

СОГЛАСОВАНО
Заместитель директора
по метрологии
ФБУ «Челябинский ЦСМ»




_____ А.И. Стрехнин
«»  2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

КАЛИБРАТОРЫ ДАВЛЕНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ

МЕТРАН-504 ВОЗДУХ

Методика поверки

МП-03-2025-20

Челябинск
2025 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на калибраторы давления пневматические Метран-504 Воздух (далее – калибраторы) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

1.2 При определении метрологических характеристик в соответствии с настоящей методикой должна обеспечиваться прослеживаемость калибраторов к Государственному первичному эталону единицы давления - паскаля (ГЭТ 23-2010) в соответствии с Государственной поверочной схемой (ГПС) для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа, утвержденной приказом Росстандарта от 20.10.2022 № 2653 и к Государственному первичному специальному эталону единицы давления для разницы давлений (ГЭТ 95-2020) в соответствии с ГПС для средств измерений разности давлений до $1 \cdot 10^5$ Па, утвержденной приказом Росстандарта от 10.03.2025 № 472.

1.3 При определении метрологических характеристик используется метод непосредственного сличения.

1.4 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в приложении А.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки калибраторов должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8		
Подготовка к поверке	8.1	Да	Да
Проверка герметичности	8.2	Да	Да
Опробование	8.3	Да	Да
Проверка времени установления выходного давления	8.4	Да	Нет
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	9	Да	Да

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура поверочной жидкости и окружающей среды (20 ± 5) °С;
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

Проведение поверки должен выполнять персонал, отвечающий требованиям, предъявляемым к поверителям средств измерений (СИ), знающий принцип действия используемых при проведении поверки эталонов и СИ, изучивший настоящую методику поверки и техническую документацию (ТД) на калибратор.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки используют средства измерений и вспомогательное оборудование, представленные в таблице 2. Все средства поверки должны быть исправны, поверены или аттестованы в установленном порядке.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8.1	<p>Средство измерений температуры воздуха в диапазоне от +15 °С до +30 °С, с абсолютной погрешностью измерений температуры $\pm 1,0$ °С</p> <p>Средство измерений относительной влажности в диапазоне от 0 % до 80 %, с абсолютной погрешностью измерений относительной влажности ± 5 %</p> <p>Средство измерений атмосферного давления в диапазоне от 86,0 до 106,7 кПа, с абсолютной погрешностью измерений атмосферного давления $\pm 0,5$ кПа</p>	<p>термогигрометр ИВА-6, рег. № 46434-11;</p> <p>барометр-анероид метеорологический БАММ-1, рег. № 5738-76</p>
8.2- 8.3	Манометр показывающий с верхним пределом измерений 1,0 МПа, класс точности 1,0	Манометр деформационный образцовый с условными шкалами типа МО, рег. № 5768-76
8.4	Секундомер диапазон измерений от 0 до 60 с, КТ 2	Секундомер механический СОСпр-26-2-000, рег. № 11519-11
9.1	<p>Весы лабораторные электронные, диапазон измерений от 0,1 до 3000 г, СКО от 0,02 до 1 мг;</p> <p>компараторы массы, диапазон измерений от 0,1 до 3000 г, СКО от 0,02 до 1 мг;</p> <p>гири F1 и F2 по ГОСТ OIML R111-1-2009</p>	<p>Весы лабораторные электронные СР, рег. № 25469-03;</p> <p>весы лабораторные электронные МЕ, рег. № 21464-07;</p> <p>компараторы массы СС, рег. № 16489-04;</p> <p>набор гирь, рег. № 15086-06</p>
9.2	<p>Рабочие эталоны, рабочие эталоны 1-го разряда давления в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 20.10.2022 № 2653;</p> <p>вторичные эталоны, рабочие эталоны 1-го или 2-го разряда единицы давления в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 10.03.2025 № 472</p>	<p>Манометры грузопоршневые G6100/L, G6100/M, рег. № 14737-00;</p> <p>манометр грузопоршневой МПА, мод. МПА-0,2, рег. № 77114-19</p> <p>микроманометр ПМКМ, рег. № 92771-24;</p> <p>термометр цифровой малогабаритный ТЦМ 9410/М1, рег. № 32156-06</p>
<p>Примечание</p> <p>Допускается применение других средств поверки, удовлетворяющих требованиям настоящей методики поверки и обеспечивающих требуемую точность передачи единицы величины.</p>		

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки соблюдают требования безопасности, определяемые:

- правилами безопасности труда, действующими в поверочной лаборатории;
- правилами безопасности, действующими на предприятии;

- правилами безопасности при эксплуатации используемых средств поверки, приведенными в их эксплуатационной документации.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

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

- внешний вид, маркировка соответствуют описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- калибратор, а также поршень, навески, грузы и сопло должны быть чистыми, не иметь повреждений корпуса и штуцеров, препятствующих прочному присоединению калибратора к источнику питания;
- наличие паспорта, руководства по эксплуатации, таблицы массы грузов.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

Перед проведением поверки проверить соответствие условий проведения поверки требованиям, приведенным в разделе 3.

8.2 Проверка герметичности

Проверку герметичности калибраторов проводить в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации.

8.3 Опробование

Опробование калибраторов проводить в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации.

8.4 Проверка времени установления выходного давления

Проверку времени установления выходного давления проводить в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

9.1 Определение массы поршня с навесками и массы грузов

Соответствие действительных значений массы поршня с навесками и массы грузов (M) расчетным значениям ($M_{\text{расч}}$) проверять с помощью компаратора массы и гирь или весов.

Пределы допускаемых отклонений ($\delta_{\text{м пр}}$) действительных значений массы поршня с навесками и массы грузов от их расчетных значений приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Пределы допускаемых отклонений $\delta_{\text{м пр}}$, %, действительных значений массы поршня с навесками и массы грузов от их расчетных значений

Класс точности	$\delta_{\text{м пр}}$, %
0,01	$\pm 0,002$
0,015	$\pm 0,003$
0,02	$\pm 0,004$

Отклонения действительных значений массы поршня с навесками и массы грузов M от расчетных значений $M_{\text{расч}}$, приведенных в таблице массы грузов калибратора, $\delta_{\text{м}}$, %, определяют по формулам:

$$\delta_{\text{м}} = \frac{M - M_{\text{расч}}}{M_{\text{расч}}} \cdot 100, \text{ для грузов массой более 50 г;} \quad (1)$$

$$\delta_{\text{м}} = \frac{M - M_{\text{расч}}}{50 \text{ г}} \cdot 100, \text{ для грузов массой менее 50 г.} \quad (2)$$

Отклонения $\delta_{\text{м}}$ не должны превышать пределов допускаемых отклонений $\delta_{\text{м пр}}$, приведенных в таблице 3.

9.2 Определение погрешности калибратора

9.2.1 Погрешность калибратора определяют при 5–6 значениях выходного давления для калибраторов, укомплектованных одной навеской (Метран-504 Воздух-I, Метран-504 Воздух-II), и для калибраторов, укомплектованных двумя навесками при работе с большей из них (Метран-504 Воздух-III). При работе с меньшей навеской (Метран-504 Воздух-III) погрешность калибратора определяют при 3–4 значениях выходного давления. При предельных значениях выходного давления, соответствующих верхнему и нижнему пределу диапазона воспроизведения давления для каждой из навесок, определение погрешности обязательно. Более половины всех испытываемых значений выходного давления должны находиться в диапазоне до $0,5 \cdot P_{\text{макс}}$, где $P_{\text{макс}}$ – верхний предел диапазона воспроизведения давления калибратора.

Например, для калибратора давления пневматического Метран-504 Воздух-III с предельными значениями выходного давления 0,6 и 63 кПа и двумя навесками погрешность может определяться при следующих номинальных значениях выходного давления:

- при работе с меньшей навеской: 0,6; 1; 3 кПа;
- при работе с большей навеской: 3; 30; 40; 50 и 63 кПа.

При каждом указанном значении выходного давления проводят две серии измерений. В каждой серии проводят по два измерения. Второе измерение в серии проводят при смещенном положении поршня с навеской и грузами на 90° в горизонтальной плоскости сопла калибратора относительно положения при первом измерении.

Абсолютную погрешность, Δ , кПа, или относительную погрешность, δ , %, калибратора определяют по формулам:

$$\Delta = P - P_3 \quad (3)$$

$$\delta = \frac{\Delta}{P_3} 100 \quad (4)$$

где P – выходное давление, воспроизводимое калибратором в соответствии с маркировкой навесок и грузов и с учетом поправок;

P_3 – давление, измеренное эталоном.

При использовании в качестве эталонов грузопоршневого манометра и микроманометра допускается определять погрешность калибратора по отклонению измеренных значений массы или высот столба манометрической жидкости от их расчетных значений соответственно.

9.2.2 Определение погрешности калибратора при сличении с микроманометром проводят в последовательности, указанной ниже:

- удостовериться, что пневмотумблеры "Давление питания" и "Выходное давление" выключены;
- соединить штуцер "Выходное давление" калибратора с неподвижным сосудом микроманометра;
- при использовании блока опорного давления соединить штуцер "Выходное давление" калибратора с подвижным сосудом микроманометра;
- включить пневмотумблер "Давление питания";
- задать на выходе калибратора требуемое значение выходного давления, используя поршень, навеску грузы;
- установить концевую меру (или блок концевых мер) на микроманометре в соответствии с воспроизводимым калибратором значением выходного давления;
- включить пневмотумблер "Выходное давление";
- произвести измерение выходного давления калибратора микроманометром;
- после завершения измерения выключить пневмотумблер "Выходное давление" разгрузить калибратор, выключить пневмотумблер "Давление питания" и отсоединить калибратор от эталона.

Относительную погрешность калибратора δ_i , %, при i -ом измерении определяют по формуле:

$$\delta_i = \frac{h_{\text{расч } i} - h_{\text{изм } i}}{h_{\text{изм } i}} 100\% \quad (5)$$

где $h_{\text{изм } i}$ – измеренное значение высоты водяного столба микроманометра, мм;
 $h_{\text{расч } i}$ – расчетное значение высоты водяного столба микроманометра, соответствующее номинальному значению выходного давления в испытываемой точке, мм.

Пример расчета значения высоты водяного столба микроманометра для определения погрешности калибратора при сличении с микроманометром приведен в Приложении Б.

Определение погрешности калибратора при сличении с грузопоршневым манометром проводят в последовательности, указанной ниже:

- удостовериться, что пневмотумблер "Давление питания" (Метран-504 Воздух-I и Метран-504 Воздух-III) выключен или вентиль "Давление питания" (Метран-504 Воздух-II) закрыт и пневмотумблер "Выходное давление" выключен;
- соединить штуцер "Выходное давление" калибратора с грузопоршневым манометром;
- включить пневмотумблер "Давление питания" или открыть вентиль "Давление питания";
- задать на выходе калибратора требуемое значение выходного давления, используя поршень, навеску грузы;
- установить на грузопоршневой манометр грузы, соответствующие воспроизводимому калибратором значению выходного давления;
- включить пневмотумблер "Выходное давление";
- произвести измерение выходного давления калибратора грузопоршневым манометром;
- после завершения измерения выключить пневмотумблер "Выходное давление" разгрузить калибратор, выключить пневмотумблер "Давление питания" или закрыть вентиль "Давление питания" и отсоединить калибратор от эталона.

Относительную погрешность калибратора при i -ом измерении определяют по формуле:

$$\delta_i = \frac{m_{\text{расч } i} - m_{\text{изм } i}}{m_{\text{изм } i}} 100\% , \quad (6)$$

где $m_{\text{изм } i}$ – измеренное значение массы грузов на грузопоршневом манометре, г;
 $m_{\text{расч } i}$ – расчетное значение массы грузов на грузопоршневом манометре, соответствующее номинальному значению выходного давления в поверяемой точке, г.

Пример расчета значения массы грузов на грузопоршневом манометре для определения погрешности калибратора при сличении с грузопоршневым манометром приведен в приложении В.

9.3 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.3.1 Абсолютная погрешность калибратора, рассчитанная по формуле (3), и относительная погрешность калибратора, рассчитанная по формуле (4), (5) или (6), не должны превышать пределов допускаемой погрешности калибратора (таблица А.2 приложения А).

Если одно из полученных значений погрешности в одной из поверяемых точек превышает допускаемое значение, то проводят дополнительное сличение в этой точке. Если значение погрешности дополнительного сличения не превысит допускаемого значения, результат поверки считают положительным. При превышении допускаемого значения погрешности после дополнительного сличения результат поверки считают отрицательным.

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

При выполнении требований, изложенных в п. 9.3.1, калибраторы могут применяться в качестве рабочих эталонов давления:

- 1-го или 2-го разряда в соответствии с ГПС для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа, утвержденной приказом Росстандарта от 20.10.2022 № 2653;
- 1-го или 2-го разряда в соответствии с ГПС для средств измерений разности давлений до $1 \cdot 10^5$ Па, утвержденной приказом Росстандарта от 10.03.2025 № 472.

10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 Результаты поверки заносят в протокол.

10.2 При положительных результатах поверки калибратор признается пригодным к применению. Сведения о положительных результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений (ФИФОЕИ). По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке, на которое наносится знак поверки, а также указывается объем поверки.

10.3 При отрицательных результатах поверки калибратор признается непригодным к применению. Сведения об отрицательных результатах поверки передаются в ФИФОЕИ. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности.

Приложение А

Метрологические характеристики
калибраторов давления пневматических Метран-504 Воздух

Таблица А.1 – Диапазоны воспроизведения давления, дискретность воспроизведения давления

Модификация калибратора	Единицы измерений давления					
	кПа	мбар	ат	кгс/м ²	кгс/см ²	мм вод. ст.
	Диапазон воспроизведения давления					
Метран-504 Воздух-I	3,0–400,0	30–4000	0,030–4,000	300–40000	0,030–4,000	300–40000
Метран-504 Воздух-II	40,0–1000,0	400–10000	0,400–10,000	4000–100000	0,400–10,000	4000–100000
Метран-504 Воздух-III	0,6–63,0	6–630	0,006–0,630	60–6300	0,006–0,630	60–6300
	Дискретность воспроизведения давления					
Метран-504 Воздух-I	0,25	2,5	0,0025	25	0,0025	25
Метран-504 Воздух-II	0,25	2,5	0,0025	25	0,0025	25
Метран-504 Воздух-III	0,10	1,0	0,0010	10	0,0010	10
Примечание: допускается изготовление калибратора с комплектом грузов в других единицах измерений давления, допущенных к применению в Российской Федерации.						

Таблица А.2 – Пределы допускаемой погрешности калибраторов

Калибратор давления пневматический	Диапазон воспроизводимого давления, кПа	Класс точности 0,01	Класс точности 0,015	Класс точности 0,02
Метран-504 Воздух-I	$3 \leq P_n \leq 400$	±0,01 %	±0,015 %	±0,02 %
Метран-504 Воздух-II	$40 \leq P_n \leq 1000$			
Метран-504 Воздух-III	$0,6 \leq P_n < 0,7$	±0,4 Па	±0,45 Па	±0,6 Па
	$0,7 \leq P_n < 3$	±0,3 Па		
	$3 \leq P_n \leq 63$	±0,01 %	±0,015 %	±0,02 %

Примечания:

1 При значениях воспроизводимого давления меньше 3 кПа нормируются пределы допускаемой абсолютной погрешности.

2 При значениях воспроизводимого давления 3 кПа и выше нормируются пределы допускаемой относительной погрешности калибратора в процентах от номинального значения воспроизводимого давления.

Приложение Б

Пример расчета значения высоты водяного столба микроманометра для определения погрешности калибратора при сличении с микроманометром

$$h_{\text{расч } i} = P_H \cdot 10^3 \frac{[1 - 0,7 \cdot 10^{-5} (t_{\text{в } i} - 20)] \cdot \left[1 + 10^{-3} \left(\sqrt{\frac{P_{a i}}{760}} - 1\right)\right] \cdot (1 \pm 1,17 \cdot 10^{-4} H)}{g_a (\rho_{\text{м } i} - \rho_{\text{в } i}) [1 + \alpha_{\text{км}} (t_{\text{в } i} - 20)]}$$

где P_H – номинальное значение выходного давления согласно маркировке навесок и грузов калибратора, кПа;

$t_{\text{в } i}$ – температура окружающего воздуха, °С;

$P_{a i}$ – атмосферное давление, мм рт.ст.;

H – высота столба воздуха, равная расстоянию между плоскостью среза сопла калибратора и плоскостью, на которой измеряет давление соединенный с ним эталон, м;

знак "+", если плоскость среза сопла калибратора выше плоскости, на которой измеряет давление эталон, и знак "-", если ниже;

g_a – ускорение свободного падения, под которое рассчитаны массы поршня с навесками и грузов калибратора, приведено в паспорте, свидетельстве о поверке и таблице масс грузов калибратора, м/с²;

$\rho_{\text{м } i}$ – плотность воды в микроманометре при температуре манометрической жидкости $t_{\text{ж } i}$, °С, измеренной погружным термометром в подвижном сосуде микроманометра. Значения $\rho_{\text{м}}$, г/см³, определяются по таблице ГСССД 2-77;

$P_{a i}$ – атмосферное давление, мм рт.ст.;

$\rho_{\text{в } i} = \rho_a \frac{P_{a i} 293}{760 (273 + t_{\text{в } i})}$ – плотность окружающего воздуха при температуре $t_{\text{в } i}$ и атмосферном давлении $P_{a i}$, г/см³;

$\rho_a = 1,205$ г/см³ – плотность воздуха при нормальных условиях;

$\alpha_{\text{км}}$ – температурный коэффициент линейного расширения материала концевых мер длины, 1/°С.

Приложение В

Пример расчета значения массы грузов на грузопоршневом манометре для определения погрешности калибратора при сличении с грузопоршневым манометром

$$m_{\text{расч } i} = k \frac{P_n F}{g_a} \cdot \frac{\left[1 + \alpha_{\text{гпм}} (t_{\text{гпм } i} - 20)\right] \cdot \left[1 + 10^{-3} \left(\sqrt{\frac{P_{a i}}{760}} - 1\right)\right] \cdot (1 \pm 1,17 \cdot 10^{-4} \text{ Н})}{\left[1 + 0,7 \cdot 10^{-5} (t_{\text{в } i} - 20)\right]}$$

где k – коэффициент, учитывающий влияние на грузы выталкивающей силы воздуха (для грузопоршневых манометров $k = 100,015$ кроме МП-2,5, для которого $k = 100,002$ с учетом поправки на давление столба воздуха высотой 1,1 м, действующего на поршень);

P_n – номинальное значение выходного давления согласно маркировке навесок и грузов калибратора, кПа;

F – значение приведенной площади поршневой системы грузопоршневого манометра при $t = 20$ °С, см²;

$t_{\text{гпм } i}$ – температура поршневой пары грузопоршневого манометра, °С;

$\alpha_{\text{гпм}}$ – корректирующий температурный коэффициент эталона, равный сумме температурных коэффициентов линейного расширения материала поршня и цилиндра (приведен в технической документации используемого эталона), 1/°С.