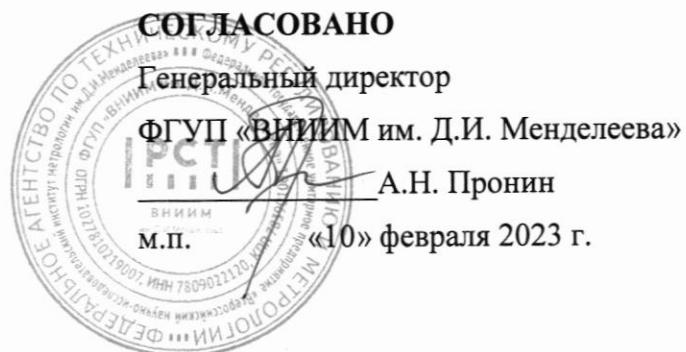


Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт им. Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



Государственная система обеспечения единства измерений

Манометр грузопоршневой МП-6

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 231-0107-2023

Руководитель НИО государственных эталонов в
области измерений давления

 Р.А. Тетерук

Инженер 1 категории сектора
перспективных разработок и испытаний
в области давления

 А.И. Анцукова

г. Санкт-Петербург
2023 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на манометр грузопоршневой МП-6, зав. № 0660 (далее по тексту – манометр) и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

1.2 Методика поверки должна обеспечивать прослеживаемость манометра к Государственному первичному эталону единицы давления – паскаля (ГЭТ 23-2010).

1.3 Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки: непосредственное сличение эталонного и поверяемого манометров.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Наименование операций	Обязательность проведения при поверке		Номер раздела (п/п) МП
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Определение метрологических характеристик: - определение продолжительности свободного вращения поршня;	да	да	9
- определение скорости опускания поршня;	да	да	9.1
- определение эффективной площади поршня;	да	да	9.2
- определение порога реагирования	да	да	9.3
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	9.4
			10

2.2 Поверка прекращается при получении отрицательного результата по р. 7, 8 или при невозможности выполнения операций р. 9 настоящей МП.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении операций поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от +15 °C до +25 °C;
- относительная влажность воздуха от 20 % до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

3.2 В процессе поверки температура окружающего воздуха не должна изменяться более 1 °C в час.

Манометр должен быть размещён на устойчивой горизонтальной плоскости и установлен в рабочее положение. Вибрация, тряска, удары, магнитные поля, кроме земного, влияющие на работу и метрологические характеристики приборов, должны отсутствовать.

3.3 Поверяемый манометр перед поверкой, должен находиться в лаборатории при нормальных условиях не менее 8 ч.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

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

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки рекомендуются к применению средства поверки (эталоны единиц величин, средства измерений, вспомогательные технические средства), указанные в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Перечень средств поверки, рекомендуемых к применению при проведении поверки

Номер раздела МП	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8.1	Диапазон измерений температуры от 15 °C до 25 °C, абсолютная погрешность не более ± 1 °C. Диапазон измерений относительной влажности воздуха от 20 % до 80 %, погрешность не более ± 2 %. 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).
9.1-9.4	Диапазон измерений избыточного давления от 0,04 до 0,6 МПа, пределы допускаемой относительной погрешности не более $\pm 0,0025$ %. Наборы миллиграммовых и граммовых гирь класса E ₂ , F ₁ и F ₂ по ГОСТ OIML R 111-1-2009. Диапазон измерений температуры от +15 °C до +25 °C, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,05$ °C. Секундометры механические, диапазон измерений от 0 до 4 мин, передел допускаемой основной погрешности ± 2 с.	Государственный вторичный эталон-копия единицы давления для области избыточного давления в диапазоне от 0,02 до 100 МПа (ГВЭТ 23-1-2014), среднее квадратическое отклонение результата измерений $S_0=4 \cdot 10^{-6}$. Вторичные эталоны по государственной поверочной схеме «Государственная поверочная схема для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа», утвержденной Приказом Росстандарта от 20.10.2022 № 2653. Наборы миллиграммовых и граммовых гирь класса E ₂ , F ₁ и F ₂ по ГОСТ OIML R 111-1-2009 (рег. № 52768-13). Измерители температуры многоканальные прецизионные МИТ 8.30 (рег. № 81235-21). Секундометры механические однострелочные СО (рег. № 83109-21)

5.2 Сведения о результатах поверки (аттестации) средств измерений (эталонов), применяемых при поверке, должны быть опубликованы в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

5.3 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.

5.4 При выборе эталона давления должны быть выполнены условия: соотношение пределов допускаемых основных погрешностей, в поверяемых точках, эталона и манометра должно удовлетворять требованиям действующих государственных (или локальных) поверочных схем.

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.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие манометра следующим требованиям:

- наличие эксплуатационной документации, с указанием значений температурного коэффициента линейного расширения материалов поршня и цилиндра, коэффициента деформации поршневой системы;
- маркировка, обозначения на органах управления должны соответствовать требованиям эксплуатационной документации;
- механические повреждения и следы коррозии на деталях манометра и на грузах, влияющие на правильность функционирования и метрологические характеристики должны отсутствовать;
- детали манометра и резьбовые соединения не должны иметь срезанных витков и повреждений, препятствующих присоединению и не обеспечивающих герметичность и прочность соединения;
- внешний вид должен соответствовать конструктивным требованиям, указанным в эксплуатационной документации;
- комплектность должна соответствовать указанной в паспорте на манометр.

7.2 Проверить наличие сертификата(-ов) калибровки наборов грузов с датой выдачи не более 24 месяцев до даты предоставления манометра в поверку.

7.2.1 Сертификаты калибровки должны быть выданы аккредитованной лабораторией.

7.3 Манометр, не удовлетворяющий требованиям пп. 7.1 - 7.2 настоящей методики, не подлежит дальнейшей поверке.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Проверка условий окружающей среды.

8.1.1 При проверке условий окружающей среды проводят контроль выполнения условий поверки в соответствии с п. 3.1 настоящей методики.

8.2 Подготовительные работы.

8.2.1 Устройство для создания давления должно быть установлено на горизонтальное основание, исключающее тряску, вибрацию и появление наклонов опорной поверхности.

8.2.2 Устройство для создания давления должно обеспечивать в пределах всего рабочего хода поршня возможность плавного повышения и понижения давления.

8.2.3 Должна быть осуществлена проверка наличия сертификата калибровки на грузы и поршень с грузоприёмным устройством с датой выдачи не более 24 месяцев до даты предоставления манометра в поверку.

8.2.3.1 Результатом калибровки должны быть условные значения массы грузов, поршня с грузоприемным устройством и дополнительных грузов, а так же расширенная неопределенность измерений массы.

8.2.3.2 Условные значения массы грузов и поршня с грузоприемным устройством должны быть подогнаны в зависимости от значения под номинальное значение массы или под номинальное значение давления с учетом ускорения свободного падения.

8.2.4 Манометр перед поверкой, после промывания поршневой пары, должен находиться в лаборатории не менее 8 часов.

8.3 Проверка работоспособности манометра.

8.3.1 Соединение поршня с грузоприемным устройством должно исключать взаимное относительное перемещение.

8.3.2 Поршень должен свободно, без затираний вращаться в цилиндре и перемещаться вдоль оси цилиндра.

8.3.3 Грузы должны легко, без заедания, размещаться один на другой на грузоприемное устройство и сниматься без относительного взаимного радиального перемещения.

8.3.4 Герметичность манометра проверяют при давлении, равном верхнему пределу измерений. При указанном давлении измерительную поршневую систему (далее – ИПС) выдерживают пять минут. В течение последующих двух минут не должно наблюдаться падение давления, при этом изменение температуры воздуха в помещении не должно превышать $\pm 0,1$ °C.

8.4 Проверка значений условной массы грузов и поршня с грузоприемным устройством.

8.4.1 Проверка значений условной массы грузов и поршня с грузоприемным устройством заключается в проверке сертификата калибровки.

8.4.2 Результатом калибровки должны быть условные значения массы грузов, поршня с грузоприемным устройством, а так же расширенная неопределенность измерений U (при коэффициенте охвата $k=2$).

8.4.3 Массы грузов и поршня с грузоприемным устройством должны быть подогнаны под номинальное значение массы.

8.4.4 Условные значения массы грузов и гирь проверяют взвешиванием на компараторе массы (весах) с применением наборов миллиграммовых, граммовых и килограммовых гирь класса Е₂ по ГОСТ ОИМЛ R 111-1-2009.

8.4.4.1 Расширенная неопределенность U (при коэффициенте охвата $k=2$) определения условных значений масс грузов манометра не должны превышать $\pm 0,0003$ % от номинального значения груза или 0,3 мг в зависимости от того, что больше.

8.5 При невозможности выполнения требований пп. 8.1-8.4, манометр не подлежит дальнейшей поверке.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение продолжительности свободного вращения поршня

9.1.1 Продолжительность свободного вращения поршня определяют при помощи секундомера при установке поверяемого манометра в среднее рабочее положение с допускаемым отклонением ± 1 мм.

9.1.2 Поршень манометра нагружают грузами, создавая давление, равное 20% верхнего предела измерений, и приводят вращение по ходу часовой стрелки.

9.1.3 За продолжительность свободного вращения поршня принимают интервал времени от момента, соответствующего начальной частоте его вращения, равной (120 ± 10) об/мин, до полной остановки поршня. Начальную частоту вращения поршня определяют при помощи тахометра или подсчетом числа оборотов за 10 с. Для удобства подсчета между грузами следует положить полоску бумаги.

9.1.4 Если температура манометра в момент измерений отличается от 20°C , то значение продолжительности вращения необходимо привести к температуре 20°C , пересчитав по формуле:

$$\tau_{20} = \tau \frac{\eta}{\eta_{20}}, \quad (1)$$

где τ_{20} – приведенное значение продолжительности вращения, с,

τ – подсчитанное значение продолжительности вращения, с,

η – значение динамической вязкости рабочей жидкости при измерении, $\text{Па}\cdot\text{с}$,

η_{20} – значение динамической вязкости рабочей жидкости при измерении при температуре 20°C , $\text{Па}\cdot\text{с}$.

9.2 Определение скорости опускания поршня

9.2.1 Скорость опускания поршня определяют при нагрузке, соответствующей верхнему пределу измерений поверяемого манометра. При этом запорный вентиль должен быть перекрыт, поверяемый манометр выдержан под нагрузкой не менее 15 минут.

9.2.2 Для определения скорости опускания поршня измеряют расстояние, на которое он переместился за некоторый промежуток времени. Расстояние измеряют отсчетным устройством, интервал времени опускания поршня отсчитывают по секундомеру.

9.2.3 Если температура манометра в момент измерений отличается от 20°C , то значение скорости опускания необходимо привести к температуре 20°C , пересчитав по формуле:

$$v_{20} = v \frac{\eta}{\eta_{20}}, \quad (2)$$

где v_{20} – приведенное значение скорости опускания, $\text{мм}/\text{мин}$,

v – измеренное значение скорости опускания, $\text{мм}/\text{мин}$.

9.3 Определение эффективной площади поршня

9.3.1 Эффективную площадь манометра определяют методом непосредственного сличения поверяемого манометра с эталонным манометром. При этом проводят гидростатическое уравновешивание поршней одним из способов:

- прямое уравновешивание (без предварительного уравновешивания) масс поршней с грузоприемным устройством и помещенных на них грузов,

- уравновешивание масс грузов, помещенных на поршни поверяемого и эталонного манометров, при условии предварительного уравновешивания поршней.

9.3.2 При прямом уравновешивании поршни поверяемого и эталонного манометров необходимо установить так, чтобы в момент их равновесия нижние торцы поршней располагались в одной горизонтальной плоскости. В противном случае необходимо определить расстояние по вертикали между нижними торцами поршней и внести поправку на значение массы столба жидкости. Взаимное положение поршней должно быть определено с погрешностью не более 1 мм.

9.3.3 При условии применения метода с предварительным уравновешиванием нет необходимости располагать торцы поршней в одной горизонтальной плоскости.

9.3.4 При определении эффективной площади поршня должны быть выполнены следующие требования, приведенные ниже.

9.3.4.1 Поршни эталонного и поверяемого манометра должны быть установлены в рабочее положение.

9.3.4.2 Взаимное положение поршней следует контролировать во время их равновесия отсчетными устройствами для наблюдения за положением равновесия.

9.3.4.3 Измерения следует проводить при постепенном увеличении значений давления до верхнего предела диапазона измерений манометра, а затем при их постепенном уменьшении. Количество точек давления для прямого и обратного хода должно быть не менее 5.

9.3.4.4 Для уравновешивания поршней на грузоприёмные устройства поверяемого и эталонного манометров помещают грузы соответствующей массы, необходимой для создания требуемого значения давления. На грузоприёмные устройства эталонного манометра помещают грузы из состава эталонного манометра, на грузоприёмные устройства поверяемого манометра помещают грузы из состава поверяемого и (или) эталонного манометра. Затем приводят их во вращение с частотой не менее 30 оборотов в минуту. Равновесие считают достигнутым, если не наблюдается взаимное изменение положения поршней.

При достижении равновесия фиксируют значения суммарных масс поршня с грузоприемным устройством, грузов и разновесов, а также проводят считывание показаний температуры измерительных поршневых систем.

9.3.4.5 При определении эффективной площади ИПС без предварительного уравновешивания отношение масс A_i при каждом отдельном уравновешивании поршней с учетом массы столба рабочей среды под поршнем эталонного манометра определяют по формуле:

$$A_i = \frac{(m_{нов} + m_{нов\,ri}) \cdot q_i}{m_3 - \rho_c \cdot F_{3\,ном} \cdot h + m_{3\,ri}}, \quad (3)$$

а с учетом массы столба рабочей среды под поршнем поверяемого манометра по формуле:

$$A_i = \frac{(m_{нов} + \rho_c \cdot F_{нов\,ном} \cdot h + m_{нов\,ri}) \cdot q_i}{m_3 + m_{3\,ri}}, \quad (4)$$

где m_3 и $m_{нов}$ – действительная масса поршня с грузоприемным устройством эталонного и поверяемого манометров соответственно, кг;

m_{ri} и $m_{нов\,ri}$ – действительная масса грузов и гирь при i -м уравновешивании, нагружаемых на эталонный и поверяемый манометры соответственно, кг;

$F_{3\,ном}$ и $F_{нов\,ном}$ – номинальные значения площадей ИПС эталонного и поверяемого манометров соответственно, м^2 ;

h – расстояние между нижними торцами поршней эталонного манометра и поверяемого манометра, м; $h > 0$, если нижний торец поршня эталонного манометра ниже торца поршня поверяемого манометра;

ρ_c – плотность рабочей среды, кг/м³;

q_i – поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры и деформации на показания манометров, определяемый по формуле:

$$q_i = 1 + (\alpha_{13} + \alpha_{23})(t_{3i} - 20^\circ\text{C}) - (\alpha_{1n_{08}} + \alpha_{2n_{08}})(t_{n_{08}i} - 20^\circ\text{C}) + (\beta_3 - \beta_{n_{08}})p_i, \quad (5)$$

где α_{13} и α_{23} – температурные коэффициенты линейного расширения материалов цилиндра и поршня эталонного манометра, °C⁻¹;

$\alpha_{1n_{08}}$ и $\alpha_{2n_{08}}$ – температурные коэффициенты линейного расширения материалов цилиндра и поршня поверяемого манометра, °C⁻¹;

$t_{n_{08}i}$ и t_{3i} – температура поверяемого и эталонного манометров соответственно при i -м уравновешивании, °C;

p_i – номинальное давление при i -м уравновешивании, Па;

β_3 и $\beta_{n_{08}}$ – коэффициенты деформации поршня и цилиндра от давления эталонного и поверяемого манометров соответственно, Па⁻¹.

Поправочным коэффициентом q_i пренебрегают, если его значение не превышает 10% предела допускаемой погрешности поверяемого манометра.

По результатам значений A_i определяют среднее отношение масс с учетом массы столба рабочей среды под поршнем эталонного манометра по формуле:

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^n (m_{n_{08}} + m_{n_{08}ri}) \cdot q_i}{\sum_{i=1}^n (m_3 - \rho_c \cdot F_{3_{n_{08}}} \cdot h + m_{3ri})}, \quad (6)$$

а с учетом массы столба рабочей среды под поршнем поверяемого манометра по формуле:

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^n (m_{n_{08}} + \rho_c \cdot F_{n_{08}n_{08}} \cdot h + m_{n_{08}ri}) \cdot q_i}{\sum_{i=1}^n (m_3 + m_{3ri})}, \quad (7)$$

где n – число поверяемых точек.

9.3.4.6 При определении эффективной площади ИПС по способу с предварительным уравновешиванием перед началом измерений проводят предварительное уравновешивание поршней эталонного манометра и поверяемого манометров путем накладывания тарировочных грузов, которые затем не снимают с грузоприемных устройств.

Суммарные массы поршней с грузоприемными устройствами и грузов, помещенных при предварительном уравновешивании, при определении эффективной площади не измеряют и не учитывают.

Изменение температуры ИПС в процессе поверки по способу с предварительным уравновешиванием должно быть не более 1 °C.

Дальнейший порядок измерений такой же, как и при способе без предварительного уравновешивания.

Отношение масс A ; при каждом отдельном уравновешивании поршней по этому способу определяют по формуле:

$$A_i = \frac{m_{n_{08}ri} \cdot q_i}{m_{3ri}}, \quad (8)$$

а среднее отношение масс \bar{A} – по формуле:

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^n m_{nos\,ri} \cdot q_i}{\sum_{i=1}^n m_{s\,ri}}. \quad (9)$$

9.3.4.7 Эффективную площадь поверяемого манометра F_{nos} определяют по формуле:

$$F_{nos} = F_s \cdot \bar{A}, \quad (10)$$

где F_{nos} – значение эффективной площади ИПС эталонного манометра, см^2 .

9.4 Определение порога реагирования

9.4.1 Порог реагирования определяют при последнем уравновешивании, т.е. при давлении, соответствующем верхнему пределу поддиапазона измерений. При окончании уравновешивания поршень дополнительно нагружают миллиграммовыми гирями (начиная с 1 мг и более), пока равновесие не нарушится. Считается сумма гирь m_p .

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Обработка результатов измерений.

10.1.1 Результат проверки продолжительности свободного вращения поршня, приведенной к температуре 20 °C, считают положительным, если полученное значение по п. 9.1 составляет не менее 4 минут.

10.1.2 Результат проверки скорости опускания поршня считают положительным, если полученное значение по п. 9.2 составляет не более 0,5 мм/мин.

10.1.3 Для оценки точности полученных значений эффективной площади поршня вычисляют среднее квадратическое отклонение S_F результата в последовательности, приведенной ниже.

При каждом значении давления определяют разность отношений масс δ_i по формуле:

$$\delta_i = A_i - \bar{A}. \quad (11)$$

Среднее квадратическое отклонение результата определения эффективной площади поршневой пары вычисляется по формуле:

$$S_F = \frac{F_s}{F_{nos}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i)^2}{n-1}} \cdot 100\%. \quad (12)$$

Среднее квадратическое отклонение результата определения эффективной площади поршневой пары не должно превышать 0,002 %.

Предельное отклонение значений эффективной площади поршня поверяемого манометра от номинального значения не должно превышать $\pm 1\%$.

10.1.4 Результат проверки порога реагирования считают положительным, если при перемещении добавочных гирь равновесие поршней нарушится, а значение, полученное по п. 9.4, не превышает 3 Па.

10.2 Критерии соответствия средства измерений метрологическим требованиям.

10.2.1 Критерием соответствия средства измерений метрологическим требованиям является соответствие требованиям разделов 8, 9 и положительном результате проверки п. 10.1 настоящей методики. При соблюдении всех требований результат поверки

считают положительным, манометр допускается к применению для измерений избыточного давления.

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

10.3.1 При соблюдении требований разделов 8, 9 и положительном результате проверки п. 10.1 пределы допускаемой относительной погрешности поверяемого манометра не должны превышать значений, установленных в описании типа, и поверяемый манометр будет соответствовать обязательным требованиям, предъявляемым к рабочему эталону класса точности 0,005 согласно поверочной схеме «Государственная поверочная схема для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа», утвержденной Приказом Росстандарта № 2653 от 20.10.2022 г. Результаты поверки считаются положительными.

Примечание:

При подтверждении соответствия по п. 10.3.1 необходимо руководствоваться действующей на момент поверки государственной поверочной схемой для средств измерений избыточного давления.

10.3.2 При несоответствии поверяемого манометра любому требованию пп. 10.1.1-10.1.4 измерительную поршневую систему манометра разбирают, снова собирают, повторяют операции по пп. 9.1-9.4. Если в этом случае значения контролируемых характеристик превышают предельные значения, то результаты считаются отрицательными.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

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

11.2 При положительных результатах поверки, в соответствии с заявлением владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений, оформляется свидетельство о поверке, с указанием состава средства измерений (устройство для создания давления, ИПС, комплект грузов), 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.

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

11.4 Результаты измерений заносят в протокол произвольной формы.