



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

«28» ноября 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА AkmeTech AT4025

Методика поверки

РТ-МП-2065-441-2025

г. Москва
2025 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки анализаторов спектра AkmeTech AT4025 (далее – анализаторов), используемых в качестве рабочих средств измерений, и устанавливает методы и средства проведения первичной и периодической поверки.

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, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 1-2022;

- передача единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,01 до 37,5 ГГц в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3461, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 26-2010;

- передача единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 54 ГГц в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 9 ноября 2022 г. № 2813, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 167-2021.

При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется методы прямых измерений и непосредственного сличения.

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

Таблица 1 – Метрологические требования

Наименование характеристики	Значение
1	2
Пределы допускаемой относительной погрешности частоты опорного кварцевого генератора	$\pm 5 \cdot 10^{-7}$
Спектральная плотность мощности фазовых шумов ¹⁾ , при отстройке, дБ, не более:	
- 10 кГц	-108
- 100 кГц	-110
- 1 МГц	-118
- 10 МГц	-129
Средний уровень собственных шумов ²⁾ , в диапазоне частот, дБ (1 мВт) ³⁾ , не более:	
Для модификаций AT4025A/B/D	
<i>предусилитель выключен</i>	
- от 2 МГц до 2,4 ГГц включ.	-142
- св. 2,4 ГГц до 6 ГГц включ.	-141
- св. 6 до 9 ГГц включ.	-140
- св. 9 до 20 ГГц	-138
<i>предусилитель включен</i>	
- от 2 МГц до 2,4 ГГц включ.	-161
- св. 2,4 ГГц до 6 ГГц включ.	-160
- св. 6 до 9 ГГц включ.	-159
- св. 9 до 14 ГГц включ.	-158
- св. 14 до 20 ГГц	-156

Продолжение таблицы 1

1	2
Для модификаций АТ4025Е/Г/К <i>предусилитель выключен</i> - от 2 МГц до 6 ГГц включ. - св. 6 ГГц до 9 ГГц включ. - св. 9 до 21 ГГц включ. - св. 21 до 32 ГГц включ. - св. 32 до 40 ГГц включ. - св. 40 до 44 ГГц включ. - св. 44 до 50 ГГц включ. - св. 50 до 54 ГГц <i>предусилитель включен</i> - от 2 МГц до 9 ГГц включ. - св. 9 ГГц до 14 ГГц включ. - св. 14 до 32 ГГц включ. - св. 32 до 40 ГГц включ. - св. 40 до 44 ГГц включ. - св. 44 до 50 ГГц включ. - св. 50 до 54 ГГц	-140 -138 -136 -135 -133 -130 -126 -123 -159 -156 -154 -152 -148 -145 -140
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала минус 15 дБ (1 мВт) ⁴ , дБ, не более: - от 10 МГц до 20 ГГц включ. - св. 20 до 44 ГГц включ. - св. 44 до 54 ГГц	±1,3 ±2,5 ±3,0
¹) относительно мощности несущей 1 ГГц в полосе пропускания 1 Гц; ²) нормирован в форме спектральной плотности в полосе пропускания 1 Гц при ослаблении входного аттенюатора 0 дБ, простом или усредняющем детекторе, тип усреднения – логарифмический; ³) дБ (1 мВт) – децибел относительно 1 мВт; ⁴) при выключенном предусилителе, установленной полосе пропускания 1 кГц и ослаблении входного аттенюатора 10 дБ	

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 пункта методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	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	8.3
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Определение метрологических характеристик средства измерений	-	-	10
Определение относительной погрешности частоты опорного кварцевого генератора	Да	Да	10.1
Определение абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала	Да	Да	10.2
Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов	Да	Да	10.3
Определение среднего уровня собственных шумов	Да	Да	10.4
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11

2.2 На основании письменного заявления владельца СИ допускается проводить периодическую поверку анализаторов в сокращенном объеме в части операций по пунктам 10.2 и 10.4 на меньшем числе поддиапазонов измерений:

- для модификации анализатора АТ4025В в ограниченном поддиапазоне частот до верхней граничной частоты модификации АТ4025А;
- для модификации анализатора АТ4025D в ограниченном поддиапазоне частот до верхней граничной частоты модификаций АТ4025А/В;
- для модификации анализатора АТ4025G в ограниченном поддиапазоне частот до верхней граничной частоты модификации АТ4025Е;
- для модификации анализатора АТ4025К в ограниченном поддиапазоне частот до верхней граничной частоты модификаций АТ4025Е/Г.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия, установленные ГОСТ 8.395-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования»:

- температура окружающей среды, °С от 20 до 30;
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 86 до 106.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки анализаторов допускаются специалисты, имеющие необходимую квалификацию, освоившие работу с анализаторами и применяемыми средствами поверки, изучившие настоящую методику поверки.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки анализаторов применяют средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	<p>Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от плюс 15 °С до плюс 25 °С с абсолютной погрешностью $\pm 0,3$ °С</p> <p>Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 % с абсолютной погрешностью $\pm 3,0$ %</p> <p>Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106 кПа с абсолютной погрешностью $\pm 0,2$ кПа</p>	Термогигрометр UNITESS THB 1, рег № 70481-18
10.1 Определение относительной погрешности частоты опорного кварцевого генератора	Эталоны единицы частоты, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022, частота 10 МГц	Стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG, рег № 70172-18
	Средства измерений частоты 10 МГц	Частотомер универсальный CNT-90, рег. № 41567-09
10.2 Определение абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала	<p>Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 2 разряда в диапазоне частот от 30 МГц до 37,5 ГГц и не ниже 3 разряда в диапазоне частот от 10 до 30 МГц в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3461, измеряемый уровень мощности минус 15 дБ (1 мВт)</p> <p>Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 1 разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 09.11.2022 № 2813, измеряемый уровень мощности минус 15 дБ (1 мВт), в диапазоне частот от 37,5 до 54 ГГц</p>	Преобразователь измерительный NRP-Z57, рег № 48356-11
	Средства воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 0,01 до 54 ГГц; уровнем мощности выходного сигнала минус 15 дБ (1 мВт)	Генератор сигналов SMA100B с опцией B167, рег № 68980-20

Продолжение таблицы 3

1	2	3
10.3 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов	Средства воспроизведения синусоидального сигнала на частоте 1 ГГц с уровнем мощности выходного сигнала 0 дБ (1 мВт), спектральная плотность мощности фазовых шумов при отстройках 10 кГц / 100 кГц / 1 МГц / 10 МГц не более -108 дБ / -110 дБ / -118 дБ / -129 дБ относительно несущей в полосе 1 Гц	Генератор сигналов SMA100B с опцией B167, рег № 68980-20
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

Таблица 4 – Вспомогательное оборудование

Номер пункта документа по поверке	Наименование вспомогательного оборудования	Требуемые технические характеристики вспомогательного оборудования	Рекомендуемое вспомогательное оборудование
10.4	Нагрузка согласованная 50 Ом	Диапазон частот от 0,002 до 54 ГГц	Нагрузка согласованная из набора мер ZV-Z218

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- общие правила техники безопасности в соответствии с требованиями Межгосударственного стандарта 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, приведенные в эксплуатационной документации на средства поверки;
- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на анализаторы.

6.2 К проведению поверки допускаются специалисты, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261-94 «Межгосударственный стандарт. Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия. с Изменением №1» и ГОСТ ИЕС 61010-1-2014 «Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования», имеющие 3 группу допуска по электробезопасности и прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте.

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

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При проведении внешнего осмотра установить соответствие анализаторов следующим требованиям:

- внешний вид соответствует фотографиям, приведенным в описании типа на данное

средство измерений;

- наличие маркировки, подтверждающей тип и серийный номер;
- наружная поверхность не имеет следов механических повреждений, которые могут влиять на работу прибора и его органов управления;
- отсутствуют шумы внутри корпуса, обусловленные наличием незакрепленных деталей;
- отсутствуют механические повреждения соединителей (вмятины, забоины, отслаивания покрытия) и заусенцы на контактных и токонесущих поверхностях;
- отсутствуют посторонние частицы в соединителях.

7.2 Результаты выполнения операции считать положительными, если выполняются указанные выше требования.

7.3 При получении отрицательных результатов по данной операции процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с разделом 12 данной методики поверки.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

8.1.1 Проверить соблюдение условий проведения поверки на соответствие разделу 3 настоящей методики поверки.

8.1.2 Для контроля условий проведения поверки использовать средство измерений температуры окружающей среды, средство измерений относительной влажности воздуха и средство измерений атмосферного давления, указанные в таблице 2.

8.2 Подготовка к поверке

8.2.1 Ознакомиться с порядком установки анализатора на рабочее место, порядком включения и управления анализатором, приведенными в руководстве по эксплуатации МТЛБ.411168.017 РЭ «Анализаторы спектра AkmeTech AT4025. Руководство по эксплуатации».

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

8.2.3 Подключить анализатор к сети питания. Включить анализатор согласно руководству по эксплуатации. Выдержать анализатор во включенном состоянии не менее 30 минут.

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

8.3 Опробование

8.3.1 При опробовании проверяется работоспособность анализатора.

Проверить отсутствие сообщений о неисправности после включения анализатора.

На анализаторе установить его заводскую конфигурацию.

8.3.2 Результаты опробования считать положительными, если после включения и загрузки программного обеспечения анализатора не возникают сообщения об ошибках; после загрузки заводской конфигурации на экране анализатора отображается спектр шумов в полной полосе обзора.

8.3.3 При получении отрицательных результатов по данной операции, процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с разделом 12 данной методики поверки.

9 Проверка программного обеспечения

9.1 Идентификационное наименование программного обеспечения (ПО) отображается

на заставке при загрузке ПО во время включения анализатора. Номер версии ПО анализатора отображается в строке «Version» вкладки «About» системного меню «System».

Номер версии ПО должен соответствовать указанному в описании типа на данное средство измерений.

9.2 В случае выявления несоответствия результат проверки считать отрицательным, дальнейшие операции поверки не производят, результаты оформить в соответствии с разделом 12 данной методики поверки.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение относительной погрешности частоты опорного кварцевого генератора

Определение относительной погрешности частоты опорного кварцевого генератора проводят методом прямых измерений при помощи частотомера универсального CNT-90, используя в качестве опорного источника стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG по схеме соединений, изображенной на рисунке 1.

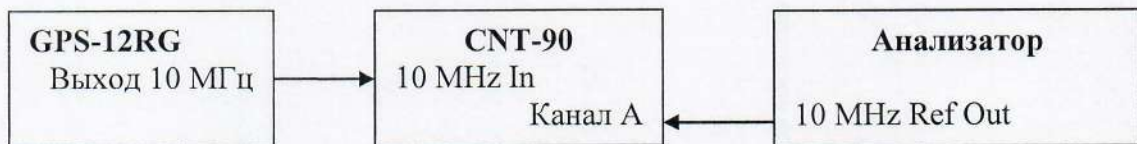


Рисунок 1

Включить работу от внешнего источника опорной частоты на частотомере универсальном CNT-90. Зафиксировать действительное значение воспроизведения частоты опорного генератора 10 МГц $F_{ог}$, МГц, по показаниям частотомера универсального CNT-90.

10.2 Определение абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала

Определение абсолютной погрешности измерений уровня мощности проводят методом непосредственного сличения с помощью преобразователя измерительного NRP-Z57 (далее – преобразователя) и генератора сигналов SMA100B (далее – генератора) по схеме, приведенной на рисунке 2.

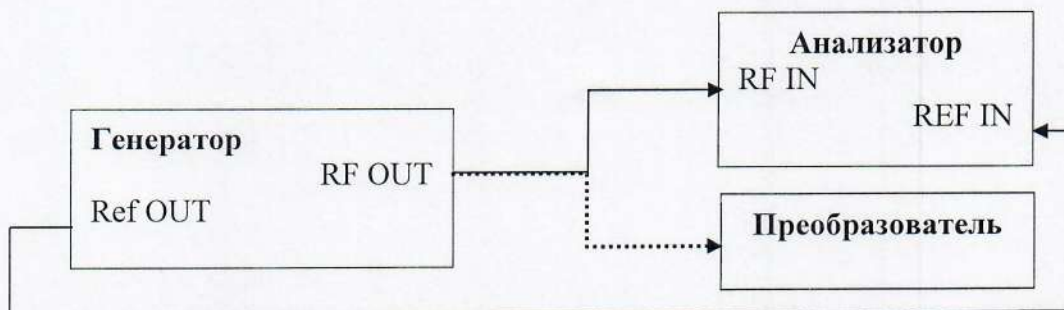


Рисунок 2

Выполнить калибровку уровня на конце кабеля по показаниям преобразователя.

Установить на генераторе сигналов уровень мощности 0 дБ (1 мВт), частоту $F_{изм}$ = 10 МГц.

Отрегулировать выходной уровень сигнала генератора таким образом, чтобы показания ваттметра L_{power} составляли ровно минус 15 дБ (1 мВт).

Соединить конец кабеля с входом анализатора.
Установить следующие параметры анализатора:

[Reset]

[System]

Reference – Freq Ref – Ext

[Amplitude]

Ref Level: -10 dBm

Atten: 10 dB

Pre Amp: OFF

[Freq]

Center Freq: 10 MHz

[Span]

Span: 100 kHz

[BW]

Res BW: 1 kHz

Остальные параметры по умолчанию

Установить маркер анализатора на максимум сигнала:

[Peak]

Peak Search

Зафиксировать результат измерения уровня по показанию маркера анализатора **Лизм**.

Повторить измерения на следующих частотах **Физм**: 50, 100, 500 МГц, далее от 1 до 10 ГГц с шагом 1 ГГц, от 12 до 54 ГГц с шагом 2 ГГц, а также 6,001; 9,001; 20,001; 26,5; 26,501; 44,001 ГГц.

10.3 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов

Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов относительно несущей 1 ГГц в полосе пропускания 1 Гц проводят методом прямых измерений с помощью генератора.

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 3.

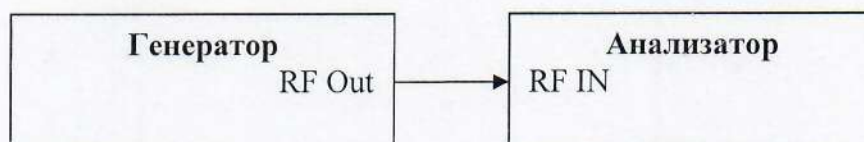


Рисунок 3

Установить выходной уровень сигнала генератора сигналов 0 дБ (1 мВт), частоту выходного сигнала 1 ГГц.

Установить следующие параметры анализатора:

[Reset]

[Amplitude]

Ref Level: 0 dBm

[Freq]

Center Freq: 1 GHz

[Span]

Span: $F_{\text{ПО}}$ (из таблицы 5)

[BW]

Res BW: $F_{\text{ПП}}$ (из таблицы 5)

Average On: не менее 100 усреднений

[Peak]

Peak Search

[Marker]

Delta
Marker Value: offset (из таблицы 5)
Marker Noise On

Таблица 5

Offset	F _{ПО}	F _{ПП}
10 кГц	40 кГц	1 кГц
100 кГц	400 кГц	10 кГц
1 МГц	4 МГц	100 кГц
10 МГц	40 МГц	100 кГц

Считать показания дельта-маркера.

10.4 Определение среднего уровня собственных шумов

Определение среднего уровня собственных шумов проводят методом прямых измерений по показаниям анализатора в отсутствие входной мощности при помощи согласованной нагрузки 50 Ом.

К входу анализатора RF IN подключить согласованную нагрузку 50 Ом.

Перевести анализатор в режим синхронизации от внутреннего опорного генератора во вкладке «Common» системных настроек: Clock Source – Internal.

Установить следующие параметры анализатора:

[Reset]

[System]

Reference – Freq Ref – Int

[Amplitude]

Ref Level: -60 dBm

Mech Atten: 0 dB

Pre Amp: OFF

[Freq]

Start Freq: (начальная частота диапазона из таблицы 6)

Stop Freq: **F_{кон}** (конечная частота диапазона из таблицы 6)

[BW]

Res BW: 500 kHz

Average On: не менее 20 усреднений

Video Type Log

[Marker]

Marker Noise On

Дождаться усреднения трассы, после чего установить маркер анализатора на максимум:

[Peak]

Peak Search

Зафиксировать результат измерения среднего уровня собственных шумов в форме спектральной плотности в полосе пропускания 1 Гц по показанию маркера N, дБ (1 мВт).

Провести измерения во всех диапазонах частот, указанных в таблице 1, с выключенным и включенным предусилителем.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Для полученных в пункте 10.1 результатов измерений рассчитать относительную погрешность частоты опорного кварцевого генератора $\delta_{ог}$ по формуле

$$\delta_{ог} = \frac{F_{ог}}{10} - 1. \quad (1)$$

Результаты поверки по данной операции считать положительными, если значение $\delta_{ог}$ находится в пределах, указанных в таблице 1.

11.2 Для полученных в пункте 10.2 результатов измерений **Лизм**, дБ (1 мВт), рассчитать абсолютную погрешность измерений уровня мощности входного сигнала Δ , дБ, по формуле

$$\Delta = L_{изм} - L_{NRP}, \quad (2)$$

где L_{NRP} – уровень мощности сигнала по показаниям преобразователя, дБ (1 мВт).

Результаты поверки по данной операции считать положительными, если рассчитанные значения Δ находятся в пределах, указанных в таблице 1.

11.3 Результаты испытаний по пункту 10.3 считать положительными, если для всех указанных отстроек значения спектральной плотности мощности фазовых шумов в полосе пропускания 1 Гц не превышают значений, указанных в таблице 1.

11.4 Результаты поверки по пункту 10.4 считать положительными, если результаты измерений среднего уровня собственных шумов в форме спектральной плотности в полосе пропускания 1 Гц не превышают значений, указанных в таблице 1.

11.5 Критериями принятия специалистом, проводившим поверку, решения по подтверждению соответствия средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, являются:

- обязательное выполнение всех процедур, перечисленных в разделах 8.3; 9; 10 и соответствие действительных значений метрологических характеристик анализаторов требованиям, указанным в пунктах 11.1 – 11.4 настоящей методики;

- обеспечение прослеживаемости поверяемых анализаторов к государственным первичным эталонам единиц величин:

- а) к ГЭТ1-2022 «Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени»;

- б) к ГЭТ26-2010 «Государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,5 ГГц»;

- в) к ГЭТ167-2021 «Государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 118,1 ГГц».

11.6 При получении отрицательных результатов по любой из процедур, перечисленных в разделах 8.3; 9; 10 или несоответствии действительных значений метрологических характеристик анализаторов требованиям, указанным в пунктах 11.1 – 11.4, принимается решение о несоответствии средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты внешнего осмотра, опробования, идентификации ПО, условий поверки и окончательные результаты измерений (расчетов), полученные в процессе поверки, заносят в протокол поверки произвольной формы.

12.2 Сведения о результатах и объеме проведенной поверки средства измерений в целях ее подтверждения передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений. При оформлении свидетельства о поверке знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

12.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца средства

измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений, при отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности к применению средства измерений. Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений должны быть оформлены в соответствии с требованиями действующих правовых нормативных документов.

Начальник лаборатории № 441
ФБУ «НИЦ ПМ – Ростест»



С. Н. Гольшак

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



С.С. Кучеренко