

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



УТВЕРЖДАЮ

И. о. директора
ФГУП «ВНИИМ
им. Д.И. Менделеева»

А.Н. Пронин

М. п. «15» марта 2019 г.


Государственная система обеспечения единства измерений

**Манометры грузопоршневые
серии 2000А**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 231-0062-2019


Руководитель НИО
государственных эталонов
в области измерений давления


Р.А. Тетерук

Разработчики
Ведущий инженер НИС в области
измерений средних абсолютных
давлений


А.Н. Шапошников

Инженер 2 кат. лаборатории
перспективных разработок и испытаний
в области давления


А.А. Пименова

г. Санкт-Петербург
2019 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на манометры грузопоршневые серии 2000А (далее по тексту – манометры) и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

1.2 Методикой поверки не предусмотрена возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средства измерений для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

1.3 Интервал между поверками – 2 года.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

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

Таблица 2.1

Наименование операций	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	8.1	+	+
Опробование	8.2	+	+
Подтверждение соответствия ПО	8.3	+	+
Определение метрологических характеристик	8.4	+	+
Обработка результатов измерений	9	+	+

2.2 Поверка прекращается при получении отрицательного результата по п.8.1, п.8.2, п.8.3 настоящей методики.

При первичной (периодической) поверке манометра возвращается с изложением причин возврата для проведения мероприятий по их устранению и повторного предъявления.

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 1

Таблица 1

Наименование операций	Номер пункта	Средства поверки и метрологические и технические характеристики
1	2	3
Условия поверки	6	Термогигрометр ИВА-6Н-Д, диапазон измерений относительной влажности от 0 до 90 % вкл., абсолютная погрешность ± 2 %; диапазон измерений относительной влажности св. 90 до 98 %, абсолютная погрешность ± 3 %; диапазон измерений температуры от 0 до 60 °С, абсолютная погрешность $\pm 0,3$ °С; диапазон измерений атмосферного давления от 70 до 110 кПа, абсолютная погрешность $\pm 2,5$ гПа

		(регистрационный номер 46434-11)
Внешний осмотр	8.1	Визуально
Опробование	8.2	Система для создания давления
Подтверждение соответствия ПО	8.3	Визуально
Определение метрологических характеристик	8.4	
Определение скорости опускания поршня	8.4.1	Секундомер по ТУ 25-1894.003-90, измерительный микроскоп типа МБП-2 с увеличением 24 и ценой деления 0,05 мм или индикатор типа ИЧ по ГОСТ 577-68 Система для создания давления
Определение эффективной площади поршня	8.4.2	<p>Государственный первичный эталон единицы давления для области избыточного давления в диапазоне от 0,02 до 10 МПа (ГПЭ 23-2010), в диапазоне измерений от 0,02 до 3 МПа, среднее квадратическое отклонение результата измерений $S_0 = 2 \cdot 10^{-6}$, в диапазоне измерений от 3 МПа до 10 МПа, среднее квадратическое отклонение результата измерений $S_0 = 2,5 \cdot 10^{-5}$.</p> <p>Государственный вторичный эталон-копия единицы давления для области избыточного давления в диапазоне от 0,02 до 100 МПа (ГВЭТ 23-1-2014), диапазон измерений от 0,02 до 100 МПа, среднее квадратическое отклонение результата измерений $S_0 = 4 \cdot 10^{-6}$.</p> <p>Государственный первичный эталон единицы давления для области абсолютного давления в диапазоне от $1 \cdot 10^{-1}$ до $7 \cdot 10^5$ Па (ГЭТ 101-2011); в диапазоне измерений абсолютного давления от $1 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^3$ Па СКО результата измерений $1,3 \cdot 10^{-3}$ Па, НСП $3,2 \cdot 10^{-3}$ Па + $7,0 \cdot 10^{-5} \cdot p$; в диапазоне измерений абсолютного давления от $1 \cdot 10^2$ до $1,3 \cdot 10^5$ Па СКО результата измерений $2,1 \cdot 10^{-2}$ Па, НСП $4,3 \cdot 10^{-2}$ Па + $7,0 \cdot 10^{-6} \cdot p$; в диапазоне измерений абсолютного давления от $7 \cdot 10^3$ до $7 \cdot 10^5$ Па СКО результата измерений от 0,2 до 1 Па, НСП от 0,3 до 7 Па; где p – измеряемое</p>

Определение порога реагирования	8.4.3	<p>давление, Па. Рабочие эталоны избыточного давления - манометры грузопоршневые классов точности 0,003; 0,005. Рабочие эталоны абсолютного давления - манометры грузопоршневые классов точности 0,003; 0,005. Система для создания давления Наборы миллиграммовых и граммовых гирь класса E₂, F₁ и F₂ по ГОСТ OIML R 111-1-2009.</p> <p>Средства поверки для п.8.4.2</p>
---------------------------------	-------	--

3.2 Средства измерений, применяемые при поверке, должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке.

3.3 Эталоны, применяемые при поверке, должны быть аттестованы и иметь действующие свидетельства об аттестации эталона.

3.4 Допускается применение средств поверки, не приведенных в перечне, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 Поверка проводится квалифицированным персоналом лабораторий, аттестованных в установленном порядке.

4.2 К поверке допускаются лица, аттестованные в качестве поверителей, прошедшие инструктаж по безопасности труда и ознакомленные с эксплуатационной документацией на эталонные и поверяемые средства измерений.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При поверке должны быть соблюдены требования безопасности труда, производственной санитарии и охраны окружающей среды, изложенные в эксплуатационных документах эталонных и поверяемых средств измерений.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении операций поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от +18 до +23
- относительная влажность воздуха, % от 20 до 75
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106,7

- вибрация, тряска, удары, магнитные поля, кроме земного, влияющие на работу и метрологические характеристики средств измерений, эталонных и поверяемых манометров, должны отсутствовать;

- рабочая среда для манометров воздух, азот;
- давление должно повышаться и понижаться плавно, т.е. скорость изменения измеряемого давления не должна превышать 10 % диапазона измерений в секунду;
- вибрация, тряска, удары, магнитные поля, кроме земного, влияющие на работу и метрологические характеристики приборов, должны отсутствовать.

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

6.3 Окружающий воздух не должен содержать примесей, агрессивных по отношению к материалам, из которых изготовлены рабочие эталоны и поверяемые манометры.

6.4 Измерительная поршневая система манометра должна быть установлена в рабочее положение.

6.5 Манометры на поверку следует представлять в чистом виде.

6.6 При проведении поверки запрещается:

- снимать (отсоединять) измерительную поршневую систему поверяемого и эталонного манометров с устройства для создания давления без сброса давления в системе;
- снимать грузы с поверяемого и эталонного манометров, когда поршень находится в крайнем верхнем положении;
- открывать вентиль устройства для создания давления, предназначенный для отключения поверяемого манометра, если давление в прессовой части превышает сумму значений давлений грузов, находящихся на грузоприемном устройстве;
- создавать давление, превышающее верхний предел измерений манометра или эталона.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Проверить наличие свидетельства о предыдущей поверке манометра (при периодической поверке).

7.2 Проверить наличие эксплуатационной документации на поверяемый манометр.

7.3. Проверить наличие сертификата калибровки монитора лабораторных условий (монитора плотности воздуха) (обязательно для манометров класса точности 0,003, для классов точности 0,005; 0,008 и 0,01 при наличии в комплекте поставки).

Результатом калибровки монитора лабораторных условий (монитора плотности воздуха) должны быть значения температуры в диапазоне от плюс 18 до плюс 28 °С; атмосферного давления в диапазоне от 81 до 106,7 кПа; относительной влажности от 20 до 75 %, а так же расширенная неопределённость измерений.

7.4 Проверить наличие сертификата калибровки встроенного вакуумметра (при периодической поверке).

Результатом калибровки встроенного вакуумметра должны быть значения давления в диапазоне измерений от 1 до 13 Па не менее чем при 5 значениях давления равномерно распределенных по диапазону измерений, с указанием расширенной неопределенности измерений.

7.5 Проверить наличие сертификата калибровки термометра сопротивления.

Результатом калибровки термометра сопротивления должны быть значения температуры в диапазоне от 15 до 30 °С (например точки из ряда 15, 20, 23, 25 и 30 °С), с указанием расширенной неопределенности измерений, погрешность измерений температуры должна быть $\pm 0,1$ °С (обязательно для манометров классов точности 0,003 и 0,005, для классов точности 0,008 и 0,01 при наличии в комплекте поставки).

Примечание: при необходимости, по полученным данным в сертификатах калибровки, вносятся корректировки в настройки автономного ПО манометра в соответствии с эксплуатационной документацией на манометр. Необходимо повторять процедуры калибровки не реже одного раза в 2 года, перед каждой поверкой.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При проведении внешнего осмотра устанавливается соответствие поверяемого манометра следующим требованиям:

- наличие эксплуатационной документации, с указанием значений температурного коэффициента линейного расширения материалов поршня и цилиндра, коэффициента деформации поршневой системы;

- свидетельства о предыдущей поверке (при периодической поверке);

- маркировка и комплектность должны соответствовать эксплуатационной документации;

- отсутствие механических повреждений, следов коррозии на деталях манометров и грузах, представляемых на поверку;

- детали прибора и резьбовые соединения не должны иметь срезанных витков и повреждений, препятствующих присоединению и не обеспечивающих герметичность и прочность соединения;

- наличие полного набора грузов.

8.1.2 Манометр, не удовлетворяющий требованиям п.8.1.1 настоящей методики, не подлежит поверке до устранения неисправностей и несоответствий. После их устранения внешний осмотр проводят в полном объеме.

8.2 Опробование

8.2.1 При опробовании проверяют эксплуатационные свойства манометра:

- соединения поршня с грузоприемным устройством должно исключать взаимное относительное перемещение;

- поршень, должен свободно, без затираний, вращаться в цилиндре и перемещаться вдоль оси цилиндра;

- грузы должны легко, без заедания, накладываться один на другой на грузоприемное устройство и сниматься без относительного взаимного радиального перемещения.

8.2.3 Герметичность манометров избыточного давления проверяют при давлении, равном верхнему пределу измерений. При указанном давлении измерительную поршневую систему выдерживают пять минут. В течение последующих двух минут не должно наблюдаться падение давления, при этом изменение температуры воздуха в помещении не должно превышать $\pm 0,1$ °С.

8.2.4 Герметичность манометров абсолютного давления проверяют при давлении, равном нижнему пределу измерений. В течение последующих двух минут не должно наблюдаться повышение давления, при этом изменение температуры воздуха в помещении не должно превышать $\pm 0,1$ °С.

8.2.5 Проверить работу датчика положения поршня. При необходимости выполнить калибровку с помощью калибровочных колец (прокладок) входящих в комплект манометра в соответствии с эксплуатационной документацией на манометр. При первичной поверке (при отсутствии измеренных данных от производителя) требуется измерить фактическую толщину калибровочных колец (прокладок) и записать значения в автономное ПО. В дальнейшем требуется повторять эти измерения не реже, чем один раз в 5 лет.

8.2.6 Проверка значений массы грузов и поршня с грузоприемным устройством.

8.2.6.1 Проверка значений массы грузов и поршня с грузоприемным устройством заключается в проверке наличия сертификата калибровки.

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

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

8.2.6.4 Условные значения массы грузов, поршня с грузоприемным устройством и дополнительных грузов проверяют взвешиванием на компараторе массы (весах) с применением наборов миллиграммовых и граммовых гирь класса E₂, F₁ и F₂ по ГОСТ OIML R 111-1-2009. Наборы миллиграммовых и граммовых гирь класса E₂ применяется для калибровки грузов для манометров классов точности 0,003; 0,005; 0,008; класса F₁ и F₂ для класса точности 0,01.

8.3 Подтверждение соответствия ПО

Операция «Подтверждение соответствия программного обеспечения» состоит из определения номера версии (идентификационного номера) программного обеспечения.

8.3.1 Определение номера версии (идентификационного номера) автономного программного обеспечения (ПО).

8.3.1.1 Включить компьютер с установленным автономным ПО. В стартовом окне автономного ПО считать номер версии.

8.3.2 Идентификация встроенного ПО заключается в проведении внешнего осмотра монитора грузопоршневого манометра Ruska 2456.

8.3.2.1 При проведении внешнего осмотра устанавливается соответствие маркировки, проверяется целостность корпуса, отсутствие внешних дефектов и следов вскрытия на корпусе.

8.3.3 Подтверждение можно считать успешным, если номер версии программного обеспечения совпадает (или является не ниже) с номером версии, указанным в описании типа.

8.4 Определение метрологических характеристик

8.4.1 Определение скорости опускания поршня.

8.4.1.1 Скорость опускания поршня определяют при нагрузке, соответствующей верхнему пределу измерений поверяемого манометра в режиме избыточного давления. При этом запорный вентиль должен быть перекрыт, поверяемый манометр выдержать под нагрузкой не менее 15 мин.

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

8.4.1.3 Скорость опускания поршня, должна быть не более значений, указанных в описании типа.

8.4.2 Определение эффективной площади поршня.

8.4.2.1 Эффективную площадь поршня определяют методом непосредственного сличения поверяемого манометра с эталонным манометром (рабочим эталоном).

Данный пункт методики выполняется одним из двух способов:

1) определение эффективной площади сличением с эталонным манометром грузопоршневым – п. 8.4.2.2.

2) определение эффективной площади сличением в реперных точках с эталоном абсолютного давления – п. 8.4.4.3.

8.4.2.2 При поверке первым методом проводят уравнивание поршней одним из способов, приведенных ниже.

1) Прямое (без предварительного уравнивания) уравнивание масс поршней с грузоприемным устройством и помещенных на них грузов. 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 газа. Взаимное положение поршней должно быть определено с погрешностью не более 0,1 мм.

2) Уравнивание масс грузов, помещенных на поршни поверяемого и эталонного манометров, при условии предварительного уравнивания поршней.

Примечание. При условии предварительного уравнивания нет необходимости торцы поршней располагать в одной горизонтальной плоскости.

8.4.2.2.1 При определении эффективной площади поршня должны быть выполнены следующие требования.

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

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

8.4.2.2.1.3 Измерения следует проводить при давлениях, возрастающих до верхнего предела измерений эталонного манометра (рабочего эталона). Число точек давления должно быть не менее 10.

8.4.2.2.1.4 Погрешность определения действительных значений масс поршня с грузоприемным устройством и грузов поверяемого манометра при определении эффективной площади поршня не должны превышать $0,05 d_{нов}$ (где $d_{нов}$ - предел допускаемой погрешности поверяемого манометра, %), а для грузов массой менее 50 г погрешность не должна превышать 1 мг.

Примечание: при отклонении действительных значений масс грузов от номинальных значений, не превышающем значения допускаемой погрешности определения массы т.е. $0,2 d_{нов}$, в протокол поверки записывают их номинальную массу. В противном случае учитывают действительное значение массы грузов.

8.4.2.2.1.5 Для уравнивания поршней на грузоприемные устройства поверяемого манометра и рабочего эталона помещают грузы соответствующей массы, необходимой для создания требуемого значения давления. При помощи устройства для создания давления поршни устанавливают в рабочее положение, затем приводят в принудительное вращение при помощи электропривода или в ручное вращение с частотой не менее 30 об/мин. Если при этом равновесие поршней отсутствует, то поднимающийся поршень дополнительно нагружают гирями до достижения равновесия.

Равновесие считают достигнутым, если не наблюдается изменения положения поршней относительно друг друга.

8.4.2.3 При определении эффективной площади поршня по способу с предварительным уравниванием перед началом измерений проводят предварительное уравнивание поршней эталонного 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 уравнивании, при определении эффективной площади не измеряют и не учитывают.

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

Отношение масс A_i при каждом отдельном уравнивании поршней по этому способу определяют по формуле [2]:

$$A_i = \frac{m_{нов\ i} q_i}{m_{э\ i}}, \quad [2]$$

а среднее отношение масс \bar{A} - по формуле [3]:

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^n m_{нов\ i} q_i}{\sum_{i=1}^n m_{э\ i}} \quad [3]$$

8.4.2.4 Эффективную площадь поверяемого манометра $F_{нов}$ определяют по формуле [4]:

$$F_{нов} = F_{э} \bar{A}, \quad [4]$$

где $F_{э}$ - значение эффективной площади поршня эталонного манометра, см^2 .

Предельные отклонения значений эффективной площади поршня поверяемого манометра от номинального значения должны соответствовать приведенным в таблице 3.

Таблица 3

Номинальное значение эффективной площади поршня, см^2	Предельное отклонение от номинального значения, %
0,0839	$\pm 1,0$

0,168	±1,0
0,839	±0,4
3,36	±0,4

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

При каждом значении давления определяют разность отношений масс δ_i по формуле [5]:

$$\delta_i = A_i - \bar{A} \quad [5]$$

Среднее квадратическое отклонение определяют по формуле [6]:

$$S_F = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i)^2}{n-1}} \cdot 100\% \quad [6]$$

Среднее квадратическое отклонение результата определения эффективной площади поршня не должно превышать значений, указанных в таблице 4.

Таблица 4

Класса точности манометра	Среднее квадратическое отклонение, %
0,003	0,0012
0,005	0,0020
0,008	0,0032
0,01	0,0040

8.4.2.6 Определение эффективной площади ИПС манометра методом непосредственного сличения в реперных точках с эталоном абсолютного давления.

Производят откачку вакуумным насосом для понижения давления измеряемой величины газа до значения нижнего предела измерений манометра. Остаточное давление в вакуумной камере должно быть не более 10 Па.

8.4.2.6.1 Измерения следует проводить не менее чем при пяти значениях давления.

8.4.2.6.2 Расчет давления манометра производят согласно сопроводительной документации, в качестве эффективной площади при первичной поверке принимают значение, полученное на заводе-изготовителе, при периодической – значение, полученное при предыдущей поверке.

8.4.2.6.3 Фиксацию показаний осуществляют после установки поршня манометра в рабочее положение и стабилизации термодинамических процессов.

По полученным результатам измерения вычисляется эффективная площадь ИПС манометра в каждой реперной точке [7]:

$$F_i = F_0 \cdot \frac{P_{\text{п}i}}{P_{\text{э}i}}, \quad [7]$$

где F_i – эффективная площадь ИПС, полученная в i -ой реперной точке, см²;

F_0 – эффективная площадь ИПС, полученная при предыдущей поверке или на заводе-изготовителе, см²;

$P_{\text{п}i}$ – абсолютное давление манометра, рассчитанное для площади F_0 , Па;

$P_{\text{э}i}$ – абсолютное давление, воспроизводимое эталоном, Па.

По результатам значений F_0 определяют среднее значение эффективной площади ИПС и СКО, определенные методом сличения с эталоном абсолютного давления по формулам [8] и [9].

$$\bar{F} = \frac{\sum_{i=1}^m F_i}{m}, \quad [8]$$

$$S_F = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^m (F_i - \bar{F})^2}}{\sqrt{m-1}} \cdot 100 \%, \quad [9]$$

где m – количество реперных точек.

8.4.4.3.2.6 Среднее квадратическое отклонение результата определения эффективной площади ИПС не должно превышать значений, указанных в таблице 4.

8.4.3 Определение порога реагирования.

8.4.3.1 Порог реагирования определяют при последнем уравнивании, т. е. при давлении, соответствующем верхнему пределу измерений манометров. При окончании уравнивания поршень поверяемого манометра дополнительно нагружают гирями, масса

$$\frac{0,1 \cdot \delta_{\text{нов}} \cdot m_{\text{max}}}{100 \%}$$

которых не превышает 100% (где m_{max} – масса грузов поверяемого манометра, соответствующая верхнему пределу измерений, кг).

8.4.3.2 Результат проверки порога реагирования считают положительным, если при помещении добавочных гирь равновесие поршней нарушится, а значение не превышает указанного в описании типа.

8.4.4 При соблюдении всех требований п. 8.4 пределы допускаемой основной погрешности поверяемого манометра не должны превышать значений, установленных в эксплуатационной документации на него. Результаты поверки считаются положительными.

8.4.5 При несоответствии поверяемого манометра любому требованию п. 8.4 измерительную поршневую систему манометра разбирают, повторяют операции по п. 8.4, снова собирают и проводят повторные измерения. Если и во втором случае отклонения поверяемых параметров выходят за допустимые пределы, то выдают извещение о непригодности или в соответствии с заявлением заказчика переводят манометр в более низкий класс точности (например, манометр класса точности 0,008 может быть переведен в класс точности 0,01).

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Результаты поверки заносят в протокол.

9.2 При положительных результатах поверки манометра, при наличии сертификата калибровки грузов, оформляется свидетельство о поверке. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке и (или) корпус манометра.

9.3 При отрицательных результатах поверки манометр к применению не допускают, выдают извещение о непригодности с указанием причин.