

**Федеральное государственное бюджетное учреждение
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ»
(ФГБУ «ВНИИМС»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора по производственной
метрологии



А.Е. Коломин

М.П. «30» _____ 2021 г.

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

**ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА
ВСТРОЕННЫЕ**

Методика поверки

МП 206.1-142-2021

**г. Москва
2021**

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодических поверок трансформаторов тока встроенных, изготавливаемых фирмой «RITZ Instrument Transformers GmbH», Германия, содержащих в своем составе вторичные обмотки с классами точности по ГОСТ 7746-2015 и ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015.

Трансформаторы тока встроенные (далее по тексту – трансформаторы, приборы) предназначены для передачи сигналов измерительной информации средствам измерений, устройствам защиты, автоматики, сигнализации и управления в электрических установках переменного тока промышленной частоты.

При проведении поверки должна обеспечиваться прослеживаемость трансформаторов тока встроенных к государственному первичному эталону ГЭТ 152-2018 по Приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2018 г. № 2768 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений коэффициентов преобразования силы электрического тока».

Поверка трансформаторов тока встроенных должна проводиться в соответствии с требованиями настоящей методики поверки.

Интервал между поверками – 16 лет.

Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки – дифференциальный (нулевой) метод, метод прямых измерений.

Классы точности 5PR, 10PR характеризуются требованием к коэффициенту остаточной магнитной индукции K_R . При протекании симметричных токов короткого замыкания такая вторичная обмотка не уйдет в насыщение и не будет происходить искажения тока во вторичной цепи. После отключения вторичная обмотка не требует размагничивания, т.к. после прекращения протекания тока в обмотках магнитопровод возвращается в состояние, предшествующее короткому замыканию.

1 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

1.1 При поверке выполняются операции, указанные в таблице 1.

1.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций поверка прекращается и прибор бракуется.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Пункт методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1. Проверка сопротивления изоляции	8.2	Да	Да
2. Размагничивание	8.3	Да	Да
3. Проверка правильности обозначения контактных зажимов и выводов	8.4	Да	Да
4. Определение погрешности	8.5	Да	Да
5. Определение коэффициента остаточной магнитной индукции (K_R)	8.6	Да	Нет

2 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от +10 до +30 °С;
- относительная влажность от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа.

3 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

3.1 К проведению поверки допускаются поверители из числа сотрудников организаций, аккредитованных на право проведения поверки в соответствии с действующим законодательством РФ, изучившие настоящую методику поверки, руководство по эксплуатации на поверяемое средство измерений и имеющие стаж работы по данному виду измерений не менее 1 года.

4 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки должны применяться средства измерений, перечисленные в таблице 2.

4.2 Допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.

4.3 Все средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь сведения (отметки в формулярах или паспортах) о поверке.

Таблица 2 – Средства поверки

Операция поверки	Средство поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Рекомендуемые типы средств поверки
Проверка сопротивления изоляции	Мегаомметр	Выходное напряжение 2500 В. Диапазон измерений не менее 1000 МОм. Выходное напряжение 1000 В. Диапазон измерений не менее 50 МОм	Мегаомметр Е6-24 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 25405-08)
Размагничивание	Источник силы переменного тока	Диапазон силы переменного тока от 0 до 6000 А	Регулируемый источник тока РИТ-5000. Прибор электроизмерительный эталонный многофункциональный «Энергомонитор-3.1К» (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 35427-07)
Проверка правильности обозначения контактных зажимов и выводов.	Источник силы переменного тока	Диапазон силы переменного тока от 0 до 6000 А	Регулируемый источник тока РИТ-5000
Определение погрешности	Рабочий эталон – трансформатор тока 2 разряда по ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2768	От 0,05 до 36000 А. $\Delta_{\sigma} = \pm(0,03 - 0,8) \%$; $\Delta_{\delta} = \pm(4 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-2})$ рад	Трансформатор тока измерительный лабораторный ТТИ-5000.5 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 27007-04). Трансформатор тока измерительный лабораторный ТТИ-200 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 37898-08)

Операция поверки	Средство поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Рекомендуемые типы средств поверки
	Прибор сравнения	$\Delta_{of} = \pm(0,01 - 0,05) \%$; $\Delta_{\delta} = \pm(2,9 \cdot 10^{-6} - 1,5 \cdot 10^{-5})$ рад	Прибор сравнения КНТ-05 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 37854-08). Прибор электроизмерительный эталонный многофункциональный «Энергомонитор-3.1К» (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 35427-07)
	Нагрузочное устройство	$\delta = \pm 4 \%$	Магазин нагрузок МР 3027 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 34915-07)
Определение коэффициента остаточной магнитной индукции (K_R)	Источник питания постоянного тока	Выходное напряжение постоянного тока от 12 до 48 В. Мощность не менее 3 кВт.	Поверке или аттестации не подлежит
	Омметр	Согласно ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015	Миллиомметр цифровой GOM-801G (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 21181-01)
	Осциллограф цифровой	Согласно ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015	Осциллограф цифровой запоминающий LeCroy WaveJet 352 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 32488-06)
	Шунт	Согласно ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015	Шунт токовый АКПИ-7501 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 49121-12)
Определение условий проведения поверки	Средство измерений температуры окружающего воздуха	Измерение температуры окружающего воздуха в диапазоне от +10 до +30 °С. $\Delta = \pm 0,5$ °С	Термометр ртутный стеклянный лабораторный ТЛ-4 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 303-91)
	Средство измерений относительной влажности воздуха	Измерение относительной влажности окружающего воздуха в диапазоне от 20 до 90 %. $\Delta = \pm 6 \%$	Психрометр аспирационный М-34-М (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 10069-11)
	Средство измерений атмосферного давления	Измерение атмосферного давления в диапазоне от 80 до 106 кПа. $\Delta = \pm 0,2$ кПа	Барометр-анероид метеорологический БАММ-1 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 5738-76)

5 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

К проведению поверки допускаются лица, прошедшие проверку знаний правил техники безопасности и эксплуатации электроустановок напряжением до и выше 1000 В и имеющие квалификационную группу по технике безопасности не ниже III.

Перед поверкой должны быть выполнены следующие мероприятия:

1. Проверены документы, подтверждающие электрическую безопасность.
2. Проведены технические и организационные мероприятия по обеспечению безопасности проводимых работ в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0-75 и ГОСТ 12.2.007.3-75.
3. Все средства измерений, участвующие в поверке, должны быть надежно заземлены.

6 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Внешний осмотр проводить по методике п. 9.1 ГОСТ 8.217-2003.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Перед поверкой должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

1. Средства измерений, используемые при поверке, должны быть поверены и подготовлены к работе согласно их руководствам по эксплуатации.
2. Поверяемое средство измерений должно быть подготовлено и опробовано в соответствии с руководством по эксплуатации.

7.2 Опробование средства измерений

Опробование проводить по методике п. 9.3 ГОСТ 8.217-2003.

8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Метрологические характеристики, подлежащие определению.

Таблица 3 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение для модификаций	
	IGE	LGSO
Номинальное напряжение, кВ	от 0,6 до 1	от 0,6 до 30
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	от 0,72 до 1,2	от 0,72 до 40,5
Номинальный первичный ток, А	от 30 до 5000	от 30 до 36000
Номинальный вторичный ток, А	1 и/или 5	
Число вторичных обмоток	от 1 до 6	
Номинальная вторичная нагрузка, В·А - с коэффициентом мощности $\cos \varphi_2 = 1$ - с коэффициентом мощности $\cos \varphi_2 = 0,8$	от 0,5 до 5 от 3 до 60	от 0,5 до 5 от 3 до 100
Класс точности вторичных обмоток для измерений и учета по ГОСТ 7746-2015 и ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015	0,2; 0,2S; 0,5; 0,5S; 1; 3	
Класс точности вторичных обмоток для защиты - по ГОСТ 7746-2015 - по ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015	5P; 10P —	5P; 10P 5PR; 10PR

8.2 Проверка сопротивления изоляции
Поверку проводить по п. 9.2 ГОСТ 8.217-2003.

8.3 Размагничивание
Поверку проводить по п. 9.3 ГОСТ 8.217-2003.

8.4 Проверка правильности обозначения контактных зажимов и выводов
Поверку проводить по п. 9.4 ГОСТ 8.217-2003.

8.5 Определение погрешностей
Поверку проводить по п. 9.5 ГОСТ 8.217-2003.
Погрешности трансформаторов тока с номинальной частотой напряжения сети 60 Гц допускается определять на частоте 50 Гц.

Результаты поверки считаются положительными если:

- 1) для трансформаторов тока по ГОСТ 7746-2015
- пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для измерений и учета, для защиты соответствуют таблице 8 пункта 6.4 7746-2015;
- 2) для трансформаторов тока по ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015:
- пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для измерений и учета с классами точности 0,2; 0,5; 1 соответствуют таблице 201 ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015;
- пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для измерений и учета с классами точности 0,2S; 0,5S соответствуют таблице 202 ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015;
- пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для измерений и учета с классом точности 3 соответствуют таблице 203 ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015;
- пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для защиты с классами точности 5PR; 10PR соответствуют таблице 205 ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015.

8.6 Определение коэффициента остаточной магнитной индукции (K_R)
Определение коэффициента остаточной магнитной индукции проводить согласно ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015 «Трансформаторы измерительные. Часть 2. Дополнительные требования к трансформаторам тока» по схеме с источником напряжения постоянного тока.

Определение коэффициента остаточной магнитной индукции проводить в следующем порядке:

1. Измерить с помощью миллиомметра сопротивление вторичной обмотки трансформатора тока R_{ct} и установить сопротивление шунта $R_{ш}$ в пределах от 0,1 до 1 Ом.
2. Собрать схему измерений согласно рисунку 1.
3. Измерение напряжения на выводах вторичной обмотки трансформатора $U_m(t)$ и напряжения на шунте $U_{ш}(t)$ проводить с помощью цифрового осциллографа. Запись осциллограмм начинать не позднее момента замыкания выключателя. Частота дискретизации должна быть не менее 1 Мега/выборки в секунду. Развертку по напряжению на канале осциллографа, измеряющем $U_m(t)$, устанавливать исходя из напряжения на выводах источника E . Развертку по напряжению на канале осциллографа, измеряющем $U_{ш}(t)$, устанавливать исходя из рассчитанного по формуле (1) максимального значения напряжения на шунте в опыте:

$$U_{ш.max} = \frac{E}{R_{ct} + R_{ш}} R_{ш} \quad (1)$$

где $U_{ш.max}$ – максимальное расчетное напряжение на шунте, В;
 E – номинальное постоянное напряжение источника, В;
 $R_{ш}$ – сопротивление шунта, определенное в пункте 1, Ом;
 R_{ct} – сопротивление вторичной обмотки трансформатора тока, определенное в пункте 1, Ом.

- Замкнуть выключатель S на время, достаточное для наступления насыщения сердечника, факт которого определяется выходом напряжения $U_m(t)$ на установившейся режим и снижением значения этого напряжения на 1-2 порядка, относительно начальной величины. Разомкнуть выключатель. Измерение и запись напряжений $U_m(t)$ и $U_{ш}(t)$ требуется проводить до момента выхода напряжения на вторичной обмотке на установившееся нулевое значение после размыкания выключателя.
- Определить ток намагничивания $i_m(t)$ через вторичную обмотку трансформатора тока по формуле (2)

$$i_m(t) = \frac{U_{ш}(t)}{R_{ш}} \quad (2)$$

где $i_m(t)$ - ток намагничивания, А;
 $U_{ш}(t)$ - напряжение на шунте, измеренное с помощью цифрового осциллографа, В;
 $R_{ш}$ - сопротивление шунта, Ом.

- На основании записанных с помощью цифрового осциллографа сигналов напряжения на выводах вторичной обмотки $U_m(t)$ и рассчитанного тока через вторичную обмотку $i_m(t)$ определить зависимость потокосцепления $\Psi(t)$ от времени, для чего выполнить интегрирование напряжения в соответствии с формулой (3):

$$\Psi(t) = \int_0^t (U_m(t) - R_{ct} \cdot i_m(t)) dt \quad (3)$$

где dt - шаг дискретизации по времени, с;
 $\Psi(t)$ - результирующее значение потокосцепления в зависимости от времени, Вб.

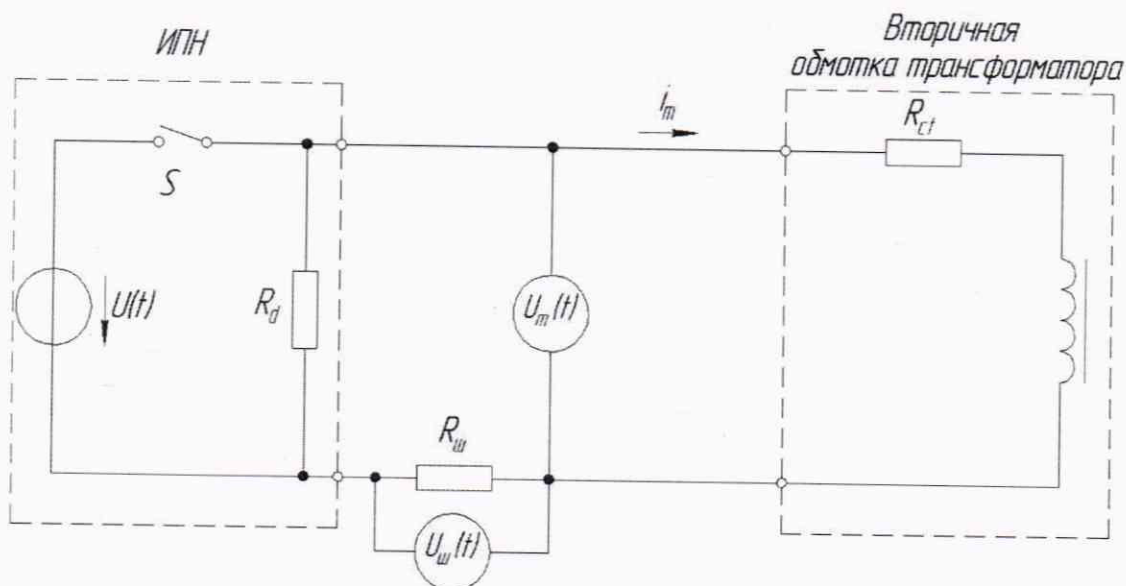


Рисунок 1 – Схема определения коэффициента остаточной магнитной индукции

где $ИПН$ – источник напряжения постоянного тока;
 S – выключатель;
 R_d – демпфирующий резистор для ограничения скачка напряжения, сопровождающего обрыв тока через индуктивность обмотки трансформатора тока после размыкания ключа;
 R_{ct} – сопротивление вторичной обмотки трансформатора тока;
 $R_{ш}$ – сопротивление шунта.
 $i_m(t)$ – ток намагничивания испытуемой обмотки, рассчитанный по формуле (2).
 $U_m(t)$ – напряжение на испытуемой обмотке, измеренное с помощью цифрового осциллографа.
 $U_{ш}(t)$ – напряжение на шунте, измеренное с помощью цифрового осциллографа.

7. Полученные результаты измерений и расчетов занести в таблицу 4. Количество точек, занесенных в протокол, должно быть достаточным для определения максимального значения потокосцепления.

Таблица 4 – Результирующие значения напряжения на испытуемой обмотке, тока намагничивания и потокосцепления

t	$U_{ш}(t), В$	$U_m(t), В$	$i_m(t), А$	$\Psi(t), Вб$
0	$U_{ш}(0)$	$U_m(0)$	$i_m(0)$	$\Psi(0)$
$t_1 = 0 + dt$	$U_{ш}(t_1)$	$U_m(t_1)$	$i_m(t_1)$	$\Psi(t_1)$
$t_2 = t_1 + dt$	$U_{ш}(t_2)$	$U_m(t_2)$	$i_m(t_2)$	$\Psi(t_2)$
...
t	0	0	0	$\Psi(t)$

8. Характерный вид зависимости напряжения на испытуемой обмотке $U_m(t)$ и тока намагничивания $i_m(t)$, протекающего через испытуемую обмотку, от времени представлены на рисунке 2.

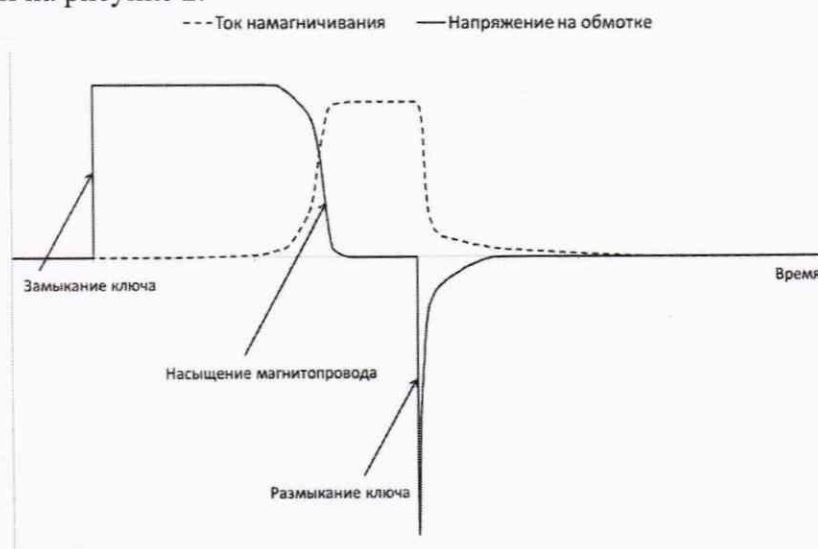


Рисунок 2 – Характерный вид зависимости напряжения на испытуемой обмотке и тока намагничивания от времени

9. Характерный вид зависимости потокосцепления от тока намагничивания $\Psi(i_m)$, соответствующий опыту с насыщением сердечника, приведен на рисунке 3. Максимальное значение зависимости $\Psi(i_m)$ представляет собой потокосцепление насыщения $\Psi_{нас}$, финальное значение временной зависимости $\Psi(t)$ – остаточное потокосцепление намагничивания $\Psi_{ост}$.

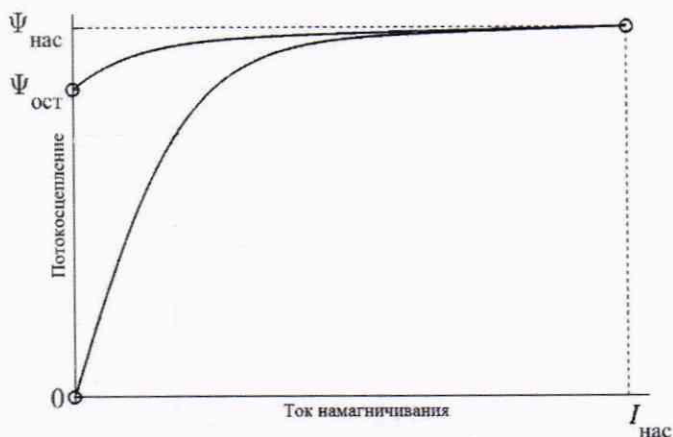


Рисунок 3 – Характерный вид зависимости потокосцепления от тока намагничивания в опыте по определению коэффициента остаточной намагниченности

10. Определить коэффициент остаточной магнитной индукции K_R как отношение остаточного потокоцепления намагничивания к потокоцеплению насыщения, выраженное в процентах, по формуле (4):

$$K_R = \frac{\Psi_{ост}}{\Psi_{нас}} \cdot 100\% \quad (4)$$

Результаты поверки считаются положительными, если полученное значение коэффициента остаточной магнитной индукции не превышает 10 %.

При невыполнении этих требований, трансформатор бракуется и направляется в ремонт.

9 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Процедуры обработки результатов измерений, полученных при определении метрологических характеристик, а также критерии положительных результатов поверки, приведены в соответствующих пунктах методики поверки.

Критерием для принятия поверителем решения по подтверждению соответствия средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, является соответствие результатов поверки по всем пунктам методики характеристикам, приведенным в описании типа средства измерений и настоящей методике.

10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 Результаты поверки прибора передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком, установленным действующим законодательством.

10.2 По заявлению владельца прибора или лица, представившего его на поверку, положительные результаты поверки (когда прибор подтверждает соответствие метрологическим требованиям) оформляют свидетельством о поверке по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством, и (или) нанесением на прибор знака поверки, и (или) внесением в паспорт прибора записи о проведенной поверке, заверяемой подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

10.3 По заявлению владельца прибора или лица, представившего его на поверку, отрицательные результаты поверки (когда прибор не подтверждает соответствие метрологическим требованиям) оформляют извещением о непригодности к применению средства измерений по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством, и (или) внесением в паспорт прибора соответствующей записи.

Начальник сектора 206.1/6 отдела 206.1
ФГБУ «ВНИИМС»



Е.Н. Мартынова