

**Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии
им. Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»**

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор
ФГУП «ВНИИМ
им. Д.И. Менделеева»

А.Н. Пронин

М.п.

«19» октября 2022 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Микроманометры МКМ


МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 231-0112-2022

Руководитель НИО
государственных эталонов
в области измерений давления


Р.А. Тетерук

Руководитель сектора
перспективных разработок и
испытаний в области давления


А.А. Пименова

г. Санкт-Петербург
2022 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на микроанометры МКМ (далее — микроанометры) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Методикой поверки (далее по тексту – МП) не предусмотрена возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов.

1.3 Методика поверки должна обеспечивать прослеживаемость микроанометра к Государственному первичному специальному эталону единицы давления для разности давлений (ГЭТ 95-2020), Государственному первичному эталону единицы давления для области абсолютного давления в диапазоне $1 \cdot 10^{-1} \div 7 \cdot 10^5$ Па (ГЭТ 101-2011) и Государственному первичному эталону единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С (ГЭТ 34-2020).

1.4 Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки:

- при проверке разности давлений и атмосферного давления – непосредственное сличение;
- при проверке температуры – прямые измерения.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении первичной и периодической поверок должны выполняться следующие операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень операций поверки средства измерений

Наименование операций	Обязательность проведения при поверке		Номер пункта методики
	первичной	периодической	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	р. 7
Контроль условий проведения поверки	Да	Да	п. 8.1
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	пп. 8.2-8.3
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	р. 9
Определение погрешности измерений температуры	Да	Да	п. 10.1
Определение погрешности измерений атмосферного давления	Да	Да	п. 10.2
Определение погрешности измерений разности давлений	Да	Да	п. 10.3
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	р. 11
Оформление результатов поверки	Да	Да	р. 12

2.2 Поверка прекращается при получении отрицательного результата по разделам 7, 8 и 9 настоящей методики.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от +18 °С до +22 °С
- температура рабочей жидкости от +18 °С до +22 °С
- относительная влажность воздуха от 30 % до 80 %
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа

Рабочая жидкость – дистиллированная вода по ГОСТ Р 58144-2018 «Вода дистиллированная. Технические условия» (далее по тексту – дистиллированная вода).

3.2 В процессе поверки температура окружающего воздуха не должна изменяться более 0,3 °С в час (при поверке класса точности 0,005) и 0,5 °С в час (при поверке класса точности 0,01). Вибрация, тряска, удары, магнитные поля, кроме земного, влияющие на работу и метрологические характеристики микроманометра, должны отсутствовать.

3.3 До начала поверки поверяемый микроманометр должен быть промыт, заполнен дистиллированной водой и выдержан не менее суток при температуре окружающего воздуха, указанной в п. 3.1. Операции по сборке, промывке и заполнению микроманометра приведены в руководстве по эксплуатации.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К поверке допускаются лица, прошедшие инструктаж по безопасности труда и ознакомленные с эксплуатационной документацией на эталонные и поверяемые средства измерений.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки рекомендуются к применению средства поверки (эталонные единицы величин, средства измерений, вспомогательные технические средства), указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Номер раздела МП	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
8.1	Диапазон измерений температуры от 18 °С до 22 °С, абсолютная погрешность не более $\pm 0,3$ °С. Диапазон измерений относительной влажности воздуха от 40 % до 80 %, абсолютная погрешность не более ± 3 %. Диапазон измерений атмосферного давления от 84 до 106 кПа, абсолютная погрешность не более $\pm 0,5$ кПа.	Термогигрометр ИВА-6, модификация ИВА-6Н-Д (рег. № 46434-11).
10.1	Диапазон измерений температуры от 10 °С до 30 °С, абсолютная погрешность не более $\pm 0,025$ °С	Термометр сопротивления платиновый вибропрочный эталонный ПТСВ-9-2, ПТСВ-10-2, ПТСВ-11-2, ПТСВ-12-3 (рег. № 65421-16) Измеритель температуры

		многоканальный прецизионный МИТ 8.15 (рег. № 19736-11)
10.1 (вспомогательное оборудование)	Диапазон воспроизведения и поддержания температуры от 10 °С до 30 °С, нестабильность поддержания температуры не более ±0,01 °С	Термостат жидкостной 7000 (рег. № 33744-07)
10.2	Эталоны единицы абсолютного давления в диапазоне измерений от 80 до 110 кПа, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 1-го разряда	Барометр образцовый переносной БОП-1М (рег. № 26469-17)
10.3.1 (для класса точности 0,005)	Диапазон измерений от $5 \cdot 10^{-2}$ до $5 \cdot 10^3$ Па; в диапазоне от $5 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^2$ Па $S \leq 0,025$ Па при $\Theta \leq 0,025$ Па; в диапазоне от $1 \cdot 10^2$ до $5 \cdot 10^3$ Па $S \leq 0,04$ Па при $\Theta \leq 0,1$ Па; в диапазоне от $5 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^5$ Па, $S \leq 0,2$ Па при $\Theta \leq 0,4$ Па (где S – среднее квадратическое отклонение результата измерений, Θ – неисключенная систематическая погрешность)	Государственный первичный специальный эталон единицы давления для разности давлений (ГЭТ 95-2020).
10.3.1 (для класса точности 0,01)	Эталоны единицы разности давлений, соответствующие требованиям предъявляемым к вторичным эталонам по Государственной поверочной схеме для средств измерений разности давлений до $1 \cdot 10^5$ Па, утвержденной Приказом Росстандарта от 31.08.2021 № 1904 в диапазоне от 0,2 до 5000 Па	Вторичный эталон единицы разности давлений в диапазоне значений от 0,2 до 5000 Па по Государственной поверочной схеме для средств измерений разности давлений до $1 \cdot 10^5$ Па, утвержденной Приказом Росстандарта от 31.08.2021 № 1904
Примечания: Сведения о результатах поверки (аттестации) средств измерений (эталонов), применяемых при поверке, должны быть опубликованы в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений. Допускается применение средств поверки, не приведенных в рекомендуемом перечне, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью, передачу единицы величины средству измерений при его поверке и прослеживаемость эталонов и средств измерений, применяемых при поверке, к государственным первичным эталонам единиц величин.		

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При поверке должны быть соблюдены требования безопасности труда, производственной санитарии и охраны окружающей среды, изложенные в эксплуатационных документах средств поверки и поверяемого средства измерений.

6.2 Рабочей жидкостью микроманометра является дистиллированная вода по ГОСТ Р 58144-2018. Рабочей средой, уравнивающей столб рабочей жидкости, является воздух или иной чистый неагрессивный газ.

6.3 Запрещается использовать микроманометр с рабочей жидкостью, отличной от указанной в п. 6.2.

6.4 Подключать микроманометр необходимо только к электрической сети, имеющий третий, заземляющий контакт.

6.5 Отсоединять микроманометр от устройства создания давления следует только после полного сброса давления.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра устанавливается соответствие микроманометра следующим требованиям:

- маркировка должна соответствовать указанной в описании типа (модификация микроманометра, заводской номер, диапазон измерений давления, предел погрешности);
- внешний вид должен соответствовать указанному в описании типа;
- механические повреждения, следы коррозии, влияющие на правильность функционирования и метрологические характеристики, должны отсутствовать;
- комплектность должна соответствовать указанной в описании типа;
- обозначения на органах управления должны соответствовать указанным в эксплуатационной документации.

7.2 Микроманометр, не удовлетворяющий требованиям п. 7.1 настоящей методики, не подлежит дальнейшей поверке.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Контроль условий поверки

8.1.1 Перед проведением поверки должны быть проверены условия проведения поверки с использованием средств измерений приведенных в таблице 2.

8.1.2 Параметры окружающей среды должны соответствовать указанные в разделе 3 настоящей методики поверки.

8.2 Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные работы.

8.2.1 Микроманометр устанавливают в рабочее положение в соответствии с разделом 6 руководства по эксплуатации.

8.2.2 Проверяют, что оба сосуда (подвижный и неподвижный) сообщаются с атмосферой. Включают прибор в сеть и нажимают кнопку включения на пульте управления. После выдерживают микроманометр во включенном состоянии не менее 5 минут.

8.2.3 Проверяют, что значение лазерного индикатора уровня воды неподвижного сосуда находится в пределах $\pm 0,2$ мм. Производят обнуление показаний на главном экране с помощью кнопки «-0-».

8.2.4. В настройках в соответствии с руководством по эксплуатации на время поверки необходимо поменять значение ускорения свободного падения на местное.

8.3 Опробование.

8.3.1 При опробовании должны быть выполнены следующие операции.

8.3.2 Поднимают подвижный сосуд в верхнее положение, соответствующее верхнему пределу измерений микроманометра, и опускают с помощью пульта не менее двух раз. Если значения лазерного индикатора уровня воды меняются, при этом вода перемещается по пневматической трубке неподвижного стакана, подвижный стакан перемещается плавно, без заклиниваний, а соединительные трубки не цепляются за неподвижные части микроманометра, считают, что микроманометр работоспособен.

8.3.3 Герметичность микроманометра проверяют в последовательности, указанной ниже:

- трубкой соединяют устройство создания давления с неподвижным сосудом;
- устанавливают подвижный сосуд в верхнее положение, соответствующее верхнему пределу измерений микроманометра;

- с помощью устройства создания давления повышают давление в неподвижном сосуде до момента уравнивания столба воды: значение лазерного индикатора уровня воды не должно превышать ± 10 мкм;

- выдерживают поверяемый микроанометр при давлении в течение 3 минут. Если в последующие 2 минуты уровень воды изменится менее чем на 10 мкм, то микроанометр считают герметичным.

8.3.4 Проверку постоянства «нуля» микроанометра проводят в последовательности, приведенной ниже.

8.3.4.1 Соединяют подвижный и неподвижный сосуды с атмосферой. При необходимости, после выдержки в течение 3 минут, корректируют нулевое показание микроанометра.

8.3.4.2 Затем поднимают и опускают подвижный сосуд микроанометра.

8.3.4.3 В нулевом положении выдерживают 3 минуты и фиксируют значение уровня воды. Если смещение значения уровня воды не превышает 5 мкм, то постоянство «нуля» считают удовлетворительным.

8.3.4.4 Пункты 8.3.4.2 и 8.3.4.3 повторяют не менее двух раз.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

9.1 Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) проводится путем сличения идентификационных данных (наименования и номера версии ПО). Отображение номера версии ПО микроанометра производится на дисплее при нажатии кнопки «НАСТРОЙКИ». Версия отображаемого ПО должна быть не ниже, указанной в таблице 3:

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки) ПО	Значение
Идентификационное наименование ПО	М
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	0.94

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение погрешности измерений температуры.

10.1.1 Определение погрешности измерений температуры в подвижном и неподвижном сосудах проводят следующим способом. Перед проведением поверки извлекают щупы поверяемых датчиков температуры в соответствии с руководством по эксплуатации. Измерения проводят в контрольных точках: (11 ± 1) , (20 ± 1) , (29 ± 1) °С.

10.1.2 Проверку при каждом значении температуры проводят в следующей последовательности:

- включают термостат и устанавливают температуру в соответствии с п. 10.1.1, контролируя ее с помощью эталонного термометра;

- погружают щупы поверяемых датчиков температуры и эталонного термометра в теплоноситель на полную глубину погружения;

- после стабилизации показаний эталонного термометра в пределах значения нестабильности термостата одновременно снимают не менее 5 показаний эталонного и поверяемых датчиков температуры во всех контрольных точках температуры, переключением термостата в соответствующий режим.

Результаты измерений заносят в протокол поверки.

10.2 Определение погрешности измерений атмосферного давления.

10.2.1 Определение погрешности измерений атмосферного давления проводят следующим образом. Подключают эталон абсолютного давления к штуцеру на пульте управления. Снимают серию измерений на следующих точках: (82 ± 2) , (90 ± 2) , (100 ± 2) , (108 ± 2) кПа. Показания снимают с дисплея пульта управления микроманометра. Снимать показания следует не ранее, чем через 15 секунд после стабилизации показаний давления. Начинают с нижнего предела измерений в сторону увеличения давления до верхнего предела (прямой ход). При достижении верхнего предела измерений микроманометр выдерживают в течение 1 мин при этом давлении. После этого давление плавно понижают (обратный ход) и проводят отсчитывание показаний при тех же значениях давления, что и при повышении давления.

Результаты измерений заносят в протокол поверки.

10.3 Определение погрешности измерений разности давлений.

10.3.1 Сличение поверяемого микроманометра с эталоном проводят при соединении их по схеме, представленной на рисунке 1. По эталону устанавливают давление, проводят измерения. Снимают не менее пяти серий измерений при значениях давления приведенных в таблице 4.

Таблица 4

Модификация	Значения давления, Па
МКМ-500-1 кл. т. 0,005	$(0,6\pm 0,4)$; (10 ± 1) ; (50 ± 1) ; (100 ± 2) ; (1000 ± 20) ; (2000 ± 40) ; (3000 ± 60) ; (4000 ± 80) ; (4900 ± 100)
МКМ-500-1 кл. т. 0,01	$(0,8\pm 0,4)$; (10 ± 1) ; (50 ± 1) ; (100 ± 2) ; (1000 ± 20) ; (2000 ± 40) ; (3000 ± 60) ; (4000 ± 80) ; (4900 ± 100)
МКМ-500-2 кл. т. 0,005 и 0,01	(51 ± 1) ; (100 ± 2) ; (1000 ± 20) ; (2000 ± 40) ; (3000 ± 60) ; (4000 ± 80) ; (4900 ± 100)

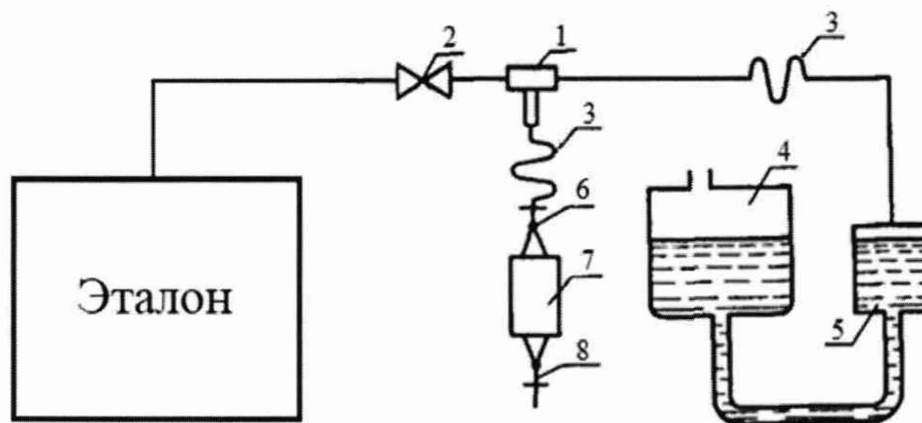


Рисунок 1 — Схема соединения поверяемого микроманометра с эталоном
 1 — тройник; 2 — запорный вентиль, перекрывающий неподвижный сосуд поверяемого микроманометра и трубку эталона; 3 — соединительные трубки; 4, 5 — подвижный и неподвижный сосуды поверяемого микроманометра; 7 — устройство создания давления; 6, 8 — запорные вентили устройства создания давления.

10.3.2 Измерения проводят следующим образом. Устанавливают показания эталона и поверяемого микроманометра в нулевое положение, при этом подвижный и неподвижный сосуды должны быть сообщены с атмосферой. Производят обнуление показаний.

10.3.3 Закрывают вентиль 8.

10.3.4 Измерение в контрольной точке проводят в следующей последовательности:

10.3.4.1 Открывают вентиль 6, краном 2 отключают сообщение неподвижного сосуда поверяемого микроманометра с трубкой эталона.

10.3.4.2 На эталоне устанавливают значение давления (в случае наличия в составе эталона устройства создания давления).

10.3.4.3 На поверяемом микроманометре подвижный сосуд поднимают на высоту, соответствующую установленному значению давления.

10.3.4.4 Постепенно повышают давление при помощи устройства создания давления поверяемого микроманометра до установки значения лазерного индикатора уровня воды поверяемого микроманометра в положение, близкое к первоначальному (нулевому). Отклонение значения индикатора не должно превышать ± 10 мкм от нуля.

10.3.4.5 Краном 2 сообщают неподвижный сосуд поверяемого микроманометра с эталоном.

10.3.4.6 Корректируют значение уставки (высоту установки подвижного сосуда) поверяемого микроманометра таким образом, чтобы значение лазерного индикатора уровня воды находилось в нулевом положении, отклонение от нуля не должно превышать ± 1 мкм.

10.3.4.7 Фиксируют показания эталона и поверяемого микроманометра в Па.

10.3.5 Операции п. 10.3.4 повторяют для каждой контрольной точки, указанной в п. 10.3.1.

10.3.6 Открывают вентиль 6, закрывают кран 2.

10.3.7 Опускают подвижный сосуд поверяемого микроманометра и плавно сообщают его с атмосферой краном 8. Производят сброс давления на эталоне.

10.3.8 Проверяют показания микроманометра при нуле. Если смещение значения уровня воды не превышает 5 мкм, то «ноль» считается не смещенным и этим заканчивается серия наблюдений. При смещении значения уровня воды более чем на 5 мкм сличение показаний, полученных в соответствии п.п. 10.3.2 – 10.3.7 проводят вновь.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Вычисляют абсолютную погрешность измерений атмосферного давления по формуле:

$$\Delta P_{\text{атм}} = P_{\text{п.атм}} - P_{\text{э.атм}} \quad (1)$$

где $\Delta P_{\text{атм}}$ – абсолютная погрешность поверяемого атмосферного давления, кПа;

$P_{\text{п.атм}}$ – значение показаний атмосферного давления, кПа;

$P_{\text{э.атм}}$ – значение показаний эталона, кПа.

Результаты поверки считают положительными, если абсолютная погрешность не превышает $\pm 0,2$ кПа. Результаты поверки заносят в протокол поверки.

11.2 Вычисляют абсолютную погрешность измерений температуры по формуле:

$$\Delta T = T_{\text{п.ср}} - T_{\text{э.ср}} \quad (2)$$

где ΔT – абсолютная погрешность поверяемого датчика температуры, °С;

$T_{\text{п.ср}}$ – среднее значение показаний поверяемого датчика температуры, °С;

$T_{\text{э.ср}}$ – среднее значение показаний эталонного термометра, °С.

Результаты поверки считают положительными, если абсолютная погрешность не превышает $\pm 0,05$ °С. Результаты поверки заносят в протокол поверки.

11.3 Обработка результатов измерений разности давлений.

Абсолютную погрешность измерений разности давлений вычисляют по формуле:

$$\Delta = P_{\text{п}} - P_{\text{э}} \quad (3)$$

где $P_{\text{п}}$ – значение показаний поверяемого микроманометра, Па;

$P_{\text{э}}$ – значение показаний эталона, Па.

Среднее квадратическое отклонение результатов измерений определяют в каждой точке по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i - \Delta_{\text{ср}})^2}{(n-1)}}, \quad (4)$$

где $\Delta_{\text{ср}}$ – средняя абсолютная погрешность в поверяемой точке по результатам n серий измерений, Па;

Δ_i – абсолютная погрешность в поверяемой точке при i -ой серии измерений, Па.

11.4 Результаты поверки считают положительными, если полученные значения погрешности и СКО в соответствии с пп. 11.1-11.3 не превышают пределов, указанных в таблице 5.

Если полученные значения погрешности и/или СКО микроманометра класса точности 0,005 превысили допустимые значения и/или значение СКО в какой-либо точке превысило предельное значение, при этом погрешность и СКО соответствует классу точности 0,01, то по заявке заказчика микроманометру может быть присвоен класс точности 0,01.

Если полученные значения погрешности и/или СКО микроманометра класса точности 0,01 превысили допустимые значения, то результат поверки микроманометра считается отрицательным.

Таблица 5 – Метрологические характеристики микроманометра

Наименование характеристики	Значение	
	МКМ-500-1	МКМ-500-2
Диапазон измерений разности давлений, Па ⁽¹⁾ класс точности 0,005 класс точности 0,01	от 0,2 до 5000 от 0,4 до 5000	от 50 до 5000 от 50 до 5000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений разности давлений, Па класс точности 0,005 класс точности 0,01	±0,2 ±0,4	
Среднее квадратическое отклонение, Па, не более класс точности 0,005 класс точности 0,01	0,08; 0,06 ⁽¹⁾ 0,16; 0,12 ⁽¹⁾	
Примечание: ⁽¹⁾ При первичной поверке		

11.5 Критерии подтверждения соответствия средства измерений обязательным метрологическим требованиям, предъявляемым к эталону.

11.5.1 При соблюдении всех требований п. 11.3 микроманометр класса точности 0,005 будет соответствовать вторичному эталону согласно поверочной схеме «Государственная поверочная схема для средств измерений разности давлений до $1 \cdot 10^5$ Па», утвержденной Приказом Росстандарта от 31.08.2021 № 1904.

11.5.2 При соблюдении всех требований п. 11.3 микроманометр класса точности 0,01 будет соответствовать рабочему эталону 1-го разряда согласно поверочной схеме «Государственная поверочная схема для средств измерений разности давлений до $1 \cdot 10^5$ Па», утвержденной Приказом Росстандарта от 31.08.2021 № 1904.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

12.2 При положительных результатах поверки, в соответствии с заявлением владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений, оформляется свидетельство о поверке, и (или) в паспорт средства измерений вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя с расшифровкой подписи (фамилия, инициалы), наносится знак поверки и указывается дата поверки.

12.3 При отрицательных результатах поверки, выдают извещение о непригодности к применению средства измерений.

12.4 Результаты измерений заносят в протокол произвольной формы.