

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

УТВЕРЖДАЮ

И. о. директора
ФГУП «ВНИИМ
им. Д.И. Менделеева»

А.Н. Пронин

м. п.

2019 г.




Государственная система обеспечения единства измерений

Эталон абсолютного давления


МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 231-0060-2019

Руководитель НИО 231

 Р.А. Тетерук

Разработчики
Старший научный сотрудник

 И.В. Садковская

Ведущий инженер

 А.Н. Шапошников

Инженер 2 кат.

 А.А. Пименова

г. Санкт-Петербург
2019 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на эталон абсолютного давления (зав. № 01) и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

В состав эталона входят: калибратор-контроллер РРС4 (далее по тексту – контроллер), манометр грузопоршневой РГ модификации РГ7601 (далее по тексту – грузопоршневой манометр, манометр).

1.2 Методикой поверки не предусмотрена возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средства измерений для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

1.3 Интервал между поверками – 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

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

Таблица 2.1

| Наименование операций | Номер пункта методики | Проведение операции при | |
|-------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| | | первичной поверке | периодической поверке |
| Внешний осмотр | 8.1 | + | + |
| Опробование | 8.2 | + | + |
| Подтверждение соответствия ПО | 8.3 | + | + |
| Определение метрологических характеристик | 8.4 | + | + |
| Обработка результатов измерений | 9 | + | + |

2.2 Поверка прекращается при получении отрицательного результата по п.8.1, п.8.2, п.8.3 настоящей методики.

При первичной (периодической) поверке СИ возвращается изготовителю (заказчику) с изложением причин возврата для проведения мероприятий по их устранению и повторного предъявления.

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 1

Таблица 1

| Наименование операций | Номер пункта | Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, номер документа, регламентирующего технические требования к средству, метрологические и основные технические характеристики |
|----------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Условия поверки | 6 | Термогигрометр ИВА-6Н-Д, диапазон измерений относительной влажности от 0 до 90 % вкл., абсолютная погрешность ± 2 %; диапазон измерений относительной влажности св. 90 до 98 %, абсолютная погрешность ± 3 %; диапазон измерений температуры от 0 до 60 °С, абсолютная погрешность $\pm 0,3$ °С; диапазон измерений атмосферного давления от 70 до 110 кПа, абсолютная погрешность $\pm 2,5$ гПа (регистрационный номер 46434-11). |
| Внешний осмотр | 8.1 | Визуально |
| Опробование | 8.2 | Система для создания давления |
| Подтверждение соответствия ПО | 8.3 | Визуально |
| Определение метрологических характеристик | 8.4 | |
| Определение абсолютной погрешности измерений температуры | 8.4.1 | Термометр сопротивления эталонный ЭТС-100 3-го разряда по ГОСТ 8.558-2009, диапазон измерений температуры от 0 до 419,517 °С Термостат регулируемый ТР-1М, диапазон воспроизведения температуры от 40 до 200 °С, нестабильность поддержания температуры $\pm 0,05$ °С. Преобразователь сигналов ТС и ТП прецизионный «Теркон», диапазон измерений сопротивления от 0,01 до 1000 Ом, пределы допускаемой основной погрешности измерений $\pm(0,0002+1 \cdot 10^{-5} \cdot R)$. |
| Определение скорости опускания поршня | 8.4.2 | Секундомер по ТУ 25-1894.003-90, измерительный микроскоп типа МБП-2 с увеличением 24 и ценой деления 0,05 мм или индикатор типа ИЧ по ГОСТ 577-68 Система для создания давления |

Окончание таблицы 1

| Наименование операций | Номер пункта | Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, номер документа, регламентирующего технические требования к средству, метрологические и основные технические характеристики |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Определение эффективной площади поршня | 8.4.3 | Государственный первичный эталон единицы давления для области абсолютного давления в диапазоне от $1 \cdot 10^{-1}$ до $7 \cdot 10^5$ Па (ГЭТ 101-2011): в диапазоне измерений абсолютного давления от $1 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^3$ Па СКО результата измерений $1,3 \cdot 10^{-3}$ Па, НСП $3,2 \cdot 10^{-3}$ Па + $7,0 \cdot 10^{-5} \cdot p$; в диапазоне измерений абсолютного давления от $1 \cdot 10^2$ до $1,3 \cdot 10^5$ Па СКО результата измерений $2,1 \cdot 10^{-2}$ Па, НСП $4,3 \cdot 10^{-2}$ Па + $7,0 \cdot 10^{-6} \cdot p$; в диапазоне измерений абсолютного давления от $7 \cdot 10^3$ до $7 \cdot 10^5$ Па СКО результата измерений от 0,2 до 1 Па, НСП от 0,3 до 7 Па; где p – измеряемое давление, Па. Система для создания давления Наборы миллиграммовых и граммовых гирь класса E ₂ , F ₁ и F ₂ по ГОСТ OIML R 111-1-2009. |
| Определение порога реагирования | 8.4.4 | Средства поверки для п. 8.4.3 |
| Проверка значений массы грузов и поршня с грузоприемным устройством | 8.4.5 | Рассмотрение сертификата калибровки |
| Проверка диапазона измерений абсолютного давления и определение среднего квадратического отклонения суммарной погрешности результата измерений в диапазоне от 0,5 до 10 кПа | 8.4.6 | Средства поверки для п. 8.4.3 Вторичный (рабочий) эталон единицы давления для области абсолютного давления в диапазоне 1 – $1 \cdot 10^3$ СКО суммарной погрешности $2,3 \cdot 10^{-3}$ Па + $9,0 \cdot 10^{-5} \cdot p$; где p – измеряемое давление, Па. |
| Проверка диапазона измерений и определение среднего квадратического отклонения суммарной погрешности результата измерений в диапазоне от 10 до 350 кПа | 8.4.7 | Средства поверки для п. 8.4.3 Вторичный (рабочий) эталон единицы давления для области абсолютного давления в диапазоне 1 – $1 \cdot 10^3$ СКО суммарной погрешности $2,3 \cdot 10^{-3}$ Па + $9,0 \cdot 10^{-5} \cdot p$; где p – измеряемое давление, Па. |

3.2 Средства измерений, применяемые при поверке, должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке.

3.3 Эталоны, применяемые при поверке, должны быть аттестованы и иметь действующие свидетельства об аттестации эталона.

3.4 Допускается применение средств поверки, не приведенных в перечне, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 Поверка проводится квалифицированным персоналом лабораторий, аттестованных в установленном порядке.

4.2 К поверке допускаются лица, аттестованные в качестве поверителей, прошедшие инструктаж по безопасности труда и ознакомленные с эксплуатационной документацией на эталонные и поверяемое средство измерений.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При поверке должны быть соблюдены требования безопасности труда, производственной санитарии и охраны окружающей среды, изложенные в эксплуатационных документах эталонных и поверяемых средств измерений.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении операций поверки должны быть соблюдены следующие условия:

температура окружающего воздуха, °С от +20 до +22

относительная влажность воздуха, % от 40 до 80

атмосферное давление, кПа от 84 до 106

вибрация, тряска, удары, магнитные поля, кроме земного, влияющие на работу и метрологические характеристики средств измерений, эталонных и поверяемых манометров, должны отсутствовать;

рабочая среда согласно таблице 2;

Таблица 2

| Наименование характеристики | Значение |
|-----------------------------------------|----------------------------------|
| Рабочая среда контроллера | чистый, сухой, неагрессивный газ |
| Рабочая среда грузопоршневого манометра | воздух, азот, нейтральный газ |

– давление должно повышаться и понижаться плавно, т.е. скорость изменения измеряемого давления не должна превышать 10 % диапазона измерений в секунду;

– вибрация, тряска, удары, магнитные поля, кроме земного, влияющие на работу и метрологические характеристики приборов, должны отсутствовать.

6.2 Поверяемое СИ перед поверкой, должно находиться в лаборатории при нормальных условиях не менее 24 ч.

6.3 Окружающий воздух не должен содержать примесей, агрессивных по отношению к материалам, из которых изготовлены рабочие эталоны и поверяемые манометры.

6.4 Измерительная поршневая система манометра должна быть установлена в рабочее положение.

6.5 Манометры на поверку следует представлять в чистом виде.

6.6 При проведении поверки запрещается:

- снимать (отсоединять) измерительную поршневую систему поверяемого СИ и эталона с устройства для создания давления без сброса давления в системе;

- снимать грузы с поверяемого СИ и эталона, когда поршень находится в крайнем верхнем положении;
- открывать вентиль устройства для создания давления, предназначенный для отключения поверяемого СИ, если давление в прессовой части превышает сумму значений давлений грузов, находящихся на грузоприемном устройстве;
- создавать давление, превышающее верхний предел измерений поверяемого СИ или эталона.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Проверить наличие свидетельства о предыдущей поверке эталона абсолютного давления (при периодической поверке).

7.2 Проверить наличие эксплуатационной документации на поверяемый эталон абсолютного давления.

7.3 Проверить наличие сертификата калибровки встроенного вакуумметра (при периодической поверке).

Результатом калибровки должны быть значения давления в диапазоне измерений от 1 до 13 Па не менее чем при 5 значениях давления, равномерно распределенных по диапазону измерений, с указанием расширенной неопределенности измерений.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При проведении внешнего осмотра устанавливается соответствие поверяемого СИ следующим требованиям:

- наличие эксплуатационной документации, с указанием значений температурного коэффициента линейного расширения материалов поршня и цилиндра, коэффициента деформации поршневой системы;
- свидетельства о предыдущей поверке (при периодической поверке);
- маркировка и комплектность должны соответствовать эксплуатационной документации;
- отсутствие механических повреждений, следов коррозии на деталях поверяемого СИ и грузах, представляемых на поверку;
- детали прибора и резьбовые соединения не должны иметь срезанных витков и повреждений, препятствующих присоединению и не обеспечивающих герметичность и прочность соединения;
- наличие полного набора грузов.

8.1.2 Поверяемое СИ, не удовлетворяющее требованиям п. 8.1.1 настоящей методики, не подлежит поверке до устранения неисправностей и несоответствий. После их устранения внешний осмотр проводят в полном объеме.

8.2 Опробование

8.2.1 При опробовании следует проверить герметичность поверяемого СИ.

8.2.1.1 Герметичность измерительной системы поверяемого СИ и его уплотнения проверяют следующим образом.

От системы отсекают манометр. При помощи контроллера задают значение, равное верхнему пределу измерений. Измерительную систему считают герметичной, если после достижения заданного давления в режиме контроля утечки контроллера (Leak test) в течение двух минут не наблюдается падения давления.

8.3 Подтверждение соответствия ПО

Операция «Подтверждение соответствия программного обеспечения» состоит из определения номера версии (идентификационного номера) программного обеспечения (ПО) встроенного ПО манометра, контроллера и автономного ПО.

8.3.1 Определение номера версии (идентификационного номера) программного обеспечения манометра.

8.3.1.1 Включить манометр с помощью кнопки питания. При этом на дисплее отобразится номер версии ПО. Считать с дисплея номер версии ПО.

8.3.2 Определение номера версии (идентификационного номера) программного обеспечения контроллера.

8.3.2.1 Включить контроллер с помощью кнопки питания. При этом на дисплее загрузки отобразится номер версии ПО. Считать с дисплея номер версии ПО.

8.3.3 Определение номера версии (идентификационного номера) автономного ПО.

8.3.3.1 Включить компьютер, запустить автономное ПО. Информация о версии автономного ПО отображается на стартовом экране и в меню Info через меню.

Подтверждение можно считать успешным, если номер версии программного обеспечения поверяемого манометра совпадает (или является не ниже) с номером версии, указанным в таблице 1.

Таблица 1 – Идентификационные данные ПО

| Идентификационные данные (признаки) ПО | Значение | | | |
|-------------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|----------------------------|
| | Встроенное | | | Автономное |
| | манометра | | контроллера | |
| базы PG7601 | терминала PG | | | |
| Идентификационное наименование ПО | PG7601 | Fluke Calibration | PPC4 | Fluke COMPASS for Pressure |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО | не ниже v3.1.4.308 | не ниже v2.2.2.0 | не ниже v1.2.5.0 | не ниже v4.0 |

8.4 Определение метрологических характеристик

8.4.1 *Определение абсолютной погрешности измерений температуры.*

8.4.1.1 Измерения проводят в контрольных точках (0 °С, 20 °С, 40 °С). Перед проведением поверки извлеките поверяемый термометр.

8.4.1.2 Эталонный и поверяемый термометр помещают в термостат, фиксируют значения после установки показаний.

Считывают показания эталонного и поверяемого термометра температуры с дисплея последовательно, после установки показаний во всех контрольных точках температуры, переключением термостата в соответствующий режим. Измерения повторяют не менее 3-х раз. Значение погрешности определяют, как разность между средними значениями температуры поверяемого и эталонного СИ в каждой контрольной точке температуры.

По полученным значениям для каждой точки во всем диапазоне измерений определяют абсолютную погрешность по формуле [1]:

$$\Delta T = T_{изм} - T_{эт}, \quad (1)$$

где $T_{изм}$ – значение давления, измеренное поверяемым термометром,

$T_{эт}$ – номинальное значение температуры, по эталонному термометру.

8.4.1.3 Результат поверки считают положительным, если значения погрешности находятся в пределах $\pm 0,1$ °С.

8.4.1.4 В случае необходимости корректировки показаний отредактируйте значения RZ (текущее значение смещения 0 °С в значении сопротивления) и (или) S (текущее значение наклона графика сопротивления).

8.4.2 *Определение скорости опускания поршня.*

8.4.2.1 Скорость опускания поршня определяют в режиме избыточного давления при нагрузке, соответствующей верхнему пределу измерений поверяемого манометра. При этом запорный вентиль должен быть перекрыт, поверяемый манометр выдержать под нагрузкой не менее 5 мин.

8.4.2.2 Для определения скорости опускания поршня измеряют расстояние, на которое он переместился за некоторый промежуток времени. Расстояние измеряют микроскопом, или индикатором, или отсчетным устройством, интервал времени опускания поршня отсчитывают по секундомеру.

8.4.2.3 Скорость опускания поршня, приведенная к температуре 20 °С, должна быть не более значений, указанных эксплуатационной документацией.

8.4.2.4 Если температура в момент измерений отличается от 20 °С, то значение скорости опускания необходимо привести к температуре 20 °С, пересчитав по формуле [2]:

$$v_{20} = v \frac{\eta}{\eta_{20}}, \quad (2)$$

где v_{20} – приведенное значение скорости опускания, мм/мин;

v – измеренное значение скорости опускания, мм/мин.

8.4.3 *Определение эффективной площади поршня.*

8.4.3.1 Эффективную площадь поршня определяют при непосредственном сличении поверяемого грузопоршневого манометра с грузопоршневым манометром из состава ГЭТ 101-2011 методом уравнивания измерительных поршневых систем (далее по тексту – ИПС). При этом проводят уравнивание поршней одним из способов, приведенных ниже.

Прямое (без предварительного уравнивания) уравнивание масс поршней с грузоприемным устройством и помещенных на них грузов. Поршни поверяемого и эталонного манометров необходимо установить так, чтобы в момент их равновесия нижние торцы поршней располагались в одной горизонтальной плоскости. В противном случае необходимо определить расстояние по вертикали между нижними торцами поршней и внести поправку на значение массы столба газа. Взаимное положение поршней должно быть определено с погрешностью не более $\pm 0,1$ мм.

Уравнивание масс грузов, помещенных на поршни поверяемого и эталонного манометров, при условии предварительного уравнивания поршней.

Примечание. При условии предварительного уравнивания нет необходимости торцы поршней располагать в одной горизонтальной плоскости.

8.4.3.2 При определении эффективной площади поршня должны быть выполнены следующие требования.

8.4.3.2.1 Поршни эталонного и поверяемого манометра должны быть установлены в рабочее положение.

8.4.3.2.2 Взаимное положение поршней следует контролировать во время их равновесия устройствами для наблюдения за положением равновесия.

8.4.3.2.3 Измерения следует проводить при давлениях, возрастающих до верхнего предела измерений эталонного манометра (рабочего эталона). Число точек давления должно быть не менее 10.

8.4.3.2.4 Погрешность определения действительных значений масс поршня с грузоприемным устройством и грузов поверяемого манометра при определении эффективной площади поршня не должны превышать $0,05 d_{нов}$ (где $d_{нов}$ – предел допускаемой погрешности поверяемого манометра, %), а для грузов массой менее 50 г погрешность не должна превышать 1 мг.

Примечание. При отклонении действительных значений масс грузов от номинальных значений, не превышающем значения допускаемой погрешности определения массы, т.е. $0,2 d_{нов}$, в протокол поверки записывают их номинальную массу. В противном случае учитывают действительное значение массы грузов.

8.4.3.2.5 Для уравнивания поршней на грузоприемные устройства поверяемого манометра и рабочего эталона помещают грузы соответствующей массы, необходимой для создания требуемого значения давления. При помощи устройства для создания давления поршни устанавливают в рабочее положение, затем приводят в принудительное вращение при помощи электропривода или в ручное вращение с частотой не менее 30 об/мин. Если при этом равновесие поршней отсутствует, то поднимающийся поршень дополнительно нагружают гирями до достижения равновесия.

Равновесие считают достигнутым, если не наблюдается изменения положения поршней относительно друг друга.

8.4.3.3 При определении эффективной площади поршня без предварительного уравнивания отношение масс A при каждом отдельном уравнивании поршней с учетом массы столба жидкости под поршнем рабочего эталона определяют по формулам [3] и [4]:

$$A_i = \frac{(m_{нов} + m_{новги}) q_i}{m_э - \rho_{ж} F_{эном} h + m_{эги}}, \quad (3)$$

и с учетом массы столба жидкости под поршнем поверяемого манометра

$$A_i = \frac{(m_{нов} + \rho_{ж} F_{повном} h + m_{повги}) q_i}{m_э + m_{эги}}, \quad (4)$$

где $m_э$ и $m_{нов}$ – действительная масса поршня с грузоприемным устройством эталонного и поверяемого манометров соответственно, кг;

$m_{ги}$ и $m_{новги}$ – действительная масса грузов и гирь при i -м уравнивании, нагружаемых на эталонный и поверяемый манометры соответственно, кг;

$F_{эном}$ и $F_{повном}$ – номинальное значение приведенной площади поршня эталонного и поверяемого манометров соответственно, m^2 ;

h – расстояние между нижними торцами поршней эталонного манометра и поверяемого манометра, м; $h > 0$, если нижний торец поршня эталонного манометра ниже торца поршня поверяемого манометра;

$\rho_{ж}$ – плотность рабочей жидкости, $кг/м^3$;

q_i – поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры и деформации на показания манометров, определяемый по формуле [5]:

$$q_i = 1 + (\alpha_{1э} + \alpha_{2э})(t_{эi} - 20^\circ C) - (\alpha_{1нов} + \alpha_{2нов})(t_{новi} - 20^\circ C) + (\beta_э - \beta_{нов}) p_i, \quad (5)$$

где $\alpha_{1э}$ и $\alpha_{2э}$ – температурные коэффициенты линейного расширения материалов цилиндра и поршня эталонного манометра, $^\circ C^{-1}$;

$\alpha_{1нов}$ и $\alpha_{2нов}$ – температурные коэффициенты линейного расширения материалов цилиндра и поршня поверяемого манометра, $^\circ C^{-1}$;

$t_{новi}$ и $t_{эi}$ – температура поверяемого и эталонного манометров соответственно при i -м уравнивании, $^\circ C$;

p_i – номинальное давление при i -м уравнивании, Па;

$\beta_э$ и $\beta_{нов}$ – коэффициенты деформации поршня и цилиндра от давления эталонного и поверяемого манометров соответственно, $Па^{-1}$.

Коэффициент деформации β вычисляется по формуле [6]:

$$\beta = \frac{1}{E} \left[\frac{1}{\left(\frac{R}{r}\right)^2 - 1} + 2\mu \right], \quad (6)$$

где E – модуль упругости материала поршня и цилиндра (модуль Юнга), Па;
 μ – коэффициент поперечного сжатия материала поршня и цилиндра (коэффициент Пуассона);

R – внешний радиус цилиндра, мм;

r – внутренний радиус цилиндра, принимаемый равным радиусу поршня, мм.

Поправочным коэффициентом q_i пренебрегают, если его значение не превышает 10% предела допускаемой погрешности поверяемого манометра.

По результатам значений A_i определяют среднее отношение масс с учетом массы столба жидкости под поршнем эталонного манометра по формуле [7]:

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^n (m_{нов} + m_{нов ri}) q_i}{\sum_{i=1}^n (m_{э} - \rho_{ж} F_{э ном} h + m_{э ri})}, \quad (7)$$

а с учетом массы столба жидкости под поршнем поверяемого манометра по формуле [8]:

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^n (m_{нов} + \rho_{ж} F_{нов ном} h + m_{нов ri}) q_i}{\sum_{i=1}^n (m_{э} + m_{э ri})}, \quad (8)$$

где n – число поверяемых точек.

8.4.3.4 При определении эффективной площади поршня по способу с предварительным уравниванием перед началом измерений проводят предварительное уравнивание поршней эталонного и поверяемого манометров путем накладывания тарировочных грузов, которые затем не снимают с грузоприемных устройств. Суммарные массы поршней с грузоприемными устройствами и грузов, помещенных при предварительном уравнивании, при определении эффективной площади не измеряют и не учитывают.

Дальнейший порядок измерений такой же, как и при способе без предварительного уравнивания.

Отношение масс A_i при каждом отдельном уравнивании поршней по этому способу определяют по формуле [9]:

$$A_i = \frac{m_{нов ri} q_i}{m_{э ri}}, \quad (9)$$

а среднее отношение масс \bar{A} – по формуле [10]:

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^n m_{нов ri} q_i}{\sum_{i=1}^n m_{э ri}}. \quad (10)$$

8.4.3.5 Эффективную площадь поверяемого манометра $F_{нов}$ определяют по формуле [11]:

$$F_{нов} = F_{э} \bar{A}, \quad (11)$$

где $F_{э}$ – значение эффективной площади поршня эталонного манометра, см².

Предельные отклонения значения эффективной площади поршня манометра от номинального значения $9,8 \text{ см}^2$ не должны превышать $\pm 0,4 \%$.

8.4.3.6 Для оценки точности полученных значений эффективной площади поршня для манометров вычисляют среднее квадратическое отклонение S_F результата определения эффективной площади поршня в последовательности, приведенной ниже.

При каждом значении давления определяют разность отношений масс δ_i по формуле [12]:

$$\delta_i = A_i - \bar{A} \quad (12)$$

Среднее квадратическое отклонение определяют по формуле [13]:

$$S_F = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i)^2}{n-1}} \cdot 100\% \quad (13)$$

Среднее квадратическое отклонение результата определения эффективной площади поршня не должно превышать $0,0005 \%$.

8.4.4 *Определение порога реагирования.*

8.4.4.1 Порог реагирования определяют при последнем уравнивании, т. е. при давлении, соответствующем верхнему пределу измерений манометров. При окончании уравнивания поршень поверяемого манометра дополнительно нагружают гирями, масса которых не превышает $0,1 \text{ г}$.

8.4.4.2 Результат проверки порога реагирования считают положительным, если при помещении добавочных гирь равновесие поршней нарушится, а значение порога реагирования не превышает 1 Па .

8.4.5 *Проверка значений массы грузов и поршня с грузоприемным устройством.*

8.4.5.1 Проверка значений массы грузов и поршня с грузоприемным устройством заключается в проверке наличия сертификата калибровки.

8.4.5.2 Результатом калибровки должны быть условные значения массы грузов, поршня с грузоприемным устройством и дополнительных грузов, а так же расширенная неопределённость измерений массы.

8.4.5.3 Условные массы грузов и поршня с грузоприемным устройством должны быть подогнаны в зависимости от назначения под номинальное значение массы или под номинальное значение давления, с учетом ускорения свободного падения.

8.4.5.4 Условные значения массы грузов, поршня с грузоприемным устройством и дополнительных грузов проверяют взвешиванием на компараторе массы (весах) с применением наборов миллиграммовых и граммовых гирь класса E_2 ГОСТ OIML R 111-1-2009.

8.4.5.5 Отклонение условных значений массы поршня с грузоприемным устройством и массы каждого груза, подогнанных под номинальное значение массы, от номинальных значений массы не должно превышать $0,2 \cdot \delta_{нов}$.

8.4.6 *Проверка диапазона измерений абсолютного давления и определение среднего квадратического отклонения суммарной погрешности результата измерений в диапазоне от $0,5$ до 10 кПа .*

8.4.6.1 Проверка диапазона измерений абсолютного давления и определение среднего квадратического отклонения суммарной погрешности результата измерений осуществляется путем сличения показаний поверяемого контроллера с действительными значениями давления, воспроизводимыми с помощью эталонного СИ давления. Проверка производится с помощью лазерного интерференционного ртутного манометра (далее по тексту – ЛИРМ) из состава ГЭТ 101-2011.

8.4.6.2 Для исключения возможности проникновения паров ртути (рабочей жидкости ЛИРМ) в контроллер, а также для минимизации объема измерительной камеры,

измерительные камеры ЛИРМ и контроллера изолируются друг от друга с помощью разделительного устройства (далее по тексту – РУ), в качестве которого используется дифференциальный мембранно-емкостной датчик давления Баратрон.

8.4.6.3 Подключите контроллер к ЛИРМ согласно схеме на рисунке 1.

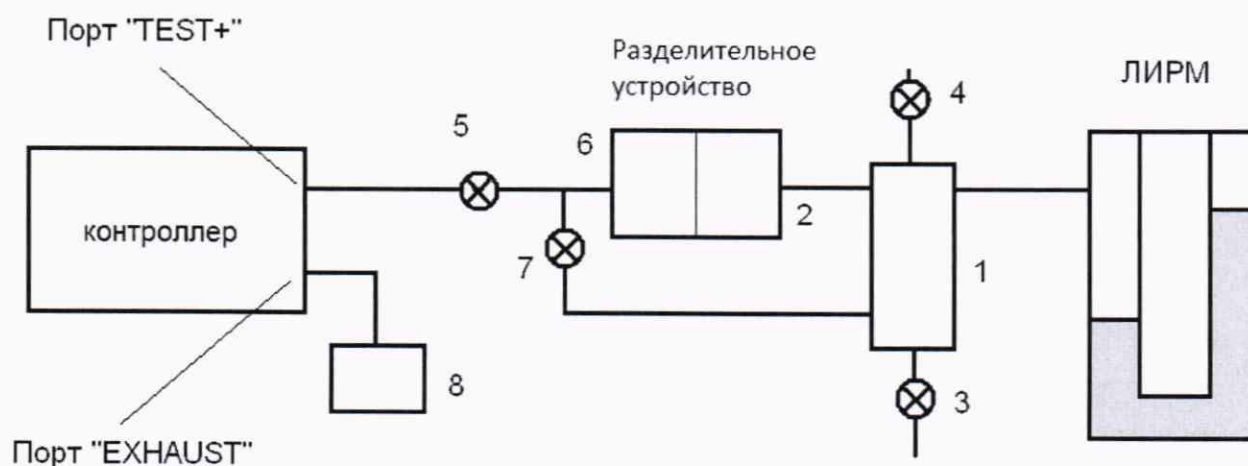


Рисунок 1 – Схема подключения контроллера к ЛИРМ

- 1 – измерительная камера; 2,6 – камеры разделительного устройства (РУ);
- 3,4 – вакуумные затворы для откачки и напуска газа в измерительную камеру 1;
- 5 – соединительный затвор контроллера; 7 – соединительный затвор РУ;
- 8 – форвакуумный насос

Порт «TEST +» контроллера через затвор 5 соединить со сравнительной камерой РУ 6. Порт «EXHAUST» соединить с форвакуумным насосом 8. Порты «TEST –» и «SUPPLY» (не показаны на схеме) должны быть открыты на атмосферу. Затвор 5 закрыт.

Подключить контроллер к электрической сети и выдержать в течение 30 минут.

Проверить герметичность системы. Система считается герметичной, если скорость изменения давления в системе после прекращения откачки не превышает 0,1 Па/мин.

Проверить работоспособность контроллера. Соединительный затвор 5 при опробовании закрыт, затвор 7 – открыт.

Включить форвакуумный насос 8. Остаточное давление в порту «EXHAUST» должно быть не более 100 Па.

Установить основные настройки контроллера в соответствии с ЭД: диапазон измеряемых давлений до 110 кПа, режим – абсолютное давление.

Задать давление в контроллере (SET P) около 1 кПа. Измерить скорость натекания в измерительный объем контроллера в соответствии с ЭД. Скорость натекания не должна превышать 0,2 Па/с.

8.4.6.4 Проводят измерения абсолютного давления не менее чем при пяти значениях давления, достаточно равномерно распределенных в диапазоне от 0,5 до 10 кПа. В ходе работы давление плавно повышают и проводят измерение при заданных значениях давления.

8.4.6.4.1 Давление задать в контроллере (SET P), соответствующее *i*-ой реперной точке (далее по тексту – РТ).

8.4.6.4.2 Воспроизвести это же давление в измерительной системе с помощью ЛИРМ.

8.4.6.4.3 Зафиксировать «нулевое» показание РУ (соединительный затвор 7 открыт).

8.4.6.4.4 Закрыть соединительный затвор 7, открыть соединительный затвор 5.

8.4.6.4.5 Фиксировать показания ЛИРМ, РУ и девиацию контроллера в РТ, производя не менее 5-ти отсчетов (*k*) с интервалом 20 секунд.

8.4.6.4.6 Закрыть соединительный затвор 5, открыть соединительный затвор 7.

8.4.6.4.7 Произвести операции в соответствии с пп. 8.4.6.2.1 – 8.4.6.2.6, задавая значения давления в режиме возрастания давления, получив серию измерений.

8.4.6.5 Результаты каждой серии поверки заносятся в протокол.

8.4.6.6 Для каждого k -го отсчета давления в РТ измерений рассчитывают абсолютную погрешность измерений Δ_{ik} по формуле [14]:

$$\Delta_{ik} = P_{измi} - P_{ik}, \quad (14)$$

где: k – номер отсчета в РТ;

i – номер РТ;

$P_{измi}$ – показания контроллера;

P_{ik} – действительное значение давления, определенное по эталонному СИ.

$P_{измi}, P_{ik}$ должны быть выражены в одних и тех же единицах давления.

8.4.6.7 Рассчитать среднее значение абсолютной погрешности $\Delta_{срi}$ в i -ой РТ по формуле [15]:

$$\Delta_{срi} = \frac{\sum_{k=1}^m \Delta_{ik}}{m}, \quad (15)$$

где: m – количество отчетов в РТ.

8.4.6.8 После серии измерений закрыть соединительный затвор 5, нажать клавишу «VENT» для соединения контроллера с атмосферой, произвести откачку измерительной системы. Произвести не менее трех серий измерений.

8.4.6.9 После проведения поверки закрыть соединительный затвор 5, нажать клавишу «VENT» контроллера, отключить питание.

8.4.6.10 По результатам всех серий измерений рассчитать среднее значение абсолютной погрешности $\bar{\Delta}_i$ в i -ой РТ по формуле [16]:

$$\bar{\Delta}_i = \frac{\sum_{j=1}^n \Delta_{срj}}{n}, \quad (16)$$

где: i – номер РТ;

j – номер серии измерений;

n – количество серий.

8.4.6.11 Определяют среднее квадратическое отклонение (СКО) результата измерений S_i в каждой i -ой РТ по формуле [17]:

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\Delta_{срj} - \bar{\Delta}_i)^2}{n(n-1)}}, \quad (17)$$

где: i – номер РТ;

n – количество серий;

$\Delta_{срj}$ – $\Delta_{срi}$ в j -ой серии измерений;

$\bar{\Delta}_i$ – среднее значение абсолютной погрешности измерений абсолютного давления.

8.4.6.12 Доверительные границы суммарной неисключенной систематической составляющей погрешности результата измерений в каждой i -ой РТ определяют по формуле [18]:

$$\theta_i = \sqrt{\theta_{Этi}^2 + \theta_{СИi}^2 + \theta_{PV}^2}, \quad (18)$$

где: $\theta_{Этi}$ – доверительные границы неисключенной систематической погрешности эталонного СИ;

$\theta_{СИi}$ – доверительные границы неисключенной систематической погрешности эталона абсолютного давления, $\theta_{СИi} = \sqrt{\theta_{Этi}^2 + \overline{\Delta_i}^2}$;

$\theta_{РУ}$ – максимальное значение неисключенной систематической погрешности разделительного устройства.

$\theta_{Этi}$, $\theta_{СИi}$ и $\theta_{РУ}$ должны быть выражены в одних и тех же единицах давления.

8.4.6.13 СКО суммарной погрешности в каждой i -ой РТ определяют по формуле [19]:

$$S_{\Sigma i} = \sqrt{S_i^2 + (\theta_i / \sqrt{3})^2} . \quad (19)$$

8.4.7 Проверка диапазона измерений и определение среднего квадратического отклонения результата измерений в диапазоне от 10 до 350 кПа

8.4.7.1 Проверка диапазона и определение среднего квадратического отклонения результата измерений осуществляется путем сличения показаний поверяемого грузопоршневого манометра с действительными значениями давления, воспроизводимыми с помощью эталонного СИ давления. Поверка производится с помощью грузопоршневого манометра из состава ГЭТ 101-2011.

8.4.7.2 Подключают грузопоршневой манометр к системе грузопоршневого манометра из состава ГЭТ 101-2011, измерительные объемы манометров изолируются друг от друга с помощью РУ, в качестве которого используется дифференциальный мембранно-емкостной датчик давления Баратрон, согласно схеме на рисунке 2.

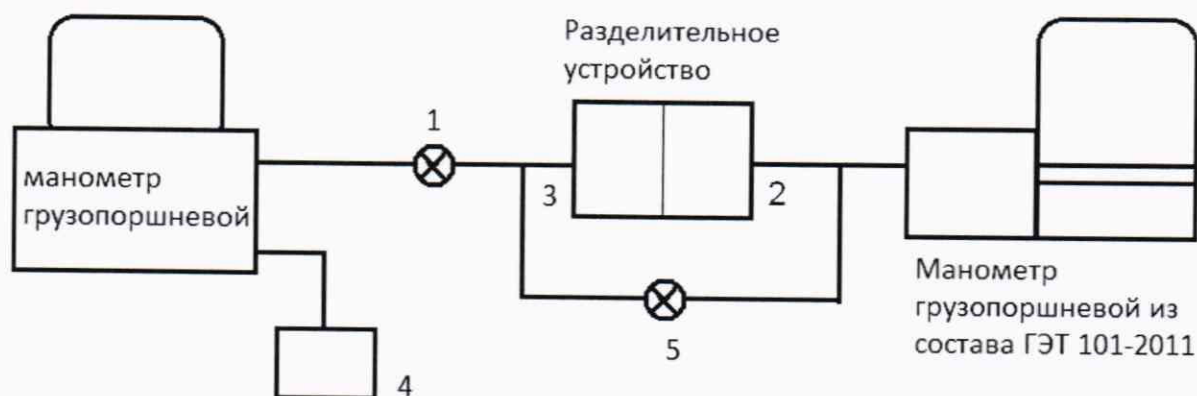


Рисунок 2 – Схема подключения манометра грузопоршневого к системе манометра грузопоршневого из состава ГЭТ 101-2011

1 – соединительный затвор; 2,3 – камеры разделительного устройства (РУ);
4 – форвакуумный насос; 5 – соединительный затвор РУ

8.4.7.3 Проводят измерения не менее чем при пяти значениях давления, достаточно равномерно распределенных в диапазоне от 10 до 350 кПа. В ходе работы давление плавно повышают и проводят измерение при заданных значениях давления.

8.4.7.3.1 Задать давление, соответствующее i -ой реперной точке (далее по тексту – РТ) в системе грузопоршневого манометра из состава ГЭТ 101-2011.

8.4.7.3.2 Воспроизвести это же давление в измерительной системе грузопоршневого манометра.

8.4.7.3.3 Зафиксировать «нулевое» показание РУ (соединительный затвор 5 открыт).

- 8.4.7.3.4 Закрыть соединительный затвор 5, открыть соединительный затвор 1.
- 8.4.7.3.5 Фиксировать показания грузопоршневого манометра из состава ГЭТ 101-2011, РУ и грузопоршневого манометра.
- 8.4.7.3.6 Закрыть соединительный затвор 1, открыть соединительный затвор 5.
- 8.4.7.3.7 Произвести операции в соответствии с пп. 8.4.7.3.1 – 8.4.7.3.6, задавая значения давления в режиме возрастания давления, получив серию измерений.
- 8.4.7.4 Результаты поверки заносятся в протокол.
- 8.4.7.5 После серии измерений закрыть соединительный затвор 1, произвести откачку измерительной системы. Произвести не менее трех серий измерений.
- 8.4.7.6 После проведения поверки закрыть соединительный затвор 1, соединить с атмосферой, отключить питание.
- 8.4.7.7 По результатам всех серий измерений рассчитать среднее значение абсолютной погрешности $\bar{\Delta}_i$ в i -ой РТ по формуле [16].
- 8.4.7.8 Определяют среднее квадратическое отклонение (СКО) результата измерений S_i в каждой i -ой РТ по формуле [17].
- 8.4.7.9 Границы суммарной неисключенной систематической составляющей погрешности результата измерений в каждой i -ой РТ определяют по формуле [18].
- 8.4.7.10 СКО суммарной погрешности в каждой i -ой РТ определяют по формуле [19].

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

- 9.1 Результаты поверки заносят в протокол.
- 9.2 Если грузы калибрует владелец манометра, то на них должен быть оформлен сертификат калибровки грузов.
- 9.3 Результаты поверки считаются положительными, если полученные значения среднего квадратического отклонения суммарной погрешности не превышают предельных значений, указанных в описании типа.
- 9.4 При положительных результатах поверки, при наличии сертификата калибровки грузов, оформляется свидетельство о поверке. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке и (или) формуляр и (или) корпус.
- 9.5 При отрицательных результатах поверки эталон абсолютного давления к применению не допускают, выдают извещение о непригодности с указанием причин.