коаксиальный (переход 4) – соединители: тип 3,5, вилка - тип BNC, розетка; – диапазон рабочих частот от 0 до 10 МГц;
9.2	Переход коаксиальный (переход 5) – соединители: тип 2,4, вилка - тип BNC, розетка; – диапазон рабочих частот от 0 до 10 МГц;
9.19	Переход коаксиальный ПК2-18-11-13 (переход 6): – соединители: тип 3,5, вилка - тип N, вилка; – диапазон рабочих частот от 10 до 18000 МГц; – КСВН не более 1,15; – вносимые потери не более 0,3 дБ.
9.5, 9.19	Переход коаксиальный ПК2-20-05Р-13 (переход 7): – соединители: тип 2,4, розетка – тип 3,5, вилка; – диапазон рабочих частот от 10 до 32000 МГц; – КСВН не более 1,15; – вносимые потери не более 0,3 дБ.
9.9	Переход коаксиальный ПКН2-20-13РН-03Р (переход 8): – соединители: NMD3,5, розетка - тип IX вар.3, розетка; – диапазон рабочих частот от 10 до 20000 МГц; – КСВН не более 1,2; – вносимые потери не более 0,5 дБ.

Номер пункта методики	Наименование вспомогательного средства поверки, количество и (или) основные технические характеристики
9.9	Переход коаксиальный ПКН2-26-05РН-03Р (переход 9): – соединители: NMD2,4, розетка - тип IX вар.3, розетка; – диапазон рабочих частот от 10 до 20000 МГц; – КСВН не более 1,2; – вносимые потери не более 0,5 дБ.
9.9	Переход коаксиальный ПКН2-50-05РН-05Р (переход 10): – соединители: NMD2,4, розетка – 2,4, розетка; – диапазон рабочих частот от 10 до 50000 МГц; – КСВН не более 1,3; – вносимые потери не более 0,7 дБ.
9.9	Переход коаксиальный ПК2-26-13-05Р (переход 11): – соединители: тип 3,5 вилка - тип 2,4, розетка; – диапазон рабочих частот от 10 до 26000 МГц; – КСВН не более 1,2; – вносимые потери не более 0,4 дБ.
9.19	Фильтр полосовой (фильтр 1) – соединители: тип 3,5, розетка; тип 3,5, розетка; – частоты среза по уровню 0,707: 2000 и 3000 МГц; – КСВН в полосе пропускания не более 1,3.
9.19	Фильтр полосовой (фильтр 2) – соединители: тип 3,5, розетка; тип 3,5, розетка; – частоты среза по уровню 0,707: 3000 и 5000 МГц; – КСВН в полосе пропускания не более 1,3.
9.19	Фильтр полосовой (фильтр 3) – соединители: тип 3,5, розетка; тип 3,5, розетка; – частоты среза по уровню 0,707 5000 и 8000 МГц; – КСВН в полосе пропускания не более 1,3.
9.19	Фильтр полосовой (фильтр 4) – соединители: тип 3,5, розетка; тип 3,5, розетка; – частоты среза по уровню 0,707: 8000 и 12000 МГц; – КСВН в полосе пропускания не более 1,4.
9.19	Фильтр полосовой (фильтр 5) – соединители: тип 3,5, розетка; тип 3,5, розетка; – частоты среза по уровню 0,707: 12000 и 18500 МГц; – КСВН в полосе пропускания не более 1,5.
9.6 – 9.22	Персональный компьютер (ПК). Минимальные требования: - процессор x86 или x64 с тактовой частотой 2,4 ГГц; - наличие интерфейса локальной сети Ethernet; - оперативная память 1 ГБ; - разрешение экрана 1024×768; - операционная система: Windows® 7/8/10/11, Astra Linux CE 2.12.45, Ubuntu LTS 22.04.

5 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 К проведению поверки анализатора допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим радиотехническим образованием, имеющий опыт работы с радиотехническими установками, ознакомленный с руководством по эксплуатации и документацией по поверке и имеющие право на поверку.

5.2 При проведении поверки анализатора необходимо соблюдать «Правила

технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» и правила охраны труда.

5.3 К проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте, освоившие работу с анализатором и применяемыми средствами поверки и изучившие настоящую методику.

5.4 На рабочем месте должны быть приняты меры по обеспечению защиты от воздействия статического электричества.

5.5 При проведении всех видов работ с анализатором необходимо использовать антистатический браслет.

5.6 Для исключения сбоев в работе измерения необходимо производить при отсутствии резких перепадов напряжения питания сети, вызываемых включением и выключением мощных потребителей электроэнергии, и мощных импульсных помех.

6 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

6.1 Провести визуальный контроль чистоты и целостности всех соединителей поверяемого анализатора. В случае обнаружения посторонних частиц провести чистку соединителей.

6.2 Провести визуальный контроль целостности кабелей питания и Ethernet.

6.3 Проверить отсутствие механических повреждений, шумов внутри корпуса, обусловленных наличием незакрепленных деталей, следов коррозии металлических деталей и следов воздействия жидкостей или агрессивных паров, целостность лакокрасочных покрытий, сохранность маркировки и пломб.

Примечание – К механическим повреждениям относятся глубокие царапины, деформации на рабочих поверхностях центрального или внешнего проводников соединителей, вмятины на корпусе, а также другие повреждения, непосредственно влияющие на технические характеристики.

6.4 Результаты выполнения операции считать положительными, если:

- кабель питания и кабель Ethernet не имеют повреждений;
- отсутствуют механические повреждения на соединителях и корпусе поверяемого анализатора;
- отсутствуют шумы внутри корпуса, обусловленные наличием незакрепленных деталей;
- отсутствуют следы коррозии металлических деталей и следы воздействия жидкостей или агрессивных паров;
- лакокрасочные покрытия не повреждены;
- маркировка, наносимая на поверяемый анализатор, разборчива;
- пломбы не нарушены

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Общие указания по проведению поверки

7.1.1 В процессе выполнения операций результаты измерений заносятся в протокол поверки. Полученные результаты должны укладываться в пределы допускаемых значений, которые указаны в таблицах и по тексту настоящего раздела документа.

7.1.2 При получении отрицательных результатов по какой-либо операции необходимо повторить операцию.

7.1.3 При повторном отрицательном результате анализатор следует направить в сервисный центр для проведения регулировки и/или ремонта.

7.1.4 Под «активной» (или «активированием») опцией анализатора понимается наличие этой опции и включение ее основной функции; а под неактивной опцией понимается либо ее отсутствие, либо отключение ее основной функции.

7.2 Подготовка к поверке

7.2.1 Порядок установки анализатора на рабочее место, включения, установки

программного обеспечения, подключения к ПК, управления и дополнительная информация приведены в руководстве по эксплуатации на него.

7.2.2 Убедиться в выполнении условий проведения поверки.

7.2.3 Выдержать анализатор в выключенном состоянии в условиях проведения поверки не менее двух часов, если он находился в отличных от них условиях.

7.2.4 Выдержать анализатор во включенном состоянии не менее 30 минут.

7.2.5 Выдержать средства поверки во включенном состоянии в течение времени, указанного в их руководствах по эксплуатации.

7.2.6 Перед началом работы поверитель должен изучить руководство по эксплуатации поверяемого анализатора, а также руководства по эксплуатации применяемых средств поверки.

7.3 Проверка присоединительных размеров

7.3.1 Проверку присоединительного размера соединителя СВЧ входа анализатора проводить с применением комплекта КИПР в соответствии с указаниями в его эксплуатационной документации. Для различных исполнений анализаторов применять следующие типы КИПР:

- КИПР-11Р-11 для анализаторов с опцией «11Р»;
- КИПР-13Р-13 для анализаторов с опцией «13Н»;
- КИПР-05Р-05 для анализаторов с опцией «05Н».

7.3.2 Проверке подлежит присоединительный размер «А» по ГОСТ РВ 51914-2002 коаксиального соединителя входа СВЧ анализатора.

7.3.3 Результаты выполнения операции считать положительными, если присоединительный размер коаксиального соединителя входа СВЧ анализатора соответствует требованиям ГОСТ РВ 51914-2002.

Примечания:

1 Для соединителей в коаксиальном волноводе 7,0/3,04 мм номинал на присоединительный размер «А» принимают 5,26 мм.

2 Присоединительные размер «А» соединителя NMD3,5 (усиленный соединитель тракта 3,5/1,5 мм) соответствует 3,5 мм вилка по ГОСТ РВ 51914-2002.

3 Присоединительные размер «А» соединителя NMD2,4 (усиленный соединитель тракта 2,4/1,08 мм) соответствует тип I (2,4 мм) вилка по ГОСТ РВ 51914-2002.

7.4 Опробование

7.4.1 Подключить анализатор к ПК непосредственно или с использованием оборудования локальной вычислительной сети в соответствии с сетевыми настройками.

Примечание – На задней панели анализатора имеется линейка из шести переключателей «Конфигуратор» (см. руководство по эксплуатации). При выключенном первом переключателе (положение «OFF» или «ВЫКЛ») будут использоваться сетевые параметры со значениями по умолчанию, при включенном (положение «ON» или «ВКЛ») – установленные пользователем. При прямом подключении анализатора к ПК проверить, чтобы первый переключатель был выключен. Для установления связи необходимо, чтобы параметры IP-протокола (в настройках сетевого подключения в операционной системе) в ПК так же были установлены по умолчанию.

7.4.2 Установить программное обеспечение (ПО) с цифрового носителя из комплекта поставки поверяемого анализатора.

7.4.3 Запустить ПО, произвести подключение ПК к поверяемому анализатору в соответствии с его IP-адресом или DNS-именем (далее по тексту – подключится).

7.4.4 Установить на анализаторе начальные параметры. Запустить (программно) процесс измерений. Проверить состояние индикаторов в ПО и на передней панели поверяемого анализатора. Должны светиться непрерывно (без мигания) индикаторы красного цвета ВКЛ и один из индикаторов ЗАКРЫТЫЙ ВХОД или ОТКРЫТЫЙ ВХОД (в зависимости от опций), остальные индикаторы светиться не должны.

Примечание – Если появится сообщение об ошибке, необходимо закрыть ПО, выключить поверяемый анализатор, проверить надежность подключения кабеля Ethernet. Через одну минуту произвести повторное включение.

7.4.5 Результаты проверки считать положительными, если ПО загружается, анализатор реагирует на управление, в течение измерений не появляются сообщения об ошибках или ошибки устраняются перезагрузкой ПО, индикаторы работают корректно, а уровень отображаемых шумов при установке начальных параметров не превышает значения минус 10 дБм во всем частотном диапазоне.

8 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

8.1 Проверка проводится для подтверждения соответствия программного обеспечения тому ПО, которое было зафиксировано при испытаниях в целях утверждения типа средства измерений. С целью обеспечения защиты ПО от несанкционированного доступа дополнительно фиксируются идентификационные данные файла запуска ПО.

8.2 Запустить ПО, произвести подключение к анализатору.

8.3 Выбрать в меню «Справка» пункт «О программе Graphit...». Проверить, что номер версии ПО, отображаемый в появившемся окне, совпадает с приведенным на рисунке 8.1, либо имеет версию выше по номеру. Закрыть окно «О программе Graphit...». Номер версии в заголовке окна ПО также должен соответствовать указанному на рисунке 8.1, либо быть выше по номеру. По окончании проверки занести номер версии ПО в свидетельство о проверке.

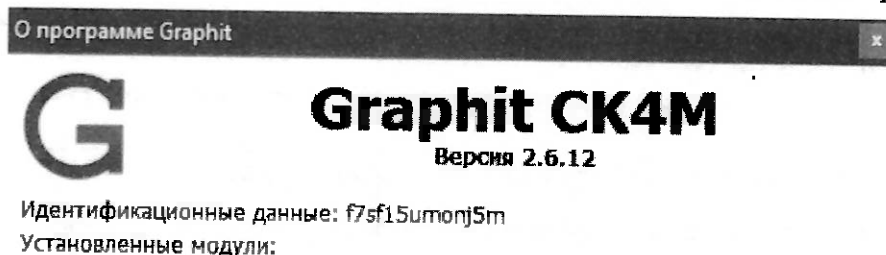


Рисунок 8.1 – Проверка номера версии ПО

8.4 Результаты проверки считать положительными, если наименование совпадает с приведенным на рисунке 8.1, а версия ПО имеет номер 2.6.12 и выше.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ АНАЛИЗАТОРОВ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

9.1 Определение погрешности частоты опорного генератора

9.1.1 Подготовить частотомер электронно-счетный (далее частотомер) и стандарт частоты рубидиевый к работе в соответствии с руководствами по эксплуатации на них.

9.1.2 Выполнить соединение приборов по схеме рисунка 9.2.

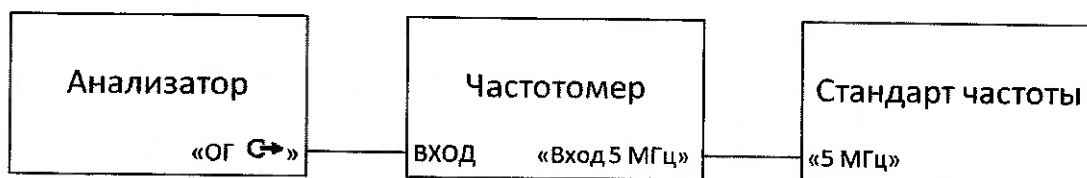


Рисунок 9.1 – Схема определения погрешности частоты опорного генератора

9.1.3 Измерить частоту внутреннего опорного генератора анализатора. Зафиксировать 10 последовательных показаний частотомера и найти их среднее арифметическое значение по формуле

$$F_{CP} = \sum f_{ki} / n, \quad (9.1)$$

где f_{ki} – значение частоты в единичном измерении, Гц;

n – число проведенных единичных измерений.

9.1.4 Рассчитать относительную погрешность частоты внутреннего опорного генератора по формуле

$$\delta f_{OG} = (F_{CP} - F_{НОМ}) / F_{НОМ}, \quad (9.2)$$

где F_{CP} – среднее арифметическое значение 10 последовательных результатов измерений частоты, Гц;

$F_{НОМ}$ – номинальное значение частоты, равное 10 МГц.

9.1.5 Результаты измерений занести в таблицу 4.

Таблица 4 – Измерения частоты опорного генератора

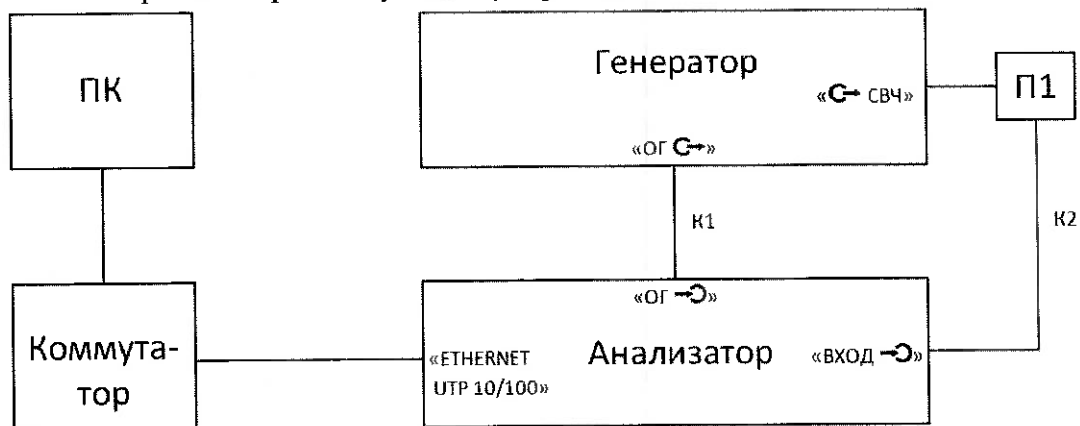
Номер измерения	Значение частоты в единичном измерении, f_{ki} , Гц	Номер измерения	Значение частоты в единичном измерении, f_{ki} , Гц
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5		10	
Среднее арифметическое значение 10 последовательных результатов измерений частоты, F_{CP} , Гц			
Относительная погрешность частоты внутреннего опорного генератора, δf_{OG}			
Пределы допускаемой относительной погрешности частоты			$\pm 1 \cdot 10^{-7}$

9.1.6 Результаты проверки считать положительными, если относительная погрешность частоты внутреннего опорного генератора, δf_{OG} , не превышает $\pm 1 \cdot 10^{-7}$.

9.2 Определение погрешности измерения частоты в режиме частотомера

9.2.1 Подготовить генератор СВЧ сигналов (генератор сигналов АКИП-3402, синтезатор частот Г7М-20А для анализатора с опциями «11Р» или «13Н», и генератор сигналов E8257D для анализатора с опцией «05Н») в соответствии с руководством по эксплуатации на него.

9.2.2 Собрать измерительную схему, приведенную на рисунке 9.2.



Коммутатор – сетевой коммутатор Ethernet; П1 – переход коаксиальный (переход 1 для опции «11Р», переход 2 для опции «13Н», переход 3 для опции «05Н»; для измерений на частоте 0,0001 МГц: переходы 4 и 1 для опции «11Р», переходы 4 и 2 для опции «13Н», переходы 5 и 3 для опции «05Н»); К1 – кабель (кабель 1); К2 – кабель СВЧ коаксиальный (кабель 3 для опций «11Р» и «13Н», кабель 2 для опции «05Н», кабель 1 для измерений на частоте 0,0001 МГц).

Рисунок 9.2 – Схема подключения анализатора к генератору

9.2.3 Установить следующие параметры измерения на анализаторе:

Восстановить начальные параметры;

Центральная частота F_{ac} – 100 МГц;

Полоса обзора – 1 МГц;

Полоса фильтра ПЧ – 10 кГц;

Опорный уровень – минус 30 дБм;

Режим входа – открытый вход (при наличии опции «АПА»);

Опорный генератор – внешний, 10 МГц.

9.2.4 Установить следующие параметры на генераторе:

Режим работы – фиксированная частота и мощность;

Центральная частота F_g – 100 МГц;

Мощность на выходе P_g – минус 30 дБм.

9.2.5 Включить (программно) генерацию СВЧ мощности на генераторе, запустить режим измерения на анализаторе.

9.2.6 Выставить на анализаторе маркер в режиме определения максимального значения, включить счетчик частоты с разрешением 1 Гц в автоматическом режиме. Считывать показание счетчика с маркера F_q .

9.2.7 Вычислить абсолютную погрешность измерения частоты ΔF , Гц, по формуле

$$\Delta F = F_q - F_g, \quad (9.3)$$

где F_q – частота измеренная счетчиком частоты маркера, Гц;

F_g – частота генератора, Гц.

9.2.8 Занести полученное значение абсолютной погрешности измерения частоты ΔF в таблицу 5.

9.2.9 Повторить измерения частоты и вычисления значений погрешности измерения для остальных значений разрешения анализатора в режиме счетчика частоты, в соответствии с таблицей 5.

Таблица 5 – Определение погрешности измерения частоты в режиме частотомера

F_g , МГц	Разрешение счетчика	F_q , МГц	ΔF	
0,0001	1 Гц		Гц	± 1 Гц
	10 Гц			± 10 Гц
	100 Гц			± 100 Гц
100	1 Гц		Гц	± 1 Гц
	10 Гц			± 10 Гц
	100 Гц			± 100 Гц
	1 кГц		кГц	± 1 кГц
	10 кГц			± 10 кГц
	100 кГц			± 100 кГц
17999 (19999)	1 Гц		Гц	± 1 Гц
	10 Гц			± 10 Гц
	100 Гц			± 100 Гц
	1 кГц		кГц	± 1 кГц
	10 кГц			± 10 кГц
	100 кГц			± 100 кГц
49999	1 Гц		Гц	± 1 Гц
	10 Гц			± 10 Гц
	100 Гц			± 100 Гц
	1 кГц		кГц	± 1 кГц
	10 кГц			± 10 кГц
	100 кГц			± 100 кГц

9.2.10 Повторить 9.2.5 – 9.2.9, установив центральную частоту на анализаторе и генераторе соответствующей верхней граничной частоте с учетом полосы обзора (17999 МГц для анализаторов с опцией «11Р», 19999 МГц для анализаторов с опцией «13Н» и 49999 МГц для анализаторов с опцией «05Н».

9.2.11 Для измерений на частоте 0,0001 МГц подготавливают генератор сигналов АКИП-3402 в соответствии с руководством по эксплуатации на него. Устанавливают на нем уровень выходной мощности -30 дБм и частоту 100 Гц.

9.2.12 Выполнить измерения анализатором на центральной частоте 0,0001 МГц с полосой обзора 0,00005 МГц, полосой фильтра ПЧ 10 Гц, и с разрешениями счетчика частоты в соответствии с таблицей 5.

9.2.13 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если действительные значения абсолютной погрешности измерения частоты в режиме счетчика частоты не выходит за пределы ΔF , указанные в таблице 5.

9.3 Определение погрешности измерения уровня сигнала из-за переключения полосы пропускания

9.3.1 Подготовить генератор (синтезатор частот Г7М-20А или генератор сигналов Е8257D) в соответствии с руководством по эксплуатации на него.

9.3.2 Собрать измерительную схему, приведенную на рисунке 9.2.

9.3.3 Установить следующие параметры на генераторе:

Режим работы – фиксированная частота и мощность;

Частота F_g – 100 МГц;

Мощность P_g – минус 30 дБм.

9.3.4 Установить следующие параметры измерения на анализаторе:

Восстановить начальные параметры;

Полоса обзора – 200 Гц;

Центральная частота F_{ac} – 100 МГц;

Полоса фильтра ПЧ – 3 МГц;

Автовыбор видеофильтра – выкл.;

Видеофильтр – 100 Гц;

Опорный уровень – минус 30 дБм;

Режим входа – открытый вход (при наличии опции «АПА»);

Опорный генератор – внешний, 10 МГц;

Авто подстройка уровня – выкл.;

Однократно выполнить автоподстройку уровня.

9.3.5 Включить генерацию СВЧ мощности на генераторе, запустить процесс измерения на анализаторе.

9.3.6 Запомнить текущее значение измерительной трассы в память $Trc1_P1$. Создать математическую трассу $Mat1$.

9.3.7 Для трассы $Mat1$, в качестве Трассы А задать измерительную трассу $Trc1$, в качестве Трассы В задать трассу памяти $Trc1_P1$. Для трассы $Mat1$ задать операцией следующим выражением «Модуль разности А-В».

9.3.8 Установить маркер на центральную частоту 100 МГц в режиме поиска максимума для трассы $Trc1$, через его контекстное меню задать отображение трасс $Mat1$ и $Trc1$.

9.3.9 Изменяя полосу фильтра ПЧ в соответствии с таблицей 6, с помощью маркера считать показания $\Delta R_{фч}$ с трассы $Mat1$. Занести полученные значения погрешности измерения уровня из-за переключения полосы пропускания $\Delta R_{фч}$ в таблицу 6.

Таблица 6 – Определение погрешности измерения уровня из-за переключения полосы пропускания

Установленное значение полосы пропускания фильтра ПЧ	Измеренное значение погрешности $\Delta R_{фпч}$, дБ	Пределы допускаемой погрешности $\Delta R_{фпч}$, дБ
10 МГц		0,1
3 МГц	-	-
1 МГц		0,1
300 кГц		
100 кГц		
30 кГц		
10 кГц		
6,366 кГц		
3 кГц		
1 кГц		
700 Гц		
500 Гц		
300 Гц		
200 Гц		
140 Гц		
100 Гц		
70 Гц		
50 Гц		
30 Гц		
20 Гц		
10 Гц		
7 Гц		
5 Гц		
3 Гц		
2 Гц		
1 Гц		

9.3.10 Результаты проверки считаются удовлетворительными, если значения погрешности измерения уровня из-за переключения полосы пропускания не превышают пределов допускаемой погрешности, указанных в последнем столбце таблицы 6.

9.4 Определение погрешности установки ширины полос пропускания и коэффициента прямоугольности фильтров ПЧ

9.4.1 Подготовить генератор (синтезатор частот Г7М-20А или генератор сигналов Е8257D) в соответствии с руководством по эксплуатации на него.

9.4.2 Собрать измерительную схему, приведенную на рисунке 9.2.

9.4.3 Установить следующие параметры на генераторе:

Режим работы – фиксированная частота и мощность;

Частота F_g – 100 МГц;

Мощность P_g – 10 дБм.

9.4.4 Установить следующие параметры измерения на анализаторе:

Восстановить начальные параметры;

Опорный генератор – внешний, 10 МГц;

Центральная частота $F_{ас}$ – 100 МГц;

Полоса обзора – 24 МГц;

Количество точек – 1001;

Полоса фильтра ПЧ – 3 МГц;

Видеофильтр – 100 Гц;

Опорный уровень – 10 дБм;

Режим входа – открытый вход (при наличии опции «АПА»).

9.4.5 Включить генерацию СВЧ мощности на генераторе, запустить процесс измерения на анализаторе.

9.4.6 На анализаторе выполнить следующие операции:

1. включить маркер 1. Установить в его свойствах поиск значения отличающегося на 3 дБ от максимума "слева" (<-уров);
2. включить маркер 2. Установить в его свойствах поиск значения отличающегося на 3 дБ от максимума "справа"(уров ->);
3. установить связь между маркером 1 и маркером 2 со стандартной формулой "Полоса, МГц", установить отображение 7 дробных знаков (точность);
4. включить маркер 3. Установить в его свойствах поиск значения отличающегося на 60 дБ от максимума "слева" (<-уров);
5. включить маркер 4. Установить в его свойствах поиск значения отличающегося на 60 дБ от максимума "справа" (уров ->);
6. установить связь между маркером 3 и маркером 4 со стандартной формулой "Полоса, МГц", установить отображение 7 дробных знаков (точность).

9.4.7 Изменяя полосу фильтра ПЧ и полосу обзора в соответствии с таблицей 7, считывать показания полос пропускания ΔF -3дБ и ΔF -60дБ со связей маркеров. Занести полученные значения полос пропускания по уровням минус 3 дБ и минус 60 дБ в таблицу 7.

Таблица 7 – Определение погрешности установки ширины полос пропускания и коэффициента прямоугольности фильтров ПЧ

Установленное значение полосы пропускания фильтра ПЧ, кГц	Установленное значение полосы обзора, кГц	Нижний допускаемый предел ΔF -3дБмин, кГц	Измеренное значение ΔF -3дБ, кГц	Верхний допускаемый предел ΔF -3дБмакс, кГц	Измеренное значение ΔF -60дБ, кГц	Расчетное значение $K_{пр}$
1	2	3	4	5	6	7
3000	24000	2550		3450		
1000	8000	850		1150		
300	2400	270		330		
100	800	90		110		
30	240	27		33		
10	80	9		11		
6,4	56	5,7		7,0		
3	24	2,7		3,3		
1	8	0,95		1,05		
0,7	5,6	0,665		0,735		
0,5	4	0,475		0,525		
0,3	2,4	0,285		0,315		
0,2	1,6	0,19		0,210		
0,14	1,1	0,133		0,147		
0,1	0,8	0,095		0,105		
0,07	0,56	0,0665		0,0735		
0,05	0,4	0,0475		0,0525		
0,03	0,24	0,0285		0,0315		
0,02	0,16	0,01900		0,02100		
0,01	0,08	0,00950		0,01050		
0,007	0,056	0,00665		0,00735		
0,005	0,04	0,00475		0,00525		
0,003	0,024	0,00285		0,00315		
0,002	0,016	0,00190		0,00210		
0,001	0,01	0,00095		0,00105		

9.4.8 Вычислить значения коэффициента прямоугольности $K_{пр}$ по формуле:

$$K_{пр} = \Delta F_{-60дБ} / \Delta F_{-3дБ} \quad (9.4)$$

где: $\Delta F_{-60дБ}$ – измеренные значения ширины полосы пропускания по уровню минус 60 дБ в соответствии с таблицей 7, кГц;

$\Delta F_{-3дБ}$ – измеренные значения ширины полосы пропускания по уровню минус 3 дБ в соответствии с таблицей 7, кГц.

9.4.9 Результаты проверки считаются удовлетворительными, если значения ширины полосы пропускания $\Delta F_{-3дБ}$ находятся в допустимых пределах, указанных в столбцах 3 и 5 ($\Delta F_{-3дБмин}$ и $\Delta F_{-3дБмакс}$) таблицы 7, а коэффициенты прямоугольности не превышают значения 5.

9.5 Определение погрешности установки опорного уровня

9.5.1 Подготовить к работе генератор (синтезатор частот Г7М-20А или генератор сигналов Е8257D) и ступенчатый аттенюатор в соответствии с руководствами по эксплуатации на них.

9.5.2 Собрать измерительную схему согласно рисунку 9.3.

9.5.3 Установить следующие параметры на генераторе:

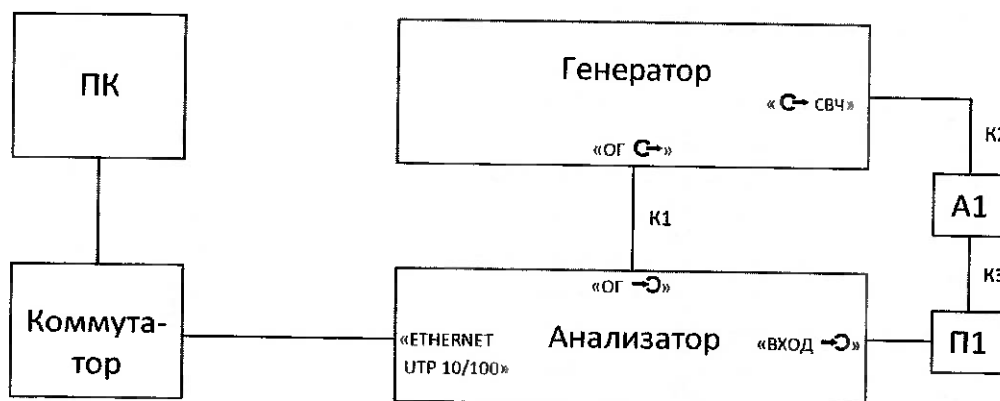
Режим работы – фиксированная частота и мощность;

Частота $F_{г}$ – 100 МГц;

Мощность $P_{г}$ – 0 дБм.

9.5.4 Выполнить установки на ступенчатом аттенюаторе:

Номинальное значение ослабления 20 дБ.



Коммутатор – сетевой коммутатор Ethernet; П1 – переход коаксиальный (переход 1 для опции «11Р», переход 2 для опции «13Н», переход 7 для опции «05Н»); А1 – аттенюатор ступенчатый;

К1 – кабель коаксиальный BNC (кабель 1); К2, К3 – кабель СВЧ коаксиальный (кабель 3)

Рисунок 9.3 – Измерительная схема для определения погрешности установки опорного уровня

9.5.5 Установить следующие параметры измерения на анализаторе:

Восстановить начальные параметры;

Центральная частота $F_{ас}$ – 100 МГц;

Полоса обзора – 500 Гц;

Полоса фильтра ПЧ – 100 Гц;

Видеофильтр – 100 Гц;

Опорный уровень – минус 20 дБм;

Режим расчета – фикс. ВЧ ослабление;

Режим входа – открытый вход (при наличии опции «АПА»);

Опорный генератор – внешний, 10 МГц;

Авто подстройка уровня – выкл;

Однократно выполнить автоподстройку уровня.

9.5.6 Включить генерацию СВЧ мощности на генераторе, запустить процесс измерения на анализаторе.

9.5.7 Запомнить текущую измерительную трассу анализатора в память Trc1_П1.

9.5.8 Создать математическую трассу Mat1. Для трассы Mat1, в качестве Трассы А задать измерительную трассу Trc1, в качестве Трассы В задать трассу памяти Trc1_П1. Для трассы Mat1 задать математическую операцию следующим выражением: (А-В).

9.5.9 Установить маркер на центральную частоту 100 МГц через его контекстное меню задать отображение трасс Mat1 и Trc1.

9.5.10 Устанавливая опорный уровень анализатора и устанавливая номинальное значение ослабления на ступенчатом аттенюаторе в соответствии с таблицей 8, с помощью маркера считать показания ΔP с трассы Mat1 и занести их в таблицу 8.

9.5.11 Для каждого из значений опорного уровня вычислить и записать в таблицу 8 погрешность установки опорного уровня $\delta_{оп.ур}$, дБ, по формуле

$$\delta_{оп.ур} = \Delta P + A_d - A_{д20дБ}, \quad (9.5)$$

где ΔP – отсчет отношения мощности анализатора, дБ;

A_d – действительное значение ослабления образцового аттенюатора на частоте 100 МГц (в соответствии с результатами поверки аттенюатора), дБ;

$A_{д20дБ}$ – действительное значение ослабления образцового аттенюатора на частоте 100 МГц при установке номинального значения $A_n = 20$ дБ, дБ.

Таблица 8 – Определение погрешности установки опорного уровня

Опорный уровень, дБм	Ослабление аттенюатора		ΔP , дБ	$\delta_{оп.ур}$, дБ
	A_n , дБ	A_d , дБ		
0	0			
-10	10			
-11	11			
-12	12			
-13	13			
-14	14			
-16	16			
-18	18			
-20	20		0	0
-30	30			
-40	40			
-50	50			
-60	60			

9.5.12 Результаты по данной операции считаются удовлетворительными, если значения погрешности установки опорного уровня $\delta_{оп.ур}$ не превышают пределов $\pm 0,2$ дБ.

9.6 Определение диапазона и погрешности измерения уровня из-за нелинейности шкалы анализатора

9.6.1 Подготовить к работе генератор (синтезатор частот Г7М-20А или генератор сигналов Е8257D) и ступенчатый аттенюатор в соответствии с руководствами по эксплуатации на них.

9.6.2 Собрать измерительную схему согласно рисунку 9.3.

9.6.3 Установить следующие параметры на генераторе:

Режим работы – фиксированная частота и мощность;

Частота F_g – 100 МГц;

Мощность P_g – 0 дБм.

9.6.4 Выполнить установки на ступенчатом аттенюаторе:

Номинальное значение ослабления 0 дБ.

9.6.5 Установить следующие параметры измерения на анализаторе

Восстановить начальные параметры;

Опорный генератор – внешний, 10 МГц;

Полоса обзора – 100 Гц;

Центральная частота F_{ac} – 100 МГц;

Полоса фильтра ПЧ – 1 Гц;

Видеофильтр – 1 Гц;

Мин. ВЧ ослабление – 0 дБ;

Опорный уровень – 0 дБм;

Режим входа – открытый вход (при наличии опции «АПА»);

Автоподстройка уровня – выкл.; Однократно выполнить автоподстройку уровня.

9.6.6 Включить генерацию СВЧ мощности на генераторе, запустить процесс измерения на анализаторе.

9.6.7 Установить маркер на центральную частоту в режиме поиска максимального значения и включить для него режим статистики.

9.6.8 Считать по маркеру показание среднего значения мощности $P'_{выкл}$ и занести в таблицу 9.

9.6.9 Подключить дополнительную секцию ступенчатого аттенюатора номиналом 4 дБ (допускается значения ослабления дополнительной секции 5дБ, 10дБ), считать с помощью маркера показание среднего значения мощности $P_{вкл}$ и занести в таблицу 9.

Примечание – При каждом изменении значения ослабления ступенчатого аттенюатора, следует сбрасывать показания статистики на маркере (выключить и включить обратно функцию статистики, либо выключить и запустить заново измерения).

9.6.10 Отключить дополнительную секцию ступенчатого аттенюатора, подключенную ранее, считать показание среднего значения мощности $P''_{выкл}$ и занести в таблицу 9.

9.6.11 Для проверки динамического диапазона анализатора по мощности (уровней сигнала на входе анализатора) от 0 дБм до минус 90 дБм, повторить 9.6.8 – 9.6.10 увеличивая ослабление ступенчатого аттенюатора, как указано в таблице 9.

Примечание – Если ступенчатый аттенюатор не позволяет устанавливать значения ослабления больше 60 дБ, то при установке на входе анализатора уровня мощности минус 70 дБм, 80 дБм и минус 90 дБм, необходимо устанавливать на выходе генератора уровень мощности минус 10 дБм, минус 20 дБм и минус 30 дБм соответственно.

9.6.12 Для каждого из значений уровня входного сигнала, вычислить значение ослабления дополнительной секции A_c , дБ, по формуле

$$A_c = \frac{P'_{выкл} + P''_{выкл}}{2} - P_{вкл}, \quad (9.6)$$

где $P'_{выкл}$ – первый отсчет мощности анализатора с выключенной дополнительной секцией аттенюатора, дБм;

$P_{вкл}$ – отсчет мощности анализатора с включенной дополнительной секцией аттенюатора, дБм;

$P''_{выкл}$ – отсчет мощности анализатора после выключения дополнительной секцией аттенюатора, дБм.

9.6.13 Для каждого из значений уровня входного сигнала, вычислить значение погрешности определения уровня из-за нелинейности шкалы $\delta_{шкалы i}$, дБ, по формуле

$$\delta_{шкалы i} = A_{ci} - \frac{A_{-30дБм} + A_{-40дБм} + A_{-50дБм}}{3}, \quad (9.7)$$

где i – порядковый номер устанавливаемого уровня сигнала на входе анализатора;
 A_{ci} – измеренное значение ослабления секции аттенюатора, дБ;
 $A_{-30дБм}$ – измеренное значение ослабления дополнительной секции аттенюатора A_c при входной мощности анализатора минус 30 дБм;
 $A_{-40дБм}$ – измеренное значение ослабления дополнительной секции аттенюатора A_c при входной мощности анализатора минус 40 дБм;
 $A_{-50дБм}$ – измеренное значение ослабления дополнительной секции аттенюатора A_c при входной мощности анализатора минус 50 дБм.

9.6.14 Записать полученные значения A_c и $\delta_{шкалы i}$ в таблицу 9.

Таблица 9 – Измерение погрешности из-за нелинейности шкалы

Уровень сигнала на входе анализатора, дБм	Номинальное ослабление аттенюатора A_n , дБ	Мощность при выключенной доп. Секции, дБм		Мощность при включенной доп. секции $P_{вкл}$, дБм	Измеренное значение ослабления секции A_{ci} , дБ	Погрешность измерения $\delta_{шкалы i}$, дБ
		$P'_{выкл}$	$P''_{выкл}$			
0	0					
-10	-10					
-20	-20					
-30	-30					
-40	-40					
-50	-50					
-60	-60					
-70	-70 (-60)					
-80	-80 (-60)					
-90	-90 (-60)					

9.6.15 Рассчитать погрешность измерения отношения уровней мощности на фиксированной частоте по формуле

$$\delta_{отн} = \sum_{i=1}^{10} \delta_{шкалы i}, \quad (9.8)$$

9.6.16 Результаты по данной операции считаются удовлетворительными, если значения погрешности измерения уровня из-за нелинейности шкалы $\delta_{шкалы i}$ не превышают $\pm 0,1$ дБ, а значения $\delta_{отн}$ не превышают 0,20 дБ.

9.7 Определение погрешности измерения уровня из-за переключения ослабления входного аттенюатора

9.7.1 Подготовить к работе генератор (синтезатор частот Г7М-20А или генератор сигналов Е8257D) и ступенчатый аттенюатор в соответствии с руководствами по эксплуатации на них.

9.7.2 Собрать измерительную схему рисунок 9.3.

9.7.3 Установить следующие параметры на генераторе:

Режим работы – фиксированная частота и мощность;

Частота F_g – 100 МГц;

Мощность P_g – 10 дБм.

9.7.4 Выполнить установки на ступенчатом аттенюаторе:

Номинальное значение ослабления 50 дБ.

9.7.5 Установить следующие параметры измерения на анализаторе:

Восстановить начальные параметры;

Опорный генератор – внешний, 10 МГц;

Полоса обзора – 200 Гц;

Центральная частота F_{ac} – 100 МГц;

Полоса фильтра ПЧ – 10 Гц;
 Видеофильтр – 10 Гц;
 Мин. ВЧ ослабление – 0 дБ;
 Опорный уровень – минус 30 дБм;
 Режим расчета – фикс. ВЧ ослабление;
 Режим входа – открытый вход (при наличии опции «АПА»);
 Авто подстройка уровня – выкл;
 Однократно выполнить автоподстройку уровня.

9.7.6 Включить генерацию СВЧ мощности на генераторе, запустить процесс измерения на анализаторе.

9.7.7 Запомнить текущую измерительную трассу анализатора в память Трс1_П1.

9.7.8 Создать математическую трассу Mat1. Для трассы Mat1, в качестве Трассы А задать измерительную трассу Трс1, в качестве Трассы В задать трассу памяти Трс1_П1. Для трассы Mat1 задать математическую операцию выражением «Модуль разности А-В».

9.7.9 Установить маркер на центральную частоту 100 МГц с трассой привязки Трс1, через его контекстное меню задать отображение трасс Mat1 и Трс1.

9.7.10 Устанавливая значения ослабления входного аттенюатора анализатора, значение опорного уровня и номинальное значение ослабления на ступенчатом аттенюаторе в соответствии с таблицей 10, считывать маркером показания отношения мощностей ΔP с трассы Mat1 и занести их в таблицу 10.

9.7.11 Для каждого из значений ослаблений входного аттенюатора вычислить и записать в таблицу 10 погрешность измерения уровня из-за переключений входного аттенюатора $\delta_{вх.атт.}$, дБ, по формуле

$$\delta_{вх.атт.} = \Delta P + (A_0 - A_{50дБ}), \quad (9.9)$$

где ΔP – отсчет отношения мощностей анализатора, дБ;

A_0 – действительное значение ослабления ступенчатого аттенюатора на частоте 100 МГц (в соответствии с результатами поверки аттенюатора), дБ;

$A_{50дБ}$ – действительное значение ослабления ступенчатого аттенюатора на частоте 100 МГц при установке номинального значения ослабления 50 дБ, дБ.

Таблица 10 – Измерение погрешности из-за переключения входного аттенюатора

Ослабление входного аттенюатора анализатора, дБ	Ослабление ступенчатого аттенюатора, дБ	Опорный уровень, дБм	Действительное значение ослабления аттенюатора A_d , дБ	ΔP , дБ	Погрешность измерения $\delta_{вх.атт.}$, дБ
0	50	-30			
10	40	-20			
20	30	-10			
30	20	0			
40	10	10			
50	0	20			

9.7.12 Результаты по данной операции считаются удовлетворительными, если значения погрешности измерения уровня из-за переключения входного аттенюатора $\delta_{вх.атт.}$ не превышают пределов допускаемой погрешности $\pm 0,2$ дБ.

9.8 Определение среднего уровня собственных шумов

9.8.1 Определение среднего уровня собственных шумов анализатора осуществлять при подключенной согласованной нагрузке (или аттенюатора 30 дБ) на СВЧ-входе анализатора, непосредственно как измеренное значение мощности.

9.8.2 Запустить ПО и установить следующие параметры измерения на анализаторе:

Восстановить начальные параметры;

Полоса обзора – 5 ГГц;

Количество точек – 51;

Детектор – детектор среднего;

Полоса фильтра ПЧ – 1 Гц;

Видеофильтр – 1 Гц;

Мин. ВЧ ослабление – 0 дБ;

Опорный уровень – минус 80 дБм;

Режим входа – открытый вход (при наличии опции «АПА» или «РКА»);

Для трассы «Trс1» на панели управления «Функции трасс» включить усреднение с коэффициентом усреднения 10.

9.8.3 Подключить к входу анализатора согласованную нагрузку (или аттенюатор с ослаблением не менее 30 дБ) с использованием соответствующего перехода.

9.8.4 Запустить измерения на анализаторе.

9.8.5 Включить режим отображения статистики для измерительной трассы.

9.8.6 Устанавливая частоту анализатора в соответствии с таблицей 11 и дожидаясь установившихся показаний (в первом знаке после запятой), считывать значения мощности $P_{ш}$ из таблицы отображения результатов статистики (среднее значение) и заносить их в таблицу 11.

Примечания:

1. При наличии в анализаторе опций «АПА», на частотах выше 20 МГц требуется переключить «Режим входа» в положение «закрытый вход».

2. Измерения на частотах 19001 и 19999 МГц проводить только для анализаторов с опцией «13Н» и «05Н».

3. Измерения на частотах 22001 МГц и выше проводить только для анализаторов с опцией «05Н».

4. При считывании показаний среднего значения из таблицы показаний статистики необходимо убедиться, что анализатором проведены измерения на всех частотных точках.

9.8.7 При наличии в анализаторе опции отключаемого предусилителя «МУА», включить её (т.е. включить МШУ) и повторить измерения согласно 9.8.6 для частотных точек от 101 МГц и выше (в зависимости от рабочего частотного диапазона).

Таблица 11 – Измерение среднего уровня собственных шумов

Частота, МГц	$P_{ш}$ с выключенным МШУ, дБм	$P_{ш.max}$ с выключенным МШУ, дБм	$P_{ш}$ с включенным МШУ, дБм	$P_{ш.max}$ с включенным МШУ, дБм
0,011		-143	–	–
1,1		-143	–	–
10,1		-148	–	–
19		-148	–	–
101		-148		-164
501		-148		-164
1001		-145		-164
3199		-145		-164
5001		-140		-162
7001		-140		-162
10001		-140		-162
14001		-137		-160
17001		-137		-160
17999		-137		-160
19001		-135		-160
19999		-135		-160
22001		-138		-160

Частота, МГц	$P_{ш}$ с выключенным МШУ, дБм	$P_{ш. max}$ с выключенным МШУ, дБм	$P_{ш}$ с включенным МШУ, дБм	$P_{ш. max}$ с включенным МШУ, дБм
26001		-138		-158
30001		-138		-158
34001		-133		-158
40001		-128		-154
46001		-128		-150
49999		-128		-150

9.8.8 Результаты по данной операции считаются удовлетворительными, если измеренные значения мощности шума $P_{ш}$ не превышают пределов допускаемого среднего уровня собственных шумов $P_{ш. max}$, указанных в таблице 11.

9.9 Определение диапазонов и инструментальных погрешностей измерений коэффициента шума (КШ) и коэффициента передачи (КП) (опция «ИКШ»)

9.9.1 Данная проверка проводится только для анализаторов, имеющих одновременно опции «ИКШ» и «МУА».

9.9.2 Подготовить к работе следующее оборудование в соответствии с руководством по эксплуатации на него: генератор шума (ГШ) ГШМ2-18В-01 (для опции «11Р») или ГШМ2-20В-13 (для опции «13Н» или «05Н»), а для анализаторов с опцией «05Н» дополнительно подготовить ГШ 346С К01; генератор (синтезатор частот Г7М-20А для опций «11Р» и «13Н» или генератор сигналов Е8257D для опции «05Н»); аттенюаторы 10 дБ (3 шт.), 30 дБ (2 шт.), 20 дБ (1 шт.) и ступенчатый аттенюатор в тракте 3,5 мм для опций «11Р» и «13Н» или в тракте 2,4 мм для опции «05Р»; предусилитель из комплекта поставки. Также подготовить переход 8 для опции «13Н» и переход 9, 10 для опции «05Н»; кабель 2 для опции «11Р» или «13Н» (2 шт.) и кабель 3 для опции «05Р» (2 шт.) с переходом 11.

9.9.3 Запустить ПО в режиме «СК4М. Модуляционный метод (ИКШ)».

9.9.4 Установить следующие параметры измерения на анализаторе:

Восстановить начальные параметры;

Частота: Центр – 50 МГц (f_0);

Полоса обзора – 2 МГц;

Точек – 3;

Степень усреднения – 14;

Полоса фильтра ПЧ – 100 кГц;

Ослабление ВЧ – 0 дБ;

Включение МШУ – вкл.;

Режим входа – «закрытый вход» (при наличии опции «АПА»).

9.9.5 Начать процесс измерений. Создать трассу с привязкой к «Мощн (ГШ вкл)». Установить маркер на частоту $f_0 = 50$ МГц, в свойствах маркера включить «Дискретный» и установить количество отображаемых знаков три по оси ординат.

9.9.6 Подключить ГШ ГШМ2-18В-01, или ГШМ2-20В-13, или 346С К01 (в зависимости от опции анализатора и частоты f_0) непосредственно к СВЧ-входу анализатора, используя соответствующий переход П2. Подключить вход питания ГШ к выходу ГЕНЕРАТОР ШУМА анализатора с помощью кабеля BNC.

9.9.7 Измерить собственный коэффициент шума $F_{ск}$ и собственный коэффициент передачи $G_{ск}$ анализатора (т.е. без учета коррекции, предварительно загрузив характеристику с ИОШТ используемого ГШ). Запомнить полученные значения.

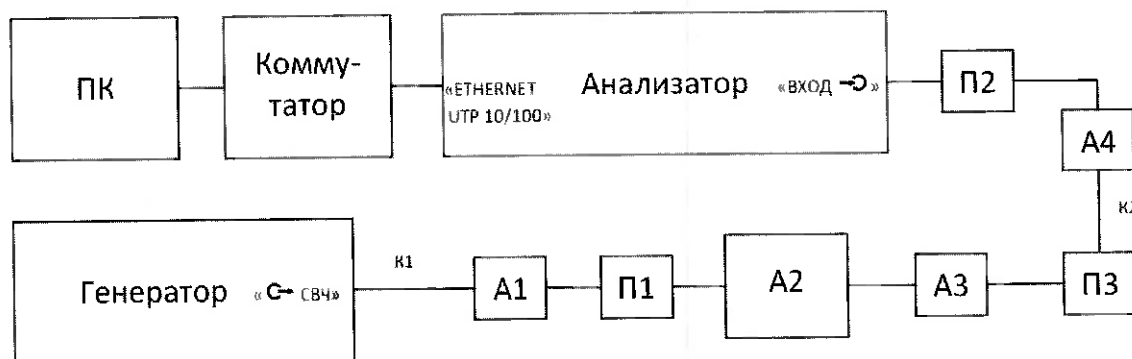
ВНИМАНИЕ: ВО ИЗБЕЖАНИЕ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ АНАЛИЗАТОРА, КАБЕЛЬ BNC СНАЧАЛА ПОДКЛЮЧАЕТСЯ К ГЕНЕРАТОРУ ШУМА, ДАЛЕЕ – К АНАЛИЗАТОРУ!

Примечания:

1 Для увеличения стабильности рекомендуется после установки нового значения частоты выдерживать анализатор при запущенном процессе измерений до 10 мин.

2 Здесь и далее если при снятии показаний не удастся зафиксировать установившегося значения (см. п. 1.6), включить в маркере свойство и «Статистика» и за результат измерения брать среднее значение. Всякий раз перед снятием показаний необходимо сбрасывать статистику маркера (щелкая по нему указателем мыши); после этого дожидаться установившегося значения. Если при снятии показаний по-прежнему наблюдаются значительные флюктуации – увеличить усреднение в анализаторе.

9.9.8 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 9.4.



Коммутатор – коммутатор локальной сети; А1, А3, А4 – аттенюаторы соответственно 20 дБ, 10 дБ, 10 дБ; А2 – ступенчатый аттенюатор; П1, П2, П3 – соответствующие переходы; К1 и К2 – кабель 2 или 3 (2 шт.)

Рисунок 9.4 – Схема для проверки диапазонов и инструментальных погрешностей измерений коэффициента передачи и коэффициента шума

Примечания:

1 Кабели К1 и К2 необходимо расположить таким образом, чтобы во время измерений они оставались неподвижными.

2 В качестве аттенюатора А2 можно использовать два соединенных последовательно ступенчатых аттенюатора, используя первый для изменения уровня сигнала ступенями по 5 дБ, а второй для имитации постоянного отношения Y уровней сигнала, используя для этого участок от 0 до 10 дБ. На входе второго аттенюатора необходимо включить фиксированный развязывающий аттенюатор 10 дБ.

ВНИМАНИЕ: ЛЕГКОЕ ЗАДЕВАНИЕ КАБЕЛЕЙ К1 И (ИЛИ) К2, А ТАКЖЕ ПЕРЕПАД ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ БОЛЕЕ 2 °С, ВО ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЯ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К ЗНАЧИТЕЛЬНЫМ ИСКАЖЕНИЯМ РЕЗУЛЬТАТОВ

9.9.9 Установить ослабление ступенчатого аттенюатора 0 дБ (далее по тексту – исходное положение). Далее для оценки инструментальной погрешности будет использоваться наименьшая секция ступенчатого аттенюатора 10 дБ. Другие дополнительные секции ступенчатого аттенюатора могут использоваться по необходимости.

Примечание – Допускается использовать другие ступенчатые аттенюаторы с наименьшими секциями, например, 1 или 5 дБ, с соответствующей корректировкой процедур измерений и обработки результатов.

9.9.10 Плавно увеличивая уровень сигнала на выходе генератора с шагом 0,1 дБ, начиная с наименьших значений, установить такой максимальный уровень мощности генератора P_{max}^r , при котором в программе управления анализатора отображается наименьшее

из следующих значений входной мощности: либо $P_{ВХ.МАКС} = (\text{минус } 45 \pm 0,2) \text{ дБм}$, либо максимальная мощность, при которой еще не отображается индикатор перегрузки анализатора. Если при этом P'_{max} оказалась ниже максимально возможной выходной мощности генератора на величину большую, чем шаг любой дополнительной секции ступенчатого аттенюатора, то на ступенчатом аттенюаторе увеличить ослабление на величину этой секции и принять его за исходное положение аттенюатора и (или) между П2 и П3 либо добавить соответствующий аттенюатор, либо заменить А4; при этом уровень выходной мощности соответственно увеличить. Измерить максимальный уровень мощности $P_{ВХ.МАКС}$, отображаемый анализатором, согласно следующим пунктам.

9.9.11 Дождавшись установившегося значения, измерить с помощью маркера уровень мощности сигнала $P'_{\text{А.ВЫКЛ}_i}$ (дБм), пользуясь трассой с привязкой «Мощн (ГШ вкл)».

9.9.12 Увеличить ослабление ступенчатого аттенюатора на 10 дБ, сбросить статистику маркера, если она включена, и измерить уровень мощности $P_{\text{А.ВКЛ}_i}$ (дБм).

Примечание – Если во время измерения в программе управления хотя бы раз появился знак индикатора перегрузки АЦП, то измерения считать недействительным, уменьшить мощность генератора на 0,1 дБ и повторить измерение.

9.9.13 Установить ступенчатый аттенюатор в исходное положение, сбросить статистику маркера, если она включена, и измерить уровень мощности $P''_{\text{А.ВЫКЛ}_i}$ (дБм). Рассчитать по результатам измерений отношение Y_i , по формуле:

$$Y_i[\text{дБ}] = P_{\text{А.ВЫКЛ}_i}[\text{дБм}] - P_{\text{А.ВКЛ}_i}[\text{дБм}] \quad (9.10)$$

где $P_{\text{А.ВЫКЛ}_i}[\text{дБм}] = (P'_{\text{А.ВЫКЛ}_i}[\text{дБм}] + P''_{\text{А.ВЫКЛ}_i}[\text{дБм}]) / 2$.

Примечание – Для $i = 1$ допускается измерение $P''_{\text{А.ВЫКЛ}}$ не проводить и считать $P_{\text{А.ВЫКЛ}_i} = P'_{\text{А.ВЫКЛ}_i}$.

9.9.14 Результаты измерений занести в таблицу 12 (начиная с $i = 1$). За $P_{ВХ.МАКС}$ принять значение $P_{\text{А.ВЫКЛ}_1}$.

9.9.15 Рассчитать верхний предел $S_{0\text{max}}$ суммы $S_0 = (КШ [\text{дБ}] + КП [\text{дБ}])$ по формуле

$$S_{0\text{max}}[\text{дБ}] = 10 \cdot \lg(10^{0,1 \cdot (P_{ВХ.МАКС}[\text{дБм}] + 123,977 - G_{\text{СК}}[\text{дБ}])} - 10^{0,1 \cdot F_{\text{СК}}[\text{дБ}]} + 1). \quad (9.11)$$

9.9.16 Поочередно уменьшая уровень выходной мощности генератора с шагом 5 дБ в последовательности, указанной в таблице 12 столбец 2 «Уровень мощности генератора, дБм», повторять каждый раз процедуру по 9.9.11–9.9.15 до $i = 7$.

9.9.17 Для устранения влияния собственного шума анализатора на результат измерения Y_i при $i > 1$ необходимо измерить его уровень $P_{\text{ИЗМ}_i}$ (дБм). Измерение $P_{\text{ИЗМ}_i}$ проводить при выключенной мощности генератора. Это следует делать в конце каждого из измерений. Если влияние шума на результат незначительно, то допускается измерять его значения с точностью до целых или десятых, кроме измерений для i от 4 до 7.

Примечание – Интервал между измерениями $P_{\text{А.ВКЛ}_i}$, $P_{\text{А.ВЫКЛ}_i}$ и $P_{\text{ИЗМ}_i}$ по возможности должен быть минимальным. В случае необходимости переизмерения какой-либо из этих величин перемерить следует и остальные для установленного значения мощности генератора.

9.9.18 Расчет отношения, Y_i дБ, выполнять по формуле:

$$Y_i[\text{дБ}] = 10 \cdot \lg \left(\frac{P_{\text{А.ВЫКЛ}_i}[\text{мВт}] - P_{\text{ИЗМ}_i}[\text{мВт}]}{P_{\text{А.ВКЛ}_i}[\text{мВт}] - P_{\text{ИЗМ}_i}[\text{мВт}]} \right) \quad (9.12)$$

9.9.19 Для пересчета в милливатты результатов измерений уровней мощности P использовать формулу:

$$P[\text{мВт}] = 10^{0,1 \cdot P[\text{дБм}]} \quad (9.13)$$

9.9.20 Рассчитать среднее значение ослабления используемой ступени 10 дБ Y_0 , дБ, по формуле:

$$Y_0 = (Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7)/4, \quad (9.14)$$

9.9.21 Рассчитать погрешность «измеренного»¹⁾ коэффициента передачи по формуле $\delta K_i = Y_i - Y_0$. Занести полученное значение в таблицу 12.

9.9.22 Рассчитать «измеренный» коэффициент шума NF_i , соответствующий отношению $Y_i \approx Y_0$, по формуле:

$$NF_i[\text{дБ}] = 10 \cdot \lg \left(\frac{ENR[\text{отн.ед.}]}{Y_i[\text{отн.ед.}] - 1} \right) = 10 \cdot \lg \left(\frac{10^2}{10^{0,1 \cdot Y_i[\text{дБ}]} - 1} \right) \quad (9.15)$$

9.9.23 За погрешность ΔNF_i значения NF_i принять разность:

$$\Delta NF_i = NF_i - NF_0, \quad (9.16)$$

где NF_0 – коэффициент шума, «измеренный» на линейном участке амплитудной характеристики. NF_0 рассчитывается по формуле

$$NF_0 = 10 \cdot \lg [10^2 / (10^{0,1 \cdot Y_0[\text{дБ}]} - 1)]. \quad (9.17)$$

Таблица 12 – Образец таблицы для записи результатов измерений Y_i

i	Уровень мощности генератора, дБм	Мощность при выключенной ступени		$P_{\text{А.ВКЛ}_i}$, дБм	$P_{\text{ИЗМ}_i}$, дБм	Y_i , дБ	δK_i , дБ	ΔNF_i , дБ
		$P'_{\text{А.ВКЛ}_i}$, дБм	$P''_{\text{А.ВКЛ}_i}$, дБм					
1	P_{max}^r							
2	$P_{\text{max}}^r - 5$							
3	$P_{\text{max}}^r - 10$							
4	$P_{\text{max}}^r - 15$							
	...	...	...	...	...	...	...	...
7	$P_{\text{max}}^r - 30$							

9.9.24 Провести расчет погрешностей измерения КШ $\delta F_{\text{НЕЛ}i}$ для разных отношений Y_i по формулам, приведенным в таблице 12, используя данные последнего столбца таблицы 12. Результаты расчета занести в таблицу 13.

Таблица 13 – Образец таблицы для расчета погрешности $\delta F_{\text{НЕЛ}}$ измерений КШ за счет нелинейности для разных отношений Y_i

Отношение Y , дБ	Погрешность измерений $\delta F_{\text{НЕЛ}i}$, дБ	Пределы допускаемых значений погрешности $\delta F_{\text{НЕЛ}i}^n$, дБ	Номер измерения i
0,5	$\Delta NF_1/20 = \underline{\hspace{1cm}}$	$\pm 0,015$	1
5	$\Delta NF_1/2 = \underline{\hspace{1cm}}$	$\pm 0,070$	1
10	$\Delta NF_1 = \underline{\hspace{1cm}}$	$\pm 0,090$	1
15	$\Delta NF_1 + \Delta NF_2 = \underline{\hspace{1cm}}$	$\pm 0,095$	2
20	$\Delta NF_1 + \Delta NF_2 + \Delta NF_3 = \underline{\hspace{1cm}}$	$\pm 0,100$	3
25	$\Delta NF_1 + \Delta NF_2 + \Delta NF_3 + \Delta NF_4 = \underline{\hspace{1cm}}$	$\pm 0,100$	4
30	$\Delta NF_1 + \Delta NF_2 + \dots + \Delta NF_5 = \underline{\hspace{1cm}}$	$\pm 0,100$	5
35	$\Delta NF_1 + \Delta NF_2 + \dots + \Delta NF_6 = \underline{\hspace{1cm}}$	$\pm 0,100$	6
40	$\Delta NF_1 + \Delta NF_2 + \dots + \Delta NF_7 = \underline{\hspace{1cm}}$	$\pm 0,100$	7

¹⁾Здесь и далее слово «измеренный» берется в кавычки в связи с тем, что измерение КШ и КП проводится не в прямом смысле, а косвенно имитируется через измерения величин Y_i .

9.9.25 За действительное значение инструментальных погрешностей измерения КШ $\Delta F_{\text{нел}}$ и КП $\Delta K_{\text{нел}}$ соответственно принять значения $|\delta F_{\text{нел } i}|$ для $i = 7$ и $|\sum_{i=1}^N \delta K_i|$ для $N = 7$; занести эти значения в таблицу 13. Значение $\Delta K_{\text{нел}}$ также принимается за действительную погрешность измерения отношения уровней мощности на фиксированной частоте.

Примечание – Если требуемые уровни мощности меньше нижней границы диапазона выходных мощностей генератора, необходимо подключать дополнительные аттенюаторы между аттенюаторами А3 и А4 или вместо А4 (во время присоединения аттенюаторов необходимо выключать выходную мощность генератора).

9.9.26 Рассчитать для $i = 7$ найти нижний предел $R_{0\min}$ суммы $R_0 = (\text{КП}[\text{дБ}] + \text{ENR}[\text{дБ}])$ по формуле

$$R_{0\min}[\text{дБ}] = n\sigma_{\text{фл}0}[\text{дБ}] - G_{\text{ск}}[\text{дБ}], \quad (9.18)$$

где относительный флюктуационный порог $n\sigma_{\text{фл}0}[\text{дБ}] = P_{\text{изм}}[\text{дБм}] + 110,635$;

$$P_{\text{изм}}[\text{дБм}] = (P_{\text{изм } 4} + P_{\text{изм } 5} + P_{\text{изм } 6} + P_{\text{изм } 7})/4;$$

ENR – избыточная относительная шумовая температура генератора шума при измерении КШ исследуемого устройства.

9.9.27 Повторить измерения $F_{\text{ск}}$, $G_{\text{ск}}$, $P_{\text{вх.макс}}$ и $P_{\text{изм}}$ согласно 9.2.4 – 9.2.14, 9.2.17 и рассчитать соответствующие значения $S_{0\max}$ и $R_{0\min}$, согласно 9.2.14, 9.2.26, заноса их в таблицу 14, для частот $f_0 = 21, 14000$ МГц, а для опции «05Н» дополнительно на частоте $f_0 = 30000$ МГц. При этом измерения согласно 9.2.17, а также расчет $\Delta F_{\text{нел}}$ и $\Delta K_{\text{нел}}$, допускается не проводить, а для расчета $P_{\text{изм}}$ проводить одно измерение $P_{\text{изм } i}$.

9.9.28 Для анализаторов с опцией «05Н» подключить к СВЧ-входу анализатора предусилитель из комплекта поставки, включив его согласно его РЭ. Повторить измерения согласно предыдущему пункту (при подключенном на СВЧ-вход анализатора предусилителе, используя, при необходимости, соответствующие переходы) для $f_0 = 14000, 30000$ и 49999 МГц.

9.9.29 Результаты проверки считать положительными, если полученные значения $S_{0\max}$, $R_{0\min}$, $\Delta F_{\text{нел}}$ и $\Delta K_{\text{нел}}$ не выходят за соответствующие пределы $S_{0\max}^n$, $R_{0\min}^n$, $\Delta F_{\text{нел}}^n$ и $\Delta K_{\text{нел}}^n$, приведенные в таблице 14.

Таблица 14 – Результаты измерений и требования

Частоты, МГц	S_{0max} , дБ	S_0^H max, дБ, не менее	R_{0min} , дБ	R_0^H min, дБ, не более	$\Delta F_{нел}$, дБ	$\Delta F_{нел}^H$, дБ	$\Delta K_{нел}$, дБ	$\Delta K_{нел}^H$, дБ
—	без предусилителя							
21		73		3		0,03		0,03
50		70		−1				
14000		71		2				
30000 (для опции «05Н»)		71		6				
—	с предусилителем из комплекта поставки (для опции «05Н»)							
14000		60		−1		0,03		0,03
30000		61		−1				
49999		59		1				

9.10 Определение пределов абсолютной погрешности измерения КШ (опция «ИКШ»)

9.10.1 Данная проверка проводится только для анализаторов, имеющих одновременно опции «ИКШ» и «МУА», а также только при первичной проверке или после ремонта. Т.к. в

настоящей проверке проводится расчет согласно формулам, приводимым в описании типа анализатора (для вычислений можно пользоваться файлом «Расчет_ПГ_КШ_СК4М_v1.x.xlsx», при его наличие на цифровом носителе из комплекта поставки анализатора), исходными данными для которого являются другие показатели точности, то ее необходимо начинать после проведения проверок согласно 9.8, 9.9, 9.21.

9.10.2 Подготовить к работе генератор шума (ГШ) ГШМ2-18В-01 (для опции «11Р») или ГШМ2-20В-13 (для опции «13Н» или «05Н»), а для анализаторов с опцией «05Н» дополнительно подготовить ГШ 346С К01.

9.10.3 Подключить ГШ к СВЧ входу анализатора; разъем питания ГШ соединить с выходом ГЕНЕРАТОР ШУМА анализатора при помощи соответствующего кабеля из комплекта поставки.

9.10.4 Запустить программу управления в режиме «СК4М. Модуляционный метод ИКШ». Нажать кнопку «Восстановить начальные параметры». Для анализаторов с опцией «11Р» установить начальную и конечную частоты диапазона 20 МГц и 18 000 МГц соответственно (для анализаторов с опцией «13Н» или «05Н» установить частотный диапазон от 20 до 20000 МГц), установить ширину полосы пропускания фильтра ПЧ 3 МГц, количество точек 501, степень усреднения 14, подтвердить ввод данных. В меню «Параметры» выбрать пункт «Характеристика ГШ». Проверить соответствие значений ИОШТ ГШ, приведенных в появившейся таблице, используемому ГШ. При необходимости заменить таблицу или занести в нее значения ИОШТ из свидетельства о поверке ГШ, после этого нажать кнопку «ОК».

9.10.5 Начать процесс измерений. Убедиться, что индикатор состояния ГШ мигает. Для вывода результатов измерений в область диаграмм на экране компьютера в списке измерительных трасс выбрать «Трс1» с привязкой «КШ» и установить флажок в индикаторе отображения трассы при его отсутствии. В меню измерительной трассы отметить пункт «Автомасштаб».

9.10.6 Определить, пользуясь маркерами, максимальные значения собственного коэффициента шума анализатора F_2 в следующих поддиапазонах: от 0,02 до 0,05 ГГц, св. 0,05 до 0,10 ГГц, св. 0,10 до 2,00 ГГц, св. 2,0 до 3,4 ГГц, св. 3,4 до 8,0 ГГц, св. 8 до 14 ГГц. Для опции «11Р» также измерить F_2 в поддиапазоне св. 14 до 18 ГГц, а для опции «13Н» до 20 ГГц. Зафиксировать полученные значения F_2 . Для опции «05Н» дополнительно повторить измерения с включенными МШУ и внешним предусилителем из комплекта поставки для поддиапазонов: св. 14 до 20 ГГц, св. 20 до 36 ГГц, св. 36 до 42 ГГц, св. 42 до 46 ГГц, от 46 до 50 ГГц. По результатам измерений заполнить таблицу 14, значения собственного коэффициента шума анализатора F_2 не должны превышать значений $F_{2,max}$, указанные в таблице 15.

Таблица 15 – Собственный коэффициент шума F_2

Частоты, ГГц	F_2 , дБ	$F_{2,max}$, дБ,
без внешнего предусилителя		
от 0,02 до 0,05		15,93
свыше 0,05 до 0,1		11,60
свыше 0,1 до 2		10,36
свыше 2 до 3,4		11,37
свыше 3,4 до 8		10,35
свыше 8 до 14		12,07
свыше 14 до 18 (до 20 – для опции «13Н»)		14,00
с предусилителем из комплекта поставки (только для опции «05Н»)		
свыше 14 до 20		11,54
свыше 20 до 36		11,41
свыше 36 до 42		12,83
свыше 42 до 46		13,74
свыше 46 до 50		15,10

9.10.7 Провести расчет абсолютной погрешности измерения КШ по формулам (9.19) – (9.24). Расчет проводится в следующей последовательности.

1) За исходные данные для расчета берутся:

- собственный КШ анализатора F_2 , определяемый в предыдущем пункте;
- КШ исследуемого устройства (ИУ) $F_{ИУ}$, задаваемый из ряда 1; 5; 10; 15; 20; 30 (конкретное значение выбирается в соответствии с таблицей 16);

- коэффициент передачи (КП) ИУ $G_{ИУ}$, дБ, задаваемые из ряда 7; 10; 15; 20; 25; 30 (конкретное значение выбирается в соответствии с таблицей 16);

- КСВН выхода генератора шума (ГШ) $КСВН_{ГШ}$, который для $F_{ИУ} \geq 20$ дБ выбирается равным 1,45 (т.е. соответствующий коэффициент отражения $\rho_{ГШ}[\text{отн. ед.}] = 0,184$), а для $F_{ИУ} < 20$ дБ $КСВН_{ГШ} = 1,25$ (т.е. соответствующий коэффициент отражения $\rho_{ГШ}[\text{отн. ед.}] = 0,111$);

- КСВН входа и выхода ИУ $КСВН_{вх_ИУ} = КСВН_{вых_ИУ} = 1,5$ (т.е. соответствующий коэффициент отражения $\rho_{ИУ}[\text{отн. ед.}] = 0,200$);

- КСВН анализатора $КСВН_{АС}$ берется по результатам измерений 9.21, в диапазоне от 0,02 до 18 ГГц для опции «1P» и до 20 ГГц для опции «13H» без внешнего предусилителя, а в диапазоне от 14 до 50 ГГц (только для опции «05H») с внешним предусилителем; далее рассчитать соответствующий коэффициент отражения $\rho_{АС}[\text{отн. ед.}] = \frac{КСВН_{АС}-1}{КСВН_{АС}+1}$;

- ПГ измерения КШ из-за нелинейности амплитудной характеристики (АХ) анализатора $\delta F_{\text{сист}}$, принимается равной наибольшему из найденных, согласно 9.9, значений $\Delta F_{\text{нел}}$;

- ПГ измерения КП из-за нелинейности АХ анализатора $\delta G_{\text{сист}}$, принимается равной значению $\Delta K_{\text{нел}}$, полученному согласно 9.9;

- предел погрешности ИОШГ используемого ГШ принимается равным $\delta ENR_{\text{изм}} = 0,4$ дБ (из описания типа на ГШМ2);

2) рассчитать КШ всей измерительной системы, отн. ед., по формуле

$$F_{12} = F_{ИУ} + \frac{(F_2[\text{отн. ед.}] - 1)}{G_{ИУ}}, \quad (9.19)$$

где $F_{ИУ} = 10^{0,1 \cdot F_{ИУ}[\text{дБ}]}$, отн. ед.; $G_{ИУ} = 10^{0,1 \cdot G_{ИУ}[\text{дБ}]}$, отн. ед.;

3) вычислить пределы погрешности рассогласования $|\Delta_{ГШ-ИУ}|$, $|\Delta_{ГШ-АС}|$ и $|\Delta_{ИУ-АС}|$ по формуле:

$$|\Delta_{и1-и2}| [\text{отн. ед.}] = \rho_{и1} [\text{отн. ед.}] \cdot \rho_{и2} [\text{отн. ед.}], \quad (9.20)$$

где «и1» и «и2» – соответствующие индексы, ρ – соответствующие коэффициенты отражения;

4) рассчитать границы погрешности измерения КШ измерительной системы, отн. ед., по формуле

$$\Delta F_{12} = 1,1 \cdot \sqrt{|\Delta_{ГШ-ИУ}|^2 + (F_{12} \cdot (10^{0,1 \cdot \delta F_{\text{сист}}} - 1))^2}, \quad (9.21)$$

где $\delta F_{\text{сист}}$ – предел абсолютной инструментальной погрешности измерения КШ, дБ;

5) определить границы погрешности измерения собственного КШ АС, отн. ед., по формуле

$$\Delta F_2 = 1,1 \cdot \sqrt{|\Delta_{ГШ-АС}|^2 + (F_2 \cdot (10^{0,1 \cdot \delta F_{\text{сист}}} - 1))^2}, \quad (9.22)$$

6) вычислить границы погрешности измерения КП ИУ, отн. ед., по формуле

$$\Delta G_{ИУ} = 1,1 \cdot \sqrt{|\Delta_{ГШ-ИУ}|^2 + |\Delta_{ГШ-АС}|^2 + |\Delta_{ИУ-АС}|^2 + (G_{ИУ} \cdot (10^{0,1 \cdot \delta G_{\text{сист}}} - 1))^2}, \quad (9.23)$$

где $\delta G_{\text{сист}}$ – предел абсолютной инструментальной погрешности измерения КП, дБ;

7) рассчитать итоговые значения доверительных границ погрешности измерения КШ при вероятности 0,95 по формуле

$$\delta F_{ИУ}[\text{дБ}] = 10 \cdot \lg \left\{ 1 \pm \frac{1}{F_{ИУ}[\text{отн. ед.}]} \times \right.$$

$$\times \sqrt{(\Delta F_{12}[\text{отн. ед.}])^2 + \left(\frac{\Delta F_2[\text{отн. ед.}]}{G_{\text{ИУ}}[\text{отн. ед.}]}\right)^2 + \left(\frac{F_2[\text{отн. ед.}] - 1}{G_{\text{ИУ}}^2[\text{отн. ед.}]} \cdot \Delta G_{\text{ИУ}}[\text{отн. ед.}]\right)^2 + 1,1^2 \cdot \left(F_{12}[\text{отн. ед.}] - \frac{F_{\text{АС}}[\text{отн. ед.}]}{G_{\text{ИУ}}[\text{отн. ед.}]}\right)^2 \times (10^{0,1 \cdot \delta ENR_{\text{изм}}[\text{дБ}] - 1})^2} \quad (9.24)$$

9.10.8 Результаты проверки считать удовлетворительными, если полученные значения пределов абсолютной погрешности измерений КШ, не выходят за интервалы, приводимые в таблице 16.

Таблица 16 – Доверительные границы допускаемой абсолютной погрешности измерений КШ $\delta F_{\text{ИУ}}$ при вероятности 0,95 (для исследуемого устройства (ИУ) с коэффициентом передачи (КП) $G_{\text{ИУ}}$, дБ и КШ $F_{\text{ИУ}}$)

Частота	$F_{\text{ИУ}}$, дБ	$\delta F_{\text{ИУ}}$, дБ, для $G_{\text{ИУ}}$, дБ					
		7	10	15	20	25	св. 30
от 0,02 до 0,05 ГГц	1	-0,44; 0,40	–	–	–	–	–
от 0,05 до 0,10 ГГц	5	–	-0,61; 0,54	–	–	–	–
свыше 0,10 до 2 ГГц	св. 10	–	–	-0,51; 0,45	–	–	–
свыше 2 до 3,4 ГГц	св. 10	–	–	–	-0,51; 0,46	–	–
свыше 3,4 до 8 ГГц	св. 10	–	–	–	–	-0,52; 0,46	–
свыше 8 до 14 ГГц	св. 15	–	–	–	–	–	-0,51; 0,46
свыше 14 до 18 ГГц для опции «11Р» и до 20 ГГц для опции «13Н»	1	-0,51; 0,45	–	–	–	–	–
свыше 14 до 20 ГГц (для опции «05Н» с внешним предусилителем из комплекта поставки)	5	–	-0,52; 0,46	–	–	–	–
свыше 20 до 36 ГГц (для опции «05Н» с внешним предусилителем из комплекта поставки)	10	–	–	-0,51; 0,45	–	–	–
свыше 36 до 42 ГГц (для опции «05Н» с внешним предусилителем из комплекта поставки)	15	–	–	–	-0,51; 0,46	–	–
свыше 42 до 46 ГГц (для опции «05Н» с внешним предусилителем из комплекта поставки)	св. 20	–	–	–	–	-0,51; 0,46	–
свыше 46 до 50 ГГц (для опции «05Н» с внешним предусилителем из комплекта поставки)	1	–	–	–	–	–	-0,52; 0,46

9.11 Определение погрешности градуировки генераторов шума (опция «ГРП»)

9.11.1 Данная проверка проводится только для анализаторов, имеющих одновременно опции «ГРП» и «МУА» и только после проверки параметров аттенюаторов (9.21). Также проверка проводится только после прогрева анализатора при запущенном процессе измерения согласно руководству по эксплуатации.

9.11.2 Подготовить к работе следующее оборудование в соответствии с руководством по эксплуатации на него: секундомер; генератор шума (ГШ) ГШМ2-20В-13; аттенюатор Д2М-32-10-13Р-13. Для анализаторов с опцией «05Н» дополнительно подготовить ГШ 346С

К01, аттенюатор Д2М-50-3-05Р-05 и предусилитель из комплекта поставки; соответствующий переход (при необходимости), чтобы подключить ГШ к анализатор.

9.11.3 Подготовить файл с расширением «*.ngd», содержащий одну единственную строку «1000» (числа должны разделяться знаком табуляции или одним пробелом).

9.11.4 Запустить ПО в режиме «Градуировка генераторов шума».

9.11.5 В пункте «Профиль» главного меню выбрать команду «Восстановить начальные параметры».

9.11.6 Установить следующие параметры измерения на анализаторе:

Степень усреднения – 18;

Полоса фильтра ПЧ – 3 МГц;

Время установки ГШ – 200 мкс;

Частота: Сканирование по списку – вкл. (при этом должны быть установлены частоты 0,01; 0,02; 0,03; 0,1; 1; 2; далее с шагом 1 ГГц до 18 ГГц (для анализаторов с опцией «11Р»), 20 ГГц (для анализаторов с опцией «13Н») и до 50 ГГц для анализаторов с опцией «05Н»);

Ослабление ВЧ – 0 дБ;

Включение МШУ – вкл.;

Режим входа – закрытый вход (при наличии опции «АПА»).

9.11.7 Проверить, что процесс измерения запущен.

9.11.8 Зафиксировать время запуска измерений.

9.11.9 Запустить Мастер градуировки ГШ.

9.11.10 В поле со списком «Метод градуировки:» выбрать «Согласно методике поверки». В поле с регулировкой значения «Количество циклов измерений:» установить значение пять и нажать «Далее».

9.11.11 Заполнить поля ввода «Модель:» и «№:» для используемого генератора шума. В группе «Эталонный генератор шума (ГШЭ)» в поле ввода «Характеристика (ИОШТ)» выбрать подготовленный в 9.11.3 файл с расширением «*.ngd» (в этом случае для всех частот ИОШТ эталонного ГШ будет равна 0 дБ). Остальные поля оставить незаполненными. Нажать кнопку «Далее». На следующем шаге Мастера градуировки в полях ввода «Температура:» и «Влажность:» либо удалить значения, либо указать соответствующие действительные значения и нажать «Далее».

9.11.12 На четвертом этапе Мастера в группе «Контролируемые параметры» снять все флажки. В группе «Экспорт данных» указать каталог для сохранения результатов измерения и убедиться, что все активные флажки установлены. Нажать «Далее».

9.11.13 На вход анализатора, используя соответствующий переход, подключить аттенюатор Д2М-32-10-13Р-13 из комплекта поставки анализатора.

9.11.14 Подключить ГШМ2-20В-13 к аттенюатору, а также к выходу ГЕНЕРАТОР ШУМА на передней панели анализатора с помощью кабеля BNC.

ВНИМАНИЕ: ВО ИЗБЕЖАНИЕ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ АНАЛИЗАТОРА, КАБЕЛЬ BNC СНАЧАЛА ПОДКЛЮЧАЕТСЯ К ГЕНЕРАТОРУ ШУМА, ДАЛЕЕ – К АНАЛИЗАТОРУ!

9.11.15 Обеспечить работу анализатора при запущенных измерениях не менее 10 мин с момента запуска измерений.

9.11.16 На последнем этапе Мастера градуировки провести измерения для каждого цикла, не отсоединяя ГШ от входа анализатора.

9.11.17 На верхней диаграмме снять все флажки трасс кроме флажка для трассы «ГШ_итог».

9.11.18 В качестве действительных значений погрешности градуировки генераторов шума $\delta_{гр}$ (без учета погрешностей из-за рассогласования радиоизмерительного тракта и неопределенности температуры окружающего воздуха, а также ИОШТ используемого в качестве эталона генератора шума) при степени усреднения 18 и ширине полосы пропускания

ФПЧ 3 МГц принять значения трассы «ГШ_итог».

9.11.19 Для анализаторов с опцией «05Н» повторить 9.11.6 – 9.11.18 с подключенным на вход анализатора предусилителем из комплекта поставки для частот 0,20; 0,35; 0,50; 1; 2; ..., 50 ГГц с ГШ 346С К01 и аттенуатором Д2М-50-3-05Р-05, подключенным ко входу предусилителя, указав другой каталог для сохранения результатов измерения.

9.11.20 Результаты проверки считать положительными, если $|\delta_{гр}|$ не более:

- для опции «11Р» или «13Н» в диапазонах частот	
до 0,02 некл. ГГц	0,460 дБ;
от 0,02 до 6 ГГц	0,076 дБ;
свыше 6 до 12 ГГц	0,060 дБ;
свыше 12 до 18 ГГц	0,091 дБ;
свыше 18 до 20 ГГц (только для опции «13Н»)	0,097 дБ;
- для опции «05Н» на частотах без внешнего предусилителя	
от 0,01 до 0,03 ГГц	0,158 дБ;
свыше 0,03 до 14 ГГц	0,079 дБ;
свыше 14 до 18 ГГц	0,123 дБ;
свыше 18 до 20 ГГц	0,132 дБ;
- для опции «05Н» на частотах с внешним предусилителем	
от 0,20 до 0,35 ГГц	0,290 дБ
свыше 0,35 до 5 ГГц	0,137 дБ;
свыше 5 до 15 ГГц	0,075 дБ;
свыше 15 до 20 ГГц	0,082 дБ;
свыше 20 до 26 ГГц	0,066 дБ;
свыше 26 до 30 ГГц	0,099 дБ;
свыше 30 до 32 ГГц	0,126 дБ;
свыше 32 до 39 ГГц	0,097 дБ;
свыше 39 до 43 ГГц	0,104 дБ;
свыше 43 до 50 ГГц	0,175 дБ.

9.12 Определение диапазона отстроек и пределов допускаемой абсолютной погрешности измерения фазового шума (опция «ИФШ»)

9.12.1 Данная проверка проводится только для анализаторов с опцией «ИФШ».

9.12.2 Подготовить к работе следующее оборудование в соответствии с руководством по эксплуатации на него: генератор сигналов Г7М-06 (далее в данном подразделе – генератор).

9.12.3 Собрать схему согласно рисунку 9.2.

9.12.4 Запустить ПО в режиме «Измерение фазового шума». В пункте «Профиль» главного меню выбрать пункт «Восстановить начальные параметры».

9.12.5 Установить следующие параметры измерения на анализаторе:

Опорный генератор – внешний;

Убедиться, что для трассы с функцией «Ср0/20 ФШ» на панели инструментов нажата кнопка «Отображение таблицы значений характеристики фазовых шумов»; оставшиеся трассы удалить;

Полоса фильтра ПЧ – Автовыбор

Функции трасс – усреднение – Выкл.

Амплитудные параметры: Обработка гармоник – Уровень в дБн,

Запустить процесс измерений.

9.12.6 На генераторе установить несущую частоту 1 ГГц, выходной уровень минус 10 дБм, фазовую модуляцию с девиацией фазы 0,01 рад и частотой модулирующего колебания $f_m = 10$ Гц, также установить синхронизацию от внешнего ОГ и убедиться, что на генераторе произошел захват синхронизации. Запустить процесс генерации.

9.12.7 Для анализатора на панели управления «Частота» установить в качестве начальной частоты отстройки f_m , а в качестве конечной – 100 Гц. Отключить автоподстройку

частоты. Нажать кнопку «Автонастройка».

9.12.8 С помощью отображаемой таблицы провести измерение уровня $\Phi_{\text{изм}}$, дБм, при отстройке $\Delta F = f_m$, дожидаясь установившихся показаний и считывая показания с точностью до десятых дБм.

П р и м е ч а н и е – Под установившимися показаниями здесь и далее понимается последнее из наблюдавшихся в течение от двух до трех полных циклов развертки по частоте показаний, при условии, что их изменение находится в пределах двух единиц младшего разряда требуемой точности.

9.12.9 Вычислить значение погрешности измерения фазового шума $\delta\Phi$, дБн, по формуле

$$\delta\Phi = \Phi_{\text{изм}}[\text{дБн}] + 46 [\text{дБ}] \quad (9.25)$$

9.12.10 Установить начальную и конечную частоты отстроек соответственно 900 Гц и 20 МГц; повторить измерения $\Phi_{\text{изм}}$ при частотах модулирующего колебания f_m в 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц, при этом после установки каждого нового значения f_m необходимо нажимать кнопку «Автонастройка».

9.12.11 Результаты проверки считать положительными, если значения $\delta\Phi$ находятся в пределах ± 2 дБ.

9.13 Определение абсолютной погрешности измерений частоты модулирующего сигнала F_m (опция «АДП»)

9.13.1 Подготовить к работе поверенный векторный генератор (далее в данном подразделе - генератор) и поверяемый анализатор спектра в соответствии с РЭ на них.

9.13.2 Собрать измерительную схему, приведенную на рисунке 9.2 9., где в качестве перехода П1 использовать соответствующий переход.

9.13.3 Определение абсолютной погрешности измерений частоты модулирующего сигнала F_m производить в трех режимах:

амплитудной модуляции (АМ);

частотной модуляции (ЧМ);

фазовой модуляции (ФМ).

9.13.4 Соединить СВЧ-выход генератора с СВЧ входом поверяемого анализатора.

Установить следующие параметры на генераторе:

Режим работы – фиксированная частота и мощность;

Несущая частота F_0 – 1 ГГц;

Мощность – 0 дБм;

Модулирующий сигнал – Синус.

9.13.5 Запустить ПО анализатора в режиме «Аналоговая демодуляция». Установить следующие параметры на анализаторе:

Восстановить начальные параметры;

Время развертки – $2/F_m$;

Фильтр разрешения ВЧ-спектра – 50 Гц;

Фильтр разрешения НЧ-спектра – 1 Гц для частоты модуляции 300 Гц и 10 Гц для частот 20 кГц и 200 кГц;

Опорный уровень – 10 дБм;

Центральная частота – 1 ГГц;

Полоса обзора ВЧ спектра – мин. $4 \cdot F_m$;

Диапазон обзора НЧ спектра – от 10 Гц до половины полосы обзора ВЧ спектра;

Авто подстройка уровня – выкл;

Однократно выполнить автоподстройку уровня.

9.13.6 Запустить генерацию СВЧ-мощности на генераторе и процесс измерения на анализаторе.

9.13.7 На генераторе и анализаторе в пункте «Тип модуляция» включить амплитудную с глубиной АМ 90% (М[%]). Последовательно устанавливая значения F_m равными 0,3, 20 и 200 кГц, произвести отсчет показаний проверяемого анализатора F_a в окне «Параметры модуляции» (правый нижний угол). Рассчитать абсолютную погрешность измерения ΔF , кГц, по формуле:

$$\Delta F = F_a - F_m. \quad (9.26)$$

где F_a – измеренная поверяемым анализатором модулирующая частота (взята из окна «Параметры модуляции»), кГц;

F_m – частота модулирующего сигнала, выставленная на генераторе, кГц.

9.13.8 Повторить 9.13.5 и 9.13.7, задав на генераторе и анализаторе тип модуляции ЧМ и затем ФМ, при этом в режиме ЧМ устанавливать девиацию частоты 20 кГц, а в режиме ФМ девиацию фазы ϕ равной 1. Результаты измерений занести в таблицу по форме таблицы 17.

9.13.9 Результаты поверки считать положительными, если найденные значения не превышают пределов, установленных формулами:

$$\text{режим АМ } \pm((4 \cdot 10^{-5} \cdot F_m \cdot 100\%/M[\%]) + 0,2) \text{ Гц}; \quad (9.27)$$

$$\text{режим ЧМ и ФМ } \pm((2 \cdot 10^{-5} \cdot F_q) + 0,2) \text{ Гц}. \quad (9.28)$$

Таблица 17– Результаты измерения погрешности ΔF

Модуляция	F_m , кГц	Время развертки, мс	Полоса ВЧ обзора, кГц	F_a , кГц	ΔF , кГц
АМ/ЧМ/ФМ	0,3	6	1,2		
	20	0,1	80		
	200	0,01	800		

9.14 Определение абсолютной погрешности измерений коэффициентов амплитудной модуляции (опция «АДП»)

9.14.1 Подготовить к работе векторный генератор сигналов (далее в данном подразделе – генератор) в соответствии с РЭ на него.

9.14.2 Собрать измерительную схему, приведенную на рисунке 9.2, где в качестве П1 использовать соответствующий переход.

9.14.3 Установить следующие параметры на генераторе:

Режим работы – фиксированная частота и мощность;

Мощность – 0 дБм;

Тип аналоговой модуляции – амплитудная;

Модулирующий сигнал – Синус;

Несущую частоту F_0 , частоту модуляции F_m , и M (т.е. коэффициент АМ) – согласно таблице 16.

9.14.4 Запустить ПО анализатора в режиме измерения «Аналоговая демодуляция». Установить следующие параметры на анализаторе:

восстановить начальные параметры;

тип модуляции – амплитудная;

время развертки – по формуле $10/F_m$ для F_m генератора;

фильтр разрешения ВЧ-спектра – 5 Гц;

фильтр разрешения НЧ-спектра – 5 Гц;

опорный уровень – 10 дБм;

центральная частота – равная F_0 генератора из таблицы 18;

автоподстройка уровня выключена;

однократно выполнить автоподстройку уровня.

9.14.5 Включить генерацию СВЧ-мощности на генераторе. Запустить процесс

измерения на анализаторе.

9.14.6 Установить на анализаторе центральную частоту, полосу НЧ и ВЧ сигнала согласно таблице 18. Выбрав окно отображения НЧ спектра установить по оси X логарифмическую шкалу (Диаграмма\Вид\Логарифмическая шкала X). Измеренное значение коэффициента модуляции $M_{изм}$ (Размах/2) из окна «Параметры модуляции» (правый нижний угол) внести в таблицу 18.

Примечание – Во время измерений нужно каждый раз дожидаться обновления данных.

Таблица 18 – Результаты измерения погрешности ΔM

F_0 , МГц	F_m , кГц	M, %	Полоса НЧ анализатора, кГц	Полоса ВЧ анализатора, кГц	$M_{изм}$, %	ΔM , %	ΔM_{max} , %
25	0,020	100	0,010 - 1	2			$\pm 0,7$
		50					$\pm 0,4$
		5					$\pm 0,2$
		1					$\pm 0,2$
	1	100	0,3-2	4			$\pm 0,7$
		50					$\pm 0,4$
		5					$\pm 0,2$
		1					$\pm 0,2$
	10	100	0,3-20	40			$\pm 0,7$
		50					$\pm 0,4$
		5					$\pm 0,2$
		1					$\pm 0,2$
	20	100	0,3-40	80			$\pm 0,7$
		50					$\pm 0,4$
		5					$\pm 0,2$
		1					$\pm 0,2$
100	0,020	100	0,010-1	2			$\pm 0,7$
		50					$\pm 0,4$
		5					$\pm 0,2$
		1					$\pm 0,2$
	1	100	0,3-2	4			$\pm 0,7$
		50					$\pm 0,4$
		5					$\pm 0,2$
		1					$\pm 0,2$
	10	100	0,3-20	40			$\pm 0,7$
		50					$\pm 0,4$
		5					$\pm 0,2$
		1					$\pm 0,2$
	20	100	0,3-40	80			$\pm 0,7$
		50					$\pm 0,4$
		5					$\pm 0,2$
		1					$\pm 0,2$

9.14.7 Для значений F_0 , F_m и M, указанных таблице 16, рассчитать погрешность измерения ΔM , %, по формуле

$$\Delta M = M - M_{изм} \quad (9.29)$$

где M – установленные на генераторе значения коэффициента AM, %;

$M_{изм}$ – измеренные значения коэффициента AM, %.

9.14.8 Результаты проверки считать положительными, если значения ΔM не выходят за пределы $\Delta M_{\max}$, указанные в таблице 16.

9.15 Определение абсолютной погрешности измерений девиации частоты (опция «АДП»)

9.15.1 Подготовить к работе векторный генератор сигналов (далее в данном подразделе - генератор) в соответствии с РЭ на него

9.15.2 Собрать измерительную схему, приведенную на рисунке 9.2, где в качестве П1 использовать соответствующий переход.

9.15.3 Установить следующие параметры на генераторе:

режим работы «фиксированная частота и мощность»;

мощность – 0 дБм;

тип модуляции – частотная (ЧМ);

Модулирующий сигнал – Синус;

Несущую частоту F_0 , частоту модуляции F_m , девиацию частоты Δf – согласно таблице 19.

9.15.4 Запустить ПО анализатора в режиме «Аналоговая демодуляция». Установить следующие параметры на анализаторе:

Восстановить начальные параметры;

Тип модуляции – частотная (ЧМ);

Время развертки – по формуле $10/F_m$ для F_m генератора;

Фильтр разрешения ВЧ-спектра – 10 Гц;

Фильтр разрешения НЧ-спектра – 10 Гц;

Опорный уровень – 10 дБм;

Опорный генератор – внешний, 10 МГц;

Центральная частота – несущая частота из таблицы 19;

Авто подстройка уровня – выкл;

Однократно выполнить автоподстройку уровня.

9.15.5 Включить генерацию СВЧ мощности на генераторе. Запустить процесс измерения на анализаторе.

9.15.6 Установить центральную частоту анализатора равной несущей частоте, полосу обзора ВЧ и диапазон НЧ сигнала согласно таблице 19. Выбрав окно отображения НЧ спектра установить по оси X логарифмическую шкалу (Диаграмма\Вид\Логарифмическая шкала X). Измеренное значение девиации частоты $D_{\text{изм}}$ из окна «Параметры модуляции» (правый нижний угол) внести в таблицу 19.

9.15.7 Для значений F_0 , F_m и Δf , указанных в таблице 19, рассчитать значение абсолютной погрешности измерений девиации частоты ΔD , кГц, по формуле

$$\Delta D = \Delta f - D_{\text{изм}} \quad (9.30)$$

где Δf – установленное значение девиации частоты на генераторе, кГц;

$D_{\text{изм}}$ – измеренное на анализаторе значение девиации частоты, кГц.

Таблица 19 – Результаты измерения ΔD

F_0 , МГц	F_m , кГц	Δf , кГц	Полоса НЧ анализатора, кГц	Полоса обзора ВЧ сигнала, кГц	$D_{\text{изм}}$, кГц	ΔD , кГц	$\Delta D_{\max}$, Гц
25	0,5	100	0,010-300	600			402
		10	0,010-20	40			42
		1	0,010-4	8			8
		0,1	0,010-2	4			3
	1	100	0,010-300	600			600
		10	0,010-20	40			60
		1	0,010-4	8			8

F_0 , МГц	F_m , кГц	Δf , кГц	Полоса НЧ анализатора, кГц	Полоса обзора ВЧ сигнала, кГц	Дизм, кГц	ΔD , кГц	ΔD_{max} , Гц
	20	0,1	0,010-2	4			3
		100	0,010-300	600			600
		10	0,010-80	160			300
		1	0,010-40	80			60
100	0,5	100	0,010-300	600			1000
		10	0,010-20	40			100
		1	0,010-4	8			8
		0,1	0,010-2	4			3
	1	100	0,010-300	600			1000
		10	0,010-20	40			100
		1	0,010-4	8			8
		0,1	0,010-2	4			3
	20	100	0,010-300	600			600
		10	0,010-80	160			200
		1	0,010-40	80			60
		100	0,010-500	1000			1000
	100	50	0,010-300	600			602
		5	0,010-200	400			500

9.15.8 Результаты проверки считать положительными, если значения ΔD не выходят за пределы ΔD_{max} , указанные в таблице 19.

9.16 Определение погрешности измерения уровня минус 30 дБм на частоте 100 МГц

9.16.1 Подготовить к работе генератор (синтезатор частот Г7М-20А) и ваттметр с преобразователем измерительным (Е9304А-Н18 для опции «11Р», Е4413А для опции «13Н», 8487D для опции «05Н») в соответствии с руководствами по эксплуатации на них.

9.16.2 Собрать схему измерения, представленную на рисунке 9.5. При необходимости использовать для подключения коаксиальные переходы и кабели.

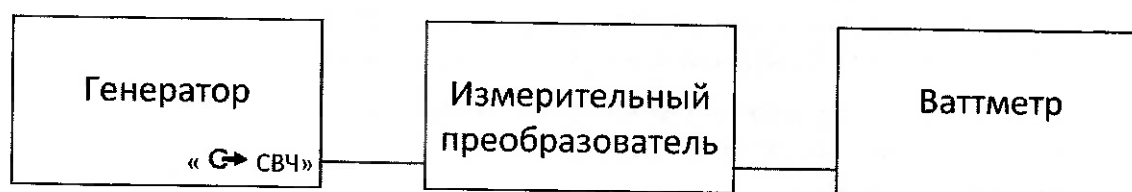


Рисунок 9.5 – Схема определения уровня выходной мощности генератора при помощи измерителя мощности

9.16.3 Установить следующие параметры на генераторе:

Режим работы – фиксированная частота и мощность;

Частота F_g – 100 МГц.

Мощность P_g – минус 30 дБм.

9.16.4 Включить генерацию СВЧ мощности на генераторе.

9.16.5 Подстроить уровень выходной мощности на генераторе P_g так, чтобы показания ваттметра составляли минус $30 \pm 0,01$ дБм.

9.16.6 Собрать схему измерения, представленную на рисунке 9.2.

9.16.7 Установить следующие параметры измерения на анализаторе:

Восстановить начальные параметры;

Полоса фильтра ПЧ – 100 Гц;

Центральная частота – 100 МГц;

Полоса обзора – 0,001 МГц;
Опорный уровень – минус 30 дБм;
Режим входа – открытый вход (при наличии опции «АПА»);
Опорный генератор – внешний, 10 МГц;
Авто подстройка уровня – выкл;
Однократно выполнить автоподстройку уровня.

9.16.8 Включить генерацию СВЧ мощности P_g на генераторе, запустить процесс измерения на анализаторе.

9.16.9 Установить маркер анализатора в режиме поиска максимума сигнала.

9.16.10 С помощью маркера считать показания уровня мощности сигнала P_m .

П р и м е ч а н и е – При считывании показаний необходимо учитывать величину затухания сигнала в СВЧ кабеле К1 и переходе П1 (необходимо иметь данные по коэффициенту затухания этих устройств на частоте 100 МГц). Для этого можно использовать функцию анализатора «Компенсация внешней цепи», либо измерять мощность ваттметром в схеме (рисунок 9.5) с подключенными к генератору К1 и П1, учитывая затухание сигнала в тракте.

9.16.11 Рассчитать значение погрешности измерения уровня минус 30 дБм $\delta_{100\text{МГц}}$, дБм, по формуле

$$\delta_{100\text{МГц}} = P_m + 30, \quad (9.31)$$

где P_m – измеренное значение мощности на анализаторе спектра, дБм.

9.16.12 При наличии в анализаторе спектра опции отключаемого предусилителя «МУА» выполнить еще одно измерение при включенном состоянии опции.

9.16.13 Результаты поверки считать положительными, если погрешность измерения уровня минус 30 дБм укладывается в пределы $\pm 0,2$ дБ.

9.17 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ)

9.17.1 Подготовить к работе генератор (синтезатор частот Г7М-20А для опций «11Р» и «13Н», генератор сигналов Е8257D для опции «05Н») и ваттметр с преобразователем измерительным (Е9304А-Н18 для опции «11Р», Е4413А для опции «13Н», 8487А для опции «05Н») в соответствии с руководствами по эксплуатации на них.

9.17.2 Собрать схему измерения, представленную на рисунке 9.5. При необходимости использовать для подключения коаксиальные переходы и кабели.

9.17.3 Установить следующие параметры на генераторе:

Режим работы – фиксированная частота и мощность;

Частота $F_g = F_{ac}$ – из таблицы 20;

Мощность P_g – 0 дБм.

9.17.4 Установить следующие параметры измерения на анализаторе:

Восстановить начальные параметры;

Опорный генератор – внешний, 10 МГц;

Центральная частота F_{ac} – из таблицы 20;

Полоса обзора – 300 Гц;

Количество точек – 501;

Полоса фильтра ПЧ – 100 Гц;

Видеофильтр – 10 Гц;

Опорный уровень – 0 дБм;

Режим расчета – Фикс. ВЧ ослабление;

Режим входа – открытый вход (при наличии опции «АПА»);

Выполнить автоподстройку уровня.

9.17.5 Изменяя частоту генератора измерить значение мощности ваттметром $P_{изм}$ на всех частотных точках из таблицы 20.

П р и м е ч а н и я :

1 Измерение мощности генератора производить по сечению соединителя кабеля, которым в дальнейшем будет соединен генератор и анализатор спектра

2 Измерения на частотах 19000 МГц и 20000 МГц проводить только для анализаторов с опцией «13Н» и «05Н».

3 Измерения на частотах 21000 МГц и выше проводить только для анализаторов с опцией «05Н».

9.17.6 Собрать схему согласно рисунку 9.2.

9.17.7 Установить маркер анализатора в режиме поиска максимума сигнала.

9.17.8 Изменяя центральную частоту на анализаторе и генераторе в соответствии с частотными точками из таблицы 20, зафиксировать показания маркера P_m на этих частотах.

П р и м е ч а н и я :

1 Измерения на частотах 19000 МГц и 20000 МГц проводить только для анализаторов с опцией «13Н».

2 Измерения на частотах 25000 МГц и выше проводить только для анализаторов с опцией «05Н».

3 При считывании показаний маркера необходимо учитывать величину затухания сигнала в кабеле К1 и переходе П1 (необходимо иметь данные по коэффициенту затухания этих устройств на контролируемых частотах). Если параметры кабеля и перехода неизвестны, допускается проводить 9.17.5 по схеме с подключенным к генератору кабелем и переходом.

9.17.9 Рассчитать значение погрешности измерения мощности δ_p (неравномерность АЧХ анализатора), дБ, по формуле (9.32) для каждой частотной точки, полученные значения занести в таблицу 20.

$$\delta_p = P_{изм} - P_m, \quad (9.32)$$

где $P_{изм}$ – мощность, измеренная ваттметром, дБм;

P_m – показания маркера анализатора, дБм.

9.17.10 При наличии в анализаторе опции «АПА», повторить измерения согласно 9.17.8 – 9.17.9 в режиме входа «Закрытый вход».

П р и м е ч а н и е – При включенном режиме «Закрытый вход» измерения на частоте 10 МГц не проводить.

9.17.11 При наличии в анализаторе опции отключаемого предварительного усилителя «МУА» установить на генераторе уровень сигнала минус 40 дБм (при необходимости использовать дополнительно аттенуатор), а на анализаторе опорный уровень минус 30 дБм, включить МШУ и повторить измерения согласно 9.17.5 – 9.17.10, заполняя таблицу, аналогичную таблице 20.

П р и м е ч а н и е – При включенном МШУ измерения на частоте 10 МГц не проводить.

Таблица 20 – Определение неравномерности АЧХ

$F_{ас}, \text{ МГц}$	$P_{изм}, \text{ дБм}$	$P_m, \text{ дБм}$		$\delta_p, \text{ дБ}$		$\delta_{доп} (\delta_{доп МУА}), \text{ дБ}$
		в режиме «Открытый вход»	в режиме «Закрытый вход»	в режиме «Открытый вход»	в режиме «Закрытый вход»	
10						$\pm 0,54 (\pm 0,80)$
20						$\pm 0,56 (\pm 0,82)$
100						$\pm 0,63 (\pm 0,90)$

$F_{ас}$, МГц	$P_{изм}$, дБм	$P_{и}$, дБм		δ_p , дБ		$\delta_{доп} (\delta_{доп MVA})$, дБ
		в режиме «Открытый вход»	в режиме «Закрытый вход»	в режиме «Открытый вход»	в режиме «Закрытый вход»	
500						$\pm 0,78 (\pm 1,08)$
1000						$\pm 0,90 (\pm 1,22)$
3000						$\pm 1,19 (\pm 1,56)$
5000						$\pm 1,39 (\pm 1,80)$
7000						$\pm 1,56 (\pm 1,99)$
10000						$\pm 1,76 (\pm 2,24)$
12000						$\pm 1,89 (\pm 2,38)$
14000						$\pm 2,00 (\pm 2,51)$
16000						$\pm 2,10 (\pm 2,63)$
18000						$\pm 2,20 (\pm 2,74)$
19000						$\pm 2,24 (\pm 2,80)$
20000						$\pm 2,29 (\pm 2,85)$
25000						$\pm 2,50 (\pm 3,10)$
30000						$\pm 2,69 (\pm 3,32)$
36000						$\pm 2,90 (\pm 3,57)$
42000						$\pm 3,09 (\pm 3,80)$
48000						$\pm 3,27 (\pm 4,01)$
49999						$\pm 3,33 (\pm 4,07)$

9.17.12 Результат поверки считается положительным, если все значения δ_p (неравномерность АЧХ анализатора) во всех указанных частотных точках не выходят за пределы $\delta_{доп}$ для неактивной опции «МУА» и $\delta_{допМУА}$ – для активной, указанные в таблице 20.

9.18 Определение уровня фазовых шумов

9.18.1 Подготовить генератор E8257D в соответствии с руководством по эксплуатации на него.

9.18.2 Собрать схему, представленную на рисунке 9.2.

9.18.3 Установить следующие параметры на генераторе:

Режим работы – фиксированная частота и мощность;

Частота F_g – 1000 МГц;

Мощность P_g – 0 дБм.

9.18.4 Установить следующие параметры измерения на анализаторе:

Восстановить начальные параметры;

Опорный генератор – внешний, 10 МГц;

Центральная частота $F_{ас}$ – 1000 МГц;

Полоса обзора – из таблицы 21;

Полоса фильтра ПЧ – из таблицы 21;

Видеофильтр – 100 Гц;

Мин. ВЧ ослабление – 0 дБ;

Опорный уровень – 0 дБм;

Режим расчета – Однотональный;

Режим входа – открытый вход (при наличии опции «АПА»);

Установить масштаб по вертикали Ед./Дел. – 15 дБ;

Авто подстройка уровня – выкл;

Однократно выполнить автоподстройку уровня.

9.18.5 Включить генерацию СВЧ мощности на генераторе E8257D, запустить процесс измерения на анализаторе.

9.18.6 Установить усреднение трассы анализатора равным 300.

9.18.7 С помощью маркера измерить значение мощности P_0 на частоте, равной F_r .

9.18.8 Согласно таблице 21: сместить центральную частоту сканирования анализатора на величину отстройки от несущей вверх по частотной шкале; установить полосу обзора, полосу пропускания и опорный уровень.

Таблица 21 – Определение уровня фазовых шумов

Отстройка от несущей, кГц	Опорный уровень, дБм	Полоса обзора, МГц	Полоса ПЧ ΔF , Гц	P_m , дБм	$S_\phi(f)$, дБн/Гц	$S_{\phi \max}(f)$, дБн/Гц
1	0	0,002	100			-110
10	0	0,02	100			-115
100	0	0,2	10000			-120
1000	-20	0,4	10000			-135

П р и м е ч а н и е – При измерении на отстройке 1 МГц может загораться сообщение о перегрузке на ПЧ, его следует игнорировать.

9.18.9 Установить маркер на центральную частоту.

9.18.10 Зафиксировать значения уровня мощности P_m на центральной частоте анализатора по показаниям маркера и рассчитать уровень фазовых шумов $S_\phi(f)$, дБн/Гц, по формуле

$$S_\phi(f) = P_m - P_0 - 10 \log(\Delta F) \quad (9.33)$$

где P_m – отсчет маркера, дБм;

P_0 – значение мощности без отстройки, дБм;

ΔF – полоса пропускания, Гц.

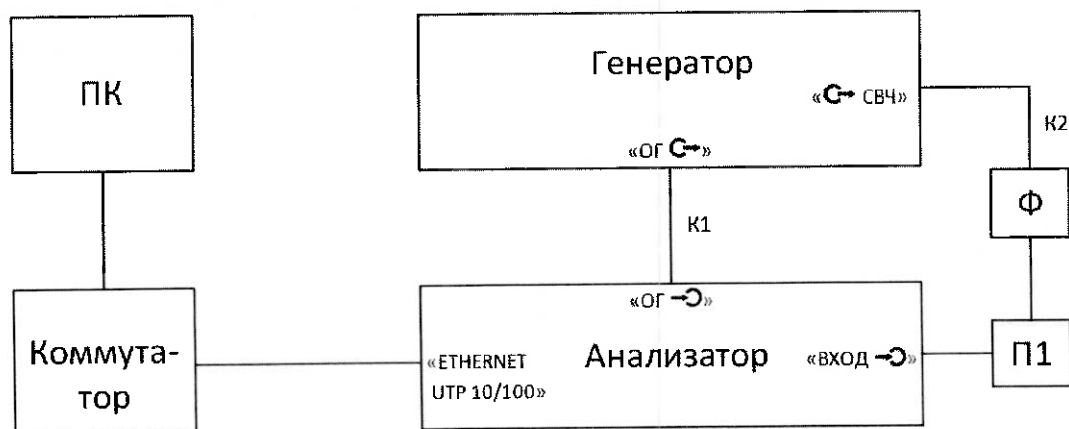
9.18.11 Выполнить 9.18.8 – 9.18.9 для всех значений отстройки по частоте от несущей, согласно таблице 21.

9.18.12 Результат проверки считать положительным, если значения $S_\phi(f)$ при указанных отстройках от частоты генератора не превышают допустимых пределов уровня фазовых шумов $S_{\phi \max}(f)$, приведенных в таблицы 21.

9.19 Определение уровня гармонических искажений второго порядка

9.19.1 Подготовить к работе генератор (синтезатор частот Г7М-20А для опций «11Р» и «13Н», генератор сигналов Е8257D для опции «05Н»), и набор полосовых фильтров в соответствии с руководствами по эксплуатации на них.

9.19.2 Собрать схему измерения, представленную на рисунке 9.6, используя фильтр с полосой пропускания от 2000 до 3000 МГц.



Коммутатор – сетевой коммутатор Ethernet; Ф – фильтр 1, 2, 3,4, 5 (см. таблицу 3); П1 – переход коаксиальный (переход 6 для опции «11Р», переход 7 для опции «05Н», для опции «13Н» не применяется); К1 – кабель коаксиальный BNC (кабель 1); К2 – кабель СВЧ коаксиальный (кабель 3)

Рисунок 9.6 – Схема измерения уровня гармонических искажений второго порядка

9.19.3 Установить следующие параметры на генераторе:

Режим работы – фиксированная частота и мощность;

Частота F_g – 2000 МГц;

Мощность P_g – минус 10 дБм.

9.19.4 Установить следующие параметры измерения на анализаторе:

Восстановить начальные параметры;

Полоса обзора – 0,0005 МГц;

Детектор среднего;

Полоса фильтра ПЧ – 5 Гц;

Мин. ВЧ ослабление – 0 дБ;

Опорный уровень – 0 дБм;

Режим расчета – Фикс. ВЧ ослабление;

Режим входа – открытый вход (при наличии опции «АПА»);

Опорный генератор – внешний, 10 МГц;

Выполнить автоподстройку уровня.

9.19.5 Включить генерацию СВЧ мощности на генераторе, запустить процесс измерения на анализаторе.

9.19.6 Установить на генераторе частоту из таблицы 22 Установить на анализаторе центральную частоту равной частоте сигнала на выходе генератора и активировать маркер в режиме поиска максимального уровня сигнала.

9.19.7 Регулируя мощность выходного сигнала генератора установить по показаниям маркера измеряемый уровень мощности на входе анализатора равным (минус $10,0 \pm 0,1$) дБм.

9.19.8 Установить на анализаторе центральную частоту равной удвоенной частоте генератора (таблица 22). Измерить значение мощности P_M на входе анализатора и занести в таблицу.

Примечание – Измерения мощности на удвоенной частоте проводить при установленном опорном уровне минус 60 дБм и при включенном межкадровом усреднении со значением, равным 10.

9.19.9 Установить следующее значение частоты генератора из таблицы 22 и, если требуется, поменять фильтр.

9.19.10 Повторить измерения согласно 9.19.6 – 9.19.9 для всех частотных точек из таблицы 21.

Примечание – Измерения на частотах генератора выше 10 ГГц проводить только для анализаторов с опцией «05Н».

9.19.11 При наличии у анализатора опции «МУА», повторить измерения согласно 9.19.6 – 9.19.10 при включенном МШУ (т.е. активировать опцию «МУА»), устанавливая генератором уровень мощности на входе анализатора равным (минус $50,0 \pm 0,1$) дБм при опорном уровне анализатора минус 40 дБм.

Примечание – Измерения мощности на удвоенной частоте проводить при установленном опорном уровне минус 90 дБм и при включенном межкадровом усреднении со значением, равным 10.

9.19.12 Рассчитать уровень гармонических искажений второго порядка SHI , дБм, по формуле (9.34) и занести расчетные данные в таблицу 22.

$$SHI = 2P_{вх} - P_M, \quad (9.34)$$

где $P_{вх}$ – уровень мощности на входе анализатора, дБм;

P_M – измеренный уровень мощности на удвоенной частоте генератора, дБм

Таблица 22 – Определение уровня гармонических искажений второго порядка

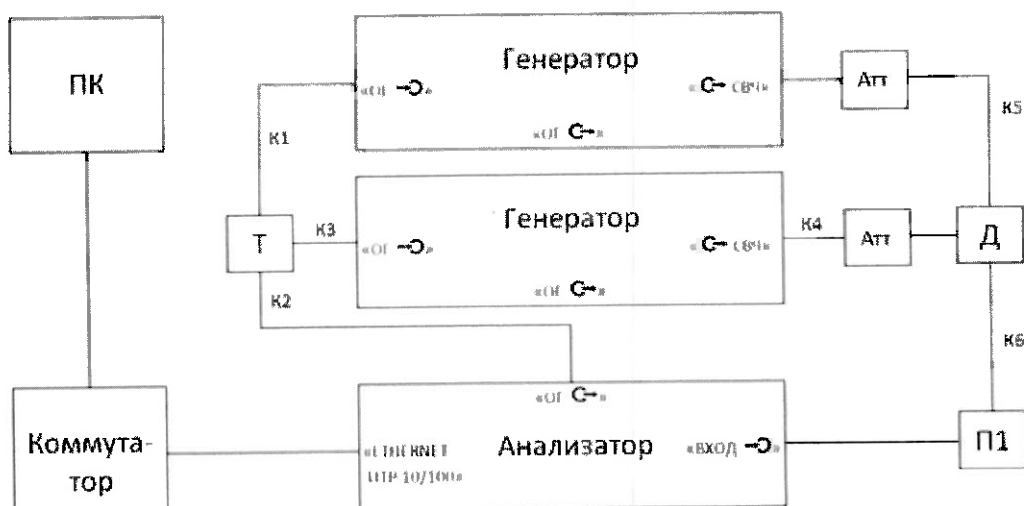
Границы полосы пропускания фильтра, МГц	F_g , МГц	Центральная частота анализатора, МГц	P_M , дБм		SHI , дБм	
			опция «МУА» неактивна	опция «МУА» активна	опция «МУА» неактивна	опция «МУА» активна
2000–3000	2000	4000				
	2500	5000				
	3000	6000				
3000–5000	3500	7000				
	4000	8000				
	4500	9000				
5000–8000	5000	10000				
	6500	13000				
	8000	16000				
8000–12000	8500	17000				
	9000	18000				
12000–18000	12000	24000				
	15000	30000				
	18000	36000				

9.19.13 Результаты поверки считать положительными, если уровень гармонических искажения второго порядка SHI составляет не менее 90 дБм для анализаторов с неактивной опцией «МУА» и не менее значения минус 5 дБм для анализаторов с активной опцией «МУА».

9.20 Определение интермодуляционных искажений третьего порядка

9.20.1 Подготовить к работе два генератора (синтезаторы частот Г7М-20А для опций «11Р» и «13Н», генераторы сигналов Е8257D для опции «05Н»), и делитель мощности в соответствии с руководствами по эксплуатации на них.

9.20.2 Собрать схему измерения, представленную на рисунке 9.7.



Коммутатор – сетевой коммутатор Ethernet; Атт – аттенюатор 10 дБ (2 шт.); Т – тройник BNC; Д – делитель мощности (делитель 1 для опций «11Р» и «13Н», делитель 2 для опции «05Н»); П1 – переход коаксиальный (переход 1 для опции «11Р», переход 2 для опции «13Н», переход 3 для опции «05Н»); К1, К2, К3 – кабель коаксиальный BNC (кабель 1); К4, К5, К6 – кабель СВЧ коаксиальный (кабель 3 для опций «11Р» и «13Н», кабель 2 для опции «05Н»))

Рисунок 9.7 – Схема измерения интермодуляционных искажений третьего порядка

9.20.3 Установить следующие параметры на генераторах:

Режим работы – фиксированная частота и мощность;

Опорный генератор – внешний, 10 МГц;

Частота – 30 МГц;

Мощность P_T – минус 10 дБм.

9.20.4 Установить следующие параметры измерения на анализаторе:

Восстановить начальные параметры;

Центральная частота F_{ac} – из образца таблицы 23

Полоса обзора – 5 МГц;

Полоса фильтра ПЧ – 30 кГц;

Коэффициент ВФ/ФПЧ – 0,01;

Режим расчета – Фикс. ВЧ ослабление;

Мин. ВЧ ослабление – 0 дБ;

Опорный уровень – 0 дБм;

Режим входа – открытый вход (при наличии опции «АПА»).

9.20.5 Запустить процесс измерения на анализаторе.

9.20.6 Установить на одном генераторе частоту $f_1 = (F_{ac} - 0,5)$ МГц, а на другом генераторе частоту $f_2 = (F_{ac} + 0,5)$ МГц, где F_{ac} – центральная частота анализатора согласно таблице 23.

9.20.7 Одновременно включая мощность на генераторах, с помощью маркера в режиме отслеживания максимума сигнала установить измеряемый уровень сигнала P_0 на входе анализатора ($0,0 \pm 0,1$) дБм на частотах f_1 и f_2 и занести значения в таблицу. Включить мощность на обоих генераторах.

Примечание - Если установить требуемую мощность при двух включенных одновременно генераторах невозможно, установить значение мощности, включая ее на генераторах по очереди.

9.20.8 Устанавливая маркер в режиме отслеживания максимального значения экстремумов (функция «автопоиск») последовательно на частотах $(2 \cdot f_1 - f_2)$ и $(2 \cdot f_2 - f_1)$,

зафиксировать и занести в таблицу 23 уровень интермодуляционной гармоники P_{HD3} .

9.20.9 Повторить 9.20.6 – 9.20.8 для всех частотных точек F_{ac} , указанных в таблице 23.

П р и м е ч а н и я :

1 Измерения на частотах 19000 МГц и 19900 МГц для анализаторов с опцией «11P» не проводится.

2 Измерения на частотах 21000 МГц и выше проводить только для анализаторов с опцией «05H».

9.20.10 При наличии у анализатора опции «МУА», повторить измерения согласно 9.20.6 – 9.20.9 при включенном МШУ, устанавливая уровень мощности на входе анализатора P_0 равным минус $40,0 \pm 0,1$ дБм при опорном уровне минус 30 дБм. При необходимости использовать в измерительной схеме аттенюатор.

9.20.11 Рассчитать уровень интермодуляционных искажений третьего порядка $IP3$, дБм, по формуле (9.35) для каждой частотной точки и внести значения в таблицу 21:

$$IP3 = \frac{3 \cdot P_0 - P_{HD3}}{2}, \quad (9.35)$$

где P_0 – уровень основной гармоники, дБм;

P_{HD3} – уровень интермодуляционных искажений, дБм.

9.20.12 Результаты поверки считать положительными, если $IP3$ составляет не менее 15 дБм для анализаторов без опции «МУА» и не менее значения минус 20 дБм для анализаторов с опцией «МУА».

Таблица 23 – Образец таблицы для записи результатов измерений $IP3$

F_{ac} , МГц	P_0 , дБм		P_{HD3} , дБм		$IP3$, дБм	
	f_1	f_2	$2 \cdot f_1 - f_2$	$2 \cdot f_2 - f_1$	$2 \cdot f_1 - f_2$	$2 \cdot f_2 - f_1$
30						
150						
500						
1000						
2000						
4000						
8000						
10000						
12000						
14000						
16000						
17900						
19000						
19900						
21000						
25000						
30000						
35000						
40000						
45000						

F_{ac} , МГц	P_0 , дБм		P_{HD3} , дБм		I_{P3} , дБм	
	f_1	f_2	$2 \cdot f_1 - f_2$	$2 \cdot f_2 - f_1$	$2 \cdot f_1 - f_2$	$2 \cdot f_2 - f_1$
48000						
49900						

9.21 Определение КСВН входа СВЧ анализатора и аттенюаторов

9.21.1 Данная проверка проводится при ослаблении встроенного входного аттенюатора 10 дБ. Проверка КСВН аттенюаторов проводится только при наличии опции «ГРП».

9.21.2 Подготовить к работе анализатор цепей векторный в соответствии с руководством по эксплуатации на него.

9.21.3 Установить следующие параметры измерения на анализаторе:

Режим измерения – «СК4М. Анализ спектра»;

Восстановить начальные параметры;

Мин. ВЧ ослабление – 10 дБ;

Опорный уровень – 0 дБм;

Режим входа – открытый вход (при наличии опции «АПА»);

МШУ выключен (при наличии опции «МУА»).

9.21.4 Запустить на анализаторе процесс измерений.

9.21.5 С помощью анализатора цепей векторного измерить КСВН входа анализатора в рабочем диапазоне частот (от 0,01 до 18 ГГц для анализаторов с опцией «11Р», от 0,01 до 20 ГГц для анализаторов с опцией «13Н», от 0,01 до 50 ГГц для анализаторов с опцией «05Н»). Зафиксировать максимальное значение КСВН.

9.21.6 При наличии опции «МУА» установить опорный уровень -30дБм, включить МШУ и повторить предыдущий пункт от 0,02 ГГц для всех опций.

9.21.7 При наличии одновременно опций «05Н», «МУА», «ИКШ» и (или) «ГРП», повторить измерения с внешним предусилителем из комплекта поставки в диапазоне свыше 14 до 50 ГГц.

9.21.8 При наличии опции «ГРП» дополнительно провести измерение КСВН входов и выходов аттенюаторов, входящих в комплект поставки анализатора, в рабочем диапазоне частот (от 0,01 до 32 ГГц для опции «13Н» и до 50 ГГц для опции «05Н»).

9.21.9 Результаты проверки считать положительными:

если КСВН входа анализатора, в диапазоне частот, не более:

опция «МУА» не активна:

- от 0,01 до 18 ГГц для опции «11Р» и до 20 ГГц для опции «13Н» 2,0

- свыше 20 до 50 ГГц для опции «05Н» 3,0

опция «МУА» активна, без внешнего предусилителя

- от 0,02 до 18 ГГц для опции «11Р» и до 20 ГГц для опции «13Н» 2,1

- свыше 20 до 50 ГГц для опции «05Н» 3,1

опция «МУА» активна, с внешним предусилителем

- свыше 14 до 50 ГГц для опции «05Н» 3,2

если КСВН аттенюаторов, входящих в комплект поставки при наличии опции «ГРП», не более:

Для опции «13Н»

- от 0,01 до 20 ГГц 1,10

- свыше 20 до 32 ГГц 1,25

Для опции «05Н»

- от 0,01 до 20 ГГц 1,25

- свыше 20 до 50 ГГц 1,30

9.22 Измерение напряжения питания ГШ

9.22.1 Подготовить к работе мультиметр цифровой, в соответствии с руководством по эксплуатации на него.

9.22.2 На мультиметре установить автоматический выбор пределов и перевести в режим измерений постоянного напряжения. Соединить выводы мультиметра с выходом «ГЕНЕРАТОР ШУМА» на передней панели анализатора.

9.22.3 Запустить ПО, восстановить начальные параметры на анализаторе.

9.22.4 Убедиться в том, что индикатор состояния ГШ не светится. Если он светится, выключить ГШ, передвинув переключатель в поле «Генератор шума» (раздел управления «Сервис»). Занести значение напряжения питания при выключенном ГШ в таблицу 24.

9.22.5 Включить питание ГШ, установив флажок в поле «Генератор шума». Убедиться в том, что индикатор состояния ГШ «ВКЛ» светится. Измерить напряжение. Остановить процесс измерений. Занести значение напряжения питания при включенном питании ГШ в таблицу 24.

Таблица 24 – Значения напряжения питания ГШ

Состояние ГШ	Номинальное значение напряжения питания, В	Измеренное значение напряжения питания, В	Допускаемое отклонение, В
Выключен	0,0		+ 0,5
Включен	28,00		$\pm 1,0$

9.22.6 Результаты проверки считать положительными, если разность измеренного и номинального значений напряжения питания ГШ в обоих состояниях не выходит за пределы допускаемых отклонений, указанных в таблице 24.

9.23 Подтверждение соответствия анализаторов метрологическим требованиям

Результаты поверки считаются положительными, если фактические погрешности измерения в соответствии с 9 не превышают пределов допускаемых погрешностей, указанных в таблице А.1 Приложения А, установленных при утверждении типа средства измерений. В противном случае результаты поверки считаются отрицательными.

10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 Результаты поверки оформляют протоколом по форме, принятой в организации, проводящей поверку.

10.2 Средства измерений, прошедшие поверку с удовлетворительным результатом, признаются годными и допускаются к применению.

10.3 При отрицательных результатах поверки оформляют извещение о непригодности, в формуляре делается соответствующая отметка.

10.4 Сведения о результатах поверки средств измерений передаются в ФИФ ОЕИ проводящими поверку средств измерений юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями в соответствии с приказом Минпромторга России №2510 от 31.07.2020 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

10.5 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, на анализаторы выдается свидетельство о поверке средства измерений, и (или) в формуляр вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

Приложение А
(обязательное)

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНАЛИЗАТОРОВ

Таблица А.1 – Метрологические характеристики анализаторов

Наименование параметра или характеристики	Значение характеристики
1 Диапазон рабочих частот для наборов опций: СК4М-18А - опция «11Р» - опция «13Н» - при активных опциях «АПА», «МУА» СК4М-50 - при неактивных¹⁾ опциях «АПА», «МУА» - при активных опциях «АПА», «МУА»	от 100 Гц до 18 ГГц от 100 Гц до 20 ГГц от 20 МГц до 18 (20) ГГц от 100 Гц до 50 ГГц от 20 МГц до 50 ГГц
2 Пределы допускаемой относительной погрешности частоты внутреннего опорного генератора в рабочем диапазоне температур ($\delta_{ог}$)	$\pm 1 \cdot 10^{-7}$
3 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения частоты ($F_{изм}$) в режиме частотомера (при отношении сигнал/шум не менее 25 дБ, для точности определения частоты $\Delta f_{раз}$, задаваемой в маркере), Гц	$\pm (\delta_{ог} \cdot F_{изм} + \Delta f_{раз})$
4 Диапазон измерения уровня мощности синусоидального сигнала, на частоте 100 МГц, дБм ²⁾	от (средний уровень шумов + 6 дБ) до 30
5 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения уровня мощности синусоидального сигнала 100 МГц в диапазоне уровней мощности, дБ	
- от минус 130 до минус 90 дБм	$\pm 0,6$
- свыше минус 90 до 0 дБм	$\pm 0,3$
- свыше 0 до 30 дБм	$\pm 0,6$
6 Пределы допускаемой неравномерности относительной амплитудно-частотной характеристики (в зависимости от частоты f в ГГц) относительно опорного значения уровня мощности на частоте 100 МГц, при входном аттенюаторе 10 дБ, дБ:	
- при неактивной опции «МУА» и уровне мощности входного сигнала 0 дБм	$\pm (0,4 \cdot \sqrt{f} + 0,5)$
- при активной опции «МУА» и уровне мощности входного сигнала минус 30 дБм	$\pm (0,47 \cdot \sqrt{f} + 0,75)$
7 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения уровня мощности входного сигнала минус 30 дБм на частоте 100 МГц, дБ	$\pm 0,2$
8 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения уровня мощности входного сигнала из-за нелинейности шкалы анализатора на фиксированной частоте 100 МГц, при значении входного сигнала от минус 90 до 0 дБм, дБ	$\pm 0,1$
9 Пределы допускаемой инструментальной погрешности измерения отношения уровней мощности на фиксированной частоте, дБ, для неактивной опции «МУА» при значениях входного сигнала от минус 90 до 0 дБм ³⁾	$\pm 0,20$
10 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения уровня мощности входного сигнала из-за переключения фильтра промежуточной частоты (ФПЧ) относительно опорного значения полосы пропускания ФПЧ 3 МГц, дБ	$\pm 0,1$

Продолжение таблицы А.1

Наименование параметра или характеристики	Значение характеристики	
11 Пределы допускаемой погрешности измерений уровня мощности входного сигнала из-за переключения ослабления входного аттенюатора в диапазоне от 0 до 40 дБ на фиксированной частоте 100 МГц, дБ	±0,3	
12 Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки опорного уровня на фиксированной частоте 100 МГц, дБ	±0,2	
13 Пределы допускаемой относительной погрешности ширины полос пропускания ФПЧ по уровню минус 3 дБ, %: от 1 Гц до 1 кГц от 3 кГц до 300 кГц от 1 МГц до 3 МГц	±5 ±10 ±15	
14 Коэффициент прямоугольности фильтра ПЧ (минус 60 дБ / минус 3 дБ, фильтр ПЧ ≤ 3 МГц), не более	5	
15 Уровень помех, обусловленный гармоническими искажениями второго порядка, выраженном в виде точки пересечения второго порядка (SHI), при входном аттенюаторе 0 дБ, в диапазоне частот, дБм, не менее, для опции «11Р» от 2 до 9 ГГц для опции «13Н» от 2 до 10 ГГц для опции «05Н» от 2 до 25 ГГц	опция «МУА» неактивна, уровень на входе минус 10 дБм	опция «МУА» активна, уровень на входе минус 50 дБм
	90	-5
16 Интермодуляционные искажения третьего порядка при двух тонах с разнесением по частоте более 5 кратной ширины полосы пропускания ФПЧ, при входном аттенюаторе 0 дБ в диапазоне частот от 20 МГц до 50 ГГц, дБм, не менее	опция «МУА» неактивна, уровень на входе минус 10 дБм	опция «МУА» активна, уровень на входе минус 30 дБм
	15	-20
17 Средний уровень собственных шумов, приведённых ко входу в полосе пропускания 1 Гц при входном ослаблении 0 дБ и согласованной нагрузке, подключенной ко входу анализатора, в диапазоне частот, дБм, не более опция «МУА» неактивна: - свыше 10 кГц до 10 МГц - свыше 10 МГц до 1 ГГц - свыше 1 до 3,2 ГГц - свыше 3,2 до 14 ГГц - свыше 14 до 18 ГГц - свыше 18 до 20 ГГц - свыше 20 до 32 ГГц - свыше 32 до 40 ГГц - свыше 40 до 50 ГГц опция «МУА» активна, без внешнего предусилителя: - свыше 20 МГц до 3,2 ГГц - свыше 3,2 до 14 ГГц - свыше 14 до 25 ГГц - свыше 25 до 35 ГГц - свыше 35 до 44 ГГц - свыше 44 до 50 ГГц	-143 -148 -145 -140 -137 -135 -138 -133 -128 -164 -162 -160 -158 -154 -150	

Продолжение таблицы А.1

Наименование параметра или характеристики	Значение характеристики
18 Уровень фазовых шумов на отстройках относительно несущей с частотой 1 ГГц, дБн/Гц, не более - 1 кГц - 10 кГц - 100 кГц - 1 МГц	-110 -115 -120 -135
19 КСВН СВЧ входа при ослаблении входного аттенюатора 10 дБ (опции «АДП» и «АПА» неактивны), в диапазоне частот, не более: опция «МУА» не активна - от 0,01 до 18 ГГц для опции «11Р» и до 20 ГГц для опции «13Н» - свыше 20 до 50 ГГц для опции «05Н» опция «МУА» активна, без внешнего предусилителя - от 0,02 до 18 ГГц для опции «11Р» и до 20 ГГц для опции «13Н» - свыше 20 до 50 ГГц для опции «05Н» опция «МУА» активна, с внешним предусилителем из комплекта поставки - свыше 14 до 50 ГГц для опции «05Н»	2,0 3,0 2,1 3,1 3,2
20 Номинальные значения полос пропускания ФПЧ по уровню минус 3 дБ, Гц	от 1 до 10^5 с шагом 1/2/3/5/7; от 10^3 до 10^7 с шагом 1/3; 140; 6366
21 Номинальные значения полос пропускания видеофильтров по уровню минус 3 дБ, Гц	от 1 до 10^5 с шагом 1/2/3/5/7; от 10^3 до 10^7 с шагом 1/3
Опция «ИКП» (с активной опцией «МУА»)	
22 Частотный диапазон измерения коэффициента шума, МГц: - СК4М-18А с опцией «11Р» - СК4М-18А с опцией «13Н» - СК4М-50 с опцией «05Н»	от 10 до 18000 от 10 до 20000 от 10 до 50000
23 Собственный коэффициент шума F_2 , в диапазоне частот, дБ: без внешнего предусилителя от 0,02 до 0,05 ГГц свыше 0,05 до 0,1 ГГц свыше 0,1 до 2 ГГц свыше 2 до 3,4 ГГц свыше 3,4 до 8 ГГц свыше 8 до 14 ГГц свыше 14 до 18 ГГц (до 20 ГГц – для опции «13Н») с предусилителем из комплекта поставки (только для опции «05Н») свыше 14 до 20 ГГц свыше 20 до 36 ГГц свыше 36 до 42 ГГц свыше 42 до 46 ГГц свыше 46 до 50 ГГц	15,93 11,60 10,36 11,37 10,35 12,07 14,00 11,54 11,41 12,83 13,74 15,10

Продолжение таблицы А.1

Наименование параметра или характеристики	Значение характеристики
24 Диапазон измерения коэффициента передачи (КП)⁴⁾, дБ (от – не более, до – не менее), для избыточной относительной шумовой температуры (ИОШТ) генератора шума (ГШ) ENR [дБ] и ENR' [дБ] = $10 \cdot \lg(1 + ENR[\text{отн. ед.}])$, в диапазоне частот, МГц: без внешнего предусилителя от 0,02 до 0,05 свыше 0,05 до 14 свыше 14 до 18 (до 20000 – для опций «13Н», «05Н») свыше 20000 до 35000 (для опции «05Н») с предусилителем из комплекта поставки (только для опции «05Н») от 14000 до 20000 свыше 20000 до 40000 (для опции «05Н») свыше 40000 до 50000 (для опции «05Н»)	от $(3 - ENR)$ до $(73 - ENR')$ от $(-1 - ENR)$ до $(70 - ENR')$ от $(2 - ENR)$ до $(71 - ENR')$ от $(6 - ENR)$ до $(71 - ENR')$ от $(-1 - ENR)$ до $(60 - ENR')$ от $(-1 - ENR)$ до $(61 - ENR')$ от $(1 - ENR)$ до $(59 - ENR')$
25 Диапазон измерения суммы коэффициента шума (КШ) и КП S_0 [дБ] = (КШ [дБ] + КП [дБ]), дБ (от – не более, до – не менее), в диапазоне частот, МГц⁴⁾, при КШ > 0 дБ: без внешнего предусилителя от 0,02 до 0,05 свыше 0,05 до 14 свыше 14 до 18 (до 20000 – для опций «13Н», «05Н») свыше 20000 до 35000 (для опции «05Н») с предусилителем из комплекта поставки (только для опции «05Н») от 14000 до 20000 свыше 20000 до 40000 (для опции «05Н») свыше 40000 до 50000 (для опции «05Н»)	от 0 до 73⁵⁾ от 0 до 70⁵⁾ от 0 до 71⁵⁾ от 0 до 71⁵⁾ от 0 до 60⁵⁾ от 0 до 61⁵⁾ от 0 до 59⁵⁾
26 Пределы допускаемой абсолютной инструментальной погрешности измерений коэффициента шума, дБ	±0,03
27 Пределы допускаемой абсолютной инструментальной погрешности измерений коэффициента передачи, дБ	±0,03
28 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений КШ (для исследуемых устройств с КСВН не более 1,5 при использовании ГШ ГШМ2-20А или ГШМ2-20В, или при использовании других ГШ с погрешностью ИОШТ не более 0,4 дБ и с КСВН не более 1,45; для КСВН СВЧ-входа анализатора не более 2,1 без использования внешнего предусилителя и не более 3,2 с внешним предусилителем) ⁶⁾	в соответствии с таблицей А.2

Продолжение таблицы А.1

Наименование параметра или характеристики	Значение характеристики
Опция «ГРП» (с активной опцией «МУА»)	
29 Пределы допускаемой абсолютной погрешности градуировки генераторов шума (без учета погрешностей из-за рассогласования радиоизмерительного тракта и неопределенности температуры окружающего воздуха, а также ИОШТ используемого в качестве эталона генератора шума), в диапазоне частот, дБ ⁸⁾	
для опции «11Р», «13Н»	
от 0,01 до 0,02 (не включ.) ГГц	±0,460
от 0,02 до 6 ГГц	±0,076
свыше 6 до 12 ГГц	±0,060
свыше 12 до 18 ГГц	±0,091
свыше 18 до 20 ГГц (только для опции «13Н»)	±0,097
для опции «05Н» без внешнего предусилителя из комплекта поставки	
от 0,01 до 0,03 ГГц	±0,158
свыше 0,03 до 14 ГГц	±0,079
свыше 14 до 18 ГГц	±0,123
свыше 18 до 20 ГГц	±0,132
для опции «05Н» с внешним предусилителем из комплекта поставки	
от 0,2 до 0,35 ГГц	±0,290
свыше 0,35 до 5 ГГц	±0,137
свыше 5 до 15 ГГц	±0,075
свыше 15 до 20 ГГц	±0,082
свыше 20 до 26 ГГц	±0,066
свыше 26 до 30 ГГц	±0,099
свыше 30 до 32 ГГц	±0,126
свыше 32 до 39 ГГц	±0,097
свыше 39 до 43 ГГц	±0,104
свыше 43 до 50 ГГц	±0,175
30 КСВН аттенюаторов, входящих в комплект поставки при заказе опции, не более	
Д2М-32-10-13Р-13	1,10
- от 0,01 до 20 ГГц	1,25
- свыше 20 до 32 ГГц	
Д2М-50-3-05Р-05	1,25
- от 0,01 до 20 ГГц	
- свыше 20 до 50 ГГц	1,30
Опция «ИФШ» (применяется только при неактивной опции «МУА»)	
31 Частотный диапазон измерения фазового шума, МГц:	
- СК4М-18А с опцией «11Р»	от 10 до 18000
- СК4М-18А с опцией «13Н»	от 10 до 20000
- СК4М-50 с опцией «05Н»	от 10 до 50000
32 Диапазон отстроек ΔF от частоты несущей при измерении фазового шума	от 10 Гц до 10 МГц
33 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения фазового шума при уровне измеряемого фазового шума на 6 дБ больше уровня собственных шумов ⁸⁾ , в диапазонах отстроек ΔF, дБ	
- от 0,00001 МГц до 1 МГц	±1,5
- свыше 1 МГц	±2,0

Продолжение таблицы А.1

Наименование параметра или характеристики	Значение характеристики
Опция «АДП»	
34 Частота модулирующего сигнала F_m , кГц	от 0,02 до 200
35 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты модулирующего сигнала, F_m , Гц, для коэффициента амплитудной модуляции M в %: - в режиме АМ - в режиме ЧМ и ФМ	$\pm(4 \cdot 10^{-5} \cdot F_m \cdot 100 \% / M)$ $\pm((2 \cdot 10^{-4} \cdot F_m) + 0,2)$
36 Диапазон измерений коэффициентов амплитудной модуляции M , %	от 0,1 до 100
37 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений коэффициентов амплитудной модуляции, M , %	$\pm(0,006 \cdot M + 0,2)$
38 Уровень паразитной внутренней АМ, %	0,02
39 Коэффициент перехода частотной модуляции в амплитудную при $F_m = 1$ кГц, $\Delta f = 50$ кГц, %, не более	0,05
40 Диапазон измерений девиации частоты, Δf , Гц	от 10 до $5 \cdot 10^6$
41 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений девиации частоты, Δf , Гц	$\pm 0,006 \cdot (F_m + \Delta f)$
42 Уровень паразитной внутренней ЧМ, Гц	2,0
43 Диапазон девиации фазы, φ , рад	от 1 до 100
44 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений девиации фазы, $\Delta \varphi$, рад	$\pm 0,04 \cdot (\Delta \varphi + 2 \cdot 10^{-6} \cdot F_m)$
45 Диапазон отстроек от несущей частоты, Гц	от 1 до 10^7
¹⁾Под неактивной опцией здесь и далее понимается либо отсутствие опции, либо ее выключенное состояние ²⁾Здесь и далее «дБм» – дБ относительно 1 мВт ³⁾Для активной опции «МУА» эта характеристика эквивалентна инструментальной погрешности измерений коэффициента передачи для опции «ИКШ». ⁴⁾Диапазоны определяются на гармоническом сигнале при ФПЧ = 100 кГц (при измерении в с более широким ФПЧ верхний предел будет соответственно меньше); при нулевом ослаблении аттенюатора ПЧ ⁵⁾Указанная верхняя граница $S_{0 \max}^H$ суммы $S_0 = (F_{\text{иу}} [\text{дБ}] + G_{\text{иу}} [\text{дБ}])$ приводится для $G_{\text{иу}} [\text{дБ}] \leq G_{\text{иу max}} [\text{дБ}] - 10$, где $F_{\text{иу}}$ – КШ исследуемого устройства (ИУ), $G_{\text{иу}}$ – КП ИУ, а $G_{\text{иу max}}$ – верхняя нормируемая граница КП ИУ для данного диапазона. Если $G_{\text{иу}} [\text{дБ}] > G_{\text{иу max}} [\text{дБ}] - 10$, то верхняя граница $S_{0 \max}^{H*}$ суммы S_0 рассчитывается по формуле $S_{0 \max}^{H*} [\text{дБ}] = 10 \cdot \lg(10^{0,1 \cdot S_{0 \max}^H [\text{дБ}]} - G_{\text{иу}} [\text{отн.ед.}] \cdot ENR [\text{отн.ед.}])$. Нижнюю же границу суммы S_0 при КШ $F_{\text{иу}} = 0$ дБ следует считать равной $S_{0 \min}^{H*} = G_{\text{иу}}$ ⁶⁾При использовании исследуемых устройств и ГШ с меньшими значениями КСВН и погрешностями ИОШТ, а также при отлчии КСВН СВЧ-входа анализатора от 2, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений КШ необходимо пересчитать по формулам, указанным в таблице 6. ⁷⁾Для градуировки методом «Метод дополнительной калибровки» с пределами нестабильности установленными в соответствии с указанным в данном пункте значениям; остальные параметры измерения – по умолчанию. ⁸⁾Под собственным шумом понимается преобладающий шум: либо фазовый, либо тепловой, либо паразитные спектральные составляющие и т.п	

Таблица А.2 – Доверительные границы допускаемой абсолютной погрешности измерений КШ $\delta F_{\text{ИУ}}$ при вероятности 0,95 (для исследуемого устройства (ИУ) с КП $G_{\text{ИУ,ДБ}}$ и КШ $F_{\text{ИУ}}$)

Частота	$F_{\text{ИУ}}^{1)}$ дБ	$\delta F_{\text{ИУ}}$, дБ, для $G_{\text{ИУ,ДБ}}$, дБ					
		7	10	15	20	25	св. 30
от 0,02 до 0,05 ГГц	1	-0,44; 0,40	-0,48; 0,43	-0,50; 0,45	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,52; 0,46
	5	-0,48; 0,43	-0,49; 0,44	-0,50; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	10	-0,50; 0,45	-0,50; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,46
	15	-0,50; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45
	св. 20	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45
от 0,05 до 0,10 ГГц	1	-1,98; 1,36	-0,99; 0,81	-0,58; 0,52	-0,53; 0,47	-0,52; 0,46	-0,52; 0,46
	5	-0,86; 0,72	-0,61; 0,54	-0,52; 0,47	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	10	-0,56; 0,50	-0,52; 0,47	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	15	-0,52; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	св. 20	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
свыше 0,10 до 2 ГГц	1	-0,78; 0,66	-0,58; 0,51	-0,52; 0,47	-0,52; 0,46	-0,52; 0,46	-0,52; 0,46
	5	-0,55; 0,49	-0,52; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	св. 10	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,45	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
свыше 2 до 3,4 ГГц	1	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	5	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,46
	св. 10	-0,65; 0,57	-0,54; 0,48	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,52; 0,46
свыше 3,4 до 8 ГГц	1	-0,52; 0,47	-0,51; 0,46	-0,51; 0,45	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	5	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	св. 10	-0,75; 0,64	-0,57; 0,51	-0,52; 0,46	-0,52; 0,46	-0,52; 0,46	-0,52; 0,46
свыше 8 до 14 ГГц	1	-0,55; 0,49	-0,52; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	5	-0,51; 0,46	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	10	-0,65; 0,57	-0,54; 0,48	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,52; 0,46
	св. 15	-0,52; 0,47	-0,51; 0,46	-0,51; 0,45	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
свыше 14 до 18 ГГц для опции «11Р» и до 20 ГГц для опции «13Н»	1	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	5	-0,84; 0,71	-0,60; 0,53	-0,52; 0,47	-0,52; 0,46	-0,52; 0,46	-0,52; 0,46
	10	-0,57; 0,50	-0,52; 0,47	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	15	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	св. 20	-0,51; 0,46	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
свыше 14 до 20 ГГц (для опции «05Н» с внешним предуси- лителем из комплек- та поставки)	1	-0,80; 0,68	-0,58; 0,51	-0,52; 0,47	-0,52; 0,46	-0,52; 0,46	-0,52; 0,46
	5	-0,56; 0,49	-0,52; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	10	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,45	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	св. 15	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
свыше 20 до 36 ГГц (для опции «05Н» с внешним предуси- лителем из комплек- та поставки)	1	-0,78; 0,66	-0,58; 0,51	-0,52; 0,46	-0,52; 0,46	-0,52; 0,46	-0,52; 0,46
	5	-0,55; 0,49	-0,52; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	10	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,45	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	15	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	св. 20	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,45	-0,51; 0,46

Частота	$F_{иу}^{1)}$ дБ	$\delta F_{иу}$, дБ, для $G_{иу, дБ}$, дБ					
		7	10	15	20	25	св. 30
свыше 36 до 42 ГГц (для опции «05Н» с внешним предуси- лителем из комплек- та поставки)	1	-1,01; 0,82	-0,65; 0,56	-0,53; 0,47	-0,52; 0,46	-0,52; 0,46	-0,52; 0,46
	5	-0,61; 0,54	-0,53; 0,47	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	10	-0,52; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	15	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	св. 20	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
свыше 42 до 46 ГГц (для опции «05Н» с внешним предуси- лителем из комплек- та поставки)	1	-1,22; 0,96	-0,72; 0,62	-0,54; 0,48	-0,52; 0,46	-0,52; 0,46	-0,52; 0,46
	5	-0,66; 0,58	-0,55; 0,49	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	10	-0,53; 0,47	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	15	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	св. 20	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
свыше 46 до 50 ГГц (для опции «05Н» с внешним предуси- лителем из комплек- та поставки)	1	-1,69; 1,22	-0,87; 0,73	-0,56; 0,50	-0,52; 0,47	-0,52; 0,46	-0,52; 0,46
	5	-0,79; 0,67	-0,58; 0,52	-0,52; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	10	-0,55; 0,49	-0,52; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	15	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46
	св. 20	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46	-0,51; 0,46

¹⁾В диапазоне КШ исследуемого устройства $F_{иу}$ от 0,01 до 20 дБ предполагается использование ГШМ2-20А, а в диапазоне от 20 до 30 дБ – ГШМ2-20В или другие генераторы шума с аналогичными характеристиками или лучше.