

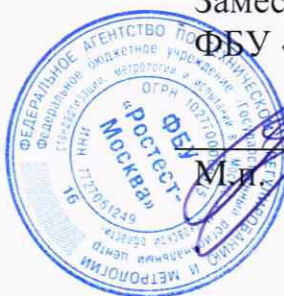


ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,  
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ»  
(ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА»)**

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора  
ФБУ «Ростест-Москва»



А. Д. Меньшиков

«27» мая 2019 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ SMW200A

Методика поверки

МП РТ 2139-2014  
с Изменением № 1

г. Москва  
2019 г.

## Введение

Настоящая методика распространяется на генераторы сигналов SMW200A (далее – генераторы), изготавливаемые фирмами «Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG», Германия, и “Rohde & Schwarz závod Vimperk, s.r.o”, Чехия и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверки.

### (Измененная редакция. Изм. № 1)

Интервал между поверками – три года.

## 1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	5.1	да	да
2 Опробование	5.2	да	да
3 Подтверждение идентификационных данных ПО	5.3	да	да
4 Определение метрологических характеристик	5.4	да	да
4.1 Определение погрешности установки частоты выходного сигнала	5.4.1	да	да
4.2 Определение погрешности установки уровня выходного сигнала	5.4.2	да	да
4.3 Определение параметров спектра сигнала в режиме непрерывных колебаний	5.4.3	да	нет
4.4 Определение параметров режимов АМ, ЧМ, ИМ	5.4.4	да	нет
4.5 Определение параметров квадратурного модулятора	5.4.5	да	нет
4.6 Определение параметров режима многолучевого распространения	5.4.6	да	нет
4.5 Определение КСВН выхода генератора	5.4.7	да	нет

1.2 Допускается проводить поверку отдельных измерительных каналов из состава генератора на основании письменного заявления владельца генератора с соответствующей записью в свидетельстве о поверке.

### (Измененная редакция. Изм. № 1)

1.3 Допускается проводить периодическую поверку генератора в ограниченном диапазоне частот на основании письменного заявления владельца генератора с соответствующей записью в свидетельстве о поверке. Ограничение возможно в соответствии с диапазоном частот опций В103, В106, В112.

### (Измененная редакция. Изм. № 1)

1.4 В случае выявления несоответствия требованиям в ходе выполнения любой операции, указанной в таблице 1, поверяемый прибор бракуют, поверку прекращают, и на него оформляют извещение о непригодности.

### (Измененная редакция. Изм. № 1)

## 2 Средства поверки

При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Наименование средства поверки	Требуемые технические характеристики средства поверки		Рекомендуемое средство поверки
	Пределы измерений	Пределы допускаемой погрешности	
Стандарт частоты	Частота выходных сигналов 5 МГц, 10 МГц	$\pm 5 \cdot 10^{-10}$ за 1 год	Стандарт частоты рубидиевый GPS -12RG
Частотомер универсальный	Диапазон частот от 0,001 Гц до 40 ГГц	$\pm 5 \cdot 10^{-7}$	Частотомер универсальный CNT-90XL
Измеритель мощности	от 0 Гц до 40 ГГц от $2 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^2$ мВт	$\pm 0,1$ дБ	Преобразователь измерительный NRP-Z55
Анализатор спектра	от 2 Гц до 26 ГГц от (-150) до 30 дБ (1 мВт)  демодуляция 16QAM демодуляция АМ, ЧМ	$\pm 1 \cdot 10^{-7}$ Линейность: $\pm (0,1 \dots 0,3)$ дБ $\pm 0,5$ % $\pm 0,3$ %	Анализатор спектра FSW26
Измеритель фазовых шумов	от 10 МГц до 8 ГГц фазовый шум на 1 ГГц при отстройке 10 кГц не более минус 166 дБн/Гц <sup>1)</sup>	$\pm 1,5$ дБ	Анализатор фазового шума FSWP8 с опцией B61 <b>(Измененная редакция. Изм. № 1)</b>
Анализатор цепей	от 100 кГц до 20 ГГц КСВН: от 1,05 до 10	$\pm 5$ %	Анализатор цепей векторный ZNB20

Примечания:

1 Вместо указанных в таблице средств поверки разрешается применять другие аналогичные меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерения соответствующих параметров с требуемой точностью.

2 Применяемые средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь свидетельства (отметки в формулярах или паспортах) о поверке с не истекшим сроком действия.

3 Здесь и далее: дБн/Гц – дБ относительно уровня несущей, приведенное к полосе пропускания 1 Гц

## 3 Требования безопасности

При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также изложенные в руководстве по эксплуатации на генераторы, в технической документации на применяемые при поверке рабочие эталоны и вспомогательное оборудование.

#### 4 Условия поверки и подготовка к ней

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С..... $20 \pm 5$ ;
- относительная влажность воздуха, %, не более.....80.

##### (Измененная редакция. Изм. № 1)

4.2 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- выдержать генератор в условиях, указанных в п. 4.1, в течение не менее 2 ч;
- выполнить операции, оговоренные в технической документации на генератор по его подготовке к измерениям;
- выполнить операции, оговоренные в технической документации на применяемые средства поверки по их подготовке к измерениям;
- осуществить предварительный прогрев приборов для установления их рабочего режима в течение 30 минут.

#### 5 Проведение поверки

##### 5.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра необходимо проверить:

- сохранность пломб;
- комплектность согласно РЭ;
- отсутствие внешних механических повреждений, влияющих на точность показаний прибора;
- прочность крепления органов управления, четкость фиксации их положений;
- наличие предохранителей;
- чистоту разъемов и гнезд;
- состояние лакокрасочных покрытий, гальванических покрытий и четкость гравировки.

Приборы, имеющие дефекты, бракуются и направляются в ремонт.

##### 5.2 Опробование

Проверить возможность и прохождение внутреннего теста, для чего нажать "System Config > Setup > System > Internal Adjustments > Adjust All".

Приборы, не прошедшие самотестирование и имеющие дефекты, бракуются и направляются в ремонт.

##### 5.3 Подтверждение идентификационных данных ПО

Идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения для управления генератором отображаются при нажатии "System Config > Setup > Instrument Assembly > Software / Options".

Наименование и номер версии ПО должны соответствовать описанию ПО в технической документации на генератор.

##### 5.4 Определение метрологических характеристик

При наличии в генераторе опции второго ВЧ выхода, определение метрологических характеристик проводится для обоих каналов.

#### 5.4.1 Определение погрешности установки частоты выходного сигнала

Погрешность установки частоты определить путем измерения сигнала внутренней опорной частоты 10 МГц на задней панели генератора при помощи частотомера, работающего от стандарта частоты.

Результаты поверки по данной операции считать положительными, если показания частотомера укладываются в пределы 10 МГц  $\pm$  1 Гц ( $\pm 0,3$  Гц при наличии опции B22).

#### 5.4.2 Определение погрешности установки уровня выходного сигнала

Погрешность установки уровня выходного сигнала определить при помощи измерителя мощности для уровня выходной мощности от 0 дБ (1 мВт), при помощи анализатора спектра для уровней выходной мощности от -120 дБ (1 мВт) до 0 дБ (1 мВт).

Подключить преобразователь измерителя мощности к выходу генератора, установить частоту измерений для корректировки частотной зависимости преобразователя. На генераторе установить немодулированный сигнал, уровень выходной мощности 0 дБ (1 мВт). Измерения выходного уровня генератора провести на частотах 0,1; 3; 5; 10; 20; 50; 100; 199,9; 200,1; 280; 290; 374,9; 375,1; 435,9; 436,10; 704,9; 705,1; 749,9; 750,1; 889,9; 890,1; 1069,9; 1070,1; 1109,9; 1110,1; 1284,9; 1285,1; 1499,9; 1500,1; 1808,9; 1809,1; 2999,9; 3000,1; 3779,9; 3780,1; 4399,9; 4400,1; 4759,9; 4760,1; 6000 МГц; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 12,75; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20 ГГц (в зависимости от диапазона частот генератора). Погрешность установки уровня мощности 0 дБ (1 мВт) вычислить по формуле (1):

$$\Delta P_{0\text{дБм}} = P_{\text{уст}} - P_{\text{изм}} \text{ [дБ]} \quad (1)$$

где:  $P_{\text{уст}}$  - установленное на генераторе значение уровня мощности [дБ (1 мВт)];

$P_{\text{изм}}$  – показания измерителя мощности [дБ (1 мВт)].

Кроме этого, аналогичным образом вычислить погрешность установки максимально специфицированного уровня для генератора: 3 дБ (1 мВт) до 3 МГц, 18 дБ (1 мВт) от 3 МГц.

Соединить выход генератора с входом анализатора спектра. Генератор перевести в режим работы от внешнего источника опорного сигнала частотой 10 МГц, который подать с выхода 10 МГц анализатора спектра. На генераторе установить немодулированный сигнал частотой 10 МГц и уровнем 0 дБ (1 мВт). На анализаторе спектра установить режим анализатора спектра, значение центральной частоты и частоты маркера равными частоте генератора, опорный уровень 0 дБ (1 мВт), полосу обзора 10 Гц, полосу пропускания 5 Гц. Установить данное значение маркера в анализаторе в качестве опорного.

Затем, уменьшая выходной уровень генератора  $P_{\text{уст}}$  с шагом 5 дБ, рассчитать погрешность установки уровня по формуле (2):

$$\Delta P = P_{\text{уст}} - P_{\text{Marker}} + \Delta P_{0\text{дБм}} \quad (2)$$

где:  $P_{\text{Marker}}$  – текущие показания дельта-маркера анализатора спектра.

При достижении показаний маркера менее, чем -60 дБ (1 мВт) на анализаторе спектра установить опорный уровень -60 дБ (1 мВт), установить встроенный аттенюатор ВЧ анализатора на 0 дБ, включить встроенный предусилитель и полосу пропускания 1 Гц. Установить полученное значение маркера в качестве опорного. Рассчитать погрешность установки уровня по формуле (3):

$$\Delta P = P_{\text{уст}} - P_{\text{Marker}} + \Delta P_{-60\text{дБм}} \quad (3)$$

где:  $\Delta P_{-60\text{дБм}}$  – погрешность установки уровня -60 дБ (1 мВт), рассчитанная по формуле 2.

Продолжить измерения и расчет погрешности установки уровня по формуле (3) с шагом 10 дБ вплоть до -120 дБ (1 мВт).

Повторить измерения на частоте 1069,9 МГц и на одной из частот, близких к граничной частоте генератора (в зависимости от диапазона частот).

Результаты поверки по данной операции считать положительными, если погрешность установки уровня мощности выходного сигнала не превышает  $\pm 0,5$  дБ в диапазоне частот до 3 ГГц,  $\pm 0,7$  дБ в диапазоне частот от 3 ГГц до 6 ГГц и  $\pm 0,9$  дБ в диапазоне частот свыше 6 ГГц.

#### 5.4.3 Определение параметров спектра сигнала в режиме непрерывных колебаний

Уровень гармонических и негармонических составляющих определить с помощью анализатора спектра, фазовый шум – с помощью измерителя фазовых шумов.

5.4.3.1 Выход генератора подключить к входу анализатора спектра, анализатор и генератор синхронизировать по общей опорной частоте. На генераторе установить немодулированный сигнал частотой 10 МГц и уровнем дБ (1 мВт). На анализаторе спектра опорный уровень 10 дБ (1 мВт), центральную частоту равную частоте генератора, полосу пропускания 10 кГц. Включить режим автоматического измерения гармонических составляющих. Повторить измерения на частотах 1 ГГц; 3 ГГц; 6 ГГц; 12,75 ГГц; 13 ГГц в зависимости от диапазона частот генератора (на частотах 12,75 и 13 ГГц измерить только уровень 2-ой гармоники).

Результаты поверки по данной операции считать положительными, если уровень гармонических составляющих синусоидального сигнала не превышает -30 дБн<sup>1)</sup> для генераторов с частотным диапазоном до 12,75 ГГц включительно, а также -30 дБн до 3,5 ГГц и -55 дБн свыше 3,5 ГГц для генераторов с частотным диапазоном 20 ГГц.

5.4.3.2 На генераторе установить немодулированный сигнал частотой 13 МГц с уровнем 0 дБ (1 мВт). На анализаторе спектра установить опорный уровень 0 дБ (1 мВт), полосу обзора от 0,1 МГц до 20 ГГц, полосу пропускания такую, чтобы собственные шумы анализатора были менее -80 дБ (1 мВт). Измерить маркером уровень несущего колебания  $P_f$ , затем провести измерения максимального уровня дискретных составляющих в полосе обзора  $P_{\text{search}}$ , исключая гармонические составляющие. Рассчитать уровень негармонических составляющих по формуле:  $D = P_f - P_{\text{search}}$ . Затем повторить измерения на частотах 0,2 ГГц, 1 ГГц, 2 ГГц, 5 ГГц, 12 ГГц, 15 ГГц в зависимости от частоты генератора.

Результаты поверки по данной операции считать положительными, если уровень негармонических составляющих синусоидального сигнала по отношению к уровню сигнала несущей частоты не превышает значений, указанных в таблице 3.

1) дБн – дБ относительно уровня несущей  
МП РТ 2139-2014 с изменением №1  
Генераторы сигналов SMW200A.  
Методика поверки

Таблица 3

Уровень негармонических составляющих при отстройках от несущей свыше 10 кГц, не более:	
от 100 кГц до 200 МГц	минус 77 дБн
от 200 МГц до 1500 МГц	минус 80 дБн
от 1,5 ГГц до 3 ГГц	минус 74 дБн
от 3 ГГц до 6 ГГц	минус 68 дБн
от 6 ГГц до 12,75 ГГц	минус 62 дБн
от 12,75 ГГц до 20 ГГц	минус 56 дБн

5.4.3.3 На генераторе установить немодулированный сигнал частотой 1 ГГц и уровнем 0 дБмВт. На измерителе фазовых шумов установить частоту 1 ГГц, диапазон отстроек от 1 кГц до 100 кГц. Маркером в режиме измерения фазового шума провести измерения при отстройке 20 кГц от несущей.

Результаты поверки по данной операции считать положительными, если уровень фазовых шумов не превышает -131 дБн/Гц на частоте 1 ГГц (-136 дБн/Гц для опции В22).

5.4.4 Определение параметров режимов амплитудной, частотной, импульсной модуляции (АМ, ЧМ, ИМ)

Измерения параметров генератора в режимах внутренней АМ, ЧМ (при наличии опции В20/В22), ИМ (опция К22/К23) провести при помощи анализатора спектра с опцией измерительного демодулятора сигналов с аналоговой модуляцией.

5.4.4.1 Для определения параметров в режиме АМ на генераторе установить режим внутренней АМ с Кам = 80 % и частотой модулирующего колебания 1 кГц, несущую 1 ГГц и уровень 0 дБ (1 мВт). На анализаторе – режим демодуляции АМ на частоте 1 ГГц с отображением Кам, частоты модулирующего колебания и значения коэффициента гармоник огибающей.

Провести измерения Кам и коэффициента гармоник, повторить измерения для Кам = 1 %, 10 %, 30 %, 50 %.

Повторить измерения на несущей частоте 3,1 ГГц.

Результаты поверки по данной операции считать положительными, если погрешность установки Кам не превышает  $\pm (0,01 \cdot M + 1 \%)$ , коэффициент гармоник не более: 0,8 % на несущей до 3 ГГц, 1,6 % на несущей от 3 ГГц.

5.4.4.2 Для определения параметров в режиме ЧМ на генераторе установить режим внутренней ЧМ с девиацией 100 кГц и частотой модулирующего колебания 10 кГц, несущую 1 ГГц и уровень 0 дБ (1 мВт). На анализаторе – режим демодуляции ЧМ на частоте 1 ГГц с отображением девиации частоты, частоты модулирующего колебания и значения коэффициента гармоник огибающей.

Провести измерения девиации и коэффициента гармоник, повторить измерения для девиаций 1 кГц, 1 МГц, 10 МГц.

Результаты поверки по данной операции считать положительными, если погрешность установки девиации не превышает  $\pm(0,015 \times F_d + 20 \text{ Гц})$ , коэффициент гармоник не более 0,1 %.

5.4.4.3 Для определения времени нарастания радиоимпульса в режиме ИМ на генераторе установить режим внутренней ИМ с периодом следования 100 нс и длительностью импульса 50 нс, частота несущей 1 ГГц и уровень 0 дБ (1 мВт). На анализаторе – режим нулевой полосы обзора на частоте 1 ГГц с полосой разрешения

80 МГц и временем развертки 1 мкс. С помощью синхронизации добиться устойчивой картинки.

Провести с помощью маркера измерения нарастания радиоимпульса.

Для определения подавления радиоимпульса в паузе в режиме ИМ на генераторе установить режим внешней ИМ, частота несущей 1 ГГц и уровень 0 дБ (1 мВт), полярность запускающего импульса - инверсная. На анализаторе – центральную частоту 1 ГГц, полосу обзора 10 МГц с полосой разрешения 1 кГц.

Маркером измерить уровень сигнала. Переключить полярность, снова провести измерения уровня сигнала. Вычислить подавление в паузе как разность между уровнями.

Результаты поверки по данной операции считать положительными, если коэффициент подавления не менее 80 дБ, а время нарастания – не более 10 нс.

#### 5.4.5 Определение параметров внутренней квадратурной модуляции

Операции по пункту проводить при наличии опций В13/В13Т и В10 или В13ХТ и В9.

##### **(Измененная редакция. Изм. № 1)**

5.4.5.1 Внутреннюю векторную ошибку определить путем измерения сигнала с модуляцией типа 16QAM и частотой передачи данных 10 кГц на анализаторе спектра в режиме векторной демодуляции сигналов.

Для этого на генераторе установить несущую 1 ГГц, уровень 0 дБ (1 мВт), векторную модуляцию 16QAM, скорость 10 кГц, данные PRBS9. На анализаторе установить частоту 1 ГГц, режим векторной демодуляции сигнала 16QAM со скоростью 10 кГц. Провести измерения среднеквадратического значения векторной ошибки EVMrms сигнала. Повторить измерения для скорости 5 МГц.

Результаты поверки по данной операции считать положительными, если среднеквадратическое значение векторной ошибки не превышает  $\pm 0,8$  %.

5.4.5.2 Неравномерность АЧХ в полосе модуляции определить путем измерения уровня сигнала ВЧ с помощью измерителя мощности при смещении частоты ВЧ сигнала с помощью цифровой модуляции.

Для этого ВЧ выход генератора подключить к преобразователю мощности. На генераторе установить частоту 2,5 ГГц, уровень 0 дБ (1 мВт), цифровую модуляцию BPSK с типом данных «ALL 0», смещение по частоте в настройках цифровой модуляции 0 Гц.

##### **(Измененная редакция. Изм. № 1)**

Измерить уровень выходной мощности  $P_{0Гц}$ , затем ввести смещение по частоте 1 МГц, 2 МГц, 5 МГц, 7 МГц, 10 МГц, 15 МГц, 20 МГц, 30 МГц, 40 МГц, 50 МГц, 60 МГц, 80 МГц (только для опции В10 и К522), 250 МГц (только для опции В9), 500 МГц (только для опции В9 и К525), 1000 МГц (только для опции В9, К525, К527) и повторить измерения. Те же измерения повторить при отрицательном смещении по частоте.

##### **(Измененная редакция. Изм. № 1)**

Результаты поверки по данной операции считать положительными, если неравномерность АЧХ относительно  $P_{0Гц}$  не превышает  $\pm 1$  дБ.

5.4.5.3 Подавление несущей и зеркального канала определить по анализатору спектра.

На генераторе установить частоту 1 ГГц, уровень 0 дБ (1 мВт), цифровую модуляцию BPSK с типом данных «ALL 0», смещение по частоте в настройках цифровой модуляции 50 МГц. На анализаторе установить центральную частоту 1 ГГц, опорный уровень 0 дБ (1 мВт), полосу обзора 200 МГц.



Установить маркер на максимум сигнала и дельта-маркером провести измерения на частоте несущей и зеркальном канале (смещение 50 МГц от несущей в противоположную сторону от отображаемого сигнала).

Результаты поверки по данной операции считать положительными, если подавление не менее 50 дБ.

#### 5.4.6 Определение параметров режима многолучевого распространения

Операции по пункту проводить при наличии опции В14.

Измерения погрешности установки потерь и задержки, а также доплеровского сдвига частот в каналах многолучевого распространения провести с помощью анализатора спектра.

На генераторе установить частоту 1 ГГц, уровень 0 дБ (1 мВт), цифровую модуляцию BPSK с типом данных «ALL 0», символьной скоростью 1 МГц, тип запуска - однократный, длительность – 10 символов. В настройках замирования включить пути 1/1 и 1/2, режим путей – статический. Установить потери в каналах 0 дБ, задержку в 1-ом канале 0 мкс, во 2-ом – 2 мкс.

На анализаторе установить частоту 1 ГГц, нулевую полосу обзора, полосу пропускания 10 МГц, режим внешней синхронизации. Соединить выход маркера генератора со входом внешней синхронизации анализатора спектра.

На генераторе осуществить однократный запуск. Измерить по анализатору спектра с помощью маркеров расстояния между фронтами двух импульсов, а также амплитуду первого импульса.

Изменить потери в 1-ом канале генератора на 10 дБ, провести повторный однократный запуск. Маркером измерить по анализатору спектра изменение амплитуды первого импульса.

Результаты поверки по данной операции считать положительными, если разница уровней отличается от 10 дБ не более, чем на  $\pm 0,2$  дБ, а временной сдвиг от 2 мкс – не более, чем на  $\pm 5$  нс.

Для определения погрешности установки доплеровского сдвига на генераторе установить тип запуска «авто». В настройках замирования выключить канал 2, канал 1 установить в режим Pure Doppler, скорость - 4000 км/ч (сдвиг частот – 3706,2 Гц).

Анализатор перевести в режим работы от внешней опорной частоты с генератора, запуск «Free Run», включить режим частотомера. Провести измерения частоты, рассчитать разность между измеренной частотой и 1 ГГц.

Результаты поверки по данной операции считать положительными, если разница отличается от 3706,2 Гц не более, чем на  $\pm 3,7062$  Гц.

#### 5.4.7 Определение КСВН выхода генератора

КСВН выхода определить при помощи анализатора цепей ZNB20. Анализатор цепей откалибровать на конце кабеля, с помощью которого проводится подключение к выходу генератора. На генераторе установить частоту 1 ГГц, уровень -80 дБ (1 мВт). На анализаторе цепей установить режим измерения КСВН в полосе частот от 0,1 МГц до 20 ГГц (в зависимости от диапазона частот генератора).

Результаты поверки по данной операции считать положительными, если значение КСВН не превышает 2,0.

## 6 Оформление результатов поверки

6.1 Результаты измерений, полученные в процессе поверки, заносят в протокол произвольной формы.

6.2 При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке согласно действующим правовым нормативным документам.

**(Измененная редакция. Изм. № 1)**

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

**(Измененная редакция. Изм. № 1)**

6.3 При отрицательных результатах поверки, выявленных при внешнем осмотре, опробовании или выполнении операций поверки, выдается извещение о непригодности с указанием причин.

**(Измененная редакция. Изм. № 1)**

Начальник лаборатории № 441  
ФБУ «Ростест-Москва»



А. С. Фефилов

Нач. сектора № 1 лаборатории № 441  
ФБУ «Ростест-Москва»



А. И. Иванов