

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора ВНИИМС
В.П. Кузнецов
12 декабря 1997 г.




РЕКОМЕНДАЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений.
МАНОМЕТРЫ ГРУЗОПОРШНЕВЫЕ. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.
ВИДЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ.

МИ 2429-97

(МР МОЗМ N 110)

ФОНД НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ
ФГУП «ВНИИМС»
КОПИЯ
Подпись руководителя 



Москва

1997

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. Подготовлена Всероссийским научно-исследовательским институтом метрологической службы (ВНИИМС).

Исполнители:

Гончаров А.И., нач. отдела и Шипулина А.Ф., вед. инженер.

2. Утверждена зам. директора ВНИИМС 24.12.97 г.

3. Настоящая Рекомендация по метрологии представляет собой аутентичный текст Международной Рекомендации МОЗМ МР 110.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
1 Область применения	6
2 Терминология	6
3 Описание прибора	10
4 Метрологические требования	12
5 Технические требования	18
6 Виды метрологического контроля	22
Приложение А Методы испытаний	25
Приложение Б Расчет массы грузов	40
Приложение В Определение коэффициента деформации поршневой пары манометра	43
Приложение Г Форма отчета об испытаниях	50

ПРЕДИСЛОВИЕ

Международная Организация Законодательной Метрологии (МОЗМ) является всемирной, межправительственной организацией, основной задачей которой является гармонизация правил и метрологического контроля, применяемых национальными метрологическими службами или относящимися к ним организациям стран-членов МОЗМ.

Существуют две основные категории публикаций МОЗМ:

1) **Международные Рекомендации МОЗМ (МОЗМ Р)**, являющиеся образцом правил, которые устанавливают метрологические характеристики некоторых измерительных приборов и которые точно определяют методы и оборудование для проверки их соответствия; страны - члены МОЗМ должны выполнять эти Рекомендации в наиболее возможной степени.

2) **Международные Документы (МОЗМ Д)**, являющиеся информативными по своей природе и предназначенные для усовершенствования работы метрологических служб.

Проекты Международных Рекомендаций и Документов разрабатываются техническими комитетами или подкомитетами, создаваемыми странами - членами МОЗМ. В этих проектах также принимают участие и некоторые международные и региональные организации на совещательной основе.

Устанавливаются совместные соглашения между МОЗМ и некоторыми организациями, такими, как ИСО и ИЕС, с целью устранения противоречий в требованиях; поэтому изготовители и потребители измерительных приборов, поверочные лаборатории и прочие могут одновременно применять публикации МОЗМ и публикации других организаций.

Международные Рекомендации и Международные Документы публикуются на французском (F) и английском (E) языках и подвергаются периодическому пересмотру.

Публикации МОЗМ могут быть получены из Центра Организации по адресу:

Bureau International de Metrologie Legale

11, rue Turgot - 75009 Paris - France

Telephone: 33 (1) 48 78 12 82 and 42 85 27 11

Fax: 33 (1) 42 82 17 27

*

* *

Настоящая публикация - Рекомендация МР 110, издание 1994(Е) была разработана Подкомитетом ТК 10/ПК 1 "Грузопоршневые манометры" и утверждена в 1994 году Международной Конференцией Законодательной Метрологии.

ГСИ. МАНОМЕТРЫ ГРУЗОПОРШНЕВЫЕ.
МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ.
ВИДЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящая Рекомендация распространяется на грузопоршневые манометры (далее манометры) с прямым нагружением, имеющие или простой поршень, или 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 форму отчета по испытаниям. Эта Рекомендация применяется также для подгонки грузов, используемых для грузопоршневых манометров и для калибровки грузопоршневых манометров в тех случаях, где требуется более высокая точность.

Рекомендация устанавливает также виды метрологического контроля за манометрами.

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

2. ТЕРМИНОЛОГИЯ

Терминология, используемая в этой 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, который может быть измерен 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 разгона до 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 нагружении.

2.1.8. Случайная составляющая погрешности при измерении давления
Характеристика, связанная с результатом измерений давления, характеризующаяся разбросом значений измеряемого давления.

2.1.9. Погрешность 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 погрешностей в определенных пределах.

2.2. Методы задания давления

2.2.1. Задание давления путем наложения грузов

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, получаемого 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 в точности соответствует определяемому давлению.

2.3.2. Действительное значение давления

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

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 измерений 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 противодействием жидкость, передающая давление, воздействует не только на основание поршня и по всей длине зазора между поршнем и цилиндром, но также и на наружную поверхность цилиндра.

3.2. Основные элементы манометра

3.2.1. Поршневая пара состоит из поршня цилиндрической формы, помещенного в цилиндр. На свободном конце поршня может быть установлено грузоприемное 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, вентиля 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 измерений

Единицей измерений, 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 из 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 $0,1 P_{\text{макс}}$ до $P_{\text{макс}}$,

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

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

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

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

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. Максимальные допускаемые погрешности

Максимальные допускаемые погрешности манометров при испытаниях

типа и при первичной и периодической поверках должны быть одинаковыми.

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

Таблица 1

Класс точности	Максимальные допускаемые погрешности	
	В основном диапазоне измерений (в процентах от измеряемого давления)	В дополнительном диапазоне измерений (в процентах от $0,1 P_{\text{макс}}$)
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. Погрешности манометра

Погрешность манометра должна быть определена из оценки составляющих погрешности измеренных величин и тех заданных величин, которые используются для расчета результата измерений.

4.5.1. Составляющие погрешности

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

а) погрешность определения эффективной площади (сюда входит погрешность используемого эталонного манометра и некоторые отдельные погрешности метода), которая включает:

- погрешность определения коэффициента деформации поршневой пары,
- погрешность метода сличения,
- погрешность от влияния температуры (сюда входит погрешность измерений температуры поршневой пары, погрешность определения коэффициента теплового расширения материала поршневой пары);

б) погрешность определения массы грузов (сюда входит погрешность определения массы и ее подгонки, если последняя производится);

в) погрешности, вызванные влиянием других величин:

- погрешность определения ускорения силы тяжести,
- погрешность отклонения оси поршня от вертикали,
- погрешность определения разности уровней торцев,
- погрешность определения плотности среды, передающей давление,
- погрешность от потери веса грузов в воздухе.

4.5.2. Погрешности от других влияющих величин

Погрешности, 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 погрешностей могла сохраняться фактически на минимальном уровне, например, меньше 10 % суммарной погрешности.

4.5.3. Суммарная погрешность манометра

Каждая группа составляющих погрешности должна быть оценена независимо (при поэлементном методе поверки).

Сумма всех составляющих погрешности определяется в соответствии с

А.5.8.

Примечание: Целесообразно, чтобы значения составляющих погрешности разных групп 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
св. 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 до-

кументации 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 изменений (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	св. 1*	2	2	2	3	3	-
жидкость	от 0,6 до 6 вкл.	0,4	0,4	0,4	1	2	3
жидкость	св. 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 определенных условиях. Значения массы этих грузов должны иметь отклонения от расчетных значений (Приложение Б) не более 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 величины) 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 не должно превышать 10 % максимальной допускаемой погрешности в соответствии с 4.4, определенном при давлении, равном нижнему пределу основного диапазона измерений.

5. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

5.1. Условия окружающей среды

Манометры предназначены для использования при следующих условиях окружающей среды:

- температура от $+15^{\circ}\text{C}$ до $+30^{\circ}\text{C}$,
- 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 измерений 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 поршневой пары в вертикальное положение и для контроля 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 погрешности отклонения от вертикального положения оси не должна превышать значений, указанных в 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 или могут быть использованы другие значения (в частности, см. 5.6.3 и 5.6.4).

5.6.3. Масса первого груза

Необходимо, чтобы масса первого груза совместно с массой поршня, необходимого для получения значения давления, соответствующего нижнему пределу измерений диапазона, должна воспроизводить давление, соответствующее значению, указанному в 5.6.2.

5.6.4. Грузы для манометров самых высоких классов 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 для других специальных целей.

5.6.5. Форма и размеры грузов одной и той же массы

Грузы одинаковой номинальной массы, принадлежащие одному и тому же манометру, 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, или 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 манометра 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 5.6.7, и должен иметь стабильную форму и объем для обеспечения длительной стабильности значения эффективной площади манометра. Предприятие-изготовитель должно информировать о стабильности и качестве применяемого материала.

5.8. Герметичность поршневой пары манометра

Герметичность должна быть определена при измерении скорости опускания поршня, которая должна соответствовать требованиям 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) измерений 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, или номинальная масса груза.

5.10. Документация манометра

5.10.1. Руководство по эксплуатации манометра должно содержать:

- а) подробные инструкции для транспортировки, хранения, монтажа,

применения и эксплуатации манометра и, если это необходимо, для контроля остаточной намагниченности поршня и цилиндра и метод для размагничивания этих компонентов,

б) математические уравнения, используемые для расчета давления в функции значений 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 погрешность манометра в нормальных условиях.

6. ВИДЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

6.1. Испытания для целей утверждения 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 или его представителем, или его распространителем.

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

- чертежи сборки прибора и других узлов, важных с метрологической точки зрения, и указания на марку 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 определение процеду-

- ры расчета значений эффективной площади поршня, значений давления и других поправочных коэффициентов,
- любая иная информация, которая подтверждает, что прибор удовлетворяет требованиям.

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

6.1.4. Аккредитованная лаборатория должна выполнять проверки характеристик согласно Приложению А или может принять данные испытаний предприятия-изготовителя, которые входят в его компетенцию, и которые подтверждают требуемые характеристики прибора:

- чувствительность устройства для определения положения поршня (5.3),
- выставление оси поршня относительно оси местного гравитационного поля (5.4 и А.4.1, А.4.3),
- перпендикулярность оси поршня относительно поверхности наложения грузов грузоприемного устройства (5.5 и А.4.4),
- герметичность прибора (5.8 и А.4.5),
- продолжительность свободного вращения поршня (4.6 и А.5.1),
- скорость опускания поршня (4.7 и А.5.2),
- порог реагирования (4.10 и А.5.3),
- определение массы поршня и грузов (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 погрешность манометра (4.5 и А.5.8).

6.1.5. Результаты испытаний для целей утверждения типа манометра должны быть оформлены по форме, приведенной в Приложении Г.

6.1.6. При удовлетворительных результатах исследований и испытаний для целей утверждения типа манометра заявителю выдается сертификат об утверждении типа, как указано в национальных предписаниях.

6.2. Первичная и периодическая поверка

6.2.1. Согласно национальным предписаниям первичной и периодической поверке должны подвергаться только те манометры, которые были изготовлены в соответствии с утвержденным типом, и поверку должна проводить только аккредитованная лаборатория.

6.2.2. Манометры, предъявляемые на поверку, должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к манометрам при утверждении типа.

6.2.3. Манометры, удовлетворяющие требованиям, предъявляемым при поверке, могут быть снабжены отметкой о поверке или сертификатом. Сертификат может содержать ту же информацию, что и при утверждении типа.

6.2.4. Если манометры не соответствуют требованиям, предъявляемым при поверке для того класса точности, на которые они представлены, но удовлетворяют требованиям более низкого класса точности, то сертификат о поверке может быть выдан на этот более низкий класс точности по запросу заявителя.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ

А.1. Испытательное оборудование

Для проведения испытаний требуется следующее испытательное оборудование:

- эталонный манометр с соответствующим диапазоном измерений и классом точности, в соответствии с А.5.5.2.1,
- эталонные весы, снабженные массами или грузами по требованиям заявителя для определения массы грузов прибора и поршня с грузоприемным устройством, с максимальной допускаемой погрешностью в соответствии с 4.8,
- дополнительные средства - индикатор уровня, термометр, индикатор положения и т.д.

Примечание 1: Применение эталонных весов не обязательно, если заявитель имеет сертификат на массы грузов прибора и поршня с грузоприемным устройством, выданный аккредитованной лабораторией.

Примечание 2: В особых случаях также могут быть использованы для испытаний манометра эталонные манометры других типов (отличных от грузопоршневых манометров); однако методика испытаний с использованием таких манометров не является предметом рассмотрения этой Рекомендации.

А.2. Условия испытаний

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 $60\% \pm 20\%$,

- скорость изменения температуры среды, окружающей прибор, не должна превышать $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ в час во время испытаний,
- скорость циркуляции воздуха не менее 1 м/с ,
- выдержка манометра и испытательного оборудования в лаборатории не менее 6 часов перед испытаниями,
- манометр должен быть выставлен соответственно по уровню согласно Руководству по эксплуатации предприятия-изготовителя,
- температура манометра, измеренная соответствующим термометром с максимальной погрешностью $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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 целей утверждения типа манометра)

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

А.3.3. Манометр

Проверка представленного манометра состоит в том, чтобы опреде-

лить, выполняются ли требования Раздела 5, не требующие испытаний.

А.4. Испытания манометра на соответствие техническим требованиям

А.4.1. Начальная регулировка

Манометр должен быть отрегулирован согласно Руководству по эксплуатации с помощью ручных и измерительных инструментов, включая принадлежности прибора или принадлежности, рекомендуемые предприятием-изготовителем. Особое внимание должно быть уделено чистоте системы, особенно поршня и цилиндра, и вертикальному положению оси поршня.

А.4.2. Средства для контроля положения поршня

Устройство, используемое для контроля положения поршня, должно быть испытано сличением с любым прибором, удовлетворяющим требованиям точности отсчета.

А.4.3. Показывающее устройство для установления оси поршня

Испытание должно проводиться перед наложением грузов. Вертикальное положение оси поршня контролируется по калиброванному уровню с пузырьком воздуха.

Если предприятие-изготовитель не приводит специальной процедуры для контроля отклонения оси поршня от вертикали, то должна быть использована следующая процедура:

- ' установить показывающее устройство таким образом, чтобы оно показывало отклонение оси поршня от вертикального положения согласно Руководству по эксплуатации предприятия-изготовителя;
- ' установить поршень в его рабочее положение;
- ' расположить калиброванный уровень с пузырьком воздуха на верхней поверхности поршня или на специальном приспособлении, предназначенном для этой цели; погрешность калиброванного уровня должна быть в пределах 1 ';
- ' поршень нормально устанавливается после того, как удовлетворя-

ются требования 5.4.

А.4.4. Перпендикулярность оси поршня и грузоприемного устройства

Это испытание проводится, когда грузоприемное устройство и поршень неподвижно соединены, и должно выполняться перед наложением грузов. После того, как ось поршня установлена вертикально, калиброванный уровень размещается на верхней поверхности грузоприемного устройства в двух направлениях, перпендикулярных друг к другу. Разность показаний калиброванного уровня, размещенного в этих двух направлениях, должна удовлетворять требованиям 5.5.

А.4.5. Герметичность системы давления прибора

Давление внутри манометра должно увеличиваться до верхнего предела измерений. Это давление должно выдерживаться до тех пор, пока система не достигнет теплового равновесия (5-30 мин). Затем система давления манометра должна быть отключена от источника давления, и герметичность поршневой пары должна быть оценена по скорости опускания поршня при вращающемся поршне. Требования 4.7 должны удовлетворяться.

А.5. Испытания на соответствие метрологическим требованиям

А.5.1. Продолжительность свободного вращения поршня

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

а) измерительная система манометра заполняется средой, передающей давление, в соответствии с требованиями предприятия-изготовителя,

б) давление должно быть равно 20 % от верхнего предела 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. А.5.1.2),

д) для поршня, вращающегося в противоположном направлении, испытания должны быть повторены дополнительно.

А.5.1.2. В случае, когда температура поршневой пары отличается от нормальной температуры более, чем на 2 °С, продолжительность свободного вращения должна быть рассчитана по формуле:

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

где

τ_r - продолжительность свободного вращения поршня при нормальной температуре,

τ - продолжительность свободного вращения поршня при температуре измерения,

η_r - динамическая вязкость среды давления при нормальной температуре,

и

η - динамическая вязкость при температуре измерения.

Примечание: Соотношение действительно при условии, что поршень и цилиндр изготовлены из одного и того же материала.

А.5.1.3. Требуемая точность измерений времени, скорости и температуры:

- продолжительность свободного вращения поршня должна измеряться с погрешностью, не превышающей ± 10 с,
- температура, при которой находится поршневая пара, должна измеряться с погрешностью, не превышающей $\pm 0,5$ °С,
- начальная скорость вращения поршня должна измеряться с погрешностью, не превышающей $\pm 0,15$ с⁻¹.

А.5.1.4. Требования 4.6 должны быть удовлетворены.

А.5.2. Скорость опускания поршня

А.5.2.1. Скорость опускания поршня должна определяться при следующих условиях:

а) измерительная система манометра должна содержать среду давления в соответствии с указаниями предприятия-изготовителя,

б) давление должно быть равно верхнему пределу диапазона измерений,

в) температура, при которой находится поршневая пара, должна быть близка к нормальной температуре или находиться в пределах диапазона рабочих температур (см.5.1), указанных предприятием-изготовителем (см.А.5.2.2) с введением температурных поправок,

г) насколько это возможно, прибор должен быть изолирован от любых других трубопроводов.

А.5.2.2. В случае, если температура, при которой находится поршневая пара, отличается от нормальной температуры более, чем на 1 °С, то скорость опускания поршня должна быть рассчитана по формуле:

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

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, и

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

А.5.2.3. Скорость опускания поршня должна определяться с относительной погрешностью, не превышающей 5 %, и 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 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 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 масс грузов, выданный аккредитованной лабораторией.

А.5.4.2. Погрешность определения массы поршня с грузоприемным устройством и отдельных грузов должна соответствовать требованиям 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 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 манометров класса точности 0,05, 0,1 или 0,2, должен быть, по крайней мере, в два раза выше класса точности испытываемого маномет-

ра.

При испытаниях манометров класса точности 0,005, 0,01 или 0,02 суммарная погрешность, состоящая из погрешности эталонного манометра и погрешности метода испытаний, не должна превышать 0,005 %, 0,01 % или 0,02 % от значения измеряемого давления.

А.5.5.2.2. Измерения должны проводиться при постепенном увеличении давления до верхнего предела диапазона измерений, а затем постепенном уменьшении. Число точек давления и их распределение по диапазону измерений манометра должно определяться по Таблице 5.

Таблица 5
Количество точек давления при испытании
и их распределение

Класс точности	Количество точек	Номинальные значения давления в % от верхнего предела диапазона измерений											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
0,005 0,01 0,02	10	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 торцев 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 4.4.

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

А.5.5.2.5. Уравновешивание во время сличения считается достаточным, когда достигнуто положение равновесия поршней обоих манометров или не наблюдается заметной разницы в скорости опускания поршней. В этом 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 поверяемый манометр может быть отсоединен от эталонного манометра при помощи чувствительного дифференциального индикатора давления, который может оценить незначительную разность давлений между двумя манометрами.

А.5.5.3. Определение эффективной площади

А.5.5.3.1. Значение эффективной площади определяется как среднее отдельных значений, полученных при сличении с эталонным манометром с помощью следующего уравнения:

$$A_{i,0} = \frac{\left[m \cdot \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho} \right) + m_i \cdot \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_i} \right) + \frac{\bar{V} \cdot C}{g} \right] \cdot A_{et} \cdot (1 + \Phi_i + \lambda_i)}{m_{et} \cdot \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_{et}} \right) + m_{et,i} \cdot \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_{et,i}} \right) + (\rho_F - \rho_b) \cdot A_{et} \cdot H + \frac{\bar{V} \cdot C_{et}}{g}} \quad (3)$$

где

$A_{i,0}$ — эффективная площадь поверяемого манометра для i -ого

- уравновешивания 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 поверяемого манометров,
- ρ_{et}, ρ - плотность массы поршней и грузоприемных устройств эталонного и поверяемого манометров,
- $m_{et, i}, m_i$ - истинные значения массы грузов эталонного и поверяемого манометров, используемые для i -го уравновешивания,
- $\rho_{et, i}, \rho_i$ - плотность массы грузов и грузоприемных устройств эталонного и поверяемого манометров для i -го уравновешивания,
- ρ_f - плотность среды, передающей давление,
- H - расстояние между торцами поршней эталонного и поверяемого манометров, определяемое при помощи сравнения их относительных уровней (H - положительное число, когда торец поршня эталонного манометра выше торца поршня поверяемого манометра),
- ρ_b - плотность окружающего воздуха во время испытаний,
- γ - поверхностное натяжение среды, передающей давление, во время испытаний, и
- C_{et}, C - окружности поршней образцового и поверяемого манометров.

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

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:

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

$$\lambda_i = (\lambda_{et} - \lambda) \cdot P_i \quad (5)$$

где

$\alpha_{1,et}, \alpha_1$ - коэффициенты линейного расширения материалов поршня эталонного и поверяемого манометров,

$\alpha_{2,et}, \alpha_2$ - коэффициенты линейного расширения материалов цилиндра эталонного и поверяемого манометров,

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

t_r - нормальная температура,

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

P_i - величина измеряемого давления при i -ом уравнивании.

А.5.5.3.3. При проверке значения коэффициентов деформации должны быть взяты из документации предприятия-изготовителя или из сертификатов об утверждении типа. Для испытаний для целей утверждения типа они должны быть определены экспериментально или расчетным методом в соответствии с Приложением В.

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

а) эффективная площадь A_o

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

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 должно быть сравнено со значением, указанным предприятием-изготовителем. Если эти значения отличаются более, чем на 50 % от максимальной допускаемой погрешности в соответствии с 4.4, то величина, определенная в процессе испытаний, должна быть взята в качестве величины новой эффективной площади манометра, и она должна быть указана в сертификате манометра.

А.5.5.3.6. Погрешность определения эффективной площади равна:

а) сумме двух следующих значений, если эффективная площадь, приведенная предприятием-изготовителем, сохраняется:

· погрешности, определяемой как разность между эффективной площадью, указанной предприятием-изготовителем, и эффективной площадью, определенной во время испытаний, и

· погрешностью определения эффективной площади во время испытаний;

б) погрешности определения эффективной площади во время испытаний, если используется эффективная площадь, определенная во время ис-

пытаний.

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_0 , рассчитанной согласно А.5.5.

А.5.6.2. При необходимости отклонение массы груза должно быть измерено путем сравнения значения массы поршня с грузоприемным устройством и другими грузами (определенными в соответствии с А.5.4), со значениями массы, определяемыми в соответствии с А.5.6.1.

А.5.6.3. Погрешность массы определяется следующим способом:

а) если используются номинальные значения, то как сумма погрешности калиброванных грузов и погрешности определения массы во время испытаний;

б) если используются значения, определенные во время испытаний, то как погрешность, равная погрешности определения массы.

А.5.6.4. Относительная составляющая погрешности измерения давления в погрешности массы численно равна значению относительной погрешности определения массы.

А.5.7. Коэффициент деформации поршневой пары

А.5.7.1. Коэффициент деформации поршневой пары манометра должен быть определен в соответствии с методом, описанным в В.2, или с использованием любых других аналогичных методов.

А.5.7.2. Величина коэффициента деформации от давления сравнивается с величиной, указанной предприятием-изготовителем. Разница между этими значениями не должна превышать 10 %. В противном случае должна

быть использована величина, полученная в процессе испытаний.

А.5.8. Суммарная погрешность

Суммарная погрешность манометра, выраженная в процентах от измеряемого давления, есть сумма следующих трех составляющих:

- ' погрешности определения эффективной площади, в процентах (А.5.5.3)
- ' погрешности взвешивания, в процентах (А.5.6.3)
- ' 10 %, как сумма составляющих, от других влияющих величин (4.5.1.в).

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

РАСЧЕТ ТРЕБУЕМОЙ МАССЫ ГРУЗОВ МАНОМЕТРА
(Необязательное)

При необходимости величина требуемой массы для отдельных грузов манометра из комплекта грузов должна быть рассчитана из значения эффективной площади, определенной в соответствии с 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 проводится в соответствии с уравнением (9).

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

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

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

где

m_i - требуемое значение массы i -го 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, при нормальной температуре и при нормальном ускорении силы тяжести,

g - нормальное ускорение силы тяжести,

ρ_b - плотность окружающего воздуха во время испытаний, и

ρ_m - плотность материала груза.

По просьбе потребителя масса может подгоняться под местное ускорение силы тяжести.

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

В этом случае значение массы грузов зависит от порядка, в котором дополнительные грузы накладываются один на другой; этот порядок должен быть промаркирован на грузах (j). Поршень с грузоприемным устройством может создавать частично или целиком давление, соответствующее нижнему пределу диапазона измерений. j -ое значение груза, накладываемого на грузоприемное устройство, рассчитывается из следующего уравнения:

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

где

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

p_j - давление, воспроизводимое j -ым грузом в последовательности при нормальной температуре и нормальном ускорении силы тяжести,

A_0 - эффективная площадь при нулевом давлении при нормальной температуре и при нормальном ускорении силы тяжести,

g - нормальное ускорение силы тяжести,

ρ_b - плотность окружающего воздуха,

ρ_m - плотность материала грузов, и
 λ - коэффициент деформации поршневой пары.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ДЕФОРМАЦИИ
ПОРШНЕВОЙ ПАРЫ МАНОМЕТРА
(Необязательное)

В.1. Методы определения

Коэффициент деформации поршневой пары, λ , в основном определяется экспериментальным способом сличения с эталонным манометром. Для манометров с простым типом поршня и цилиндра этот коэффициент можно определять методом 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 экспериментального определения коэффициента деформации λ

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

В.2.2. Непосредственное определение коэффициента деформации λ

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

$$A = A_0 \cdot (1 + \lambda \cdot P) \quad (10)$$

где

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

A_0 - эффективная площадь поршневой пары манометра при нулевом (атмосферном) давлении и нормальной температуре t_r , и

λ - коэффициент деформации поршневой пары манометра.

В.2.2.2. Эффективная площадь поршневой пары поверяемого манометра при данном давлении, но без коррекции λ , при сличении с эталонным манометром, рассчитывается из следующего уравнения, производного от уравнения (3):

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

где

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

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

m_{et}, m - массы поршня и грузоприемного устройства эталонного и поверяемого манометров,

ρ_{et}, ρ - плотности материалов поршней и грузоприемных устройств

эталонного и поверяемого манометров,

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

ρ_{et}, ρ_i - плотность грузов образцового и поверяемого манометров, при i ом уравнивании,

ρ_F - плотность среды, передающей давление,

H - вертикальное расстояние между торцами поршней эталонного и поверяемого манометров (H - положительное число, когда торец эталонного манометра выше торца поршня поверяемого манометра),

ρ_b - плотность окружающего воздуха во время испытаний,

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

g - нормальное ускорение силы тяжести,

S_{et}, S - окружности поршней эталонного и поверяемого манометров,

λ_{et} - коэффициент деформации поршневой пары эталонного манометра.

В.2.2.3. Коэффициент деформации поршневой пары может быть рассчитан по значениям A_i , эффективной площади манометра для дополнительных точек давления, полученных по методу наименьших квадратов, и уравнения (10) из следующего уравнения:

$$\hat{\lambda} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot P_i - \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot \sum_{i=1}^n P_i}{n}}{\sum_{i=1}^n A_i \cdot \sum_{i=1}^n P_i^2 - \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot \sum_{i=1}^n A_i \cdot P_i}{n}} \quad (12)$$

где n - число точек измеряемого давления.

В.2.2.4. Расчет коэффициента деформации в соответствии с С.2.2.3 может быть заменен линейной регрессией зависимости эффективных площадей A_i с измерением давления P_i для отдельных точек измерений, определением коэффициента линейной зависимости $A_i = k \cdot P_i$ и расчетом коэффициента $\hat{\lambda}$ с использованием уравнения (10).

В.2.3. Дифференциальное определение $\hat{\lambda}$

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

$$R_i = R_0 \cdot [1 + (\hat{\lambda}_{et} - \hat{\lambda}) \cdot P_i] \quad (13)$$

где

R_i - отношение эффективных площадей поршневой пары эталонного и поверяемого манометров при давлении P ,

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

$\hat{\lambda}_{et}, \hat{\lambda}$ - коэффициенты деформации эталонного и поверяемого манометров.

В.2.3.2. Разница между коэффициентами деформации эталонного и поверяемого манометров может быть рассчитана из следующего уравнения:

$$\lambda_{\text{эт}} - \lambda = \frac{R/R_0 - 1}{P} \quad (14)$$

В.3. Расчет λ

В.3.1. Коэффициент деформации поршневой пары манометра с простым типом поршня рассчитывается из следующего уравнения:

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

Если поршень и цилиндр изготовлены из одного материала, коэффициент рассчитывается из следующего уравнения:

$$\lambda = \frac{1}{E} \cdot \left[\frac{1}{2} + \frac{r^2}{b^3} - 1 \right] + 2\mu \quad (16)$$

В.3.2. Коэффициент деформации поршневой пары манометра с простым типом поршня и специальным цилиндром рассчитывается из следующего уравнения:

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

Если поршень и цилиндр изготовлены из одного материала, коэффициент рассчитывается из следующего уравнения:

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

Символы в уравнениях (14-18) имеют следующие обозначения:

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 метод расчета не применим для более сложных конфигураций

поршня и цилиндра.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ФОРМА ОТЧЕТА ОБ ИСПЫТАНИЯХ

Примечание: Это Приложение - не обязательно для внедрения в национальные предписания; однако применение отчета об испытаниях - обязательно для применения в рамках Системы Сертификатов МОЗМ.

Форма составления отчета об испытаниях, предназначенная для применения в Системе Сертификатов МОЗМ или для других целей должна включать следующую информацию.

Г.1. Наименование и адрес испытательной лаборатории (-ий)

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

Г.3. Общая информация о поверяемом манометре:

· N заявки:

· Предприятие-изготовитель:

· Класс точности:

· Обозначение типа:

· Диапазон измерений:

Г.4. Проверка чувствительности устройства для контроля положения поршня (5.3, А.4.2)

N измерения	Показания устройства для контроля положения поршня	Показания катетометра (или аналогичного прибора)	Разность показаний
1			
2			
3			

Соответствует _____ Не соответствует _____

Примечания: _____

Г.8. Определение продолжительности свободного вращения поршня (4.6, А.5.1)

№ измерения	Начальная скорость вращения	Температура	Время до остановки поршня
1			
2			
3			

Соответствует _____ Не соответствует _____

Примечания: _____

Г.9. Определение скорости опускания поршня (4.7, А.5.2)

№ измерения	Величина опускания поршня	Температура	Время	Скорость опускания
1				
2				
3				

Соответствует _____ Не соответствует _____

Примечания: _____

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

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

Соответствует _____ Не соответствует _____

Примечания: _____

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

№ измерения	Значение давления	Эталонный груз	Поверяемый груз	Температура	Эффективная площадь $A_{i,0}$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

$A_0 =$
 $B_A =$

Примечания:

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

№ измерения	Значение давления	Эталонный груз	Поверьяемый груз	Температура	Эффективная площадь A_i , о	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							

Примечания:

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

№ груза	Истинное значение массы	Номинальное значение массы	Отклонение (истинное-номинальное)
1			
2			
3			

Соответствует _____ Не соответствует _____

Примечания: _____

Г.14. Определение порога реагирования (А.5.3)

№ измерения	Добавленный груз (%)	Изменение скорости опускания поршня или разность показаний давления (да или нет)
1		
2		
3		
4		
5		

Соответствует _____ Не соответствует _____

Примечания: _____

- Г.15. Суммарная погрешность манометра: _____
- Г.16. Краткий отчет о результатах испытанного(-ых) образца(-ов), удовлетворяют ли они требованиям этой Рекомендации в соответствии с присвоенным классом точности
- Г.17. Подпись ответственного лица (лиц), дата подписи и порядковый номер отчета об испытаниях