

МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЙ МЕТРОЛОГИИ
ORGANIZATION INTERNATIONAL OF LEGAL METROLOGY

МЕЖДУНАРОДНАЯ РЕКОМЕНДАЦИЯ

МОЗМ МР 110

ГРУЗОПОРШНЕВЫЕ МАНОМЕТРЫ

**МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.
ВИДЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ. (ГСИ)**

PRESSURE BALANCE

МИ 2429-97

ПРЕДИСЛОВИЕ

Международная Организация Законодательной Метрологии (МОЗМ) является всемирной, межправительственной организацией, которая своей первоочередной целью ставит гармонизацию правил и процедур контроля, выполняемых национальными метрологическими службами или соответствующими организациями государств-членов.

Существуют две основные категории публикаций МОЗМ:

1) Международные Рекомендации (МОЗМ МР), которые являются моделью правил, устанавливающих требуемые метрологические характеристики определенных средств измерений и определяющих методы и оборудование для проверки их соответствия. Государства-члены МОЗМ должны обеспечивать внедрение этих Рекомендаций в наиболее возможной степени.

2) Международные Документы МОЗМ (МОЗМ МД), которые по своей природе являются информативными и предназначены для улучшения работы метрологических служб.

Проекты Рекомендаций и Документов МОЗМ разрабатываются техническими комитетами и подкомитетами, которые образуются государствами-членами. Определенные метрологические и региональные организации также принимают участие в их разработке на консультативной основе.

Соглашения о сотрудничестве заключены между МОЗМ и такими организациями как ИСО и МЭК во избежание разработки ими противоречивых требований. Следовательно, производители и потребители средств измерений, испытательные и другие лаборатории могут применять одновременно публикации МОЗМ и публикации других организаций.

Международные Рекомендации и Международные Документы публикуются на французском и английском языках и подлежат периодическому пересмотру. Публикации МОЗМ могут быть приобретены в центральном офисе организации:

Bureau International de Metrologie Legate

11, rue Turgot - 75009 Paris-France

Тел: 33(1) 48781282 и 42852711

Факс: 33(1) 42821727

Настоящая публикация - Рекомендация МР 110 была разработана Подкомитетом ТК 10/ПК1 "Грузопоршневые манометры" и утверждена в 1994 г. Международной Конференцией Законодательной Метрологии.

1. Область применения

Настоящая Рекомендация распространяется на грузопоршневые манометры (далее манометры) с прямым нагружением, имеющие либо простой поршень, либо простой поршень с противодавлением, и используемые для измерения давления в диапазоне от 0,1 МПа до 500 МПа. Рекомендация определяет метрологические и технические характеристики этих приборов, методы их испытаний и формат отчета по испытаниям. Эта Рекомендация применяется также для подгонки грузов, используемых для грузопоршневых манометров и для калибровки

грузопоршневых манометров в тех случаях, когда требуется более высокая точность.

Рекомендация устанавливает также виды метрологического контроля манометров.

Рекомендация не распространяется на манометры с гидравлическими мультипликаторами, грузопоршневые манометры индикаторного типа, грузопоршневые манометры с рычажным нагружением, грузопоршневые манометры с электромагнитной балансировкой. Рекомендация также не распространяется на приборы, измеряющие абсолютное давление.

2. Терминология

Терминология, используемая в данной Рекомендации, соответствует "Международному Словарю Основных и Общих Терминов в Метрологии" (издание 1993 г.) и "Словарю Законодательной Метрологии" (издание 1978 г.). Кроме того, в этой Рекомендации использованы следующие определения:

2.1 Метрологические характеристики манометра

2.1.1 Диапазон измерений

Диапазон давлений, измеряемый грузопоршневым манометром.

2.1.1.1 Верхний предел диапазона измерений ($P_{\text{макс}}$)

Максимальное давление, которое может быть измерено.

2.1.1.2 Нижний предел диапазона измерений ($P_{\text{мин}}$)

Минимальное давление, которое может быть измерено.

2.1.1.3 Уравнение преобразования

Уравнение, которое устанавливает соотношение между воспроизводимым давлением и массой используемых грузов, принимающее в расчет другие входные величины.

2.1.2 Эффективная площадь поршневой пары манометра

Площадь, определяемая для данной поршневой пары манометра, которая используется в уравнении преобразования для расчета измеряемого давления.

2.1.3 Рабочий ход поршня

Ход поршня, в пределах которого манометр сохраняет свои метрологические характеристики.

2.1.4 Скорость опускания поршня

Скорость опускания поршня в пределах его рабочего хода в определенных условиях.

2.1.5 Время свободного вращения поршня

Время, в течение которого поршень вращается свободно после достижения им определенной скорости, до его остановки.

2.1.6 Порог реагирования

Минимальное значение массы накладываемого груза при сличении поверяемого манометра с эталонным манометром, которое вызывает видимое изменение равновесия обоих приборов.

2.1.7 Повторяемость

Способность манометра занимать одинаковое положение поршня при наложении одного и того же груза при многократном наложении.

2.1.8 Случайная составляющая погрешности при измерении давления

Характеристика, связанная с результатом измерений давления, характеризующаяся разбросом значений измеряемого давления.

2.1.9 Неопределенность измерений давления

Разность между результатом измерений давления и истинным (действительным) значением измеряемого давления.

2.1.10 Максимальная допускаемая погрешность

Максимальная допускаемая разность (положительная или отрицательная) между показаниями манометра и соответствующим истинным (действительным) значением измеряемого давления.

2.1.11 Класс точности

Класс точности - обобщенная характеристика манометра, соответствующая определенным метрологическим требованиям, регламентирующим сохранение неопределенности в определенных пределах.

2.2 Методы задания давления

2.2.1 Задание давления путем наложения грузов, калиброванных в единицах давления

2.2.2 Задание давления путем наложения грузов, калиброванных в единицах массы, и расчет давления.

Задание давления, получаемое наложением массы грузов, калиброванных в единицах массы, и проведение соответствующего расчета величины измеряемого давления.

2.3 Общие термины для измерений давления

2.3.1 Истинное значение давления

Значение давления, которое считается достаточно близким к соответствующему истинному значению и которое может заменить это значение при оценке неопределенности.

2.3.2 Действительное значение давления

Значение давления, которое считается достаточно близким к соответствующему истинному значению и которое может заменить это значение при оценке неопределенности.

2.3.3 Калибровка

Комплекс операций, который при определенных условиях устанавливает соответствие между значениями давления манометра и соответствующими значениями давления эталона.

2.4 Общие условия

2.4.1 Рабочие условия эксплуатации

Условия использования манометра, при которых его метрологические характеристики удовлетворяют требованиям, касающимся максимальных допускаемых погрешностей.

2.4.2 Нормальные условия

Условия, обеспечивающие достоверность результатов измерений при проверке характеристик манометра или при взаимном сличении результатов измерений.

2.5 Уровни отсчета

2.5.1 Рабочий уровень поршня

Положение торца поршня в момент измерений относительно номинального уровня поршня.

2.5.2 Номинальный уровень поршня

Уровень относительно определенного положения торца колонки или основания манометра, с которым связано измеряемое давление, когда поршень находится на определенном уровне, зафиксированном отметкой или в документации.

3. Описание прибора

3.1 Общие положения

3.1.1 Грузопоршневой манометр - это прибор, предназначенный для измерения давления, основанный на принципе уравнивания силы, производимой измеряемым давлением на известную площадь поршневой пары, весом грузов при известном ускорении силы тяжести.

3.1.2 В манометре с прямым нагружением грузы для уравнивания непосредственно воздействуют на поршень.

3.1.3 В грузопоршневом манометре с поршневой парой простого типа измерительная система состоит из поршня и простого цилиндра, на наружную поверхность которого действует только атмосферное давление.

3.1.4 В грузопоршневом манометре с простым поршнем с противодавлением среда, передающая давление, воздействует не только на основание поршня и по всей длине зазора между поршнем и цилиндром, но также и на наружную поверхность цилиндра.

3.1.5 В манометрах с типом цилиндра, который контролирует зазор, самостоятельно регулируемое давление воздействует на внешнюю поверхность цилиндра или на ее часть.

3.2 Основные элементы манометра

3.2.1 Поршневая пара состоит из поршня цилиндрической формы, помещенного в цилиндр. На свободном конце поршня может быть установлено грузопоршневое устройство.

3.2.2 Стойка поршневой пары - это часть манометра, в которой установлена и закреплена поршневая пара.

3.2.3 Станина или основание прибора обеспечивает стабильность поршневой пары и ее вертикальное положение с помощью горизонтального уровня и служит для подсоединения дополнительных частей манометра, например, трубок для подачи давления, пресса вентилей и пр.

3.3 Вспомогательные элементы

3.3.1 Пресс - устройство, которое является обязательной частью манометра и которое предназначено для воспроизведения измеряемого давления путем изменения объема. Это устройство, как правило, состоит из уплотненного поршня в цилиндре.

3.3.2 Соединительная система - трубы или трубопроводы давления, которые соединяют между собой отдельные части системы измерения давления и которые снабжены одним или более вентилями для отсоединения их во время испытаний.

3.3.3 Грузы манометра - это набор дисков, которые отградуированы соответствующим образом для измерений требуемых значений давления.

3.4 Единицы измерения

Единицей измерения, используемой для манометров, является Паскаль (Па). Предприятие-изготовитель должно давать переводной коэффициент для других единиц измерений.

4. Метрологические требования

4.1 Диапазон измерений

Верхний предел диапазона измерений манометров, $P_{\text{макс}}$, должен выбираться двух следующих рядов:

- 1×10^n ;	$1,6 \times 10^n$;	$2,5 \times 10^n$;	4×10^n ;	6×10^n ;	(МПа)
- 1×10^n ;	2×10^n ;	5×10^n			(МПа)

где n - положительное или отрицательное целое число или ноль.

4.2 Разделение диапазона измерений

При определении максимальных допускаемых погрешностей диапазон измерений манометра делится на две части:

- основной диапазон измерений - от $0,1P_{\text{макс}}$ до $P_{\text{макс}}$;
- дополнительный диапазон измерений - от $P_{\text{мин}}$ до $0,1P_{\text{макс}}$;

где $P_{\text{мин}}$ - нижний предел диапазона измерений,

$P_{\text{макс}}$ - верхний предел диапазона измерений.

Для грузопоршневых манометров с $P_{\text{мин}} \geq 0,1P_{\text{макс}}$ есть только основной диапазон измерений от $P_{\text{мин}}$ до $0,1P_{\text{макс}}$.

4.3 Классы точности

Класс точности грузопоршневых манометров выбирается из следующего ряда:

0,005 0,01 0,02 0,05 0,1 0,2

В будущем могут быть разработаны грузопоршневые манометры более высоких классов точности.

Класс точности грузопоршневого манометра должен быть определен при калибровке.

4.4 Минимальные допускаемые погрешности

Максимальные допускаемые погрешности манометров должны быть одинаковыми, как при испытаниях типа, так и при первичной и периодических поверках.

Максимальные допускаемые погрешности манометров при нормальных условиях, т.е. при температуре 22 ± 3 °C и относительной влажности 60 ± 20 % для разных классов точности приведены в Таблице 1. Они измеряются в процентах от измеряемой величины давления в пределах основного диапазона измерений и в процентах от нижнего предела основного диапазона измерений ($0,1P_{\text{макс}}$) при наличии дополнительного диапазона измерений.

Таблица 1

Класс точности	Максимальные допускаемые погрешности	
	В основном диапазоне измерений (в % от измеряемого давления)	В дополнительном диапазоне измерений (в % от $0,1P_{\text{макс}}$)
0,005	0,005	0,005
0,01	0,01	0,01
0,02	0,02	0,02
0,05	0,05	0,05
0,1	0,1	0,1
0,2	0,2	0,2

4.5 Неопределенность манометра

Неопределенность манометра должна определяться из оценки составляющих неопределенностей измеренных величин и тех заданных величин, которые используются для расчета результата измерений.

4.5.1 Составляющие неопределенностей

Погрешности измеренных и заданных величин могут быть разделены на следующие группы:

а) неопределенности определения эффективной площади (сюда входит неопределенность используемого эталонного манометра и некоторые отдельные неопределенности метода), которая включают:

- неопределенность коэффициента деформации поршневой пары;
- неопределенность метода сличения;

- неопределенность от влияния температуры (измерений температуры поршневой пары, определения коэффициента теплового расширения материала поршневой пары);

б) неопределенность массы грузов (определения массы и ее подгонки, если последняя производится);

в) неопределенности, вызванные влиянием других величин:

- неопределенность ускорения силы тяжести;

- неопределенность отклонения оси поршня от вертикали; неопределенность разности уровней торцов;

- неопределенность плотности среды, передающей давление;

- неопределенность от потери веса грузов в воздухе.

4.5.2 Неопределенности от других влияющих величин

Неопределенности, перечисленные в п. 4.5.1 (в), обычно не оцениваются при испытаниях. Указания и константы, приведенные в руководстве по эксплуатации манометра, должны быть представлены таким образом, чтобы сумма этих неопределенностей могла сохраняться фактически на минимальном уровне, например, меньше 10 % суммарной погрешности.

4.5.3 Суммарная неопределенность манометра

Каждая из этих групп неопределенности должна быть оценена отдельно. Средняя квадратическая погрешность всех неопределенностей, определяемых согласно п. А.5.8, и после внесения всех поправок не должна превышать половины максимальной допускаемой погрешности манометра, установленной в п. 4.4.

Примечание: Целесообразно, чтобы значения составляющих неопределенности разных групп, выраженные в процентах от суммарной погрешности, соответствовали следующему распределению:

4.5.1 (а) - 50 %

4.5.1 (б) - 40 %

4.5.1 (в) - 10 %.

4.6 Продолжительность свободного вращения поршня

Продолжительность свободного вращения поршня должна соответствовать технической документации предприятия изготовителя. При отсутствии каких-либо указаний продолжительность свободного вращения поршня должна быть не менее значений, указанных в Таблице 2, при условиях, указанных в А.5.1.1.

Таблица 2

Верхний предел диапазона измерений (МПа)	Время свободного вращения (мин) для классов точности					
	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2
от 0,1 до 6 вкл.	4	4	3	2	2	2
от 6 до 500 вкл.	6	6	5	3	3	3

Примечание: Манометры с вращением поршня от двигателя должны удовлетворять этим условиям при отключенном приводе.

4.7 Скорость опускания поршня

Скорость опускания поршня должна соответствовать технической документации предприятия-изготовителя. При отсутствии каких-либо указаний скорость опускания поршня не должна превышать значений, приведенных в Таблице 3 при условиях, указанных в А.5.2.1.

Таблица 3

Среда, передающая давление в зазоре	Верхний предел диапазона измерений (МПа)	Максимальная скорость опускания поршня (мм/мин) для классов точности					
		0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2
газ	от 0,1 до 1 вкл.	1	1	1	2	2	-
газ	свыше 1	2	2	2	3	3	-
жидкость	от 0,6 до 6 вкл.	0,4	0,4	0,4	1	2	3
жидкость	от 6 до 500 вкл.	1,5	1,5	1,5	1,5	3	3

4.8 Подгонка массы грузов

При необходимости грузы новых манометров должны быть подогнаны предприятием-

изготовителем для использования в специальных условиях. Разность между значениями массы этих грузов и расчетными значениями (см. Приложение Б) не должна превышать значений, указанных в Таблице 4. Для манометров более высокого класса точности грузы не подгоняются по Таблице 4, если истинное значение их массы используется для расчета измеряемого давления.

Таблица 4

Класс точности	Максимальные допускаемые погрешности (относительные значения) для подгонки массы грузов
0,005	$0,5 \times 10^{-5}$
0,01	$1,5 \times 10^{-5}$
0,02	$1,5 \times 10^{-5}$
0,05	5×10^{-5}
0,1	16×10^{-5}
0,2	16×10^{-5}

4.9 Расчет значений давления (показаний манометра)

Измеряемое давление рассчитывается в соответствии с уравнением преобразования, приведенным в инструкции по эксплуатации, или определяется суммированием значений, маркированных на накладываемых грузах.

4.10 Порог реагирования

Значение порога реагирования манометра, измеренное при давлении равном нижнему пределу основного диапазона измерений, не должно превышать 10 % максимальной допускаемой погрешности, указанной в п. 4.4.

5. Технические требования

5.1 Условия окружающей среды

Манометры предназначены для использования при следующих условиях окружающей среды:

температура от +15 °C до +30 °C;

максимальная относительная влажность окружающего воздуха 80 %.

Дополнительные условия окружающей среды при использовании манометра могут быть установлены предприятием-изготовителем.

5.2 Внешний вид манометра

Манометр не должен иметь значительных следов коррозии или повреждений, которые могут повлиять на его метрологические характеристики.

5.3 Средства для наблюдения и определения вертикального положения поршня

Манометр должен иметь встроенное устройство, которое позволяет наблюдать и определять вертикальное положение поршня во время измерения в пределах длины его хода. Чувствительность этого устройства должна быть достаточной для того, чтобы определять любое изменение положения поршня, соответствующее изменению давления, равному 10 % максимальной допускаемой погрешности манометра на нижнем пределе основного диапазона измерений в соответствии с 4.4.

5.4 Устройство для выставления уровня

Манометр должен иметь устройство для установки оси в вертикальное положение с максимальным допускаемым отклонением в 5'.

5.5. Взаимное положение поверхности наложения грузов и оси поршня

Если поверхность наложения грузов грузоприемного устройства, закрепленного на поршне, перпендикулярна оси поршня, то составляющая неопределенности отклонения от вертикального положения оси не должна превышать значений, указанных в п. 5.4.

5.6 Требования к грузам

5.6.1 Общая масса грузов

Общая масса грузов, поставляемых в комплекте с манометром, должна быть достаточной для достижения верхнего предела диапазона измерений.

5.6.2 Маркировка грузов

Массы грузов должны соответствовать номинальным значениям давления для рядов (1, 2, 5) $\times 10^n$ единиц давления, где n - целое число. Для особых случаев (в частности, см. п. 5.6.3 и п. 5.6.4) могут быть использованы другие значения.

5.6.3 Масса первого груза

Масса первого груза, необходимая для получения давления, соответствующего нижнему пределу диапазона измерений, не требует создания давления, соответствующего значению, указанному в п. 5.6.2.

5.6.4 Гири для манометров высшего класса точности

Не должно быть ограничений для значений масс грузов для манометров классов точности 0,005, 0,01 и 0,02, которые обычно применяются для калибровки или других специальных целей.

5.6.5 Форма и размеры грузов одинаковой массы

Грузы одинаковой номинальной массы, принадлежащие к одним и тем же манометрам, должны быть одинаковой формы и размеров.

5.6.6 Наложение грузов

Грузы для уравнивания должны накладываться на грузоприемное устройство с центровкой относительно оси вращения таким образом, чтобы облегчить наложение и снятие грузов.

5.6.7 Материал грузов

Грузы должны быть изготовлены из материалов, устойчивых к износу и коррозии, либо на их поверхность могут быть нанесены защитные покрытия, обеспечивающие стабильность массы в процессе эксплуатации. Стабильность должна быть такой, чтобы отклонением массы при нормальных условиях эксплуатации можно было пренебречь относительно максимальных допускаемых погрешностей. Грузы манометров классов точности 0,005, 0,01 и 0,02 должны быть изготовлены из немагнитного материала.

5.7 Материал поршневой пары

Материал, используемый для изготовления поршневой пары, должен соответствовать требованиям, предъявляемым к материалу для грузов, как указано в п. 5.6.7, и должен иметь стабильную форму и объем для обеспечения долговременной стабильности значения эффективной площади манометра.

Предприятие-изготовитель должно информировать о стабильности и качестве применяемого материала.

5.8 Герметичность поршневой пары

Герметичность должна быть определена при измерении скорости опускания поршня, которая должна соответствовать требованиям п. 4.7.

5.9 Маркировка

5.9.1 Манометр должен быть снабжен следующими данными:

- название или товарный знак предприятия-изготовителя,
- серийный номер и обозначение модели,
- год изготовления,
- класс точности,
- диапазон (диапазоны) измерения давления,
- номер утвержденного типа, если этого требуют национальные предписания.

5.9.2 Каждая часть поршневой пары - цилиндр, поршень и грузоприемное устройство, в случае, если они соединены с поршнем, должны иметь следующие данные:

- собственный заводской (идентификационный) номер или маркировку манометра;
- номинальное значение давления, полученное при нормальных условиях, если вес поршня и грузоприемного устройства не уравновешены.

5.9.3 На каждом грузе манометра должны быть нанесены следующие данные:

- собственный заводской (идентификационный) номер или маркировка комплекта;
- идентификационный номер каждого груза, когда грузы подогнаны для данной поршневой пары;
- номинальное давление в МПа (кПа), произведенное грузом при нормальном ускорении силы тяжести, при номинальной массе груза.

5.10 Документация манометра

5.10.1 Руководство по эксплуатации манометра должно содержать:

а) подробные инструкции по транспортировке, хранению и монтажу, применению и эксплуатации манометра и, если это необходимо, по контролю остаточной намагниченности поршня и цилиндра и метода размагничивания этих компонентов;

б) математические уравнения, используемые для расчета давления в функции значения грузов, температуры, местного ускорения силы тяжести и т.д.

5.10.2 Отчет о калибровке, согласно Приложению Г, должен содержать дополнительно к данным и результатам испытаний:

- а) математические уравнения, используемые при расчетах давления при калибровке,

б) суммарную неопределенность манометра в нормальных условиях.

6. Виды метрологического контроля

6.1 Утверждение типа

6.1.1 Согласно национальным предписаниям утверждение типа манометров, подлежащих метрологическому контролю, должно осуществляться с последующими исследованиями и испытаниями в лаборатории, имеющей на это право. Испытания для целей утверждения типа должны производиться максимум на трех образцах, представленных предприятием-изготовителем либо его представителем, либо его распространителем.

6.1.2 Заявитель должен снабдить каждый образец манометра, представляемого на испытания с целью утверждения типа, с документацией согласно п. 5.10. Кроме того должна быть представлена следующая информация:

- чертежи сборки прибора и других важных с метрологической точки зрения узлов, и технические свойства марки материалов, используемых при изготовлении поршневой пары, с относящимся к ним физическим константам;

- краткое описание работы манометра;

- краткое техническое описание методов измерений и испытаний, применяемых при выпуске из производства, и требования к процедуре расчета значений эффективной площади поршня, значений давления и любых поправочных коэффициентов;

- любая другая информация, которая подтверждает, что прибор удовлетворяет требованиям.

6.1.3 Должна быть изучена и оценена полнота Руководства по эксплуатации. Прибор должен быть подвергнут внешнему осмотру на соответствие требованиям п. 5.2.

6.1.4 Аккредитованная лаборатория должна проводить следующие испытания согласно Приложению А или может согласиться с данными испытаний, проведенных предприятием-изготовителем, подтверждающими требуемые характеристики прибора:

- чувствительность устройства, наблюдающего за положением поршня (п. 5.3);

- выставка оси поршня относительно оси местного гравитационного поля (п. 5.4 и А.4.1, А.4.3);

- перпендикулярность оси поршня относительно поверхности наложения

- грузов грузоприемного устройства (п. 5.5 и А.4.4);

- герметичность прибора (5.8 и А.4.5);

- продолжительность свободного вращения поршня (п. 4.6 и А.5.1);

- скорость опускания поршня (п. 4.7 и А.5.2);

- порог реагирования (4.10 и А.5.3);

- определение массы поршня и грузов (п. 4.8, 5.6, А.5.6 и Приложение Б);

- определение эффективной площади поршня (А.5.5);

- определение массы поршня с грузоприемным устройством и массы других грузов (А.5.4, А.5.6 и Приложение Б);

- коэффициент деформации (А.5.7 и Приложение С);

- суммарная неопределенность манометра (4.5 и А.5.8).

6.1.5 Результаты испытаний, проводимых для утверждения типа, должны быть оформлены по формату, приводимому в Приложении Г.

6.1.6 При удовлетворительных результатах исследований и испытаний с целью утверждения типа манометра заявителю выдается сертификат об утверждении типа как установлено в национальных предписаниях.

6.2 Первичная и периодическая поверки

6.2.1 Согласно национальным предписаниям первичная и последующие поверки должны проводиться в аккредитованных лабораториях и только для тех манометров, которые были изготовлены в соответствии с утвержденным типом.

6.2.2 Манометры, представленные для поверки должны удовлетворять тем же требованиям, что предъявляются при испытании типа.

6.2.3 На манометры, соответствующие требованиям, предъявляемым для поверки, может быть нанесено поверочное клеймо либо выдан сертификат. Этот сертификат должен содержать такую же информацию, что и при утверждении типа.

6.2.4 Если манометр не соответствует требованиям относительно класса точности, по которому он представлен на поверку, но удовлетворяет требованиям для более низкого класса точности, то по запросу заявителя может быть выдан сертификат о поверки на этот более низкий класс точности.

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ

А.1 Испытательное оборудование

Для проведения испытаний требуется следующее испытательное оборудование:

- эталонный манометр с соответствующим диапазоном измерений и классом точности согласно А.5.5.2.1;
- эталонные весы со связанными массами или грузы, представляемые заявителем, для определения массы грузов прибора и его поршня с грузоприемным устройством, с максимальной допускаемой погрешностью, определенной в п. 4.8;
- дополнительное оборудование такое, как индикатор уровня, термометр, индикатор положения и т.д.

Примечания.

1. Наличие эталонных весов не обязательно, если заявитель имеет сертификат на массы грузов прибора и поршня с грузоприемным устройством, выданный аккредитованной лабораторией.
2. В особых случаях для испытаний манометра могут быть использованы эталонные манометры других типов (отличных от грузопоршневых манометров), но методика испытаний с использованием таких манометров не является предметом настоящей Рекомендации.

А.2 Условия испытаний и нормальные условия

Испытания должны проводиться в лабораториях с кондиционированием воздуха при следующих условиях:

- температура окружающего воздуха $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха $60\% \pm 20\%$;
- постоянство температуры среды, окружающей прибор во время испытаний, должно изменяться менее чем на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ в час;
- скорость циркуляции воздуха менее чем 1 м/с ;
- выдержка манометра и испытательного оборудования в лаборатории перед испытанием не менее 6 часов;
- манометр выставляется по уровню в соответствии с Руководством по эксплуатации предприятия-изготовителя;
- температура манометра, измеренная соответствующим термометром с максимальной неопределенностью $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

А.2.1 Нормальными условиями должны быть:

- температура $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность $60\% \pm 20\%$.

В отчете об испытаниях должны быть указаны эти нормальные условия и местное ускорение силы тяжести.

А.3 Внешний осмотр

А.3.1 Документация

Проверка полноты представленной документации, включая Руководство по эксплуатации.

А.3.2 Конструкторская документация (только для утверждения типа)

Проверка конструкторской документации состоит в том, чтобы определить, является ли она достаточно подробной для описания образца (образцов) типа манометра.

А.3.3 Манометр

Проверка манометра для признания соответствия его техническим требованиям статьи 5, которые не требуют проверки.

А.4 Испытания манометра на соответствие техническим требованиям

А.4.1 Манометр должен быть отрегулирован согласно Руководству по эксплуатации с помощью инструментов и измерительных приборов, прилагаемых к манометру или рекомендуемых изготовителем. Особое внимание должно быть уделено чистоте системы, особенно поршня и цилиндра, и вертикальности оси поршня.

А.4.2 Устройство для контроля вертикального уровня поршня

Устройство для контроля вертикального уровня поршня должно быть испытано сличением с катетометром или любым подобным прибором.

А.4.3 Устройство, показывающее установку уровня

Испытание должно проводиться перед наложением грузов. Вертикальность оси поршня контролируется посредством калиброванного уровня с пузырьком воздуха.

Если изготовитель не предписывает специальной процедуры для контроля вертикальности оси поршня, то должна использоваться следующая процедура:

- установить встроенное в манометр устройство установки уровня таким образом, чтобы показывающее устройство показало вертикальную центровку оси поршня в соответствии с техническими требованиями изготовителя;

- удерживать поршень в его рабочем положении;

- установить калиброванный уровень на верхней поверхности поршня или на специально сконструированном для этой цели приспособлении; неопределенность калиброванного уровня с пузырьком воздуха должна быть порядка 1';

- поршень установлен правильно, если удовлетворены требования п. 5.4.

A.4.4 Перпендикулярность оси поршня и грузоприемного устройства

Это испытание проводится, когда грузоприемное устройство и поршень соединяются неподвижно. Оно должно проводиться перед наложением грузов. После установления вертикальности оси поршня, калиброванный уровень с пузырьком воздуха размещается на верхней поверхности грузоприемного устройства в двух перпендикулярных друг другу направлениях. Отклонение показания калиброванного уровня, размещенного в этих двух направлениях, должно удовлетворять требованиям п. 5.5.

A.4.5 Испытание герметичности системы давления манометра

Давление внутри прибора должно увеличиваться до верхнего предела измерений и это давление должно выдерживаться до тех пор, пока система не достигнет теплового равновесия (5-30 мин). Затем система давления прибора должна быть отключена от источника давления и его герметичность должна быть оценена путем измерения скорости опускания поршня при вращающемся поршне. Требования п. 4.7 должны быть удовлетворены.

A.5 Испытания на соответствие метрологическим требованиям

A.5.1 Продолжительность свободного вращения поршня

A.5.1.1 Продолжительность свободного вращения поршня должна определяться при следующих условиях:

- а) измерительная система манометра заливается жидкостью, передающей давление, в соответствии с требованиями предприятия-изготовителя;

- б) давление должно равняться верхнему пределу диапазона измерений;

- в) начальная скорость вращения поршня должна быть указана предприятием-изготовителем или не должна превышать значения $(2 \pm 0,15) \text{ с}^{-1}$;

- г) поршневая пара должна находиться при нормальной температуре или при температуре в пределах диапазона рабочих температур, указанных предприятием-изготовителем (см. A.5.1.2);

- д) два последовательных испытания должны проводиться при поршне, вращающемся в противоположном направлении.

A.5.1.2 Если температура поршневой пары при испытании отличается от нормальной температуры более чем на 2°C , то продолжительность свободного вращения должна рассчитываться по формуле:

$$\tau_r = \tau \frac{\eta}{\eta_r}, \quad (1)$$

где τ_r - продолжительность свободного вращения поршня при нормальной температуре,

τ - продолжительность вращения поршня при температуре измерения,

η_r - динамическая вязкость жидкости давления при нормальной температуре;

η - динамическая вязкость жидкости давления при температуре измерения.

Примечание: Формула приемлема при условии, что поршень и цилиндр сделаны из одного материала.

A.5.1.3 Точность измерения времени, вращения и температуры должны быть следующими:

- продолжительность свободного вращения поршня должна измеряться с неопределенностью не превышающей $\pm 10 \text{ с}$;

- температура поршневой пары должна измеряться с неопределенностью не превышающей $\pm 0,5^\circ\text{C}$;

- начальная скорость вращения поршня должна быть измерена с неопределенностью не превышающей $\pm 0,15 \text{ с}^{-1}$.

A.5.1.4 Требования п. 4.6 должны быть удовлетворены.

A.5.2 Скорость опускания поршня

А.5.2.1 Скорость опускания поршня определяется при следующих условиях:

- а) измерительная система прибора должна содержать жидкость соответствующую техническим требованиям предприятия-изготовителя;
- б) давление должно быть равно верхнему пределу диапазона измерений;
- в) поршневая пара должна находиться при температуре близкой к нормальной температуре или находиться в пределах диапазона рабочих температур, установленных изготовителем (А.5.2.2);
- г) прибор, насколько это возможно, должен быть изолирован от любых других трубопроводов.

А.5.2.2 Если температура поршневой пары во время испытаний отличается от нормальной температуры более чем на 1 °С, то скорость опускания поршня рассчитывается по формуле:

$$V_r = V \frac{\eta}{\eta_r}, \quad (2)$$

где V_r - скорость опускания поршня при нормальной температуре,

V - скорость опускания поршня при температуре измерения,

η - динамическая вязкость среды, передающей давление, при температуре измерения,

η_r - динамическая вязкость среды, передающей давление, при нормальной температуре.

А.5.2.3 Скорость опускания поршня должна определяться с относительной неопределенностью, не превышающей 5 %, а измерения должны выполняться только после достижения теплового равновесия в процессе определения эффективной площади.

А.5.2.4 Испытания должны быть повторены три раза и за результат испытаний принимают среднее значение из трех измерений.

А.5.2.5 Требования п. 4.7 должны быть удовлетворены.

А.5.3 Порог реагирования

А.5.3.1 Определение порога реагирования должно осуществляться при давлении, соответствующем верхнему пределу диапазона измерений.

А.5.3.2 Определение порога реагирования должно осуществляться при сличении с эталонным грузопоршневым манометром. При испытании накладывается груз, соответствующий изменению давления, равного 10 % максимальной допускаемой погрешности манометра.

А.5.3.3 Требования, указанные в п. 4.10, должны соблюдаться, т.е. должно наблюдаться заметное изменение разности показаний измеряемого давления или скорости опускания поршня.

А.5.4 Определение массы поршня с грузоприемным устройством и отдельных грузов

А.5.4.1 Масса поршня с грузоприемным устройством и отдельных грузов должна быть определена с помощью эталонных весов с эталонными грузами.

Примечание: Подобное определение массы не проводится, если заявитель имеет сертификат о калибровке массы грузов, выданный аккредитованной лабораторией.

А.5.4.2 Точность определения массы поршня с грузоприемным устройством и отдельных грузов должна удовлетворять требованиям п. 4.8.

А.5.5 Определение эффективной площади

А.5.5.1 Методика определения

А.5.5.1.1 Определение эффективной площади манометра должно проводиться путем сличения с эталонным манометром при условиях, приведенных в п. А.5.5.3.

А.5.5.1.2 Гидростатическое сличение с эталонным манометром должно проводиться с использованием одного из следующих методов:

а) прямое уравнивание:

сличение манометров должно осуществляться при определенных значениях давления наложением соответствующих грузов и добавлением небольших грузов;

б) прямое уравнивание с предварительным уравниванием:

перед уравниванием при различных значениях давления манометр предварительно уравнивается на нижнем пределе диапазона измерений добавлением небольших грузов, которые не принимаются в расчет в результате испытаний; во внимание должны приниматься только массы, необходимые для получения значений давления во время испытаний.

А.5.5.2 Общие требования

А.5.5.2.1 Класс точности эталонного манометра, используемого при испытаниях манометра класса точности 0,05 или 0,2, должен быть, по крайней мере, в два раза выше класса точности испытуемого манометра. Эталонный манометр, используемый для испытания манометров классов точности 0,005, 0,01 или 0,02, должен иметь такую суммарную неопределенность,

состоящую из неопределенности эталонного манометра и неопределенности метода испытаний, которая не должна превышать 0,005 %, 0,01 % или 0,02 % от значения измеряемого давления.

А.5.5.2.2 Испытание должно проводиться при постепенном увеличении значений давления до верхнего предела диапазона измерений манометра, а затем при их постепенном уменьшении. Число точек давления и их распределение по диапазону измерений прибора должны определяться в соответствии с Таблицей 5.

Таблица 5

Количество точек давления при испытаниях и их распределение

Класс точности			Количество точек	Номинальные значения давления в % от верхнего предела диапазона измерений									
0,005	0,01	0,02		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0,05	0,1	0,2	6	10	20	40	60	80	100				

Примечание: При испытании манометров класса точности 0,005, 0,01 или 0,02 может быть пропущено до трех точек давления при условии, что они идут не подряд.

А.5.5.2.3 Взаимное вертикальное положение торцов поршней обоих, сличаемого и эталонного, манометров во время испытаний должно определяться с точностью, достаточной для обеспечения того, чтобы составляющая измерения давления из-за этой влияющей величины не превышала 10 % максимальной допускаемой погрешности, указанной в п. 4.4.

А.5.5.2.4 Во время сличения скорость опускания поршня на каждой точке давления, когда поршни обоих манометров находятся в рабочем положении, должна быть такой, чтобы она обеспечивала оптимальную чувствительность манометров (как указано в Руководстве по эксплуатации).

А.5.5.2.5 Во время сличения уравнивание считается достаточным, когда не наблюдается заметных различий или изменений скоростей опускания поршней обоих манометров. При таком положении добавление или снятие небольшого груза со значением, соответствующим давлению, равному 10 % от максимальной допускаемой погрешности манометра, должно вызывать заметное изменение скорости опускания поршня.

Примечание: Во время испытаний испытуемый манометр может быть отсоединен от эталонного манометра при помощи чувствительного дифференциального индикатора давления, который может измерить незначительную разность давлений между двумя манометрами.

А.5.5.3 Расчет эффективной площади

А.5.5.3.1 Значение эффективной площади определяется как среднее отдельных результатов сличения с эталонным манометром и с использованием следующего уравнения:

$$A_{i,o} = \frac{\left[m \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho} \right) + m_i \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_i} \right) + \frac{\gamma C}{g} \right] A_{et} (1 + \Phi_i + \Lambda_i)}{m_{et} \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_{et}} \right) + m_{et,i} \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_{et,i}} \right) + (\rho_F - \rho_b) A_{et} H + \frac{\gamma C_{et}}{g}}, \quad (3)$$

где:

$A_{i,o}$ - эффективная площадь испытуемого манометра i -го уравнивания при нулевом давлении и при нормальной температуре,

A_{et} - эффективная площадь эталонного манометра при нулевом давлении и при нормальной температуре,

m_{et} , m - истинные значения массы поршней и грузоприемных устройств эталонного и испытуемого манометров,

ρ_{et} , ρ - плотность массы поршней и грузоприемных устройств эталонного и испытуемого манометров,

$m_{et,i}$, m_i - массы грузов эталонного и испытуемого манометров для i -го уравнивания,

$\rho_{et,i}$, ρ_i - плотность массы грузов и грузоприемных устройств эталонного и испытуемого манометров для i -го уравнивания,

ρ_F - плотность массы среды, передающей давление,

H - вертикальное расстояние между опорными уровнями эталонного и испытуемого манометра, определяемое при помощи их опорных уровней (H - число положительное, когда

опорный уровень эталонного манометра выше опорного уровня испытываемого манометра),
 ρ_b - плотность окружающего воздуха во время испытаний,
 γ - поверхностное натяжение среды, передающей давление и примененной при испытании,
 C_{et} , C - окружности поршней эталонного и испытываемого манометров.

Примечание: Выражения $\gamma C/g$ и $\gamma C_{et}/g$ в уравнении (3) в большинстве случаев незначительны.

А.5.5.3.2 Вспомогательные коэффициенты Φ_i и Λ_i в уравнении (3) представляют собой поправки к изменению эффективной площади от температуры и давления, соответственно:

$$\Phi_i = (\alpha_{1,et} - \alpha_{2,et})(t_{et} - t_r) - (\alpha_1 + \alpha_2)(t - t_r), \quad (4)$$

$$\Lambda_i = (\lambda_{et} - \lambda)p_i, \quad (5)$$

где $\alpha_{1,et}$, α_1 - коэффициенты теплового расширения материалов поршня эталонного и испытываемого манометров,

$\alpha_{2,et}$, α_2 - коэффициенты теплового расширения материалов цилиндра эталонного и испытываемого манометров,

t_{et} , t - температура эталонного и испытываемого манометров,

t_r - нормальная температура,

λ_{et} , λ - коэффициент деформации поршневой пары эталонного и испытываемого манометров,

p_i - значение измеряемого давления при i -ом уравновешивании.

А.5.5.3.3 При проверке, значения коэффициентов деформации, в зависимости от давления, должны быть взяты из технических требований изготовителя или из сертификата об утверждении типа, но для испытаний по утверждению типа эти значения должны определяться экспериментально или путем расчета в соответствии с Приложением В.

А.5.5.3.4 Исходя из индивидуальных значений эффективной площади $A_{i,o}$ согласно уравнению (3) рассчитывается:

а) эффективная площадь A_o

$$A_o = \frac{1}{n} \sum A_{i,o}, \quad (6)$$

где n - число измерений,

б) оценка среднего квадратического отклонения σ_A

$$\sigma_A = \left[\frac{\sum (A_{i,o} - A_o)^2}{n-1} \right]^{1/2}. \quad (7)$$

А.5.5.3.5 Значение эффективной площади A_o должно сравниваться со значением, указанным изготовителем. Если эти два значения отличаются более чем на 50 % от максимальной допускаемой погрешности манометра, как указано в п. 4.4, то значение, определенное во время испытания, должно считаться в качестве эффективной площади манометра и должно быть указано в сертификате манометра.

А.5.5.3.6 Погрешность определения эффективной площади равна:

а) если эффективная площадь, указанная изготовителем сохранена, то погрешностью является сумма двух следующих значений:

- погрешности, определенной как разность между эффективной площадью, указанной изготовителем, и эффективной площадью, определенной во время испытаний;

- погрешности определения эффективной площади во время испытания;

б) погрешности определения эффективной площади во время испытания, если использовалась эффективная площадь, определенная во время испытания.

А.5.6 Масса поршня с грузоприемным устройством и масса других грузов

А.5.6.1 При необходимости требуемые значения массы поршня с грузоприемным устройством и другими грузами должны быть рассчитаны в соответствии с Приложением Б с использованием эффективной площади A_o , рассчитываемой согласно п. 5.5.

А.5.6.2 При необходимости отклонение массы должно измеряться путем сравнения значений массы поршня с грузоприемным устройством и другими грузами (определенными в соответствии п. А.5.4), со значениями массы, определенными согласно п. А.5.6.1.

А.5.6.3 Погрешность массы определяется следующим способом:

а) если используются номинальные значения массы, то неопределенность массы равна сумме неопределенности калиброванных грузов и неопределенности определения массы во время испытания;

б) если используются значения, определенные во время испытания, то неопределенность массы равна неопределенности определения массы.

А.5.6.4 Относительная составляющая неопределенности измерения давления, возникающая вследствие неопределенности массы является численно равной относительному значению неопределенности массы.

А.5.7 Коэффициент деформации поршневой пары

А.5.7.1 Коэффициент деформации в зависимости от давления поршневой пары должен определяться в соответствии с методом, указанным в п. В.2 или любым другим аналогичным методом.

А.5.7.2 Значение коэффициента деформации в зависимости от давления, определенное во время испытания, сравнивается со значением, указанным изготовителем. Разница между этими значениями не должна превышать 10 %. В противном случае должна использоваться величина, определенная во время испытания.

А.5.8 Суммарная неопределенность

Суммарная неопределенность манометра, выраженная в процентах от измеряемого давления - это квадратный корень трех следующих составляющих:

- неопределенность эффективной площади, выраженная в процентах (п. А.5.5.3)
- неопределенность массы, выраженная в процентах (А.5.6.3)
- 10 % - как резерв для других неопределенностей, вызываемых другими влияющими величинами (п. 4.5.1, в).

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (Информативное)

РАСЧЕТ ТРЕБУЕМОЙ МАССЫ ГРУЗОВ МАНОМЕТРА

При необходимости значения требуемой массы отдельных грузов из комплекта грузов манометра должна рассчитываться из значения эффективной площади, определенной согласно п. А.5.5.3. Если нет необходимости рассматривать зависимость эффективной площади A от давления p , то должно применяться уравнение (8). Если необходимо учитывать эту зависимость, то расчет производится согласно уравнению (9).

Б.1 Расчет без учета зависимости $A = f(p)$

Поршень с грузоприемным устройством может частично или целиком создавать давление, соответствующее нижнему пределу диапазона измерений. Значение массы i -ого груза из набора грузов рассчитывается по следующему уравнению:

$$m_i = \frac{A_0 p_i}{g} \left(1 + \frac{\rho_b}{\rho_m} \right), \quad (8)$$

где m_i - требуемое значение массы i -ого груза,

p_i - давление, воспроизводимое i -ым грузом при нормальной температуре и при нормальном ускорении силы тяжести,

A_0 - эффективная площадь манометра при нулевом давлении и при нормальной температуре,

g - нормальное ускорение силы тяжести,

ρ_b - плотность окружающего воздуха во время испытаний,

ρ_m - плотность материала груза.

Б.2 Расчет с учетом зависимости $A = f(p)$

В этом случае значение массы грузов зависит от порядка, в котором отдельные грузы накладываются один на другой; этот порядок должен быть промаркирован на грузах (j). Поршень с грузоприемным устройством может частично или полностью создать давление, соответствующее нижнему пределу диапазона измерений. Значение массы j -го груза, накладываемого на грузоприемное устройство, рассчитывается согласно следующему уравнению:

$$m_j = \frac{A_0 p_j}{g} \left(1 + \frac{\rho_b}{\rho_m} \right) [1 + (2j-1)\lambda p_j], \quad (9)$$

где m_j - масса груза, накладываемого в последовательности как j -ый,

p_i - давление, воспроизводимое грузом, накладываемым в последовательности в j -ую позицию при нормальной температуре и при нормальном ускорении силы тяжести,

A_0 - эффективная площадь прибора при нулевом давлении и нормальной температуре,

g - нормальное ускорение силы тяжести,

ρ_b - плотность окружающего воздуха,

ρ_m - плотность материала грузов,
 λ - коэффициент деформации грузопоршневой пары.

ПРИЛОЖЕНИЕ В (Информативное)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ДЕФОРМАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДАВЛЕНИЯ ПОРШНЕВОЙ ПАРЫ

В.1 Методы определения

Коэффициент деформации в зависимости от давления поршневой пары, λ , в основном определяется экспериментальным методом, путем сличения с эталонным манометром. Для манометров с простым типом поршня и цилиндра этот коэффициент можно определять путем расчета на основе теории упругости и известных физических констант материала(ов) поршневой пары.

В.2 Определение λ сличением с эталонным манометром

В.2.1 Принцип

Принцип экспериментального определения коэффициента деформации поршневой пары состоит в определении соотношения между эффективной площадью и измеренным давлением. Можно определить λ или разность $\lambda_{et} - \lambda$, где λ_{et} - коэффициент деформации поршневой пары эталонного манометра.

В.2.2. Непосредственное определение λ

В.2.2.1 Зависимость между эффективной площадью и измеряемым давлением выражается уравнением:

$$A = A_o(1 + \lambda p), \quad (10)$$

где A - эффективная площадь поршневой пары поверяемого манометра при давлении p и при нормальной температуре t_r ,

A_o - эффективная площадь поршневой пары манометра при нулевом давлении и нормальной температуре t_r ,

λ - коэффициент деформации поршневой пары манометра.

В.2.2.2 Эффективная площадь поршневой пары испытуемого манометра при заданном давлении при его сличении с эталонным манометром, но без коррекции λ , рассчитывается по следующему уравнению, производному от уравнения (3):

$$A_i = \frac{\left[m \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho} \right) + m_i \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_i} \right) + \frac{\gamma C}{g} \right] A_{et} (1 + \Phi_i + \lambda_{et} p_i)}{m_{et} \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_{et}} \right) + m_{et,i} \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_{et,i}} \right) + (\rho_F - \rho_b) A_{et} H + \frac{\gamma C_{et}}{g}} \quad (11)$$

A_i - эффективная площадь манометра при нормальной температуре для i -го уравновешивания,

A_{et} - эффективная площадь эталонного манометра при нулевом (атмосферном) давлении и нормальной температуре,

m_{et}, m - массы поршней и грузоприемных устройств эталонного и испытуемого манометров,

ρ_{et}, ρ - плотности материалов поршня и грузоприемных устройств эталонного и поверяемого манометров,

$m_{et,i}, m_i$ - массы грузов эталонного и испытуемого манометров при i -ом уравновешивании,

ρ_{et}, ρ_i - плотности грузов эталонного и испытуемого манометров при i -ом уравновешивании,

ρ_F - плотность среды, передающей давление,

H - вертикальное расстояние между опорными уровнями (торцами) эталонного и испытуемого манометров, которое определено посредством их нормальных уровней (H - число положительное, когда опорный уровень эталонного манометра выше опорного уровня испытуемого манометра),

ρ_b - плотность окружающего воздуха во время испытания,

γ - поверхностное натяжение среды, передающей давление, во время испытания,

g - нормальное ускорение силы тяжести,

C_{et}, C - окружности поршней эталонного и испытуемого манометров,

λ_{et} - коэффициент деформации поршневой пары эталонного манометра в зависимости от давления.

В.2.2.3 Коэффициент деформации поршневой пары в зависимости от давления может быть рассчитан по значениям эффективных площадей манометра, A_i , для отдельных точек давления, применяя метод наименьших квадратов и уравнение (10) согласно следующему уравнению:

$$\lambda = \frac{\frac{n \sum_1^n A_i P_i - \sum_1^n A_i \sum_1^n P_i}{1}}{\frac{n \sum_1^n A_i \sum_1^n P_i^2 - \sum_1^n P_i \sum_1^n A_i P_i}{1}}, \quad (12)$$

где n - число значений измеряемого давления.

В.2.2.4 Расчет коэффициента деформации вследствие давления, согласно п. В.2.2.3, может быть заменен линейной регрессией зависимости эффективных площадей A_i по отношению к измеренному давлению p_i на отдельных измеренных точках, определением коэффициента линейной зависимости

$A_i = k p_i$ и расчетом коэффициента λ , применяя уравнение (10).

В.2.3 Дифференциальное определение λ

В.2.3.1 Применение уравнения (10) для обоих эталонного и испытуемого манометров дает:

$$R_i = R_0[1 + (\lambda_{et} - \lambda)p_i], \quad (13)$$

где R_i - отношение эффективных площадей поршневой пары эталонного и испытуемого манометров при давлении p ,

R_0 - отношение эффективных площадей поршневой пары эталонного и испытуемого манометров при нулевом давлении,

λ_{et} , λ - коэффициент деформации в зависимости от давления эталонного и испытуемого манометров.

В.2.3.2 Разница между коэффициентами деформации в зависимости от давления эталонного и испытуемого манометров может быть рассчитана из следующего уравнения:

$$\lambda_{et} - \lambda = \frac{R/R_0 - 1}{p}. \quad (14)$$

В.3 Расчет λ

В.3.1 Коэффициент деформации, в зависимости от давления, поршневой пары манометра с простым типом поршня в цилиндре без противодействия рассчитывается по следующему уравнению:

$$\lambda = \frac{1}{2E_2} \left[\frac{\left(\frac{r}{b}\right)^2 + 1}{\left(\frac{r}{b}\right)^2 - 1} + \mu_2 \right] - \frac{1}{2E_1} (1 - 3\mu_1). \quad (15)$$

Если поршень и цилиндр изготовлены из одного материала, коэффициент рассчитывается по следующему уравнению:

$$\lambda = \frac{1}{E} \left[\frac{1}{\left(\frac{r}{b}\right)^2 - 1} + 2\mu \right]. \quad (16)$$

В.3.2 Коэффициент деформации поршневой пары с простым типом поршня в цилиндре с противодействием по всей внешней поверхности и нагрузкой на торце рассчитывается по следующему уравнению:

$$\lambda = \frac{1}{2E_2} \left[\frac{3\left(\frac{r}{b}\right)^2 - 1}{\left(\frac{r}{b}\right)^2 - 1} - 3\mu_2 \right] - \frac{1}{2E_1} (1 - 3\mu_1). \quad (17)$$

Если поршень и цилиндр изготовлены из одного материала, коэффициент рассчитывается по следующему уравнению:

$$\lambda = -\frac{1}{E} \left[\frac{2\left(\frac{r}{b}\right)^2 - 1}{\left(\frac{r}{b}\right)^2 - 1} - 3\mu \right]. \quad (18)$$

Условные обозначения в уравнениях (14 - 18) имеют следующие значения:

E_1 - модуль упругости материала поршня,

E_2 - модуль упругости материала цилиндра,

μ_1 - коэффициент Пуассона материала поршня,

μ_2 - коэффициент Пуассона материала цилиндра,

r - внешний радиус цилиндра,

b - радиус поршня.

Этот расчет не применим для более сложных форм поршня и цилиндра.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ФОРМАТ ОТЧЕТА ОБ ИСПЫТАНИЯХ

Примечание: Это Приложение носит информативный характер в том, что касается внедрения этой Рекомендации в национальную регламентацию; однако применение формата отчета об испытаниях является обязательным при применении Рекомендации в рамках Системы Сертификатов МОЗМ.

Г.1 Наименование испытательной лаборатории (ий)

Г.2 Ссылка на эту Рекомендацию (номер и год издания)

Г.3 Общая информация об испытуемом манометре:

- Заявка №...:

- Предприятие-изготовитель:

- Класс точности:

- Обозначение типа:

- Диапазон измерения:

Г.4 Испытание чувствительности устройства, контролирующего положение поршня (п.п. 5.3, А.4.2)

Номер измерения	Показания устройства, контролирующего положение поршня	Показания катетометра (или аналогичного прибора)	Разность показаний
1			
2			
3			

Соответствует _____ Не соответствует _____

Замечания: _____

Г.5 Испытание уравновешивающего и показывающего устройств (п.п.5.4, А.4.3)

Номер измерения	Угол вращения поршня относительно начального положения	Угол отклонения относительно вертикали
1	0°	
2	90°	
3	180°	
4	270°	
5	0°	

Соответствует _____ Не соответствует _____

Замечания: _____

Г.6 Испытания перпендикулярности поршня и грузоприемного устройства (п.п. 5.5, А.4.4)

Положение уровня	Отклонение от нулевого положения	Разность отклонений между направлениями А и В
Направление А		
Направление В		

Соответствует _____ Не соответствует _____

Замечания: _____

Г.7 Испытания герметичности (п.п. 5.8, А.4.5)

Время	Величина опускания поршня
1	
2	
3	
4	
5	

Соответствует _____ Не соответствует _____

Замечания: _____

Г.8 Испытания свободного вращения поршня

Номер измерения	Начальная скорость вращения	Температура	Время до остановки поршня

Соответствует _____ Не соответствует _____

Замечания: _____

Г.9 Определение скорости опускания поршня

Номер измерения	Расстояние опускания	Температура	Время	Скорость опускания
1				
2				
3				

Соответствует _____ Не соответствует _____

Замечания: _____

Г.10 Определение массы поршня, грузоприемного устройства и грузов (п. А.5.4, А.5.6, Приложение Б)

	Номинальное значение массы	Истинное значение массы
Поршень		
Грузоприемное устройство		
Груз 1		
Груз 2		

Соответствует _____ Не соответствует _____

Замечания: _____

Г.11 Определение эффективной площади (п. А.5.5)

Номер измерения	Точка давления	Эталонный груз	Испытуемый груз	Температура	Эффективная площадь $A_{i,o}$
1			13		
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
				$A_o =$	
				$\sigma_A =$	

Замечания: _____

Г.12 Определение коэффициента деформации путем сличения с эталонным манометром (Приложение В)

Номер измерения	Точка давления	Эталонный груз	Испытуемый груз	Температура	Эффективная площадь $A_{i,o}$	Эффективная площадь A_i	Коэффициент деформации
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Замечания: _____

Г.13 Отклонение массы грузов от требуемых значений (А.5.4, А.5.6 и Приложение Б)

Номер груза	Истинное значение массы	Требуемое значение массы	Отклонение значения истинного от требуемого
1			
2			
3			

Соответствует _____ Не соответствует _____

Замечания: _____

Содержание

Предисловие

1 Область применения

2 Терминология

3 Описание прибора

4 Метрологические требования

5 Технические требования

6 Виды метрологического контроля

Приложение А Методы испытаний

Приложение Б Расчет массы грузов

Приложение В Определение коэффициента деформации по поршневой пары манометра

Приложение Г Формат отчета об испытаниях