ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 8.906— 2015

Государственная система обеспечения единства измерений

МАНОМЕТРЫ ПОКАЗЫВАЮЩИЕ

Эталонные средства измерений. Метрологические требования и методы испытаний

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» (ФГУП «ВНИИМС»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 53 «Основные нормы и правила в области обеспечения единства измерений»

3 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений международного документа OIML 109:1993 «Манометры и вакуумметры с упругими чувствительными элементами (образцовые манометры)» [«Pressure gauges and vacuum gauges with elastic sensing elements (standard instruments)», NEQ]

4 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 декабря 2015 г. № 2122-ст

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Сентябрь 2019 г.

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2016, 2019

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Единицы измерений давления . . . 1
4 Термины и определения . . . 2
5 Требования безопасности . . . 4
6 Технические требования . . . 4
7 Метрологические требования . . . 5
8 Методы испытаний . . . 7
9 Калибровка . . . 10
10 Поверка . . . 11
11 Указания по эксплуатации . . . 12
Приложение А (справочное) Пример определения класса точности манометров, для которых нормируется комбинированная погрешность . . . 13
Приложение Б (обязательное) Перечень эталонов для проведения испытаний, поверки и калибровки манометров . . . 14
Приложение В (справочное) Расчет основной погрешности и инструментальной неопределенности и их составляющих . . . 15
Библиография . . . 18

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

МАНОМЕТРЫ ПОКАЗЫВАЮЩИЕ

Эталонные средства измерений. Метрологические требования и методы испытаний

State system for ensuring the uniformity of measurements. Indication pressure gauges. Reference measuring instruments. Metrological requirements and test methods

Дата введения — 2016—08—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на деформационные стрелочные и цифровые манометры и вакуумметры — эталоны постоянного избыточного, в том числе отрицательного избыточного (вакуумметрического) давления (далее — манометры) в диапазоне от минус 0,1 до плюс 250 МПа.

Настоящий стандарт не распространяется на манометры абсолютного давления, разности давлений (дифманометры), а также на манометры переменного давления.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.2.007.0 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 8291 Манометры избыточного давления грузопоршневые. Общие технические требования

ГОСТ ИСО/МЭК 17025 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий

ГОСТ Р 8.802 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений избыточного давления до 250 МПа

ГОСТ Р 52931 Манометры контроля и регулирования технологических процессов. Общие технические условия

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Единицы измерений давления

3.1 Единицей измерений давления в СИ является паскаль (Па), который соответствует ньютону на кв. м ($Н/м^2$).

Издание официальное

3.2 Градуировка манометров производится в Па или кратных от них: кПа, МПа и гПа, образуемых в соответствии с СИ.

3.3 Допускается применение внесистемных единиц: Бар, кгс/см^2, мм рт. ст., мм вод. ст., psi и других. При использовании внесистемных единиц рекомендуется записывать в скобках значения давления в единицах СИ в соответствии с [1].

4 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по [2], а также следующие термины с соответствующими определениями:

4.1 **постоянное давление:** Давление, не изменяющееся или плавно изменяющееся во времени со скоростью не более 1 % диапазона показаний в секунду.

4.2 **переменное давление:** Давление, плавно и многократно возрастающее и убывающее по любому периодическому закону со скоростью от 1 % до 10 % диапазона показаний в секунду.

4.3 **нормальное рабочее положение манометра:** Положение манометра с отклонением от вертикали не более 5° в любую сторону.

4.4 **номинальная функция преобразования:** Расчетная зависимость вида:

$$P_{\text{пок}} = F(P_{\text{вх}}),$$

где $P_{\text{пок}}$ — показания шкалы или дисплея манометра;

$F(P_{\text{вх}})$ — номинальная функция преобразования манометра;

$P_{\text{вх}}$ — измеряемое давление на входе манометра в нормальных условиях.

Примечание — В настоящем стандарте рассматривается только линейная номинальная функция преобразования.

4.5 **действительная функция преобразования:** Экспериментально определенная с помощью эталона реальная зависимость показаний манометра от измеряемого давления.

4.6 **диапазон показаний манометра:** Область значений шкалы стрелочного манометра, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы, или крайние значения показаний дисплея цифрового манометра.

4.7 **диапазон измерений манометра:** Множество значений давления, которые могут быть измерены данным манометром с указанными показателями точности при определенных условиях.

Примечание — Диапазон показаний и диапазон измерений равны, если метрологические характеристики манометра нормируются во всем диапазоне показаний.

4.8 **избыточное давление:** Давление, превышающее окружающее давление, которое принимают за опорное.

4.9 **отрицательное избыточное (вакуумметрическое) давление:** Давление, не превышающее окружающее давление, которое принимают за опорное.

4.10 **окружающее давление:** Давление среды, окружающей манометр в месте и в момент измерений; может быть равно атмосферному давлению.

4.11 **опорное значение величины:** Значение величины, которое используют в качестве основы для сопоставления со значениями величин того же рода.

4.12 **испытания в целях утверждения типа:** Комплекс испытаний, включающих экспериментальное определение количественных и (или) качественных свойств манометров как результата воздействия на них внешних факторов, проводимых для определения соответствия манометров требованиям действующих нормативных документов и технической документации изготовителя.

Примечание — К манометрам одного типа относятся манометры, имеющие одинаковые назначение, конструкцию, принцип действия и выпускающиеся по одной технической документации и технологии.

4.13 **калибровка манометров:** Совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного манометра, и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона, в целях определения метрологических характеристик этого манометра.

4.14 **поверка манометров:** Установление официально уполномоченным органом пригодности средства измерений к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным обязательным требованиям.

4.15 **класс точности манометра:** Обобщенная характеристика данного типа манометров, как правило, отражающая их уровень точности и выражаемая точностными характеристиками средств измерений.

4.16 **погрешность манометра:** Разность между показанием манометра и известным опорным (действительным) значением.

4.17 **основная погрешность манометра:** Погрешность манометра, применяемого в нормальных условиях.

4.18 **дополнительная погрешность манометра:** Составляющая погрешности манометра, возникающая дополнительно к основной погрешности вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин от нормального ее значения или вследствие ее выхода за пределы нормальной области значений.

4.19 **систематическая погрешность манометра:** Составляющая погрешности манометра, принимаемая за постоянную или закономерно изменяющуюся при повторных измерениях одной и той же величины.

4.20 **случайная погрешность манометра:** Составляющая погрешности манометра, изменяющаяся случайным образом.

4.21 **абсолютная погрешность:** Погрешность СИ, выраженная в единицах измеряемой величины.

Примечание — Абсолютная погрешность манометра:

- наибольшее инструментальное смещение ([2] 7.21) или наибольшая разность между средними значениями действительной функции преобразования и значениями номинальной функции преобразования манометра при одном и том же значении давления, выраженная в единицах давления (допускается использовать при испытаниях или калибровке);
- наибольшая разность между измеренным значением и показанием эталона при одном и том же значении давления, выраженная в единицах измеряемой величины (используется, как правило, при испытаниях и при поверке).

4.22 **приведенная погрешность манометра:** Абсолютная погрешность манометра, выраженная в процентах от нормирующего значения — диапазона показаний манометра.

Примечание — Диапазон показаний для мановакуумметров и тягонапоромеров — сумма модулей диапазонов показаний в области положительного и отрицательного избыточного давления.

4.23 **относительная погрешность манометра:** Абсолютная погрешность манометра, выраженная в процентах от нормирующего значения — текущего показания манометра.

4.24 **комбинированная погрешность манометра:** Форма выражения погрешности манометра, содержащая одновременно абсолютную, и (или) относительную, и (или) приведенную погрешности.

4.25 **инструментальная неопределенность манометра:** Составляющая неопределенности измерений, обусловленная применяемым манометром при калибровке и испытаниях в целях утверждения типа.

4.26 **стандартная инструментальная неопределенность:** Неопределенность результата измерений, выраженная в виде среднего квадратического отклонения (СКО).

4.27 **суммарная стандартная инструментальная неопределенность:** Стандартная неопределенность результата измерений, полученного через значения других величин, равная положительному квадратному корню суммы членов, причем члены являются дисперсиями или ковариациями этих других величин, взвешенными в соответствии с тем, как результат измерений изменяется при изменении этих величин.

4.28 **расширенная неопределенность показаний манометра:** Величина, определяющая интервал вокруг результата измерений, в пределах которого находится большая часть распределения значений, которые с достаточным основанием могли бы быть приписаны измеряемой величине.

4.29 **нелинейность действительной функции преобразования манометра:** Составляющая погрешности и инструментальной неопределенности показаний манометра, характеризующая максимальное систематическое отклонение действительной функции преобразования от номинальной функции преобразования (от расчетной прямой линии).

Примечание — Нелинейность, выраженная в процентах от диапазона показаний манометра, характеризует также инструментальное смещение и «правильность» показаний.

4.30 **сходимость (повторяемость) показаний манометра:** Составляющая погрешности и инструментальной неопределенности показаний манометра, характеризующая среднеквадратический разброс показаний манометра, выраженная в единицах измеряемой величины или в процентах диапазона показаний, при многократных, следующих непосредственно одна за другой, проверках манометра при одном и том же входном давлении и при одном и том же направлении изменения входного давления.

Примечание — Максимальное значение сходимости, выраженное в процентах от диапазона показаний, соответствует случайной составляющей основной погрешности манометра и прецизионности показаний манометра в данной точке диапазона измерений.

4.31 **правильность показаний манометра:** Степень близости результата измерений принятому опорному значению. Правильность характеризуется инструментальным смещением, систематической составляющей погрешности или неопределенности, а также нелинейностью манометров по ГОСТ Р ИСО 5725.

4.32 **прецизионность показаний манометра:** Степень близости друг другу двух или нескольких значений измеряемой величины при одинаковых условиях по ГОСТ Р ИСО 5725.

4.33 **эталон:** Средство измерительной техники, предназначенное для воспроизведения, хранения и передачи единицы величины или шкалы измерений, аттестованное в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 23 сентября 2010 г. № 734 «Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений».

5 Требования безопасности

5.1 Общие требования безопасности к манометрам с электрическими элементами должны соответствовать ГОСТ 12.2.007.0.

5.2 Электрическая прочность и сопротивление изоляции должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 52931.

5.3 Конкретные требования безопасности манометров устанавливают в нормативном документе (далее — НД) на манометр конкретного типа.

6 Технические требования

6.1 Стрелка

6.1.1 Указательный конец стрелки для стрелочных манометров должен перекрывать на 3/10—7/10 длины отметки самой короткой отметки шкалы.

6.1.2 Указательный конец стрелки в месте отсчета должен иметь такую форму, чтобы погрешность параллакса не превышала 1/10 цены деления шкалы.

6.1.3 Толщина указательного конца стрелки не должна превышать толщины отметок шкалы.

6.1.4 Расстояние между шкалой и стрелкой не должно превышать расстояния между двумя соседними отметками шкалы.

6.1.5 Манометры могут иметь устройство для корректировки нуля.

6.2 Шкала

6.2.1 Значение цены деления шкалы должно быть близким к значению максимальной допустимой погрешности и должно выбираться из ряда:

$1 \cdot 10^n$; $2 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$ в единицах давления,

где n — положительное или отрицательное целое число или нуль.

6.2.2 Расстояние между отметками шкалы должно быть не менее 1 мм.

6.2.3 Толщина отметок шкалы не должна превышать 1/5 наименьшего расстояния между отметками шкалы.

Для линейных шкал расстояние между отметками шкалы должно быть по возможности постоянным.

6.3 Надписи и обозначения

6.3.1 На шкалу манометра наносят следующие надписи:

- условное обозначение единицы измерений;
- на шкалу вакуумметра условное обозначение для отрицательного избыточного давления «–» (минус);
- обозначение класса точности;
- любые другие символы и надписи, связанные с применением манометра.

6.3.2 На лицевую панель или корпус манометра наносят следующие надписи:

- марку или название предприятия-изготовителя,
- серийный номер и год изготовления.

6.3.3 Необходимую информацию о цифровых манометрах размещают на шильдике, прикрепленном к корпусу.

6.4 Надежность

6.4.1 Критерием отказа является выход основной погрешности за пределы, указанные в 7.1.4, 7.1.5. Допускается корректировка «нулевого» значения выходного сигнала, если она предусмотрена в эксплуатационных документах. В качестве приемочного значения контролируемого параметра принимается значение средней наработки, указанной в НД на манометр конкретного типа.

6.4.2 Срок службы манометров устанавливают в НД на прибор конкретного типа.

7 Метрологические требования

7.1 Диапазон измерений показаний

7.1.1 Верхний предел диапазона измерений показаний следует выбирать из двух следующих рядов:

- $1 \cdot 10^n$; $1{,}6 \cdot 10^n$; $2{,}5 \cdot 10^n$; $4 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$;
- $1 \cdot 10^n$; $2 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$, в единицах давления,

где n — положительное или отрицательное целое число или нуль.

Верхний предел диапазона показаний вакуумметров и отрицательной части диапазона показаний мановакуумметров следует устанавливать в НД на манометры конкретных типов.

Для цифровых манометров допускаются и другие значения диапазонов показаний.

7.1.2 Пределы диапазона измерений стрелочных манометров рекомендуется выбирать равными пределам диапазона показаний.

7.1.3 Класс точности

Класс точности манометра устанавливают по одному из двух следующих рядов:

- 0,015; 0,025; 0,04; 0,06; 0,1; 0,15; 0,25; 0,4;
- 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2.

Допускается установление «дифференцированных» классов точности, соответствующих различным, в том числе комбинированным, погрешностям и инструментальным неопределенностям, установленным для разных участков шкал или диапазонов показаний.

Значение класса точности соответствует максимальной допустимой погрешности во всем диапазоне показаний или на его части.

Пример определения класса точности манометров, для которых нормируется комбинированная погрешность, приведен в приложении А.

7.1.4 Погрешность, инструментальная неопределенность и вариация показаний

Для стрелочных манометров нормируется, как правило, приведенная погрешность. Для цифровых манометров может нормироваться приведенная, относительная, абсолютная или комбинированная погрешность.

Максимальная допустимая абсолютная погрешность манометра при нормальных условиях равна:

а) ± 0,8 А при выпуске приборов из производства и после ремонта;

б) ± А для приборов, находящихся в эксплуатации,

где А равно числу, обозначающему модуль предела абсолютной погрешности.

7.1.5 Вариация показаний не должна превышать абсолютного значения максимальной допустимой погрешности.

7.1.6 Отклонение от нулевого значения цифровых манометров не должно превышать 20 % предела допустимой основной погрешности.

7.1.7 Перемещение стрелки в пределах всей шкалы при повышении и понижении давления должно быть плавным и без видимых на глаз скачков и заеданий. Значение последнего разряда цифровых манометров не должно превышать 20 % предела основной приведенной погрешности.

7.1.8 Диапазон рабочих температур устанавливается в НД на конкретный тип манометров.

7.2 Поправка, вводимая для компенсации дополнительной погрешности, вызванной изменением температуры окружающего воздуха

При отклонении температуры окружающего воздуха от нормальной температуры (20 °С или 23 °С) в показания приборов необходимо вводить температурные поправки.

Значение температурной поправки вычисляют по формуле

$$t = \alpha \cdot (t_1 - t_2) \cdot P, \quad (1)$$

где α — температурный коэффициент, установленный в НД на конкретный тип манометров, °С;

t_1 — нормальная (номинальная) температура, °С;

t_2 — реальная температура окружающего воздуха, °С;

P — измеряемое давление, Па.

7.2.1 Постоянство показаний (стабильность)

7.2.1.1 Манометры должны выдерживать воздействие давления, превышающего верхний предел диапазона измерений, на значение P, приведенное в таблице 1, в течение 15 мин.

Таблица 1 — Значение давления, превышающего верхний диапазон измерений

Верхний предел диапазона измерений — $Д_в$ (МПа)	P в % верхнего предела диапазона измерений — $Д_в$ для классов точности	
	0,01; 0,015; 0,02; 0,04, 0,06; 0,1; 0,15; 0,25	0,4; 0,6; 0,5
$Д_в < 10$	25	25
$10 \le Д_в < 25$	15	15
$25 \le Д_в < 60$	10	15
$60 \le Д_в < 160$	5	10
$160 \le Д_в < 250$	5	5

7.2.1.2 Манометры должны выдерживать воздействие давления, плавно изменяющегося по закону близкому к синусоидальному в диапазоне от 25 % — 30 % до 65 % — 75 % от верхнего предела диапазона измерений с частотой не более 1 Гц при общем числе циклов, приведенных в таблице 2.

Таблица 2 — Число циклов

Верхний предел диапазона измерений L (МПа)	Число циклов для классов точности	
	0,01; 0,015; 0,02; 0,04; 0,06; 0,1, 0,1; 0,15;	0,25; 0,4; 0,6; 0,5
$0,06 < L \le 10$	10 000	15 000
$10 < L \le 60$	10 000	10 000
$60 < L \le 160$	5000	5000
$160 < L \le 250$	5000	5000

7.2.1.3 Манометры должны соответствовать требованиям 7.1.4, 7.1.5 при соблюдении следующих условий:

- манометры должны быть установлены в нормальном рабочем положении с допустимым отклонением ± 2°;
- температура окружающего воздуха должна быть 20 °С или 23 °С с допустимым отклонением ± 2 °С.

Конкретное значение нормальной температуры (20 °С или 23 °С) устанавливают НД на манометр конкретного типа;

- относительная влажность должна быть от 30 % до 80 %;
- вибрация и удары должны отсутствовать или не достигать значений, вызывающих колебания стрелки более 0,1 длины наименьшего деления шкалы или пульсацию показаний на дисплее более 1 единицы последнего разряда;
- давление должно быть создано нейтральной средой (газом или жидкостью). При отсутствии особых указаний в качестве среды, передающей давление, должны быть:
  - нейтральный газ — для приборов с верхним пределом измерений до 0,25 МПа (2,5 кгс/см^2);
  - неагрессивная жидкость плотностью от 0,8 до 1,2 кг/дм^3 — для приборов с верхним пределом измерений свыше 0,25 МПа (~2,5 кгс/см^2).

Допускается применять для создания давления любую среду (газ или жидкость) в тех манометрах, в которых переход с жидкой среды на газообразную и наоборот не изменяет показания более чем на 20 % основной допустимой погрешности:

- давление должно повышаться и понижаться плавно, т. е. скорость изменения измеряемого давления не должна превышать 10 % диапазона показаний в секунду;
- у манометров, имеющих корректор нуля, стрелка должна быть установлена на нулевую отметку; у цифровых манометров — на нулевое значение дисплея;
- перемещение стрелки в пределах всей шкалы при повышении и понижении давления должно быть плавным, без скачков и заеданий, превышающих предел допустимой основной погрешности;
- торец штуцера проверяемого манометра и торец штуцера эталона или нижний конец поршня грузопоршневого манометра должны находиться в одной горизонтальной плоскости или должно быть учтено давление, создаваемое столбом рабочей жидкости.

7.3 Метрологический контроль

Метрологический контроль может включать следующие виды процедур:
- испытания в целях утверждения типа,
- поверку для манометров, относящихся к сфере государственного регулирования, и калибровку для остальных манометров.

7.4 Испытания в целях утверждения типа

7.4.1 В соответствии с Федеральным законом [3] и документом [4] любая новая или модифицированная конструкция манометра, предназначенного для применения в сфере государственного регулирования в качестве объекта метрологического контроля, должна сначала подвергаться испытаниям в целях утверждения типа.

Испытания в целях утверждения типа проводят по заявке изготовителя или другого юридического или физического лица (при наличии письменной доверенности изготовителя) в соответствии с [5].

7.4.2 Испытания в целях утверждения типа манометров проводят для определения их соответствия требованиям нормативных документов и включают в себя следующие операции:
- изучение технической документации изготовителя для ознакомления с конструкцией, принципом действия, условиями эксплуатации манометров;
- разработку программы испытаний в целях утверждения типа;
- отбор конкретных экземпляров манометров для испытаний;
- внешний осмотр и подготовку к включению отобранных образцов манометров;
- оценку технических (в том числе метрологических) характеристик манометров в нормальных условиях и определение основной погрешности;
- последовательную оценку технических (в том числе метрологических) характеристик манометра под воздействием каждого из влияющих факторов и определение дополнительной погрешности;
- оформление результатов испытаний.

При положительных результатах испытаний Росстандарт выдает свидетельство об утверждении типа манометров.

Число испытуемых образцов определяют в зависимости от конструктивных особенностей и выбирают таким образом, чтобы наиболее полно представить все модификации, пределы измерений, виды измеряемого давления, шкал и дисплеев. В любом случае число образцов не должно быть менее трех.

Манометры, отобранные для испытаний, не должны иметь повреждений, препятствующих проведению испытаний.

8 Методы испытаний

8.1 Перед проведением испытаний проводят визуальный контроль конструкции, размеров, комплектности, маркировки и упаковки манометров, измеряют размеры манометров средствами измерений, обеспечивающими требуемую точность.

8.2 Манометр подключают к испытательной установке, проверяют герметичность пневматической или гидравлической сети, герметичность самого манометра. Манометр выдерживают в условиях окружающей среды не менее 2 ч, в том числе при включенном источнике питания — не менее 15 мин (для моделей с электрическими компонентами). Затем манометр подвергают трем циклам нагружения, если иное не указано в технической документации изготовителя.

8.3 Рекомендуемый перечень эталонов, применяемых при испытаниях, приведен в приложении Б.

8.4 Основную погрешность (см. 7.1.4) определяют как максимальную разность между показанием манометра и опорным (действительным) значением измеряемого давления, определяемым по эталону, одним из следующих способов:

- заданное давление устанавливают по эталону, а показания отсчитывают по проверяемому манометру;

- заданное давление устанавливают по проверяемому манометру, а показания отсчитывают по эталону.

Выбор способа зависит от соотношения погрешностей и от цены деления стрелочного или разрешения цифрового эталона и испытуемого манометра. Результаты получаются точнее, если считывание происходит по более точному прибору, то есть по эталону.

Манометры следует проверять не менее чем на девяти значениях давления, включая нулевое и максимальное значения.

Значения давления должны быть приблизительно равномерно распределены в пределах всей шкалы.

При испытаниях в целях утверждения типа и при калибровке манометров проводят несколько циклов, как правило, пять циклов нагружения манометров испытательным давлением вверх и вниз от нулевого до максимального значения и обратно. Это позволяет рассчитать составляющие погрешности и инструментальной неопределенности манометров: нелинейность, гистерезис, сходимость и др. (см. приложение В). Погрешность гистерезиса определяется как разность между вариацией и зоной нечувствительности.

Зона нечувствительности определяется в трех точках диапазона измерений: от 5 % до 15 %, от 45 % до 55 %, от 85 % до 95 % на трех (предпочтительно на пяти) циклах в каждой из трех точек. Испытание проводится следующим образом. Входное давление медленно увеличивается, фиксируется значение входного давления, вызвавшее заметное изменение показаний манометра. Затем входное давление медленно уменьшается, фиксируется значение входного давления, вызвавшее заметное изменение показаний.

Разность между средними зафиксированными значениями входного давления, выраженная в процентах от диапазона показаний манометра, является зоной нечувствительности.

Зона нечувствительности не должна превышать 20 % предела допустимой основной погрешности.

При проверке вакуумметров с верхним пределом измерений 0,1 МПа (1 кгс/см^2) отсчет показаний и выдержку под давлением проводят при давлении, равном минус 0,09—0,095 МПа (0,9—0,95 кгс/см^2).

При выборе эталона должны быть соблюдены следующие требования:

- верхний предел измерений эталона должен быть не менее верхнего предела измерений проверяемого манометра;

- пределы допустимой основной абсолютной погрешности эталона должны быть не более 0,25 предела допустимой основной погрешности (для классов точности от 0,04 до 0,4) и не более 0,5 предела допустимой основной абсолютной погрешности (для классов точности от 0,01 до 0,025).

Допускается использовать другие эталоны, а также автоматизированные средства проверки и контроля с показателями не хуже указанных выше.

При проверке манометра давление плавно повышают и проводят отсчет показаний на заданных проверяемых отметках шкалы. На верхнем пределе измерений прибор выдерживают под давлением в течение 5 мин. После этого давление плавно понижают. Проверку манометра и отсчет показаний проводят при тех же значениях давления, что и при повышении.

Перед определением основной погрешности показаний при любых видах испытаний следует установить стрелку или показания дисплея на нулевую (начальную) отметку, если такая возможность конструктивно предусмотрена.

Вариацию показаний манометра определяют как разность показаний при повышающемся и понижающемся давлении.

Составляющие погрешности — нелинейность (правильность), гистерезис (вариация) и повторяемость (сходимость, прецизионность) — определяют с помощью данных, полученных из массива полученных экспериментальных данных по алгоритму, изложенному в приложении В. Данные вносят в таблицу и при необходимости строят действительную характеристику преобразования («кривая отклонений») манометра $P_д = F(P_{вх})$. Затем из таблицы или из графика определяют точку с максимальным отклонением действительной характеристики от номинальной и для нее определяют погрешность и при необходимости составляющие погрешности. В алгоритме, изложенном в приложении Б, кроме «стандартного» варианта определения погрешности рассматривают вариант ее минимизации. В этом случае рассчитывают

минимизированную номинальную характеристику, равноудаленную от положительного и отрицательного экстремумов действительной характеристики. При этом результирующее отклонение минимизируют, и манометр получается несколько точнее. Этот метод особенно эффективен при испытаниях цифровых манометров (калибраторов давления), у которых возможна регулировка «нуля» и «диапазона».

8.5 Испытание приборов на перегрузку проводят, выдерживая прибор под давлением в течение 15 мин. Манометры, подвергнутые перегрузке, не рекомендуется сразу использовать при метрологических испытаниях.

8.6 Стабильность

8.6.1 Определение кратковременной стабильности

Кратковременную стабильность определяют следующим образом.

Манометр выдерживают в течение 24 ч в условиях окружающей среды, а затем определяют основную погрешность и вариацию по 7.1.4, 7.1.5 через 5 мин, 1 ч и затем через 4 ч. После чего манометр отсоединяют и выдерживают 24 ч в условиях окружающей среды. Затем повторяют испытание.

Максимальное отклонение действительной функции преобразования от номинальной, в процентах от диапазона показаний, определяет кратковременный дрейф.

8.6.2 Определение долговременной стабильности

Долговременную стабильность определяют в течение 30 сут. Каждые сутки определяют действительную функцию преобразования манометров в нормальных условиях. Обрабатывая полученные результаты, определяют долговременную стабильность, вычисляя максимальное отклонение действительной функции преобразования от номинальной.

Все воздействующие факторы, кроме времени, должны оставаться в процессе испытаний в пределах допускаемых значений.

8.6.3 Ускоренные испытания на надежность

Манометры должны выдерживать ускоренные испытания на надежность в условиях эксплуатации — воздействие 20 000 циклов изменений давления от 20 % — 30 % до 70 % — 80 % диапазона измерений (частота ≤ 2 мин$^{-1}$).

Манометр считается выдержавшим испытание, если после испытаний основная погрешность не превышает допускаемых значений, указанных в НД изготовителя.

В процессе испытаний допускается корректировка «нулевого» значения выходного сигнала, если она предусмотрена в инструкции по эксплуатации.

8.7 Определение потребляемой мощности приборов с электрическими компонентами проводят по амперметру и вольтметру, включенным в цепь питания.

8.8 Проверку массы проводят взвешиванием.

8.9 Испытание на влияние повышенной (пониженной) температуры окружающего воздуха на показания эталонного прибора проводят в последовательности, приведенной ниже.

8.9.1 Манометр помещают в камеру при температуре, указанной в 7.2.1.3, подают давление, равное (70 ± 5) % диапазона показаний. Давление выдерживают в течение 1 ч. Затем после выдержки в течение 10 мин без давления проверяют манометры по методике 8.4 три раза с интервалом между проверками 10 мин без давления. Все проверки проводят без переустановки манометра.

Корректировка выходного сигнала допускается только перед первой проверкой.

8.9.2 Повышают (понижают) температуру до предельной, указанной в НД производителем, с отклонением ± 1 °С, выдерживают манометр при этой температуре не менее 2 ч, затем в манометры подают давление, равное (70 ± 5) %, выдерживают манометры при этом давлении и предельной температуре в течение 1 ч. После выдержки в течение 10 мин без давления вновь проверяют манометры по методике 8.4 три раза с интервалом между проверками 10 мин без давления.

8.9.3 Понижают (повышают) температуру до значения, указанного в 7.2.1.3, и после выдержки приборов при этой температуре не менее 3 ч вновь определяют основную погрешность в соответствии с 8.4.

Изменение показаний манометра подсчитывают для каждой проверяемой точки диапазона при повышении и понижении давления как разность между средним арифметическим значением шести результатов проверки по 8.9.2 и 8.9.3 и средним арифметическим значением трех результатов проверки по 8.9.2.

Дополнительная погрешность манометра от влияния изменения температуры окружающего воздуха равна изменению показаний манометра, выраженному в процентах диапазона показаний (если иное не указано в эксплуатационной документации). Как правило, нормируется допустимое отклонение, приходящееся на 10 °С изменения температуры.

8.10 Испытание манометра в транспортной таре на воздействие температуры и влажности окружающего воздуха проводят по ГОСТ Р 52931.

Манометр считают выдержавшим испытания, если он соответствует требованиям 7.1.4 и 7.1.5 и у него не наблюдается коррозии и ухудшения качества покрытий.

Допускается проводить испытания манометра без упаковки.

8.11 Испытание манометра на воздействие транспортной тряски проводят по ГОСТ Р 52931.

Манометр считают выдержавшим испытание, если он соответствует требованиям 7.1.4 и 7.1.5 и при визуальном осмотре не будет обнаружено механических повреждений и ослабления креплений.

8.12 Испытание на электрическую прочность и сопротивление изоляции проводят по ГОСТ Р 52931.

Манометр считают выдержавшим испытания в целях утверждения типа, если он соответствует вышеуказанным и другим предусмотренным утвержденной программой испытаний требованиям в соответствии с ГОСТ Р 52931.

8.13 Отчет об испытаниях

8.13.1 Если результаты испытаний удовлетворительные и образцы манометров удовлетворяют установленным требованиям, то испытательные лаборатории или центры, проводившие испытания:

- определяют процедуры первичной и периодической поверок испытанных манометров;
- принимают решение о максимальном интервале между поверками [6]. При принятии решения следует учитывать такие факторы, как назначение манометра, стабильность, указанную в НД изготовителя, и частоту использования приборов.

8.13.2 Если при одном из испытаний погрешность манометра превышает допустимые значения, дважды повторяют испытания по пункту несоответствия.

Если хотя бы один из этих результатов будет отрицательным, то проводят проверку еще двух манометров по этому параметру. Эти результаты считают окончательными.

8.13.3 Результаты испытаний в целях утверждения типа манометра должны быть оформлены в виде протоколов по форме, приведенной в [5].

9 Калибровка

9.1 Калибровку проводит по заявке заказчика аккредитованная в установленном порядке метрологическая лаборатория. В отличие от поверки результаты калибровки не являются оценкой соответствия манометров предъявляемым требованиям.

9.2 В заявке оговаривают условия проведения калибровки манометров. Как правило, при калибровке определяют инструментальную неопределенность манометров.

9.2.1 Условия проведения калибровки, как правило, соответствуют 7.2.1.3, но могут устанавливаться и заявителем.

9.2.2 Перечень эталонов для проведения калибровки приведен в приложении Б.

9.3 Проведение калибровки

9.3.1 Калибровку проводят методом прямого сличения калибруемого манометра и эталона, подвергающихся воздействию одних и тех же значений давления. Экспериментальные данные для расчета инструментальной неопределенности показаний манометра определяют аналогично определению данных для расчета основной погрешности и ее составляющих при испытаниях (см. 8.4 и приложение В).

9.3.2 По результатам калибровки рассчитывают инструментальную неопределенность манометра и ее составляющих.

9.3.3 Неопределенность типа А, $u_A(p)$

Неопределенность типа А, u_A, оценивают методом статистического анализа ряда наблюдений по формуле

$$u_A = \sqrt{\frac{\Sigma(p_i - \overline{p})^2}{n(n-1)}}, \qquad (2)$$

где p_i — i-й результат наблюдений;

$\overline{p}$ — среднее арифметическое результатов наблюдений;

n — число измерений.

u_A определяют в каждой экспериментальной точке отдельно.

9.3.4 Неопределенность типа В, $u_B(p)$

Неопределенность типа В, u_B, вычисляют по формуле

$$u_B = \sqrt{\frac{1}{3}\left(u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + u_{B3}^2\right)}, \quad (3)$$

где u_{B1} — погрешность эталона;

u_{B2} — разрешающая способность индикации цифрового манометра или чувствительность стрелочного, зависящая от возможностей калибруемого манометра;

u_{B3} — вариация показаний.

Для выявления вариации показаний измерения проводят при увеличении и уменьшении давления.

9.3.5 Суммарная стандартная неопределенность u_c

Суммарная стандартная неопределенность определяется как стандартная неопределенность результата измерения, равная положительному квадратному корню суммы дисперсий неопределенностей типов А и В.

$$u_c = \sqrt{u_A^2(P) + u_B^2(P)}. \quad (4)$$

Для расчета u_c эталонов часто используют соотношение иного вида (*):

$$u_c(P) = u_A(P) + \left(\sum_i \frac{\partial p(x_i)}{\partial x_i} dx_i\right) P,$$

где P — измеряемое значение давления.

9.3.6 Расширенная неопределенность, U, характеризуется доверительным интервалом для математического ожидания при определенном значении вероятности. Для нормального распределения результатов измерения при вероятности $p = 0{,}95$ коэффициент охвата $k = 2$, следовательно, расширенная неопределенность равняется удвоенному значению $u_c(p)$.

$$U = k \cdot u_c(P),$$

где k — коэффициент охвата.

9.3.7 При снижении давления до нуля после калибровки стрелка или показания дисплея должна находиться на нулевой отметке шкалы с отклонением, не превышающим допустимого значения, установленного в технической документации на прибор. Последний должен быть отсоединен от устройства создания давления и находиться в рабочем положении.

9.3.8 Результаты калибровки оформляют выдачей сертификата калибровки в соответствии с ГОСТ ИСО/МЭК 17025 и протоколом калибровки с таблицей с реальными данными по полученным результатам. На сертификат наносят оттиск калибровочного клейма.

10 Поверка

10.1 Первичную и периодическую поверки манометра проводят в соответствии с [7].

10.2 Если прибор был отремонтирован, то он должен быть поверен перед дальнейшим использованием.

10.3 Операции поверки

При проведении поверки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр;
- опробование (предварительный контроль);
- определение метрологических характеристик (в соответствии с 8.4).

10.4 Средства поверки

При проведении поверки применяют эталоны в соответствии с приложением Б.

10.5 Условия поверки

Условия поверки должны соответствовать 7.2.1.3.

10.6 Проведение поверки

10.6.1 Внешний осмотр

Поверяемый прибор, предъявляемый на периодическую поверку, должен иметь отметку о предыдущей поверке или свидетельство о предыдущей поверке. Диапазон возможной настройки и (или) диапазон измерений для перенастраиваемых цифровых манометров должен быть указан заказчиком. В случае отсутствия указаний допускается устанавливать максимальный диапазон измерений.

10.6.2 Определение метрологических характеристик

Экспериментальная часть поверки манометров аналогична определению основной погрешности манометров по 8.4. Отличие заключается в том, что проводится не пять, а один цикл нагружения манометра. Определяют точку диапазона измерений, в которой отклонение действительной характеристики от номинальной максимально. Отношение этого отклонения к диапазону показаний, в процентах, является приведенной погрешностью манометра. Если пределы допустимой погрешности манометра выражены в комбинированной или дифференциальной форме, рассчитывают результирующую погрешность по приведенной в НД формуле. Следует также учесть условие по 7.1.4 о необходимости ввода коэффициента 0,8 для манометров, подвергающихся первичной поверке.

10.7 Оформление результатов поверки

10.7.1 Манометр, удовлетворяющий требованиям 7.1.4 и 7.1.5, признают годным к применению.

10.7.2 На манометры, признанные годными к применению, наносят отметку о поверке (поверочное клеймо) и (или) выдают свидетельство о поверке в соответствии с [7].

11 Указания по эксплуатации

11.1 При эксплуатации манометров давление измеряемой среды может изменяться со скоростью не более 10 % диапазона показаний в секунду (отсчет значений измеряемого давления должен проводиться при постоянном давлении).

11.2 При измерении давления газообразных сред должна быть обеспечена безопасность оператора. Безопасность оператора обеспечивается прочностью узла чувствительного элемента, который должен выдерживать многократную перегрузку избыточным давлением, или установкой щитка из органического стекла или металлической сетки, перекрывающих лицевую поверхность манометра. Конкретное значение перегрузки устанавливают в НД.

Приложение А
(справочное)

Пример определения класса точности манометров, для которых нормируется комбинированная погрешность

А.1 Калибратор давления (манометр) имеет пределы допустимой комбинированной основной погрешности:

$$\Delta_{комб} = \pm (0{,}02\ \%\ P_{тек} + 0{,}01\ ВПИ + 0{,}02\ кПа).$$

Пределы измерений равны диапазону показаний манометра:

- от 0 до 400 кПа;
- 1 ед. посл. разряда 0,01 кПа.

Экспериментально определена максимальная погрешность манометра:

$\Delta_{макс}$ в точке 60 % диапазона измерений.

А.2 Требуется определить, к какому классу точности отнести данный калибратор (манометр) со следующими значениями:

- 60 % от 400 кПа = 240 кПа;
- 0,02 % $P_{тек}$ (240 кПа) = 0,048 кПа;
- 0,01 % ВПИ (400 кПа) = 0,04 кПа;
- $\Delta_{комб} = \pm 0{,}108$ кПа;
- ± 0,108 кПа : 400 кПа 100 % = ± 0,027 %.

Ближайший класс точности — 0,04.

При «дифференцированном» нормировании погрешности манометров (при различных значениях погрешности на разных участках диапазона показаний) согласно НД на конкретный манометр вычисляется максимальная абсолютная погрешность, для которой выбирается ближайший (в сторону увеличения) класс точности по 7.1.3.

Приложение Б
(обязательное)

Перечень эталонов для проведения испытаний, поверки и калибровки манометров

Б.1 При испытаниях манометра применяют эталоны по ГОСТ Р 8.802, приведенные в таблице Б.1.

Таблица Б.1

Наименование	Основные метрологические и технические характеристики
Микроманометр МКМ-4	Класс точности 0,01. Диапазон измерений 0,1—4,0 кПа
Микроманометр МКВ-250	Пределы измерений 0—2,5 кПа. Абсолютная погрешность ± 0,5 Па
Манометр грузопоршневой МП-2,5 по ГОСТ 8291	Пределы допустимой основной погрешности ± 0,01 %; ± 0,02 %; ± 0,05 % от измеряемого давления в диапазоне измерений от 25 кПа до 0,25 МПа
Мановакуумметр грузопоршневой МВП-2,5 по ГОСТ 8291	Пределы измерения: 0—0,25 МПа; – 0,1—0 МПа, пределы допустимой основной погрешности: ± 5 Па при давлении 0,01 МПа; ± 0,02 %; ± 0,05 % от измеряемого значения при давлении свыше 0,01 МПа
Манометр грузопоршневой МП-6 по ГОСТ 8291	Пределы допустимой основной погрешности ± 0,005 %; ± 0,01 %; ± 0,02%; ± 0,05 % от измеряемого давления в диапазоне измерений от 0,06 до 0,6 МПа
Манометр грузопоршневой МП-60	Пределы допустимой основной погрешности ± 0,005 %; ± 0,01 %; ± 0,02 %; ± 0,05 % от измеряемого давления в диапазоне измерений от 0,6 до 6 МПа
Манометр грузопоршневой МП-600 по ГОСТ 8291	Пределы допустимой основной погрешности ± 0,01 %; ± 0,02 %; ± 0,05 % от измеряемого давления в диапазоне измерений от 6 до 60 МПа
Манометр грузопоршневой МП-2500 по ГОСТ 8291	Пределы допустимой основной погрешности ± 0,05 % от измеряемого давления в диапазоне измерений от 25 до 250 МПа
Преобразователи давления измерительные электрические ИПД	Пределы допустимой основной погрешности ± 0,1%; ± 0,15 %; ± 0,25 % для пределов измерений 0—1 и 0—1,6 кПа. Пределы допустимой основной погрешности ± 0,06 %; ± 0,1 %; ± 0,15 % для пределов измерений от 0—2,5 кПа до 0—16 МПа
Комплекс для измерения давления цифровой ИПДЦ	Пределы допустимой основной погрешности ± 0,05 %; ± 0,06 %. Пределы измерений от 1 кПа до 16 МПа
Автоматизированный задатчик избыточного давления «Воздух-250»	Верхние пределы измерений разности давлений 10—250 Па; пределы допустимой основной погрешности ± (0,2—0,4) Па. Верхние пределы измерения избыточного давления 400—2500 Па; пределы допустимой основной погрешности ± (0,1—0,2) от номинального значения выходного сигнала
Автоматизированный задатчик избыточного давления «Воздух-1,6»	Верхние пределы измерений от 1 до 160 кПа; пределы допустимой основной погрешности ± 0,02 %; ± 0,05 % от действительного значения измеряемого параметра
Автоматизированный задатчик избыточного давления «Воздух-2,5»	Верхние пределы измерений 25—250 кПа; пределы допустимой основной погрешности ± 0,02 %; ± 0,05 % от действительного значения измеряемого параметра
Автоматизированный задатчик избыточного давления «Воздух-6,3»	Верхние пределы измерений 63—630 кПа; пределы допустимой основной погрешности ± 0,02 %; ± 0,05 % от действительного значения измеряемого параметра

Могут быть использованы другие эталоны, аттестованные в установленном порядке и имеющие соответствующие метрологические характеристики, прослеживаемые к национальным первичным эталонам.

Приложение В
(справочное)

Расчет основной погрешности и инструментальной неопределенности и их составляющих

В.1 Разбивают диапазон измерений показаний манометра X на m интервалов. Значения, полученные по формулам (В.1)—(В.27), вносят в таблицу произвольной формы.

В.2 Определяют расчетные значения показаний манометра X_{pi} по формуле

$$X_{pi} = X_{p0} + \frac{i}{m}\left(X_{pm} - X_{p0}\right), \tag{В.1}$$

где $i = 0,1 \ldots m$;

X_{p0}, X_{pm} — нижний и верхний пределы измерений входного давления соответственно.

В.3 Определяют расчетные значения показаний манометра Y_{pi} по формуле

$$Y_{pi} = Y_{p0} + \frac{i}{m}\left(Y_{pm} - Y_{p0}\right), \tag{В.2}$$

где Y_{p0}, Y_{pm} — расчетные значения показаний манометра, соответствующие нижнему X_{p0} и верхнему X_{pm} пределам измерений входного давления.

В.4 Измеряют для каждого значения входного давления X_{pi} в каждом из j-циклов проверки значения показаний манометра:

$Y_{ij}\uparrow$ — при измерении входного давления от X_{p0} до X_{pm};

$Y_{ij}\downarrow$ — при измерении входного давления от X_{pm} до X_{p0}.

В.5 Определяют для каждого значения входного давления X_{pi} в каждом из j-циклов проверки отклонения Δ_{ij} измеренных значений показаний манометра Y_{ij} от расчетных значений Y_{pi} этого давления по формулам:

$$\Delta_{ij}\uparrow = Y_{ij}\uparrow - Y_{pi}; \tag{В.3}$$

$$\Delta_{ij}\downarrow = Y_{ij}\downarrow - Y_{pi}. \tag{В.4}$$

В.6 Определяют для каждого значения входного давления X_{pi} максимальное отклонение Δ_{mi} выходных сигналов Y_{ij} от расчетного значения Y_{pi} по формуле

$$\Delta_{mi} = \left(Y_{ij} - Y_{pi}\right)_{\max}. \tag{В.5}$$

В.7 Вычисляют для каждого значения входного давления X_{pi} средние значения отклонения $\Delta_c\uparrow$ и $\Delta_c\downarrow$ при изменении входного давления от X_{p0} до X_{pm} и от X_{pm} до X_{p0} по формулам:

$$\Delta_{ci}\uparrow = \frac{1}{j}\sum_{1}^{j}\Delta_{ij}\uparrow, \tag{В.6}$$

$$\Delta_{ci}\downarrow = \frac{1}{j}\sum_{1}^{j}\Delta_{ij}\downarrow. \tag{В.7}$$

В.8 Вычисляют для каждого значения входного давления X_{pi} повторяемость $\Delta_{ni}\uparrow_{\downarrow}$ показаний манометра $Y_i\uparrow_{\downarrow}$ при изменении входного давления от X_{p0} до X_{pm} и от X_{pm} до X_{p0} по формулам:

$$\Delta_{ni}\uparrow = \sqrt{\frac{1}{j-1}\left(\sum\Delta_{ij}^2\uparrow - j\Delta_{ci}^2\uparrow\right)}, \tag{В.8}$$

$$\Delta_{ni}\downarrow = \sqrt{\frac{1}{j-1}\left(\sum\Delta_{ij}^2\downarrow - j\Delta_{ci}^2\downarrow\right)}. \tag{В.9}$$

В.9 Вычисляют для каждого значения входного давления X_{pi} среднее отклонение Δ_{ci} показаний манометра Y_i от расчетного значения Y_{pi} этого давления по формуле

$$\Delta_{ci} = \frac{1}{2}\left(\Delta_{ci}\uparrow + \Delta_{ci}\downarrow\right). \tag{В.10}$$

В.10 Строят при необходимости график функции $\Delta_{ci} = f(X_i)$, который иногда называют «кривая погрешностей».

В.11 Вычисляют для каждого значения входного давления X_{pi} среднее значение гистерезиса (вариации) Δ_{zi} показаний манометра Y_i по формуле

$$\Delta_{zi} = \left|\Delta_{ci}\uparrow - \Delta_{ci}\downarrow\right|. \quad (В.11)$$

В.12 Вычисляют для каждого значения входного давления X_{pi} повторяемость Δ_{ni} показаний манометра Y_i по формуле

$$\Delta_{ni} = \sqrt{\left(\Delta_{ni}^2\uparrow + \Delta_{ni}^2\downarrow\right)/2}. \quad (В.12)$$

В.13 Определяют уравнение аппроксимирующей прямой, соединяющей на графике точки с координатами (X_0, Δ_{c0}) и (X_m, Δ_{cm}), соответствующие нижнему X_{p0} и верхнему X_{pm} пределам измерений входного давления, по формуле

$$\Delta_{ki} = \frac{\Delta_{cm} - \Delta_{c0}}{X_m - X_0}\left(X_i - X_0\right) + \Delta_{c0}. \quad (В.13)$$

В.14 Вычисляют для каждого значения входного давления X_{pi} нелинейность Δ_{ni} как отклонение по вертикали точек с координатами (X_{pi}, Δ_{ci}) от прямой по В.13 по формуле

$$\Delta_{ni} = \Delta_{ci} - \Delta_{ki}. \quad (В.14)$$

В.15 Из точек с координатами (X_{pi}, Δ_{ni}) по В.14 выбирают в интервале от X_{p0} до X_{pm} точку $E(X_{pe}, \Delta_{ne})$, для которой выполняется соотношение

$$\left|\Delta_{ne}\right| - \left|\Delta_{ni}\right| \geq 0. \quad (В.15)$$

В.16 Из точек с координатами (X_{pi}, Δ_{ni}) по В.14 выбирают в интервале от X_{p0} до $X_{p(e-1)}$ точку $D(X_{pd}, \Delta_{nd})$, для которой выполняются соотношения:

$$\left|\Delta_{nd}\right| - \left|\Delta_{ni}\right| \geq 0, \quad (В.16)$$

$$sign\left(\Delta_{nd} - 1\cdot 10^{9}\Delta_{ne}\right) = -sign\Delta_{ne}. \quad (В.17)$$

В.17 Из точек с координатами (X_{pi}, Δ_{ni}) по В.14 выбирают в интервале от $X_{p(e+1)}$ до X_{pm} точку $F(X_{pf}, \Delta_{nf})$, для которой выполняются соотношения:

$$\left|\Delta_{nf}\right| - \left|\Delta_{ni}\right| \geq 0, \quad (В.18)$$

$$sign\left(\Delta_{nf} - 1\cdot 10^{9}\Delta_{nd}\right) = -sign\Delta_{nd}. \quad (В.19)$$

В.18 Определяют уравнение аппроксимирующей прямой, для которой отклонения по вертикали экстремальных (т. е. наиболее удаленных) точек $D(X_{pd}, \Delta_{cd})$, $E(X_{pe}, \Delta_{ce})$ и $F(X_{pd}, \Delta_{cf})$ являются минимальными, по формуле

$$\Delta_{indi} = \frac{\Delta_{cf} - \Delta_{cd}}{X_{pf} - X_{pd}}\left(X_i - \frac{X_{pd} + X_{pe}}{2}\right) + \frac{\Delta_{cd} + \Delta_{ce}}{2}. \quad (В.20)$$

В.19 Определяют значение наибольшего отклонения $\Delta_м$ по вертикали точек с координатами (X_{ci}, Δ_{ci}) от прямой по Б.18 по формуле

$$\Delta_м = \left|\frac{\Delta_{cf} - \Delta_{cd}}{X_{pf} - X_{pd}}\left(X_{pe} - \frac{X_{pd} + X_{pe}}{2}\right) + \frac{\Delta_{cd} + \Delta_{ce}}{2}\right|. \quad (В.21)$$

В.20 Вычисляют для каждого значения входного давления X_{pi} отклонение Δ_{Mi} по вертикали точек с координатами (X_{pi}, Δ_{ci}) от прямой по В.18 по формуле

$$\Delta_{Mi} = \Delta_{ci} - \Delta_{indi}. \quad (В.22)$$

В.21 Проверяют для каждой из точек с координатами (X_{pi}, Δ_{Mi}) выполнение соотношения

$$\Delta_м - \left|\Delta_{Mi}\right| \geq 0. \quad (В.23)$$

В.22 Если соотношение (В.23) не выполняется, т. е.

$$\Delta_м - \Delta_{Mi} < 0, \quad (В.24)$$

проводят замену точки $D(X_{pd}, \Delta_{cd})$ на точку $D1(X_{p(d+1)}, \Delta_{c(d+1)})$ и повторяют операции по В.16—В.22 для точек $D1(X_{pd}, \Delta_{c(d+1)})$, $E(X_{pe}, \Delta_{ce})$ и $F(X_{cf}, \Delta_{cf})$.

В.23 Если после проведения операций по В.22 соотношение (В.23) выполняется, переходят к операциям по В.26.

В.24 Если после замены точки $D(X_{pd}, \Delta_{cd})$ на точку $D1(X_{p(d+1)}, \Delta_{c(d+1)})$ и выполнения операции по В.22 соотношение (В.23) не выполняется, т. е.

$$\Delta_м - \Delta_{мl} < 0,$$

проводят замену точки $F(X_{pf}, \Delta_{cf})$ на точку $F1(X_{p(f-1)}, \Delta_{c(f-1)})$ и повторяют операции по В.16—В.22 для точек $D(X_{pd}, \Delta_{cd})$, $E(X_{pe}, \Delta_{ce})$ и $F1(X_{p(f-1)}, \Delta_{c(f-1)})$.

В.25 Если после проведения операций по В.24 соотношение (В.23) не выполняется, проверяют правильность выполнения операций по В.13—В.24.

В.26 Выбирают из таблицы значения отклонений Δ_{mi}, Δ_{ci}, Δ_{zi}, Δ_{ni}, $\Delta_{нi}$ и $\Delta_{мi}$, для которых соблюдается соотношение

$$\left|\Delta_z\right| \max \geq \left|\Delta_{zi}\right|, \qquad (В.25)$$

где z — каждый из индексов m, c, г, n, н, м.

В.27 Определяют значения приведенных погрешностей γ_m, γ_c, $\gamma_г$, γ_n, $\gamma_н$ и $\gamma_м$, в процентах, по формуле

$$\gamma_z = \Delta_z \frac{100}{\gamma_{pm} \cdot \gamma_{p0}}, \qquad (В.26)$$

где z — каждый из индексов по В.26;

γ_0 и γ_m — расчетные значения показаний манометра по В.3.

Значения γ_m, γ_c, $\gamma_г$, γ_n, $\gamma_н$ и $\gamma_м$ вносят в таблицу.

В.28 Определяют при необходимости значение общей (результирующей) погрешности γ_Σ, в процентах, по формуле

$$\gamma_\Sigma = \left|\gamma_c\right| + \frac{1}{2}\gamma_г + \frac{1}{4}\gamma_n. \qquad (В.27)$$

Значения γ_Σ вносят в таблицу и при необходимости строят кривую отклонений.

Библиография

[1] Постановление Правительства РФ «Об утверждении Положения о единицах величин, допускаемых к применению в Российской Федерации» от 31 октября 2009 г. № 879

[2] РМГ 29—2013 Государственная система обеспечения единства. Метрология. Основные термины и определения

[3] РМГ 43—2001 Государственная система обеспечения единства. Применение «Руководства по неопределенности измерений»

[4] РД 50-690—89 Методические указания. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным

[5] МИ 3290—2010 Государственная система обеспечения единства. Рекомендации по подготовке, оформлению и рассмотрению материалов испытаний средств измерений в целях утверждения типа

[6] РМГ 74—2004 Государственная система обеспечения единства. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений

[7] «Порядок проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» (утвержден Приказом Минпромторга РФ от 2 июля 2015 г. № 1815, зарегистрирован Минюстом РФ 4 сентября 2015 г. № 38822)

УДК 531.787.089.6:006.354 ОКС 17.020

Ключевые слова: манометры, эталонные средства измерений, технические требования, метрологические требования, испытания, калибровка, поверка

Редактор переиздания *Г.Н. Симонова*
Технические редакторы *В.Н. Прусакова, И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.Р. Ароян*
Компьютерная верстка *А.В. Софейчук*

Сдано в набор 26.09.2019. Подписано в печать 03.10.2019. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,59.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru