



43 8100

**Калибратор давления
пневматический
Метран-505 Воздух**

Методика поверки

1558.000.00 МИ

Акционерное общество «Промышленная группа «Метран»

Россия, 454003, г. Челябинск, Новоградский пр-т, 15

E-mail: cismetrology.service@emerson.com

Web: <http://www.metran.ru>

По возникающим вопросам обращаться по телефонам:

Приемная:

тел.: (351) 799-51-51

факс: (351) 247-16-67

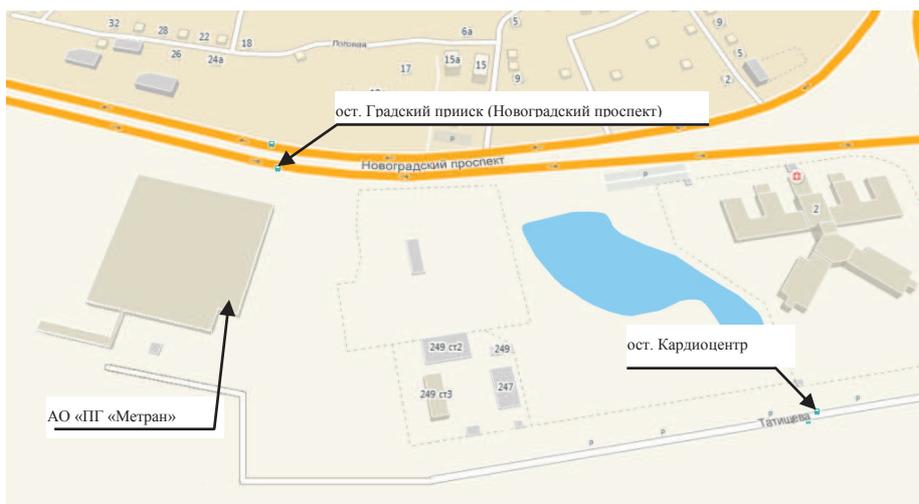
(351) 799-51-51

Отдел технической поддержки и рекламы

добавочные 10-33, 11-32, 11-33

Сервисный центр

добавочный 14-69



1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на калибраторы давления пневматические Метран-505 Воздух (далее по тексту калибраторы) модификации I (с блоком опорного давления) с диапазонами воспроизведения давлений от 0,005 до 25 кПа и от 0,005 до 40 кПа и модификации II (без блока опорного давления) с диапазонами воспроизведения давлений от 0,02 до 25 кПа и от 0,02 до 40 кПа, классов точности 0,015 и 0,02, предназначенные для применения в качестве рабочих эталонов давления для поверки, калибровки и градуировки средств измерений давления, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

1.2 При метрологической аттестации калибраторов в качестве рабочих эталонов давления первого разряда допускается использовать методы и средства поверки, установленные настоящей методикой.

1.3 Первичная поверка проводится при выпуске из производства и после ремонта, периодическая поверка – в процессе эксплуатации калибраторов не реже одного раза в год.

1.4 Соблюдение требований настоящей методики, обязательно для всех предприятий, проводящих поверку.

1.5 В методике поверки в качестве единиц измерений давления используются кПа.

2 Операции поверки

2.1 При проведении поверки 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	7.1	+	+
Проверка герметичности	7.2	+	+
Опробование	7.3	+	+
Проверка времени установления выходного давления	7.4	+	–
Определение метрологических характеристик	7.5		
Определение масс поршней, навесок и грузов	7.5.1	+	+
Определение контрольного давления P_5	7.5.2	+	+
Определение погрешности калибратора	7.5.3	+	+

2.2 Результаты поверки считаются положительными, если предъявленный к поверке калибратор соответствует требованиям всех пунктов таблицы 1.

2.3 Поверка прекращается в случае обнаружения несоответствия поверяемого калибратора хотя бы одному из пунктов таблицы 1.

1558.000.00 МИ

При проведении первичной поверки калибратор возвращается изготовителю с изложением причин возврата для проведения мероприятий по их устранению и повторного предъявления.

При проведении периодической поверки калибратор возвращается представителю эксплуатационной службы с изложением причин возврата для проведения мероприятий по их устранению и повторного предъявления.

3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки должны быть применены средства измерений и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства измерений, используемые при поверке

Номер пункта методики поверки	Наименование основного или вспомогательного средства поверки, номер документа, регламентирующего технические требования к средству, метрологические и основные технические характеристики	Примечание
7.2 – 7.4	Манометр показывающий с верхним пределом измерений 100 кПа, класса точности 0,4 по ТУ 25-05-1664-74	
7.5.1	Весы лабораторные специального и высокого классов точности с верхними пределами взвешивания 20 г, 200 г, 1 кг по ГОСТ 24104-2001	
7.5.2 7.5.3	Гири граммовые и миллиграммовые класса точности E ₂ и F ₁ (1 и 2 разряда) по ГОСТ 7328-2001	
7.5.2, 7.5.3	Микроманометр переносной компенсационный с концевыми мерами длины типа ПМКМ с пределами измерений от 0,1 до 4 кПа, классов точности 0,005 и 0,01	
7.5.2, 7.5.3	Манометр избыточного давления грузопоршневой типа МП-2,5 с верхним пределом измерений избыточного давления 250 кПа, класса точности 0,01 по ГОСТ 8291-83	
7.5.2, 7.5.3	Манометр грузопоршневой типа G 6100 (фирмы "Pressurements") с диапазоном измерений избыточного давления от 0,025 МПа до 2 МПа, класса точности 0,005	
7.5.2, 7.5.3	Термометр цифровой малогабаритный ТЦМ 9210 с погружным зондом ТТЦ 01-180 L=100 мм и D=3 мм, разрешающей способностью 0,1°C по ТУ 4211-001-13282997-00	
5, 6, 7.5.2, 7.5.3	Термометр с ценой деления 0,1°C для измерения температуры в диапазоне от 15 до 35 °C по ТУ 25-2021.003-88	
6	Уровень контрольный с ценой деления не более 2'	
5, 7.5.2, 7.5.3	Барометр-анероид по ТУ 25-04-1797-75	
5	Гигрометр психрометрический ВИТ-2 по ТУ 25-11.1645-84	
7.2, 7.4	Секундомер механический СОСпр-26-2 по ТУ 25-1819-0021-90	
6	Линейка 500 мм ГОСТ 427-75	

3.2 Эталоны и средства измерительной техники, применяемые при поверке, должны быть поверены в органах государственной метрологической службы в соответствии с требованиями ПР 50.2.006-94 «ГСИ Порядок проведения поверки средств измерений».

3.3 При проведении поверки допускается применять другие средства измерительной техники, соответствующие по точности и пределам измерений требованиям настоящей методики.

3.4 В диапазоне воспроизведения давлений от 2 кПа до 40 кПа калибраторы давления пневматические Метран-505 Воздух метрологически обеспечены эталонами единицы давления, указанными в таблице 2.

Воспроизведение давлений в диапазоне от 0,005 кПа до 2 кПа с погрешностью, не превышающей допускаемых пределов, указанных в таблице приложения В, гарантировано методикой градуировки, разработанной предприятием-изготовителем, основные положения которой изложены в справочном приложении Б, а также соблюдением пп. 7.1–7.4, 7.5.1, 7.5.2 настоящей методики поверки.

4 Требования безопасности

Запрещается подавать на вход поверяемого калибратора давление, превышающее 400 кПа.

Необходимо соблюдать требования по безопасности, указанные в руководстве по эксплуатации на калибратор и в технической документации на применяемые средства измерений.

5 Условия поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С 20±5;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) 84 – 106,7 (630 – 800);
- относительная влажность окружающего воздуха, % 30 – 80;
- тряска, вибрации и удары не допускаются;

– питание калибратора осуществляется в соответствии с указаниями паспорта и руководства по эксплуатации.

Если при проведении поверки условия поверки отличаются от условий, приведенных в приложении В, следует учитывать поправки по методике, приведенной в приложении Д.

6 Подготовка к поверке

Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

– перед предъявлением в поверку следует осуществить техническое обслуживание, в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации;

1558.000.00 МИ

– выдержать калибратор не менее 6 часов в помещении для поверки при температуре окружающего воздуха, указанной в п. 5;

– установить калибратор в рабочее положение с соблюдением указаний паспорта и руководства по эксплуатации;

Примечание – При установке калибратора в рабочее положение уровень среза сопла калибратора не должен отличаться более чем на 0,1 м от уровня измерений давления эталона: уровня поверхности воды в неподвижном (плюсовом) сосуде микроманометра или уровня торца поршня грузопоршневого манометра.

– тщательно протереть сопло, поршни, навески и грузы калибратора тканью, смоченной в спирте этиловом ректифицированном по ГОСТ Р 51652-2000, ткань не должна оставлять ворса на поверхностях. Поршни калибратора тщательно протирать перед каждой серией измерений;

– поршни, навески и грузы, необходимые для проведения поверки, разложить на чистые листы бумаги;

– проверить правильность установки сопла калибратора по уровню, для чего установить контрольный уровень с плоской измерительной поверхностью и ценой деления не более 2' непосредственно на торец сопла калибратора;

– установить калибратор по контрольному уровню, используя регулировочные ножки. Установку калибратора по контрольному уровню выполнить при двух взаимно-перпендикулярных положениях контрольного уровня в горизонтальной плоскости торца сопла. При необходимости откорректировать показания собственных уровней калибратора, установив пузырек уровней в среднее положение, используя регулировочные винты.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

Проверку внешнего вида, комплектности и маркировки на соответствие требованиям конструкторской документации следует проводить путем внешнего осмотра.

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие калибратора следующим требованиям:

– калибратор должен быть чистым, не иметь повреждений корпуса и штуцеров, препятствующих прочному присоединению прибора к источнику питания;

– поршни, навески и грузы должны быть чистыми;

– особое внимание обратить на кромку сопла, забоины и загрязнение которой не допускаются;

– к калибратору должны быть приложены руководство по эксплуатации, методика поверки, таблица масс поршней и грузов и паспорт с указанием градуировочного значения контрольного давления P_5 , а также свидетельство о предыдущей поверке прибора.

7.2 Проверка герметичности

Герметичность калибратора проверяют в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации.

7.3 Опробование

При опробовании калибратора выполняют операции в последовательности, указанной ниже:

- подготовить калибратор к работе в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации;
- к штуцеру "Выходное давление +" присоединить манометр с верхним пределом измерений 100 кПа (или портативный калибратор давления серии "Метран" с соответствующим модулем давления);
- задать на выходе калибратора максимальное давление 25 или 40 кПа в соответствии с указаниями паспорта и руководства по эксплуатации, используя поршень с навеской и соответствующие грузы;
- перевести ручку пневмораспределителя в положение "+";
- контролировать давление на выходе с помощью манометра (портативного калибратора).

Для калибратора модификации I дополнительно проводят опробование блока опорного давления и выполняют операции в последовательности, указанной ниже:

- подать давление питания на блок опорного давления, используя соответствующий пневмотумблер калибратора;
- используя блок опорного давления и соответствующую навеску с грузами задать на выходе калибратора давление 3 кПа;
- перевести ручку пневмораспределителя в положение "-";
- контролировать давление на выходе с помощью манометра (портативного калибратора).

Примечание – При воспроизведении указанных давлений поршень с навеской и грузами должен свободно плавать в сопле калибратора.

7.4 Проверка времени установления выходного давления

При проверке времени установления выходного давления калибратора выполняют операции в последовательности, указанной ниже:

1558.000.00 МИ

– подготовить калибратор к работе в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации;

– присоединить манометр с верхним пределом измерений 100 кПа (или портативный калибратор давления серии "Метран" с соответствующим модулем давления) к штуцеру "Выходное давление +" калибратора так, чтобы длина пневматической линии связи с внутренним диаметром 3–4 мм не превышала 1,5 м;

– задать на выходе калибратора максимальное давление 25 или 40 кПа в соответствии с указаниями паспорта и руководства по эксплуатации, используя поршень с навеской и необходимые грузы, так чтобы груз с наибольшим номинальным давлением оказался на навеске верхним;

– убедиться, что поршень свободно плавает, перевести ручку пневмораспределителя в положение "+" и дождаться остановки стрелки манометра (стабильных показаний портативного калибратора);

– приподнять верхний из наложенных на навеску грузов и удерживать его до остановки стрелки манометра (появления стабильных показаний портативного калибратора);

– опустить груз на навеску и одновременно включить секундомер;

– секундомер выключить в момент, когда стрелка манометра остановится (показания портативного калибратора перестанут возрастать);

– время, измеренное секундомером, не должно превышать 20 с.

7.5 Определение метрологических характеристик

7.5.1 Определение масс поршней, навесок и грузов

Соответствие действительных значений масс поршней, навесок и грузов M расчетным $M_{расч}$ проверяют взвешиванием на эталонных весах.

При проведении взвешивания используют методы, изложенные в МИ 1747-87 "ГСИ Меры массы образцовые и общего назначения. Методика поверки".

Соотношение предела допускаемой погрешности эталонных весов и предела допускаемых отклонений δ_m пр должно быть не более 1:3. Пределы допускаемых отклонений δ_m пр действительных значений масс поршней, навесок и грузов от их расчетных значений составляют 20 % от предела допускаемой погрешности калибратора и приведены в таблице 3. Пределы допускаемой погрешности калибратора приведены в таблице В.1 приложения В.

Отклонения действительных значений масс поршней, навесок и грузов M от расчетных значений $M_{расч}$, приведенных в таблице масс поршней и грузов для калибратора, определяют по формуле:

$$\delta_m = \frac{M - M_{расч}}{M_{расч}} \cdot 100 \% \quad (1)$$

Таблица 3 – Пределы допускаемых отклонений $\delta_{м пр}$ действительных значений масс поршней, навесок и грузов от расчетных

Диапазон воспроизводимого давления, кПа	Значение массы, г	$\delta_{м пр}$, %	
		для класса точности 0,015	для класса точности 0,02
$0,005 \leq P_n < 0,4$	$M < 20$ г	$\pm \frac{0,1 \text{ Па}}{P_n(\text{Па})} 20 \%$	$\pm \frac{0,12 \text{ Па}}{P_n(\text{Па})} 20 \%$
$0,4 \leq P_n < 2$	$20 \text{ г} \leq M < 100$ г	$\pm 0,005 \%$	$\pm 0,006 \%$
$2 \leq P_n \leq 40$	$M \geq 100$ г	$\pm 0,003 \%$	$\pm 0,004 \%$

Отклонения δ_m не должны превышать предельных допускаемых отклонений $\delta_{м пр}$.

7.5.2 Определение контрольного давления P_5

Контрольное давление P_5 это давление на входе в щелевой дроссель, образованный корпусом сопла и соплом калибратора.

Градуировочные значения контрольного давления P_5 определяются в процессе градуировки при выпуске калибратора из производства и после ремонта, являются индивидуальными для каждого калибратора, и приводятся в приложении А паспорта 1558.000.00 ПС и в таблице масс поршней и грузов калибратора.

При первичной и периодической поверке давление P_5 определяют по результатам прямых измерений давления на входе в щелевой дроссель при значениях номинального воспроизводимого давления 3 кПа и 25 кПа с помощью эталонов давления (микроманометра и грузопоршневого манометра соответственно).

Схема подключения приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема подключения при измерении контрольного давления P_5

Значения давлений P_5 измеряют трижды. Интервал между измерениями должен составлять не менее 30 минут.

Измерение давлений P_5 проводят в последовательности, указанной ниже:

- подготовить калибратор к работе в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации;
- при выключенном пневмотумблере "Давление питания КД" вывернуть пробку, которая закрывает отверстие отбора контрольного давления P_5 и расположена на плите калибратора;

1558.000.00 МИ

– завернуть ниппель на место пробки (входит в комплект поставки);
– соединить указанный ниппель с помощью трубки (входит в комплект поставки) с эталоном;

– включить пневмотумблер "Давление питания КД" и навесить на сопло поршень навеску и грузы необходимые для воспроизведения давления 3 кПа или 25 кПа. При этом ручка пневмораспределителя калибратора должна находиться в положении "ВЫКЛ";

– измерить давление P_5 подключенным эталоном.

После завершения измерений контрольного давления P_5 выполняют операции в последовательности, указанной ниже:

– снять грузы, навеску и поршень с калибратора;
– выключить пневмотумблер "Давление питания КД";
– отсоединить калибратор от эталона;
– вывернуть ниппель из отверстия отбора контрольного давления P_5 ;
– в отверстие отбора контрольного давления завернуть пробку;
– включить пневмотумблер "Давление питания КД";
– задать на выходе калибратора максимальное давление 25 кПа или 40 кПа;
– проверить герметичность установленной пробки путем обмыливания. При выявлении негерметичности заменить уплотнительное кольцо пробки;
– после подтверждения герметичности уплотнения пробки, снять грузы, навеску и поршень и выключить пневмотумблер "Давление питания КД".

Значения контрольных давлений при i -ом измерении, приведенные к условиям по температуре $t_b = 20$ °С и атмосферному давлению $P_a = 760$ мм рт. ст., при использовании в качестве эталона микроманометра определяют по формуле, Па:

$$P_i = \frac{h_i \cdot g_a \cdot (\rho_{mi} - \rho_{vi}) \cdot [1 + \alpha_{км} \cdot (t_{vi} - 20)]}{\left[1 - 2,3 \cdot 10^{-5} (t_{vi} - 20)\right] \cdot \left[1 + 10^{-3} \left(\sqrt{\frac{P_{ai}}{760}} - 1\right)\right]} \cdot (1 \pm 1,17 \cdot 10^{-4} \text{ Н}) \quad (2)$$

где h_i – высота столба воды в микроманометре, мм;

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

ρ_{mi} – плотность воды в микроманометре при температуре манометрической жидкости $t_{жи}$ °С, измеренной погружным термометром в подвижном сосуде микроманометра. Значения ρ_m определяются по таблице ГСССД 2-77, г/см³;

P_{ai} – атмосферное давление, мм рт.ст.;

t_{vi} – температура окружающего воздуха, °С;

$$\rho_{\text{в}i} = \rho_{\text{а}} \cdot \frac{P_{\text{а}i} \cdot 293}{760 \cdot (273 + t_{\text{в}i})} - \text{плотность окружающего воздуха при температуре } t_{\text{в}i} \text{ и}$$

атмосферном давлении $P_{\text{а}i}$, г/см³;

$\rho_{\text{а}} = 1,205 \cdot 10^{-3}$ г/см³ – плотность воздуха при нормальных условиях;

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

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.

При использовании в качестве эталона грузопоршневого манометра значения контрольных давлений при i -ом измерении, приведенные к условиям по температуре $t_{\text{в}} = 20$ °C и атмосферному давлению $P_{\text{а}} = 760$ мм рт.ст., определяют по формуле, Па:

$$P_i = \frac{10^3}{k} \cdot \frac{m_i \cdot g_{\text{а}}}{F} \cdot \frac{[1 - \alpha_{\text{гпм}} \cdot (t_{\text{гпми}} - 20)]}{[1 - 2,3 \cdot 10^{-5} (t_{\text{в}i} - 20)] \cdot \left[1 + 10^{-3} \left(\sqrt{\frac{P_{\text{а}i}}{760}} - 1\right)\right]} \cdot (1 \pm 1,17 \cdot 10^{-4} \cdot H), \quad (3)$$

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);

m_i – значение массы гирь наложенных на грузопоршневой манометр, г;

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

$t_{\text{гпми}}$ – температура поршневой пары грузопоршневого манометра, °C;

$\alpha_{\text{гпм}}$ – корректирующий температурный коэффициент эталона, равный сумме температурных коэффициентов линейного расширения материала поршня и цилиндра (для грузопоршневого манометра G 6100 $\alpha = 2,7 \cdot 10^{-5}$ для поршневой системы LOW и $\alpha = 1,65 \cdot 10^{-5}$ для поршневой системы MID, для МП-2,5 $\alpha = 2,9 \cdot 10^{-5}$), 1/°C.

Значения контрольного давления $P_{\text{с}i}$ рассчитывают по формулам (2) и (3) с точностью до первой значащей цифры после запятой.

За результат измерений принимают среднее значение контрольного давления $P_{\text{ср}}$:

$$P_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^3 P_{\text{с}i} / 3. \quad (4)$$

1558.000.00 МИ

Отклонение средних значений контрольного давления $P_{\text{ср}}$, рассчитанных по формуле (4), от градуировочных значений P_5 , приведенных в паспорте на калибратор (таблице масс поршней и грузов калибратора), определяют по формуле:

$$\delta_k = \frac{P_{\text{ср}} - P_5}{P_5} \cdot 100\% . \quad (5)$$

Отклонения δ_k , рассчитанные по формуле (5), не должны превышать предельных допускаемых отклонений $\delta_{k \text{ пр.}}$, указанных в таблице 4.

Таблица 4 – Пределы допускаемых отклонений контрольного давления P_5

Номинальное значение воспроизводимого давления P_n , Па	$\delta_{k \text{ пр.}}$, %	
	для класса точности 0,015	для класса точности 0,02
3	0,15	0,30
25	0,10	0,20

7.5.3 Определение погрешности калибратора

Погрешность калибратора определяют сличением с эталоном при соблюдении условий, указанных в п. 5, и при значениях выходного давления 1 кПа, 3 кПа (для модификации I при включенном опорном блоке) и 3 кПа, 25 кПа (для модификаций I и II при отключенном опорном блоке). Для калибраторов с верхним пределом воспроизведения давления 40 кПа дополнительно определяют погрешность при значении выходного давления 40 кПа.

При каждом указанном значении выходного давления проводят три серии измерений. Между сериями измерений калибратор выдерживают без давления не менее 6 часов. 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.

Относительную погрешность калибратора определяют по формуле:

$$\delta = \frac{P - P_э}{P_э} \cdot 100\% , \quad (6)$$

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

$P_э$ – давление, измеренное эталоном.

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

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

- удостовериться, что пневмотумблеры "Давление питания КД" и "Давление питания БОД" выключены, а ручка пневмораспределителя находится в положении "Выкл";
- соединить штуцер "Выходное давление +" калибратора с неподвижным сосудом микроманометра;
- при использовании блока опорного давления соединить штуцер "Выходное давление –" калибратора с подвижным сосудом микроманометра;
- включить тумблер "Давление питания КД" и задать на выходе калибратора требуемое значение выходного давления;
- при использовании блока опорного давления включить тумблер "Давление питания БОД" и задать на выходе давление 0,3 кПа;
- установить концевую меру (или блок концевых мер) на микроманометре в соответствии с воспроизводимым калибратором значением давления или разности давлений;
- перевести ручку пневмораспределителя калибратора в положение "+";
- произвести измерение выходного давления калибратора микроманометром;
- после завершения измерения установить ручку пневмораспределителя в положение "Выкл", разгрузить калибратор, выключить пневмотумблеры "Давление питания БОД" и "Давление питания КД", отсоединить калибратор от эталона.

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

$$\delta_i = \frac{h_{\text{расч } i} - h_{\text{изм } i}}{h_{\text{изм } i}} \cdot 100 \%, \quad (7)$$

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 поверяемой точке, мм:

$$h_{\text{расч } i} = P_n \cdot 10^3 \cdot \frac{\left[1 - 2,3 \cdot 10^{-5} (t_{\text{в } i} - 20)\right] \cdot \left[1 + 10^{-3} \left(\sqrt{\frac{P_{\text{а } i}}{760}} - 1\right)\right] \cdot (1 \pm 1,17 \cdot 10^{-4} \text{ Н})}{g_a \cdot (\rho_{\text{М } i} - \rho_{\text{в } i}) \cdot [1 + \alpha_{\text{км}} (t_{\text{в } i} - 20)]}, \quad (8)$$

где P_n – номинальное значение выходного давления согласно маркировке поршней, навесок и грузов калибратора, кПа.

1558.000.00 МИ

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

- удостовериться, что пневмотумблеры "Давление питания КД" и "Давление питания БОД" выключены, а ручка пневмораспределителя находится в положении "Выкл";
- соединить штуцер "Выходное давление +" калибратора с грузопоршневым манометром;
- включить тумблер "Давление питания КД". Задать на выходе калибратора требуемое значение выходного давления;
- установить на грузопоршневой манометр грузы, соответствующие воспроизводимому калибратором значению давления;
- перевести ручку пневмораспределителя калибратора в положение "+";
- произвести измерение выходного давления калибратора грузопоршневым манометром;
- после завершения измерения установить ручку пневмораспределителя в положение "Выкл", разгрузить калибратор, выключить пневмотумблер "Давление питания КД" и отсоединить калибратор от эталона.

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

$$\delta_i = \frac{m_{\text{расч } i} - m_{\text{изм } i}}{m_{\text{изм } i}} \cdot 100 \% \quad (9)$$

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:

$$m_{\text{расч } i} = k \cdot \frac{P_H F}{g_a} \cdot \frac{\left[1 - 2,3 \cdot 10^{-5} (t_{\text{в } i} - 20)\right] \cdot \left[1 + 10^{-3} \left(\sqrt{\frac{P_{a i}}{760}} - 1\right)\right] \cdot (1 \pm 1,17 \cdot 10^{-4} \text{ Н})}{\left[1 - \alpha_{\text{гпм}} \cdot (t_{\text{гпм } i} - 20)\right]} \quad (10)$$

Относительные погрешности калибратора δ , рассчитанные по формулам (6), (7) и (9), не должны превышать пределов допускаемой погрешности калибратора, указанных в приложении В, для поверяемых значений выходного давления.

Если одно из полученных значений погрешности в одной из поверяемых точек превышает допускаемый предел, то проводят дополнительное сличение в этой точке. Если значение погрешности дополнительного сличения не превысит допускаемого предела, результат сличения считают положительным.

7.5.4 Калибратору пневматическому Метран-505 Воздух присваивают класс точности 0,015 или 0,02, если относительные погрешности калибратора, рассчитанные по формулам (6), (7) и (9) не превышают допустимых пределов, приведенных в приложении В, отклонения значений контрольного давления P_5 калибратора от градуировочных не превышают значений, указанных в таблице 4, а отклонения действительных значений массы поршней, навесок и грузов от расчетных не превышают значений, указанных в таблице 3.

По результатам периодической поверки при несоответствии калибратора указанным требованиям для его класса точности он может быть допущен к применению с другим более грубым классом точности в соответствии с приложением В по желанию заказчика.

8 Оформление результатов поверки

8.1 Результаты поверки заносят в таблицы протокола поверки, рекомендуемая форма которого приведена в приложении А.

8.2 На калибраторы, удовлетворяющие требованиям настоящей методики поверки, оформляют свидетельство со сроком действия один год, форма которого приведена в ПР 50.2.006-94 "ГСИ Порядок проведения поверки средств измерений".

8.3 На калибраторы, которые не удовлетворяют требованиям настоящей методики поверки, выдают извещение о непригодности с указанием причин, форма которого приведена в ПР 50.2.006-94 "ГСИ Порядок проведения поверки средств измерений". Калибратор к дальнейшему применению не допускается.

1558.000.00 МИ

Приложение А
(рекомендуемое)

Форма протокола поверки

ПРОТОКОЛ
поверки

калибратора давления пневматического Метран-505 Воздух № _____ модификация _____,
_____ разряда, с пределами воспроизведений давления _____
класса точности _____
принадлежащего _____

Эталоны: 1. Микроманометр _____, _____ разряда № _____
с диапазоном измерений _____ кПа (кгс/м² и т.д.)
с пределами допускаемой погрешности _____

2. Грузопоршневой манометр _____ разряда № _____
с диапазоном измерений _____ кПа (кгс/м² и т.д.)
с пределами допускаемой погрешности _____
с приведенной площадью измерительной
поршневой системы _____ см²

3. Весы _____, _____ разряда, _____ класса, № _____

4. Гири _____, _____ разряда, _____ класса, № _____

Условия поверки: температура _____ °С

давление атмосферное _____ кПа (мм рт. ст.)

влажность _____ %

ускорение свободного падения:

– в месте поверки $g_m =$ _____ м/с²

– в месте эксплуатации $g_a =$ _____ м/с²

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ИХ ОБРАБОТКА

- 1 Внешний осмотр _____
 2 Проверка герметичности _____
 3 Опробование _____
 4 Время установления выходного давления _____
 5 Определение метрологических характеристик
 5.1 Определение масс поршней, навесок и грузов

Таблица 1

Маркировка поршней, навесок и грузов	Номинальное значение давления P_n , кПа	Масса поршней, навесок, грузов, г		Отклонение действительного значения массы от расчетного, % $\delta_m = \frac{M - M_{расч}}{M_{расч}} 100 \%$	Пределы допускаемых отклонений $\delta_{m пр.}$, %
		расчетная $M_{расч}$, г	действительная M , г		
					$\pm \frac{0,2\Delta_{пр}}{P_n} 100 \%$ $M < 20$ г
					$\pm 0,2\delta_{пр}$ $20 \leq M \leq 100$ г
					$\pm 0,2\delta_{пр}$ $M > 100$ г

Для класса точности 0,015: $\Delta_{пр} = 0,1$ Па; $\delta_{пр} = 0,025\%$ при $20 \leq M \leq 100$ г;
 $\delta_{пр} = 0,015\%$ при $M > 100$ г.

Для класса точности 0,02: $\Delta_{пр} = 0,12$ Па; $\delta_{пр} = 0,03\%$ при $20 \leq M \leq 100$ г;
 $\delta_{пр} = 0,02\%$ при $M > 100$ г.

Отклонения действительных значений масс поршней, навесок и грузов δ_m от их расчетных значений, указанных в таблице масс поршней и грузов для калибратора _____ допускаемым $\delta_{m пр.}$ для класса точности калибратора (0,015/0,02) (соответствуют/не соответствуют)

Поверитель _____ Дата _____

1558.000.00 МИ

5.2 Определение контрольного давления P_5

Таблица 2

Номинальное значение давления P_n , кПа	№ измерения	P_5 , Па	Отклонение среднего значения контрольного давления от градуировочного, % $\delta_k = \frac{P_{5cp} - P_5}{P_5} 100 \%$	Пределы допускаемых отклонений $\delta_{k пр}$, %	
				для класса точности 0,015	для класса точности 0,02
3	1			0,15	0,3
	2				
	3				
	$P_{5cp} = \frac{\sum_{i=1}^3 P_{5i}}{3}$				
25	1			0,1	0,2
	2				
	3				
	$P_{5cp} = \frac{\sum_{i=1}^3 P_{5i}}{3}$				

Отклонение среднего значения контрольного давления δ_k от градуировочного, указанного в паспорте и таблице масс поршней и грузов для калибратора _____ допускаемым $\delta_{k пр}$ для класса точности калибратора (0,015/0,02) (соответствуют/не соответствуют)

Поверитель _____ Дата _____

5.3 Определение погрешности калибратора

Таблица 3

№ серии	№ измерения	t _в , °С	t _ж , °С	P _а , мм рт. ст.	P _н , кПа	P, кПа	P _э , кПа	массы грузов грузопоршневого манометра или столб жидкости микроманометра		Погрешность калибратора δ, % $\delta = \frac{m_{расч} - m_{изм}}{m_{изм}} 100\%$ $\delta = \frac{h_{расч} - h_{изм}}{h_{изм}} 100\%$	Пределы допускаемых отклонений δ _{пр} , %	
								измеренное значение m _{изм} , г h _{изм} , мм	расчетное значение m _{расч} , г h _{расч} , мм			
I	1				(1,3–0,3)*							
	2											
II	3											
	4											
III	5											
	6											
I	1				(3,3–0,3)*							
	2											
II	3											
	4											
III	5											
	6											
I	1				3							
	2											
II	3											
	4											
III	5											
	6											
I	1				25							
	2											
II	3											
	4											
III	5											
	6											
I	1				40**							
	2											
II	3											
	4											
III	5											
	6											

* дополнительно для калибраторов модификации I (с опорным блоком).

** дополнительно для калибраторов с верхним пределом измерений 40 кПа.

Погрешность калибратора Метран-505 Воздух соответствует
классу точности _____

Поверитель _____ Дата _____

Приложение Б
(справочное)
Основные положения градуировки и поверки

Б.1 Уравнение измерений калибратора

Уравнение измерений калибратора давления пневматического Метран-505 Воздух имеет вид:

$$P_i = \frac{M_i \cdot g_m (1 - \rho_v / \rho_m) + R + F_{\text{тр}}}{F_0}, \quad (\text{Б.1})$$

где P_i – выходное давление калибратора;

M_i – масса поршня, навески и грузов;

g_m – местное ускорение свободного падения;

F_0 – геометрическая площадь сечения сопла;

ρ_v – плотность воздуха;

ρ_m – плотность материала поршней, навесок и грузов;

$F_{\text{тр}} = B/Re_1 \cdot G_1 \cdot V_{2i}$ – сила трения в переменном дросселе, образованном соплом и поршнем;

поршнем;

B/Re_1 – коэффициент трения в переменном дросселе;

G_1 – массовый расход воздуха питания;

$$V_{2i} = \frac{1}{\sqrt{K_k}} \varphi \sqrt{\frac{2\bar{P}_1}{\rho_1} \ln \left(\frac{\bar{P}_1}{P_a} \right)} - \text{скорость истечения воздуха на выходе из переменного}$$

дросселя;

$K_k = 1,543$ – коэффициент Кориолиса, учитывающий неточность расчета кинетической энергии потока по средней скорости;

$$\varphi = 1 / \sqrt{1 + B/Re_1} - \text{коэффициент скорости;}$$

\bar{P}_1 – абсолютное выходное давление;

ρ_1 – плотность воздуха под поршнем;

P_a – атмосферное давление;

$R = K_b \cdot G_1 (V_{2i} \cdot \cos(\beta) - V_{1i})$ – реакция струи, вытекающей из переменного дросселя;

$K_b = 1,2$ – коэффициент Буссинеска;

β – угол между направлением скорости истечения из сопла и вертикалью;

$V_{1i} = \frac{G_i}{\rho_i S}$ – скорость истечения воздуха на выходе из щелевого дросселя, образо-

ванного корпусом сопла и соплом;

S – площадь проходного сечения щелевого дросселя.

В соответствии с теорией грузопоршневых манометров введем понятие эффективной площади поршневой системы калибратора:

$$F_{\text{эф}} = \frac{M_i \cdot g_M \cdot (1 - \rho_B / \rho_M)}{P_i} \quad (\text{Б.2})$$

Подставив (Б.1) в (Б.2) и проделав ряд преобразований, получим следующее выражение для эффективной площади калибратора:

$$F_{\text{эф}} = F_0 \cdot \left[1 - \frac{F_{\text{тр}} + R}{M_i \cdot g_M \cdot (1 - \rho_B / \rho_M)} \right] \quad (\text{Б.3})$$

Уравнение измерений (Б.1) получено путем применения Закона сохранения количества движения, уравнения Бернулли и введения необходимых поправок в виде коэффициентов Кориолиса и Буссинеска. При выводе уравнения принят изотермический характер течения в щелевом и переменном дросселях.

Коэффициент B , входящий в уравнение измерения, учитывает реальное состояние поверхности сопла и его кромки, определяет фактическую силу трения на выходе из переменного дросселя и скорость V_2 . Для повышения точности градуировки значение этого коэффициента получают эмпирически.

Б.2 Обоснование методики градуировки

Градуировка калибратора давления пневматического Метран-505 Воздух проводится на основании уравнения (Б.3).

Градуировка заключается в следующем:

– определение зависимости эффективной площади от выходного давления калибратора $F_{\text{эф}} = f(P_i)$;

– расчет масс грузов.

Представив уравнение (Б.3) в виде

$$F_{\text{эф}} = F_0 \cdot [1 - q_i], \quad (\text{Б.4})$$

записанное для P_i , и в виде

$$F_{\text{эфсл}} = F_0 \cdot [1 - q_{\text{сл}}], \quad (\text{Б.5})$$

записанное для точки сличения $P = 3$ кПа.

Разделим (Б.4) на (Б.5) и с учетом, что значение $q \ll 1$, получим следующее:

1558.000.00 МИ

$$F_{\text{эф}i} = F_{\text{эфсл}} \cdot [1 - q_i + q_{\text{сл}}], \quad (\text{Б.6})$$

где $F_{\text{эфсл}}$ – эффективная площадь калибратора в точке сличения, определяется с помощью эталонных средств измерений;

$q_{\text{сл}}$ – расчетный параметр в точке сличения;

q_i – расчетный параметр в i -ой точке.

Эффективная площадь калибратора нелинейно зависит от его выходного давления, и не весь диапазон воспроизводимых калибратором давлений обеспечен эталонными средствами измерений, поэтому для определения эффективных площадей калибратора используется уравнение (Б.6). В расчете участвуют все составляющие параметра q , представленные выше, причем

$$G_i = G_{\text{сл}} \frac{\bar{P}_{\text{си}}^2 - \bar{P}_i^2}{\bar{P}_{\text{сл}}^2 - \bar{P}_{\text{сл}}^2} = c \cdot P_i^d, \quad (\text{Б.7})$$

где $\bar{P}_{\text{сл}}, \bar{P}_{\text{сл}}$ – абсолютные давления на входе в щелевой дроссель и под поршнем в точке сличения;

$\bar{P}_{\text{си}}, \bar{P}_i$ – абсолютные давления на входе в щелевой дроссель и под поршнем в i -ой

точке;

$G_{\text{сл}}$ – расход, измеренный ротаметром в точке сличения;

c и d – постоянные коэффициенты, причем $c = 0,05 \dots 0,2$ и $d = 0,6 \dots 0,7$.

На основе результатов прямых измерений давления, расхода в точке сличения и эффективных площадей калибратора в областях, обеспеченных эталонными средствами измерений, с использованием математических методов определяются коэффициенты B , c , d – индивидуальные для каждого калибратора. С учетом полученных коэффициентов и уравнения (Б.6) строится точное математическое выражения для эффективной площади калибратора.

На втором этапе методики производится расчет масс поршней, навесок и грузов по методике предприятия-изготовителя с учетом рассчитанных эффективных площадей и нелинейности.

Данная методика неоднократно апробирована на предприятии-изготовителе и показала хорошие результаты.

Б.3 Обоснование методики поверки

Из уравнения измерений калибратора (Б.1) следует, что стабильность выходного давления в процессе эксплуатации обеспечивается:

– постоянством значений масс поршней, навесок и грузов M_i ;

- постоянством расхода воздуха G_i ;
- при условии сохранности поверхности поршней и кромки сопла.

Для контроля масс поршней, навесок и грузов достаточно осуществить их взвешивание.

Для контроля состояния кромки сопла и поверхности поршней помимо визуального осмотра необходимо проконтролировать эффективную площадь калибратора в точках 3 кПа и 25 кПа (40 кПа). Данный контроль гарантирует постоянство коэффициента B и угла β .

Для контроля стабильности расхода, согласно формуле (Б.7), достаточно проконтролировать давление на входе в щелевой дроссель в точках 3 и 25 кПа. Помимо расхода данный контроль гарантирует постоянство силы трения $F_{тр}$, реакции струи R и скорости V_2 .

Таким образом, для поверки калибратора, необходимо и достаточно проконтролировать эффективные площади и давление P_5 в точках 3 и 25 кПа, массы поршней, навесок и грузов, а также их внешний вид.

Приложение В
(обязательное)

Пределы допускаемой погрешности калибратора давления пневматического
Метран-505 Воздух

Таблица В.1 – Пределы допускаемой погрешности калибратора

Диапазон воспроизводимого давления, кПа	Класс точности 0,015		Класс точности 0,02	
	Модификация I	Модификация II	Модификация I	Модификация II
$0,005 \leq P_n < 0,4$	$\pm 0,10$ Па	–	$\pm 0,12$ Па	–
$0,02 \leq P_n < 0,4$	–	$\pm 0,10$ Па	–	$\pm 0,12$ Па
$0,4 \leq P_n < 2$	$\pm 0,025$ %		$\pm 0,03$ %	
$2 \leq P_n \leq 25$ $2 \leq P_n \leq 40$	$\pm 0,015$ %		$\pm 0,02$ %	

Примечания

1 При значениях воспроизводимого давления меньше 0,4 кПа нормируются пределы допускаемой абсолютной погрешности.

2 При значениях воспроизводимого давления 0,4 кПа и выше нормируются пределы допускаемой относительной погрешности калибратора в процентах от номинального значения воспроизводимого давления.

3 Условия, при которых нормируется погрешность калибратора, соответствуют нормальным:

- температура окружающего воздуха, °С 20±1;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) 101,3±3 (760±22,5);
- относительная влажность окружающего воздуха, % 60±20.

Приложение Д
(обязательное)

Методика вычисления поправок калибратора давления пневматического
Метран-505 Воздух

Д.1 Поправка на температуру окружающего воздуха

При температуре окружающего воздуха t (°C) отличной от 20°C, действительное значение выходного давления P определяется по формуле:

$$P = P_n \cdot [1 - 2,3 \cdot 10^{-5} \cdot (t - 20)], \quad (\text{Д.1})$$

где P_n – номинальное значение выходного давления согласно маркировке грузов.

Д.2 Поправка на влияние столба воздуха

При несовпадении плоскости среза сопла калибратора и плоскости, на которой измеряет давление соединенный с ним прибор, на величину H (м), действительное значение выходного давления P определяется по формуле:

$$P = P_n \cdot (1 \pm 1,17 \cdot 10^{-4} H). \quad (\text{Д.2})$$

Примечание – Знак "+", если плоскость среза сопла калибратора выше плоскости, на которой измеряет давление прибор, и знак "-", если ниже.

Д.3 Поправка на ускорение свободного падения

При эксплуатации калибратора в местности с ускорением свободного падения g_m (м/с²) отличным от ускорения в паспорте и свидетельстве о поверке g_a (м/с²), действительное значение выходного давления P определяется по формуле:

$$P = P_n \cdot \frac{g_m}{g_a}. \quad (\text{Д.3})$$

Д.4 Поправка на атмосферное давление

При атмосферном давлении P_a отличном от 760 мм рт.ст. действительное значение выходного давления P определяется по формуле:

$$P = P_n \cdot \left[1 + 10^{-3} \cdot \left(\sqrt{\frac{P_a}{760}} - 1 \right) \right]. \quad (\text{Д.4})$$

Д.5 С учетом всех приведенных выше поправок действительное значение выходного давления P определяется по формуле:

$$P = \frac{g_m}{g_a} P_n \cdot [1 - 2,3 \cdot 10^{-5} \cdot (t - 20)] \cdot [1 \pm 1,17 \cdot 10^{-4} H] \cdot \left[1 + 10^{-3} \cdot \left(\sqrt{\frac{P_a}{760}} - 1 \right) \right]. \quad (\text{Д.5})$$