

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

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

А.Н. Пронин

М.П.

«26» октября 2022 г.




Государственная система обеспечения единства измерений

Манометр абсолютного давления МАД-720


МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 231-0110-2022

Руководитель НИО государственных эталонов в
области измерений давления

 Р.А. Тетерук

Ведущий инженер НИС государственных
эталонов и научных исследований в области
измерений средних абсолютных давлений

 А.Н. Шапошников

г. Санкт-Петербург
2022 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на манометр абсолютного давления МАД-720, зав. № 2 (далее по тексту – манометр) и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические требования к манометру

| Наименование характеристики | Значение |
|--|-----------------|
| Диапазон измерений абсолютного давления, кПа | от 0,3 до 720,0 |
| Пределы допускаемой погрешности ⁽¹⁾ измерений абсолютного давления: - в поддиапазоне от 0,3 до 110,0 кПа включ., Па - в поддиапазоне св. 110,0 до 720,0 кПа, % от измеряемой величины | ±5,5 ±0,005 |
| ⁽¹⁾ В поддиапазоне измерений от 0,3 до 110,0 кПа включ. нормируется абсолютная погрешность, поддиапазоне измерений св. 110,0 до 720,0 кПа нормируется относительная погрешность. | |

1.3 Методика поверки должна обеспечивать прослеживаемость манометра к Государственному первичному эталону единицы давления для области абсолютного давления в диапазоне $1 \cdot 10^{-1} \div 7 \cdot 10^5$ Па (ГЭТ 101-2011) в соответствии с действующей государственной поверочной схемой.

1.4 Поверка реализована поэлементным методом, при котором перед проведением поверки определяются метрологические характеристики средств измерений, входящих в состав манометра. Если очередной срок поверки СИ из состава манометра наступает до очередного срока поверки манометра, поверяется только это СИ, при этом поверку манометра не производят.

1.5 Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки: непосредственное сличение эталона и манометра.

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 пункта методики |
|---|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | первичной поверке | периодической поверке | |
| Внешний осмотр средства измерений | Да | Да | 7 |
| Подготовка к поверке и опробование средства измерений | Да | Да | 8 |
| Определение метрологических характеристик | Да | Да | 9 |
| Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям | Да | Да | 10 |
| Оформление результатов поверки | Да | Да | 11 |

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

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

- 3.1 При проведении операций поверки должны быть соблюдены следующие условия:
- температура окружающего воздуха от +18 °С до +28 °С;
 - относительная влажность воздуха от 40 % до 80 %;
 - атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

3.2 Рабочая среда манометров: воздух или нейтральный газ.

В процессе поверки температура окружающего воздуха не должна изменяться более 1 °С 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 Поверка проводится квалифицированным персоналом.

4.2 К поверке допускаются лица, прошедшие инструктаж по безопасности труда и ознакомленные с эксплуатационной документацией на эталон и поверяемое средство 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 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 |
|------------------|--|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 8.1 | Диапазон измерений температуры от 18 °С до 28 °С, абсолютная погрешность не более ± 1 °С. Диапазон измерений относительной влажности воздуха от 40 % до 80 %, абсолютная погрешность не более ± 2 %. Диапазон измерений атмосферного давления от 80 до 106 кПа, абсолютная погрешность не более $\pm 0,5$ кПа. | Термогигрометр ИВА-6, модификация ИВА-6Н-Д (рег. № 46434-11). |

Продолжение таблицы 5.1

| 1 | 2 | 3 |
|-----------|--|---|
| 9.1 – 9.3 | Диапазон измерений абсолютного давления от 0,3 до 1000 кПа, пределы допускаемой относительной погрешности не более $\pm 0,0025$ %. | Вторичные эталоны (манометры грузопоршневые абсолютного давления в диапазоне от $1 \cdot 10^2$ до $1 \cdot 10^7$ Па) по Государственной поверочной схеме для средств измерений абсолютного давления в диапазоне от $1 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^7$ Па, утвержденной Приказом Росстандарта № 2900 от 06.12.2019 г. Наборы миллиграммовых и граммовых гирь класса F_1 и F_2 по ГОСТ OIML R 111-1-2009. |

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 должна соответствовать указанной в описании типа;
- 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 указанному в описании типа;

- комплектность должна соответствовать указанной в паспорте на манометр.

7.2 Перед проведением поверки, средства измерений, входящие в состав манометра (термометр, вакуумметр), должны быть поверены, сведения о поверке должны быть опубликованы в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

7.3 Проверить наличие сертификата(-ов) калибровки наборов грузов с датой выдачи не более 24 месяцев до даты предоставления манометра в поверку. Сертификаты калибровки должны быть выданы аккредитованной лабораторией.

7.4 Манометр, не удовлетворяющий требованиям пп. 7.1 - 7.3 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 Проверка работоспособности и остаточного давления манометра.

8.2.1 При проверке работоспособности манометра проверяют:

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

8.2.2 Проверку значения предельного остаточного давления проводят следующим образом. Подготавливают манометр к работе согласно паспорту манометра. Откачивают измерительную и компенсирующую камеру манометра до предельного остаточного давления. Остаточное давление контролируют по показаниям вакуумметра.

8.2.2.1 Результат считается положительным при достижении в измерительной системе манометра остаточного давления не более 13 Па.

8.3 Проверка значений условной массы грузов.

8.3.1 Проверка значений условной массы грузов заключается в проверке сертификата калибровки.

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

8.3.3 Массы грузов должны быть подогнаны под номинальное значение массы.

8.3.4 Условные значения массы грузов и гирь проверяют взвешиванием на компараторе массы (весах) с применением наборов миллиграммовых, граммовых и килограммовых гирь класса E_2 по ГОСТ OIML R 111-1-2009.

8.3.4.1 Расширенная неопределённость U (при коэффициенте охвата $k=2$) определения условных значений масс грузов манометра не должны превышать $\pm 0,003$ % от номинального значения груза или 0,3 мг в зависимости от того, что больше.

8.4 При невозможности выполнения требований пп. 8.1-8.3, манометр не подлежит дальнейшей поверке.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение приведенной площади поршня.

9.1.1 Приведенную площадь ИПС определяют методом непосредственного сличения с эталонным манометром при уравнивании масс поршней с грузоприемным устройством и помещенных на них грузов.

9.1.2 При уравнивании поршни поверяемого и эталонного манометра необходимо установить так, чтобы в момент их равновесия нижние торцы поршней располагались в одной горизонтальной плоскости.

9.1.3 При определении приведенной площади поршня должны быть выполнены требования, приведенные ниже.

9.1.3.1 Поршни эталонного и поверяемого манометров должны быть установлены в рабочее положение.

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

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

9.1.3.4 Для уравнивания поршней на грузоприёмные устройства поверяемого манометра и эталонного манометра помещают грузы соответствующей массы, необходимой для создания требуемого значения давления, затем приводят их во вращение с частотой не менее 30 оборотов в минуту. Равновесие считают достигнутым, если не наблюдается взаимное изменение положения поршней.

9.1.4.5 Отношение масс A_i при каждом отдельном уравнивании поршней с учетом массы столба рабочей среды под поршнем эталонного манометра определяют по формуле:

$$A_i = \frac{(m_{нов} + m_{нов\ ri}) \cdot q_i}{m_э - \rho_c \cdot F_{э\ ном} \cdot h + m_{э\ ri}}, \quad (1)$$

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

$$A_i = \frac{(m_{нов} + \rho_c \cdot F_{нов\ ном} \cdot h + m_{нов\ ri}) \cdot q_i}{m_э + m_{э\ ri}}, \quad (2)$$

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

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

$F_{э\ ном}$ и $F_{нов\ ном}$ – номинальные значения приведенных площадей поршня эталонного и поверяемого манометров соответственно, м²;

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 эталонного и поверяемого манометров, определяемый по формуле:

$$q_i = 1 + (\alpha_{1э} + \alpha_{2э})(t_{эi} - t_{нрив\ э}) - (\alpha_{1нов} + \alpha_{2нов})(t_{нов\ i} - t_{нрив\ нов}) + (\beta_э - \beta_{нов})p_i, \quad (3)$$

где $\alpha_{1э}$ и $\alpha_{2э}$ – температурные коэффициенты линейного расширения материалов цилиндра и поршня эталонного манометра, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

$\alpha_{1нов}$ и $\alpha_{2нов}$ – температурные коэффициенты линейного расширения материалов цилиндра и поршня поверяемого манометров, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

$t_{нов i}$ и $t_{э i}$ – температура поверяемого и эталонного манометров соответственно при i -м уравнивании, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{прив э}$ – температура, к которой приведена площадь эталонного манометра;

$t_{прив нов}$ – температура, к которой приводится площадь поверяемого манометра;

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

$\beta_{э}$ и $\beta_{нов}$ – коэффициенты деформации поршня и цилиндра от давления эталонного и поверяемого манометров соответственно, Па^{-1} .

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

$$A_i = \frac{m_{нов ri} \cdot q_i}{m_{э ri}}. \quad (4)$$

9.1.4.6 По результатам значений A_i определяют среднее отношение масс \bar{A} по формуле:

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n}. \quad (5)$$

9.1.4.7 Приведенную площадь поршня $F_{нов}$ определяют по формуле:

$$F_{нов} = F_{э} \cdot \bar{A}, \quad (6)$$

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

9.2 Определение разности приведенных площадей измерительного и компенсирующего поршней.

9.2.1 Разность приведенных площадей измерительного и компенсирующего поршней определяют при подаче в обе камеры сначала атмосферного, а затем избыточного давления воздуха.

9.2.2 Проводят серию из 10 измерений. При каждом измерении манометр уравнивают гирями равновеса при атмосферном давлении, а затем при избыточном давлении в обеих камерах манометра.

9.2.3 Определяют разность масс при уравниваниях по формуле:

$$m_i = m_{pi} - m_{амм i}, \quad (7)$$

где m_{pi} и $m_{амм i}$ – масса равновесов при избыточном и атмосферном давлении в камерах манометра, кг.

9.2.4 Среднее значение разности масс при уравниваниях определяют по формуле:

$$\bar{m} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n}, \quad (8)$$

n – число измерений.

9.2.5 Разность приведенных площадей ΔF определяется по формулам:

$$\Delta F = \frac{\bar{m} \cdot g}{P}. \quad (9)$$

где g – местное ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$;

P – избыточное давление, Па.

9.3 Определение порога реагирования.

9.3.1 Порог реагирования определяют при последнем уравнивании, т.е. при давлении, соответствующем верхнему пределу поддиапазона измерений. При окончании уравнивания 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 Для оценки точности полученных значений приведенной 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:

$$\delta_i = A_i - \bar{A}. \quad (10)$$

Среднее квадратическое отклонение определяют по формуле:

$$S_F = \frac{F_p}{F_{нов}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i)^2}{n-1}} \cdot 100\%. \quad (11)$$

Среднее квадратическое отклонение результата определения приведенной площади поршня не должно превышать 0,002 %.

Предельное отклонение значений приведенной площади поршня поверяемого манометра от номинального значения не должно превышать ± 1 %.

10.1.2 Для оценки точности полученного значения разности площадей измерительного и компенсирующего поршня вычисляют среднее квадратическое отклонение $S_{\Delta F}$ от среднего значения разности приведенных площадей поршней по формуле:

$$S_{\Delta F} = \frac{g}{P} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2}{n-1}} \cdot 100\%. \quad (12)$$

Среднее квадратическое отклонение результата определения разности площадей не должно превышать 0,002 %.

10.1.3 Результат проверки порога реагирования считают положительным, если при перемещении добавочных гирь равновесие поршней нарушится, а значение, полученное по п. 9.5, не превышает 1,3 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 абсолютного 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 значения 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 Государственной поверочной схеме для средств измерений абсолютного давления в диапазоне от $1 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^7$ Па, утвержденной Приказом Росстандарта № 2900 от 06.12.2019 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 абсолютного давления.

10.3.2 При несоответствии поверяемого манометра любому требованию пп. 10.1.1-10.1.5 измерительную поршневую систему манометра разбирают, снова собирают, повторяют операции по пп. 9.1-9.5. 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, 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.