



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ – РОСТЕСТ»
(ФБУ «НИЦ ПМ – РОСТЕСТ»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора



А. Д. Меньшиков

М.п.

«25» сентября 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

АНАЛИЗАТОРЫ СИГНАЛОВ N9020B

Методика поверки

РТ-МП-1353-441-2025

г. Москва
2025 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки анализаторов сигналов N9020B (далее по тексту – анализаторы), используемых в качестве рабочих средств измерений, и устанавливает порядок проведения первичной и периодических поверок.

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается:

- передача единицы частоты в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360, подтверждающей прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ1-2022;

- передача единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,5 ГГц в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3461, подтверждающей прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ26-2010.

Для определения метрологических характеристик используется метод прямых измерений.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1- Подтверждаемые метрологические требования

Наименование характеристики	Значение
1	2
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты опорного генератора	$\pm(T \cdot \delta_{ог} + 2 \cdot 10^{-6} + \delta_k)^{1)}$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты в режиме частотомера, Гц	$\pm(F \cdot (T \cdot \delta_{ог} + 2 \cdot 10^{-6} + \delta_k) + 0,1)$
Диапазон ослаблений входного аттенюатора, дБ с шагом 1 дБ (опция ЕА3)	от 0 до 24
Средний уровень собственных шумов ³⁾ при выключенном/включенном предусилителе, дБ (мВт/Гц) ⁴⁾	
от 1 до 10 МГц включ.	-150/-161
св. 10 МГц до 2,1 ГГц включ.	-151/-163
св. 2,1 до 8,4 ГГц включ.	-149/-162
св. 8,4 до 13,6 ГГц включ.	-148/-162
св. 13,6 до 17,1 ГГц включ.	-144/-159
св. 17,1 до 20 ГГц включ.	-143/-157
св. 20 до 26,5 ГГц	-136/-152
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики (А) ⁵⁾ , дБ, в диапазонах частот, не более при выключенном предусилителе или его отсутствии ⁶⁾	
от $2 \cdot 10^{-8}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ ГГц включ.	$\pm 0,6$
св. $1 \cdot 10^{-2}$ до 3,6 ГГц включ.	$\pm 0,45$
св. 3,6 до 8,4 ГГц включ.	$\pm 1,5$
св. 8,4 до 13,6 ГГц включ.	$\pm 2,0$
св. 13,6 до 22 ГГц включ.	$\pm 2,0$
св. 22 до 26,5 ГГц	$\pm 2,5$

Продолжение таблицы 1

1	2
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики (А) ⁵⁾ , дБ, в диапазонах частот, не более при включенном предусилителе ⁷⁾ от $1 \cdot 10^{-7}$ до 3,6 ГГц включ. св. 3,6 до 8,4 ГГц включ. св. 8,4 до 13,6 ГГц включ. св. 13,6 до 17,1 ГГц включ. св. 17,1 до 22 ГГц включ. св. 22 до 26,5 ГГц	 $\pm 0,75$ $\pm 2,0$ $\pm 2,3$ $\pm 2,5$ $\pm 2,5$ $\pm 3,5$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений мощности, дБ на опорной частоте 50 МГц с выключенным предусилителем в частотном диапазоне, кроме значения опорной частоты 50 МГц с включенным предусилителем в частотном диапазоне, кроме значения опорной частоты 50 МГц	 $\pm 0,33$ $\pm (0,33 + A)$ $\pm (0,39 + A)$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении мощности из-за переключения полос пропускания, относительно 30 кГц, дБ от 1 до $1,5 \cdot 10^6$ ГГц включ. от $1,6 \cdot 10^6$ до $3 \cdot 10^6$ ГГц включ. $4 \cdot 10^6$; $5 \cdot 10^6$; $6 \cdot 10^6$; $8 \cdot 10^6$ ГГц	 $\pm 0,05$ $\pm 0,1$ ± 1
Неравномерность шкалы дисплея при значениях входного сигнала смесителя во всем частотном диапазоне, дБ, не более: от минус 10 до минус 80 дБ (1 мВт) ⁸⁾	 $\pm 0,10$
Спектральная плотность фазового шума относительно мощности несущей частоты 1 ГГц, при отстройке, дБ относительно мощности несущей в полосе пропускания 1 Гц, не более 100 Гц 10 кГц 100 кГц 1 МГц	 -91 -113 -116 -135
Относительный уровень помех, обусловленных гармоническими искажениями ⁹⁾ , дБ относительно мощности несущей, не менее от $1,0 \cdot 10^{-2}$ до 1,0 ГГц включ. св. 1,0 до 1,8 ГГц включ. св. 1,8 до 6,5 ГГц включ. св. 6,5 до 11,0 ГГц включ. св. 11,0 до 13,25 ГГц включ.	 60 56 80 70 65

Продолжение таблицы 1

1	2
Относительный уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка ¹⁰⁾ , дБ относительно мощности несущей, не менее	
от $1,0 \cdot 10^{-8}$ до 0,1 ГГц включ.	84
св. 0,1 до 0,4 ГГц включ.	90
св. 0,4 до 3,6 ГГц включ.	92
св. 3,6 до 26,5 ГГц	90
¹⁾ где T – период времени от момента калибровки (лет); $\delta_{ог}$ – пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты опорного генератора за год, $\delta_{ог} = 1 \cdot 10^{-6}$ ($1 \cdot 10^{-7}$ для анализатора с опцией PFR); δ_k – пределы допускаемой относительной погрешности юстировки опорного генератора, $\delta_k = 1,4 \cdot 10^{-6}$ ($4 \cdot 10^{-8}$ для анализатора с опцией PFR); ²⁾ где F – значение частоты измеряемого сигнала, Гц; ПО – полоса обзора, Гц; ПЧ – полоса пропускания фильтра ПЧ, Гц; КТ – количество точек ПО; ³⁾ нормирован в форме спектральной плотности в полосе пропускания 1 Гц при ослаблении входного аттенюатора 0 дБ, температуре окружающего воздуха от плюс 20 °С до плюс 30 °С; ⁴⁾ дБ относительно 1 мВт в полосе пропускания 1 Гц; ⁵⁾ измерения проводятся относительно опорной частоты 50 МГц при настроенном преселекторе; ⁶⁾ ослабление входного аттенюатора 10 дБ; ⁷⁾ ослабление входного аттенюатора 0 дБ; ⁸⁾ дБ относительно 1 мВт; ⁹⁾ при уровне входного сигнала минус 15 дБ (1 мВт); ¹⁰⁾ при двух тонах минус 5 дБ (1 мВт) и разнесением тонов 1 МГц, максимальный уровень смесителя минус 10 дБ (1 мВт), предусилитель выключен.	

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1	2	3	4
Внешний осмотр	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.1
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			10
Определение относительной погрешности установки частоты опорного генератора	Да	Да	10.1
Определение абсолютной погрешности измерений частоты	Да	Да	10.2
Определение среднего уровня собственных шумов	Да	Да	10.3
Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики	Да	Да	10.4
Определение абсолютной погрешности измерений мощности с выключенным предусилителем	Да	Да	10.5
Определение абсолютной погрешности измерений мощности с включенным предусилителем	Да	Да	10.6
Определение абсолютной погрешности измерений мощности из-за переключения полос пропускания, относительно 30 кГц	Да	Да	10.7
Определение неравномерности шкалы дисплея	Да	Да	10.8
Определение спектральной плотности фазового шума относительно мощности несущей частоты 1 ГГц	Да	Да	10.9
Определение относительного уровня помех, обусловленных гармоническими искажениями	Да	Да	10.10
Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка	Да	Да	10.11

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться условия, установленные в ГОСТ 8.395-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования» и в технической документации на анализатор и средства поверки.

- температура окружающей среды, °С.....от 20 до 30
- относительная влажность воздуха, %.....от 30 до 80

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускают специалистов, имеющих необходимую квалификацию, изучивших настоящую методику поверки и эксплуатационную документацию на анализатор и используемые средства поверки.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства поверки (эталоны, средства измерений и вспомогательные технические средства), указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки и вспомогательные устройства

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 20 °С до 30 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне измерений от 30 % до 80 % с погрешностью не более 5 %	Термогигрометры UNITESS THB 1, рег. № 70481-18
10.1 Определение относительной погрешности установки частоты опорного генератора	Эталон единицы частоты и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по приказу Росстандарта от 26.09.2022 № 2360, частота 10 МГц	Стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG, рег. № 43830-10
	Средства измерений частоты 10 МГц	Частотомер универсальный CNT-90, рег. № 41567-09
10.2 Определение абсолютной погрешности измерений частоты	Средство воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 10 Гц до 26,5 ГГц; с уровнем мощности выходного сигнала минус 10 дБ (1 мВт)	Генератор сигналов произвольной формы 33622A, рег. № 79866-20 Генератор сигналов SMA100B с опцией B167, рег. № 68980-20
	Эталон единицы частоты и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по приказу Росстандарта от 26.09.2022 № 2360, частота 10 МГц	Стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG, рег. № 43830-10
10.3 Определение среднего уровня собственных шумов	Нагрузка согласованная 50 Ом, диапазон частот от 1 МГц до 26,5 ГГц	Нагрузка согласованная HC3-20-13
10.4 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики	Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 № 3461, значения мощности минус 20 и 0 дБ (1 мВт), в диапазоне частот от 20 Гц до 26,5 ГГц	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP50T, рег. № 69958-17

Продолжение таблицы 3

1	2	3
10.4 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики	Средство воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 20 Гц до 26,5 ГГц; диапазон уровня мощности выходного сигнала от минус 20 до 10 дБ (1 мВт)	Генератор сигналов произвольной формы 33622А, рег. № 79866-20 Генератор сигналов SMA100В с опциями В167, В39, В711, К40, рег. № 68980-20
	Делитель мощности, диапазон частот от 20 Гц до 26,5 ГГц	Делитель мощности ДМ2А-50-05Р
10.5 Определение абсолютной погрешности измерений мощности с выключенным предусилителем	Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 № 3461, диапазон мощности от минус 50 до 10 дБ (1 мВт), в диапазоне частот от 10 МГц до 26,5 ГГц	Ваттметр проходящей мощности СВЧ NRP-Z28, рег. № 43643-10 Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP50Т рег. № 69958-17
	Средство воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 10 МГц до 26,5 ГГц; уровнем мощности выходного сигнала от минус 50 до 10 дБ (1 мВт)	Генератор сигналов произвольной формы 33622А, рег. № 79866-20 Генератор сигналов SMA100В с опциями В167, В39, В711, К40, рег. № 68980-20
	Делитель мощности, диапазон частот от 10 МГц до 26,5 ГГц	Делитель мощности ДМ2А-50-05Р
10.6 Определение абсолютной погрешности измерений мощности с включенным предусилителем	Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 № 3461, мощность минус 13 дБ (1 мВт), в диапазоне частот от 100 кГц до 26,5 ГГц	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP50Т рег. № 69958-17
	Средство воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот 100 кГц до 26,5 ГГц, мощность выходного сигнала минус 13 дБ (1 мВт).	Генератор сигналов SMA100В с опциями В167, В39, В711, К40, рег. № 68980-20
	Средство ослабления электромагнитных колебаний, ослабление (30±1) дБ	Аттенуатор коаксиальный Д2М-50-30-05Р-05
	Делитель мощности, диапазон частот от 100 кГц до 26,5 ГГц	Делитель мощности ДМ2А-50-05Р
10.8 Определение неравномерности шкалы дисплея	Средство воспроизведения синусоидального сигнала на частоте 50 МГц	Генератор сигналов SMA100В с опциями В167, В39, В711, К40, рег. № 68980-20

Продолжение таблицы 3

1	2	3
10.8 Определение неравномерности шкалы дисплея	Эталоны единицы ослабления электромагнитных колебаний и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 № 3383, в диапазоне значений ослабления от 10 до 80 дБ на частоте 50 МГц	Аттенюатор ступенчатый R&S RSC с модулем 03, рег. № 48368-11
10.9 Определение спектральной плотности фазового шума относительно мощности несущей частоты 1 ГГц	Средство воспроизведения синусоидального сигнала, частота 1 ГГц, с уровнем фазовых шумов при отстройках 100 Гц / 10 кГц / 100 кГц / 1 МГц не более -94 / -116 / -119 / -138 дБ относительно мощности несущей в полосе пропускания 1 Гц	Генератор сигналов SMA100B с опциями B167, B39, B711, K40, рег. № 68980-20
10.10 Определение относительного уровня помех, обусловленных гармоническими искажениями	Средства воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 10 МГц до 13,25 ГГц, уровнем мощности 0 дБ (1 мВт)	Генератор сигналов SMA100B с опциями B167, B37, K38, B710 рег. № 68980-20
	Набор фильтров нижних частот с частотами среза до 15 ГГц	Фильтр ФНЧ302
10.11 Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка	Средства воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 50 МГц до 26,0005 ГГц, уровень мощности 5 дБ (1 мВт)	Генератор сигналов SMA100B с опцией B167, рег. № 68980-20; Генератор сигналов SMM100A с опцией B1044, рег. № 82791-21
	Делитель мощности	Делитель мощности ДМ2А-50-05Р
	Средство ослабления электромагнитных колебаний, ослабление 10 дБ	Аттенюатор коаксиальный Д2М-50-10-05Р-05 (2 шт.)
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- общие правила техники безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.003-91 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;

- «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», утвержденные Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;

- указания по технике безопасности, указанные в соответствующих эксплуатационных документах применяемых эталонов и средств измерений;

- указания по технике безопасности, действующие на месте проведения работ.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При проведении внешнего осмотра проверяют:

- отсутствие на наружной поверхности следов механических повреждений, которые могут влиять на работу анализатора;
- отсутствие шумов внутри корпуса, обусловленных наличием незакрепленных деталей;
- разъемы и коммутационные клеммы должны быть чистыми.

7.2 Результат проверки считается положительным, если выполняются требования п. 7.1.

В случае выявления несоответствий по п. 7.1 результаты внешнего осмотра считать отрицательными, дальнейшие операции поверки не производить.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

Выполнить контроль условий окружающей среды.

Результаты измерений температуры и относительной влажности в помещении должны находиться в пределах, указанных в разделе 3. В случае выявления несоответствий поверка анализатора приостанавливается до выполнения условий, указанных в разделе 3.

8.2 Подготовка к работе и опробование

Перед проведением операций поверки необходимо выполнить подготовительные работы, установленные в руководствах по эксплуатации на анализатор и применяемые средства поверки.

Подготовить анализатор к работе и включить его.

Убедиться в возможности установки режимов измерений и настройки основных параметров и режимов измерений анализатора.

Запустить процедуру внутренней самокалибровки, дождаться ее окончания. Переключить сигнал встроенного калибратора частотой 50 МГц на вход анализатора. Установить сигнал калибратора в центр экрана с полосой обзора 40 МГц. Поместить маркер на пик сигнала.

Результаты опробования считать положительным, если при включении анализатора и после окончания процедуры самокалибровки отсутствуют сообщения об ошибках, анализатор позволяет менять настройки параметров и режимы работы, а уровень сигнала встроенного калибратора равен (минус $25 \pm 2,0$) дБ (1 мВт).

В случае выявления несоответствий результат опробования считается отрицательным, дальнейшие операции поверки не производят.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Проводят проверку идентификационных данных программного обеспечения (ПО):

- номер версии (идентификационный номер) ПО.

Для проверки последовательно нажать на передней панели клавишу «System», далее на дисплее «System», «Show System» и в строке «Instrument S/W Revision» отображаются данные о номере версии. Убедиться, что идентификационный номер версии программного обеспечения соответствует указанному в таблице 4.

9.2 Результат проверки считается положительным, если идентификационные данные соответствуют указанным в таблице 4.

Таблица 4 - Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование программного обеспечения	Keysight MXA Signal Analyzer
Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения, не ниже	A.37.02
Цифровой идентификатор программного обеспечения	-

В случае выявления несоответствий результат проверки считается отрицательным, дальнейшие операции поверки не производят.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение относительной погрешности установки частоты опорного генератора

10.1.1 Относительную погрешность установки частоты опорного генератора определить методом сравнения с мерой при помощи частотомера универсального CNT-90, используя в качестве меры стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG.

Подключить к выходу «10 MHz OUT» анализатора частотомер. К входу опорного сигнала на задней панели частотомера подключить стандарт частоты. Установить параметры измерений частотомера:

- режим работы от внешнего опорного источника 10 МГц;
- время измерений 1 с;
- число измерений 10.

Зафиксировать действительное значение воспроизведения частоты внутреннего опорного генератора $F_{изм}$, МГц. Рассчитать относительную погрешность установки частоты опорного генератора, $\delta_{f_{ог}}$, по формуле

$$\delta_{f_{ог}} = (F_{изм} - 10)/10 \quad (1)$$

Рассчитать допустимые значения относительной погрешности установки частоты опорного генератора $\delta_{f_{ог доп}}$ по формуле

$$\delta_{f_{ог доп}} = \pm(T \cdot \delta_{ог} + 2 \cdot 10^{-6} + \delta_k) \quad (2)$$

где T – время, прошедшее с момента последней калибровки опорного генератора, год;

$\delta_{ог} = \pm 1 \cdot 10^{-6}/\text{год}$ ($\pm 1 \cdot 10^{-7}/\text{год}$ для анализатора с опцией PFR) – старение опорного генератора;

$\delta_k = \pm 1,4 \cdot 10^{-6}$ ($\pm 4 \cdot 10^{-8}$ для анализатора с опцией PFR) – начальная погрешность калибровки опорного генератора.

10.1.2 Результат операции поверки по п. 10.1 считается положительным, если значения относительной погрешности установки частоты опорного генератора не превышают значений, рассчитанных по формуле (2).

10.2 Определение абсолютной погрешности измерений частоты

10.2.1 Абсолютную погрешность измерений частоты определить методом прямых измерений при помощи генератора сигналов SMA100B с внешним опорным сигналом от стандарта частоты рубидиевого GPS-12RG.

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

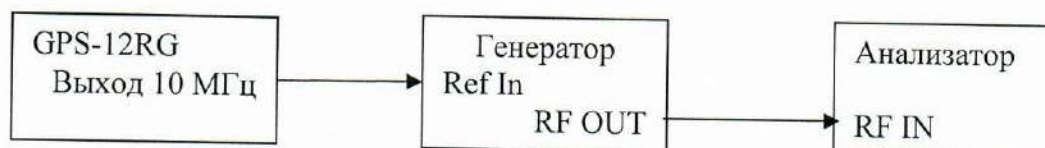


Рисунок 1 – Схема проверки диапазона частот и определения абсолютной погрешности измерений частоты

Установить значение выходной частоты генератора сигналов. Измерения провести на частотах: 10 Гц, 10 кГц, 10 МГц, 1,0 ГГц, 5,0 ГГц, 10,0 ГГц, 15,0 ГГц, 20 ГГц, 26,5 ГГц. Измерения на частоте 10 Гц провести с помощью генератора сигналов произвольной формы 33622А, для диапазона частот от 10 кГц до 26,5 ГГц с помощью генератора сигналов SMA100В.

Установить уровень мощности генератора сигналов минус 10 дБ (1 мВт).

Устанавливаемые настройки анализатора приведены в таблице 5.

Таблица 5

Частота генератора, F	Полоса обзора	Полоса пропускания фильтра ПЧ
10 Гц	10 Гц	1 Гц
10 кГц	1 кГц	10 Гц
10 МГц	10 кГц	100 Гц
1,0 ГГц	1 МГц	1 кГц
5,0 ГГц	1 МГц	1 кГц
10,0 ГГц	1 МГц	1 кГц
15,0 ГГц	1 МГц	1 кГц
20,0 ГГц	1 МГц	1 кГц
26,5 ГГц	1 МГц	1 кГц

По показанию маркера в режиме частотомера определить действительные значения измерений частоты сигнала $F_{изм}$, Гц.

Рассчитать абсолютную погрешность измерений частоты входного сигнала, ΔF , Гц, по формуле

$$\Delta F = F_{изм} - F \quad (3)$$

где F – установленное на генераторе сигналов значение частоты, Гц.

Рассчитать допустимые значения абсолютной погрешности измерений частоты в режиме частотомера, $\Delta F_{допч}$, Гц, по формуле

$$\Delta F_{допч} = \pm(F \cdot (T \cdot \delta_{ог} + 2 \cdot 10^{-6} + \delta_k) + 0,1) \quad (4)$$

10.2.2 Результат операции поверки по п. 10.2 считается положительным, если диапазон входных частот от 10 Гц до 26,5 ГГц. Значения абсолютной погрешности измерений частоты в режиме частотомера не превышают значений, рассчитанных по формуле (4).

10.3 Определение среднего уровня собственных шумов

10.3.1 Определение среднего уровня собственных шумов выполнить при подсоединенной согласованной нагрузке 50 Ом на входе.

Выполнить на анализаторе операцию Preset. Установить полосу пропускания 1 Гц и ослабление входного аттенюатора 0 дБ. Режим «Улучшение собственного шума» выключен.

Измерение среднего уровня собственных шумов проводить в середине диапазонов частот, приведенных в таблице 6.

Таблица 6

Диапазон частот	Средний уровень собственных шумов в зависимости от состояния предусилителя, дБ (мВт/Гц)	
	Предусилитель выключен	Предусилитель включен
от 1 до 10 МГц включ.	-150	-161
св. 10 МГц до 2,1 ГГц включ.	-151	-163
св. 2,1 до 8,4 ГГц включ.	-149	-162
св. 8,4 до 13,6 ГГц включ.	-148	-162
св. 13,6 до 17,1 ГГц включ.	-144	-159
св. 17,1 до 20 ГГц включ.	-143	-157
св. 20 до 26,5 ГГц	-136	-152

10.3.2 Результат операции поверки по п. 10.3 считается положительным, если значения среднего уровня собственных шумов анализатора не превышают значений, приведенных в таблице 6.

10.4 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики

10.4.1 Неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) определить как отклонение уровня измеряемой мощности от опорного уровня, измеренного на частоте 50 МГц.

Для определения неравномерности АЧХ собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 2.

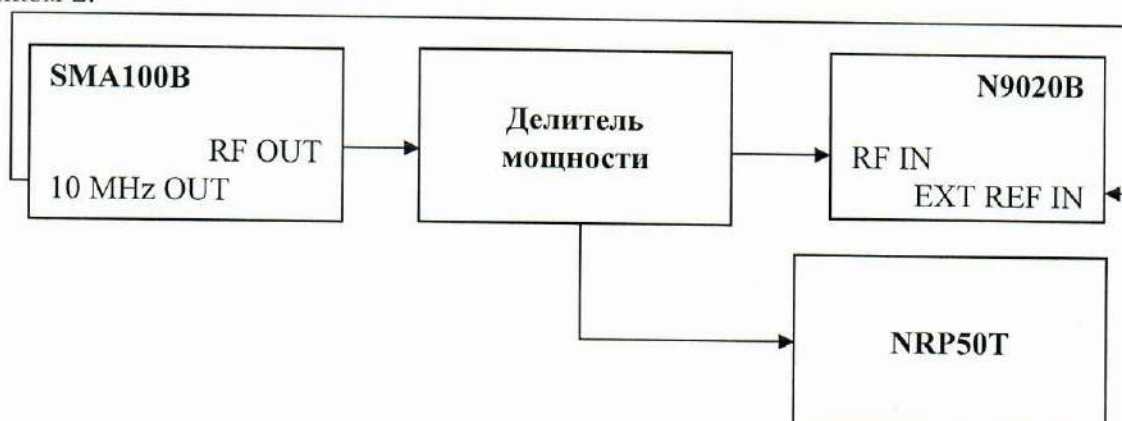


Рисунок 2 – Схема определения неравномерности АЧХ с выключенным предусилителем

Установить на генераторе частоту сигнала 50 МГц и уровень сигнала 0 дБ (1 мВт).

Выполнить на анализаторе операцию Preset. Выдержать паузу и установить центральную частоту 50 МГц, полосу обзора 20 кГц, полосу разрешения 10 кГц, амплитуду 0 дБ (1 мВт).

Измерить с помощью ваттметра уровень подаваемого на анализатор сигнала на частоте 50 МГц и записать результат измерения в качестве опорного уровня, относительно которого будет определяться неравномерность АЧХ.

Установить центральные частоты анализатора, равные значениям начальных, средних и конечных точек диапазонов, указанных в таблице 7, и равные им значения частоты сигнала на генераторе, подправляя при этом уровень сигнала так, чтобы маркер анализатора показывал $(0 \pm 0,1)$ дБ (1 мВт). Снять показания ваттметра. Для определения неравномерности АЧХ на частотах ниже 8 кГц использовать генератор 33622А.

Вычислить значение неравномерности АЧХ как разность между показаниями ваттметра и уровнем сигнала на частоте 50 МГц (опорного уровня).

Собрать схему в соответствии с рисунком 3.



Рисунок 3 – Схема определения неравномерности АЧХ с включенным предусилителем

Повторить измерения при включенном предусилителе и ослаблении входного аттенюатора 0 дБ, устанавливая уровень по показаниям ваттметра равным минус 20 дБ (1 мВт).

Вычислить значение неравномерности АЧХ как разность между показаниями ваттметра и уровнем сигнала на частоте 50 МГц (опорного уровня) с учетом ослабления аттенюатора 30 дБ.

Таблица 7

Диапазон частот	Неравномерность амплитудно-частотной характеристики, дБ, не более	
	Предусилитель выключен	Предусилитель включен
от $2 \cdot 10^{-8}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ ГГц включ.	$\pm 0,6$	-
св. $1 \cdot 10^{-2}$ до 3,6 ГГц включ.	$\pm 0,45$	-
св. 3,6 до 8,4 ГГц включ.	$\pm 1,5$	-
св. 8,4 до 13,6 ГГц включ.	$\pm 2,0$	-
св. 13,6 до 22 ГГц включ.	$\pm 2,0$	-
св. 22 до 26,5 ГГц	$\pm 2,5$	-
от $1 \cdot 10^{-7}$ до 3,6 ГГц включ.	-	$\pm 0,75$
св. 3,6 до 8,4 ГГц включ.	-	$\pm 2,0$
св. 8,4 до 13,6 ГГц включ.	-	$\pm 2,3$
св. 13,6 до 17,1 ГГц включ.	-	$\pm 2,5$
св. 17,1 до 22 ГГц включ.	-	$\pm 2,5$
св. 22 до 26,5 ГГц	-	$\pm 3,5$

10.4.2 Результат операции поверки по п. 10.4 считается положительным, если значения неравномерности амплитудно-частотной характеристики не превышают значений, приведенных в таблице 7.

10.5 Определение абсолютной погрешности измерений мощности с выключенным предусилителем

10.5.1 Определение абсолютной погрешности измерений мощности проводить при ослаблении входного аттенюатора 10 дБ, входном сигнале от минус 10 до минус 50 дБ (1 мВт), промежуточной частоте от 1 Гц до 1 МГц анализатора.

Измерения проводить на частоте 50 МГц при установке входного аттенюатора анализатора на 10 дБ.

Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 4.

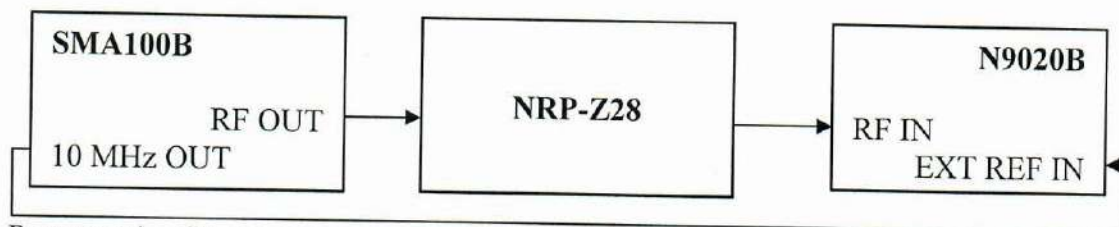


Рисунок 4 – Схема определения абсолютной погрешности измерений мощности с выключенным предусилителем на частоте 50 МГц

На генераторе сигналов установить уровень выходного сигнала минус 4 дБ (1 мВт).

Выполнить на анализаторе операцию Preset, установить ширину полосы обзора 5 МГц. Установить по показаниям ваттметра уровень входного сигнала минус 10 дБ (1 мВт) и измерить его с помощью анализатора. Определить абсолютную погрешность измерений мощности как разность между измеренным анализатором значением и показанием ваттметра. Изменять уровень входного сигнала органами регулировки генератора, а также ширину полосы обзора анализатора в соответствии с таблицей 8.

Таблица 8

Уровень входного сигнала, дБ (1 мВт)	Полоса обзора, кГц
-10	5000
-12	2000
-20	1000
-25	500
-35	200
-50	100

Провести измерения для значений ослабления входного аттенюатора анализатора от 2 до 70 дБ в соответствии с таблицей 9.

Таблица 9

Уровень входного сигнала, дБ (1 мВт)	Ослабление внутреннего аттенюатора, дБ
10	70
0	60
-10	50
-20	40
-30	30
-40	20
-50	от 2 до 8 с шагом 2

При наличии опции ЕА3 провести измерения для значений ослабления электронного аттенюатора анализатора 10 и 20 дБ в соответствии с таблицей 10.

Таблица 10

Уровень входного сигнала, дБ (1 мВт)	Ослабление электронного аттенюатора, дБ
-10	20
-20	10

Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 2.

Провести измерения уровня минус 10 дБ (1 мВт) в трех точках, равномерно распределенных в поддиапазонах рабочих частот анализатора: от 10 МГц до 3,6 ГГц, от 3,6 до 8,4 ГГц, от 8,4 до 22 ГГц, от 22 до 26,5 ГГц.

10.5.2 Результат операции поверки по п.10.5 считается положительным, если полученные значения абсолютной погрешности измерений мощности не превышают значений, приведенных в таблице 1.

10.6 Определение абсолютной погрешности измерений мощности с включенным предусилителем

10.6.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 3.

Включить предусилитель анализатора, установить ослабление входного аттенюатора 0 дБ.

Установить на выходе генератора уровень выходного сигнала минус 13 дБ (1 мВт). Устанавливать выходную частоту генератора в трех точках, распределенных в поддиапазонах частот: от 100 кГц до 3,6 ГГц включ., св. 3,6 до 8,4 ГГц включ., св. 8,4 до 13,6 ГГц включ., св. 13,6 до 17,1 ГГц включ., св. 17,1 до 22 ГГц включ., св. 22 до 26,5 ГГц.

Установить на анализаторе значение полосы пропускания 10 кГц и полосы обзора 20 кГц.

Измерить значение выходной мощности генератора ваттметром A1, дБ (1 мВт), и анализатором A2, дБ (1 мВт), на частотах, указанных выше.

Определить абсолютную погрешность измерений мощности Δ , дБ, по формуле

$$\Delta = A2 - A1 + 30 \quad (5)$$

10.6.2 Результат операции поверки по п.10.6 считается положительным, если полученные значения абсолютной погрешности измерений мощности не превышают значений, приведенных в таблице 1.

10.7 Определение абсолютной погрешности измерений мощности из-за переключения полос пропускания, относительно 30 кГц

10.7.1 Переключить сигнал встроенного калибратора частотой 50 МГц на вход анализатора.

Измерить значение установленной мощности выходного сигнала генератора анализатором для значений полосы пропускания анализатора от 1 Гц до 3 МГц с шагом 1-3, а также для значений 4 МГц, 5 МГц, 6 МГц и 8 МГц.

Определить абсолютную погрешность измерений мощности из-за переключения полос пропускания как разность между измеренными анализатором значениями мощности для всех указанных выше значений полосы пропускания и значением мощности, измеренным для полосы пропускания 30 кГц.

10.7.2 Результат операции поверки по п.10.7 считается положительным, если полученные значения абсолютной погрешности измерений мощности не превышают значений, приведенных в таблице 1.

10.8 Определение неравномерности шкалы дисплея

10.8.1 Определение неравномерности шкалы дисплея провести методом прямых измерений с помощью генератора сигналов SMA100B и аттенюатора ступенчатого R&S RSC с модулем 03.

Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 5.

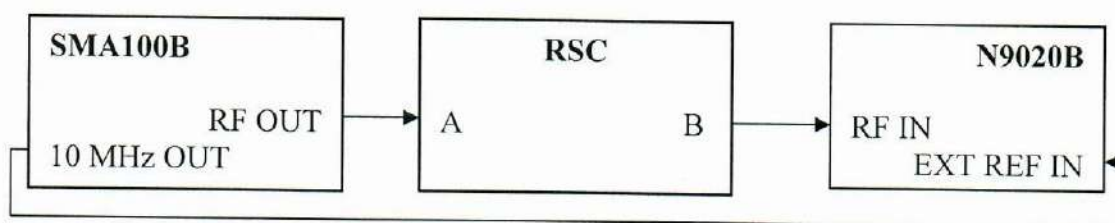


Рисунок 5 – Схема определения неравномерности шкалы дисплея

Выполнить следующие установки:

- ослабление аттенюатора ступенчатого 0 дБ;
- опорный уровень анализатора 0 дБ (1 мВт), центральная частота 50 МГц, полоса пропускания 1 кГц, видеополоса 10 Гц, нулевая полоса обзора;
- выходной уровень генератора 0 дБ (1 мВт) на частоте 50 МГц.

Включить выход генератора. Подстроить уровень сигнала по показаниям маркера анализатора равным $(0 \pm 0,05)$ дБ (1 мВт).

Включить дельта-маркер.

Устанавливать ослабление аттенюатора ступенчатого (ATT_i) от 10 до 80 дБ с шагом 10 дБ. Фиксировать значения дельта-маркера Δ_{Mi} , дБ.

Рассчитать неравномерности шкалы дисплея $A_{шд}$, дБ, по формуле

$$A_{шд} = \Delta_{Mi} + ATT_i \quad (6)$$

10.8.2 Результат операции поверки по п.10.8 считается положительным, если полученные по формуле (6) значения неравномерности шкалы дисплея $A_{шд}$, дБ, не превышают значений, приведенных в таблице 1.

10.9 Определение спектральной плотности фазового шума относительно мощности несущей частоты 1 ГГц

10.9.1 Определение спектральной плотности фазового шума провести методом прямых измерений с помощью генератора сигналов SMA100B.

Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 6.

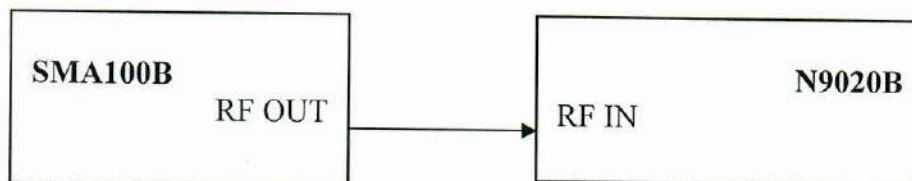


Рисунок 6 – Схема определения спектральной плотности фазового шума относительно мощности несущей частоты 1 ГГц

Выполнить следующие установки на генераторе сигналов SMA100B:

- [**PRESET**]
- [**FREQ : 1 GHz**]
- [**LEVEL: 0 dBm**]

Выполнить следующие установки на анализаторе:

- опорный уровень 0 дБ (1 мВт);
- ослабление внутреннего аттенюатора 10 дБ;
- полоса обзора 1 кГц.

Активировать выходной сигнал на генераторе сигналов SMA100B.

Установить сигнал в центр экрана.

Устанавливать значения полосы обзора в 5 раз больше значений отстроек.

Дождаться окончания процедуры измерений с усреднением 5. Зафиксировать результаты измерений спектральной плотности фазового шума относительно мощности несущей для следующих отстроек от центральной частоты: 100 Гц, 10 кГц, 100 кГц, 1 МГц.

10.9.2 Результат операции поверки по п.10.9 считается положительным, если измеренные значения спектральной плотности фазового шума относительно мощности несущей частоты 1 ГГц, дБ не превышают значений, приведенных в таблице 1.

10.10 Определение относительного уровня помех, обусловленных гармоническими искажениями

10.10.1 Определение относительного уровня помех, обусловленных гармоническими искажениями проводят методом прямых измерений при подаче на вход анализатора синусоидального сигнала с низким уровнем гармонических составляющих по схеме, приведённой на рисунке 7.

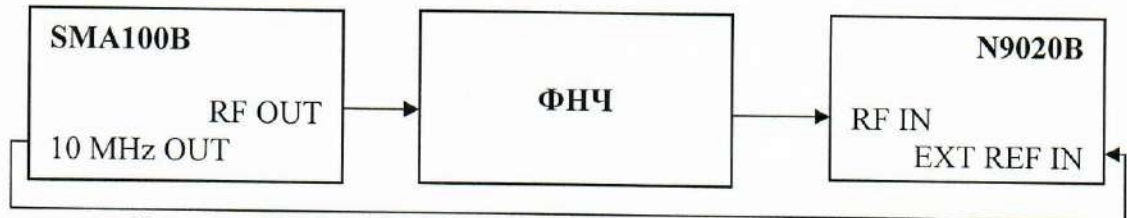


Рисунок 7 – Схема определения относительного уровня помех, обусловленных гармоническими искажениями

На анализаторе установить входное ослабление 10 дБ, нажатием [AMPTD] / Attenuation / 10 dB.

При измерении уровня помех, обусловленных гармоническими искажениями, необходимо использовать фильтры нижних частот соответствующие частоте несущей. Подать на вход анализатора гармонический сигнал с уровнем 0 дБ(1 мВт) и частотой f и измерить по отсчетному устройству уровень помехи $L_{\text{П}}$, дБ (1 мВт), на частоте $2f$.

Рассчитать относительный уровень помехи $D_{\text{П}}$, дБ относительно мощности несущей, по формуле

$$D_{\text{П}} = L - L_{\text{П}}, \quad (7)$$

где L – уровень сигнала на входе, дБ (1 мВт).

Измерения проводить на частотах, указанных в таблице 9.

Таблица 9

Несущая частота, ГГц	Гармонические искажения, дБ относительно мощности несущей
10; 100 МГц; 1 ГГц	60
1,5 ГГц	56
2; 5 МГц	80
7; 10 ГГц	70
12; 13,25 ГГц	65

10.10.2 Результат операции поверки по п.10.10 считается положительным, если рассчитанные значения уровня помех $D_{\text{П}}$, обусловленные гармоническими искажениями, не менее значений, указанных в таблице 9.

10.11 Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка

10.11.1 Относительный уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка определить путем подачи на вход анализатора сигналов двух гармонических сигналов с частотами f_1 и f_2 и измерения анализатором сигналов относительного уровня помех, возникших на частотах $2f_1-f_2$ и $2f_2-f_1$.

Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 8.

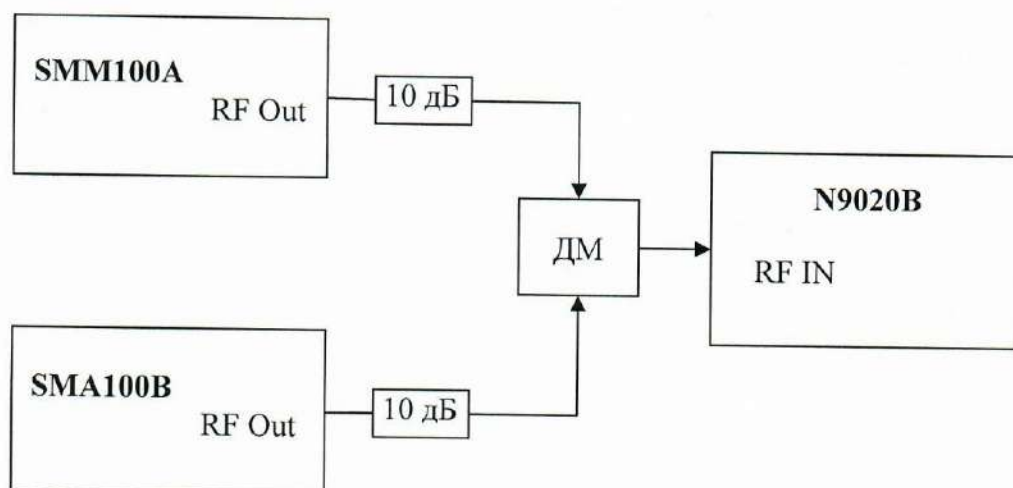


Рисунок 8 – Схема определения относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка

Установить уровни выходных сигналов 5 дБ (1 мВт). Расстройка между частотами f_1 и f_2 сигналов должна быть равна 1 МГц, а полоса пропускания анализатора устанавливается такой, при которой уровень собственных шумов на 10-15 дБ меньше нормированного уровня помех. Установить на анализаторе максимальный уровень смесителя Max Mixer Lvl минус 10 дБ (1 мВт), детектор пиковых значений, опорный уровень по максимальному уровню входного сигнала.

Определить уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка по отчетному устройству анализатора сигналов, соответственно при измерениях сигнала L, дБ (1 мВт), и отклика от максимальной из помех $L_{им3}$, дБ (1 мВт), возникших на частотах $2f_1 - f_2$ и $2f_2 - f_1$. Измерения проводить на частотах, указанных в таблице 10.

Таблица 10

Центральная частота анализатора, ГГц	Интермодуляционные искажения третьего порядка, дБ относительно мощности несущей, не менее
50 МГц	84
200 МГц	90
1,5 ГГц	92
4; 10; 20; 26 ГГц	90

Рассчитать относительный уровень помех $D_{им3}$, дБ относительно мощности несущей, по формуле

$$D_{им3} = L - L_{им3} \quad (8)$$

10.11.2 Результат операции проверки по п. 10.11 считается положительным, если рассчитанные значения уровня помех $D_{им3}$, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка, не менее значений, указанных в таблице 10.

10.12 Анализаторы соответствует метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, и результаты проверки считают положительными, если выполняются условия, приведенные в пунктах 10.1.2, 10.2.2, 10.3.2, 10.4.2, 10.5.2, 10.6.2, 10.7.2, 10.8.2, 10.9.2, 10.10.2, 10.11.2.

В случае невыполнения условий по п. 10.12 результаты проверки анализатора считают отрицательными.

11 Оформление результатов поверки

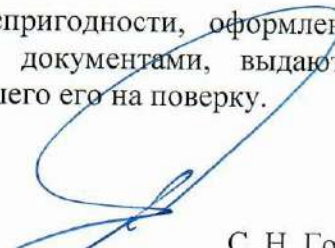
11.1 Результаты проверки внешнего осмотра, опробования, идентификации ПО, условий поверки и окончательные результаты измерений (расчетов), полученные в процессе поверки, заносят в протокол поверки. Протокол поверки оформляется в произвольной форме в соответствии с требованиями аккредитованного на поверку лица, проводившего поверку. Протокол поверки выдается по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его в поверку.

11.2 Сведения о результатах поверки средств измерений передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений.

11.3 Нанесение знака поверки на анализатор не предусмотрено. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

11.4 Свидетельство о поверке или извещение о непригодности, оформленные в соответствии с действующими нормативными правовыми документами, выдаются по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку.

Начальник лаборатории № 441
ФБУ «НИЦ ПМ – Ростест»



С. Н. Гольшак

Инженер по метрологии II категории лаборатории № 441
ФБУ «НИЦ ПМ – Ростест»



С. С. Кучеренко