

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ ИМ.Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАСХОДОМЕТРИИ - ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ ИМ.Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»
ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора филиала

А.С. Тайбинский

« 17 » июля 2023 г.

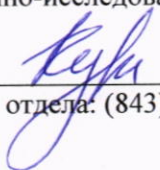


Государственная система обеспечения единства измерений

РАСХОДОМЕРЫ ГАЗА УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ МАРКИ МРУ СЕРИИ С

Методика поверки
МП 1530-13-2023

Заместитель начальника
научно-исследовательского отдела

 И.Н. Куликов
Тел. отдела: (843)272-11-24

г. Казань
2023 г.

1 Общие положения

Настоящий документ распространяется на расходомеры газа ультразвуковые марки MPU серии С (далее – расходомеры) и устанавливает последовательность и методику их первичных и периодических поверок.

В ходе реализации данной методики поверки обеспечивается передача единицы объемного и массового расхода газа в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Росстандарта от 11.05.2022 г. № 1133 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений объемного и массового расхода газа, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц объемного и массового расходов газа ГЭТ 118-2017 методом непосредственного сличения и методом косвенных измерений.

В ходе реализации данной методики поверки обеспечивается передача единицы силы постоянного электрического тока в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Росстандарта № 2091 от 01.10.2018 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы силы постоянного электрического тока ГЭТ 4-91 методом непосредственного сличения.

В ходе реализации данной методики поверки обеспечивается передача единицы электрического сопротивления постоянного и переменного тока в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Росстандарта № 3456 от 30.12.2019 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы электрического сопротивления постоянного и переменного тока ГЭТ 14-2014 методом непосредственного сличения.

2 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки выполняют следующие операции:

Таблица 1

Наименование операции поверки	Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4
Внешний осмотр	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям	10	Да	Да
Оформление результатов поверки	11	Да	Да

Допускается проводить поверку для меньшего числа измеряемых величин на основании письменного заявления владельца, оформленного в произвольной форме.

При проведении поверки проливным методом, поверка может быть проведена в фактически обеспечиваемом диапазоне расходов (при этом минимальный расход при поверке должен быть не менее расхода Q_{\min} , установленного эксплуатационной документацией для поверяемого экземпляра расходомера, а максимальный расход – не более Q_{\max}), с обязательной передачей сведений об объеме проведенной поверки в Федеральный информационный фонд по обеспечению

единства измерений на основании письменного заявления владельца, оформленного в произвольной форме.

Допускается проведение поверки расходомеров только для измерений объемного расхода (объема) газа при рабочих условиях по п. 10.1 в соответствии с заявлением владельца средств измерений с обязательным указанием в свидетельстве о поверке информации об объеме проведенной поверки. В случае необходимости дальнейшего применения расходомер для измерений других величин, проводят поверку по пунктам настоящей методики за исключением п.п. 10.1.

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха*¹⁾ от 15 °С до 25 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

*¹⁾ Примечание:

- при поверке расходомера имитационным методом без снятия расходомера с измерительной линии допускается определение относительной погрешности измерения объемного расхода газа при температуре окружающей среды от минус 40 °С до плюс 60 °С;

- при поверке расходомера на месте эксплуатации и отсутствии термоизоляции на трубопроводе с установленным рабочим эталоном, размещенном на открытом воздухе, поверку проводят при температуре окружающего воздуха равной температуре измеряемой среды ± 10 °С;

- при проведении поверки на месте эксплуатации должен быть обеспечен стабильный режим транспортировки газа в трубопроводе и исключены существенные изменения компонентного состава газа.

- при проведении поверки с использованием поверочных установок (поверочная среда – воздух или природный газ) условия поверки должны соответствовать эксплуатационной документации на применяемую установку;

- рабочее давление на поверочной установке должно быть не более допустимого рабочего давления поверяемого расходомера.

- поверку имитационным методом на месте эксплуатации, допускается проводить в текущих условиях окружающей и измеряемой (поверочной) среды, соответствующим рабочим диапазонам расходомера.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, изучившие данную методику, эксплуатационную документацию на установки, и прошедшие инструктаж в установленном порядке.

Работы по проведению поверки установки допускается проводить одному специалисту.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п.10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия СИ	Средство измерений или воспроизведения объемного расхода. Рабочий эталон 1 разряда в соответствии с Приказом Росстандарта № 1133 от 11.05.2022 г. «Об утверждении Государственной поверочной схемы для	Рабочий эталон единицы объемного расхода газа 1 разряда, регистрационный № 3.2.ГШЯ.0007.2016, № 3.7.ЕЕЕ.0001.2021, № 3.7.ЕЕЕ.0008.2021,

<p>метрологическим требованиям</p>	<p>средств измерений объемного и массового расходов газа», поверочная среда: воздух или природный газ. Диапазон задаваемого объемного расхода должен соответствовать рабочему диапазону поверяемого средства измерений, соотношение доверительных границ относительной погрешности рабочих эталонов 1 разряда и пределов допускаемой относительной погрешности средств измерений должно быть не более 1/2,5 (при избыточном давлении не более 1/2)</p> <p>Средство измерений температуры, диапазон измерений температуры от минус 50 °С до плюс 199,99 °С. Пределы абсолютной погрешности измерения температуры $\pm 0,2$ °С.</p> <p>Средство измерений влажности, температуры и атмосферного давления. Диапазон измерений относительной влажности от 0 до 90 %; пределы абсолютной погрешности измерений относительной влажности $\pm 2,0$ %.</p> <p>Диапазон измерений температуры от минус 20 °С до плюс 60 °С; Пределы абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,3$ °С. Диапазон измерений атмосферного давления от 700 до 1100 гПа. Пределы абсолютной погрешности измерений атмосферного давления $\pm 2,5$ гПа.</p> <p>Средство измерений абсолютного давления, диапазон измерений абсолютного давления должен соответствовать рабочему диапазону давления поверяемого расходомера. Пределы приведенной к верхнему пределу измерений погрешности измерений абсолютного давления $\pm 0,075$.</p> <p>Рабочий эталон 2-го разряда в соответствии с Приказом Росстандарта № 2091 от 01.10.2018 г. Диапазон задания постоянной силы тока должен соответствовать рабочему диапазону поверяемого расходомера. Соотношение пределов допускаемых значений относительных погрешностей рабочего эталона 2-го разряда и пределов допускаемых значений относительных погрешностей расходомера должно быть не более 1/2.</p>	<p>№ 3.7.EEE.0009.2021.</p> <p>Термометр лабораторный электронный ЛТ-300-Н, регистрационный № 61806-15</p> <p>Термогигрометр ИВА-6Н, регистрационный № 46434-11.</p> <p>Преобразователь давления измерительный Cerabar S PMP, регистрационный № 16779-04</p> <p>Калибратор многофункциональный и коммуникатор ВЕАМЕХ МС6 (-R), регистрационный № 52489-13</p>
------------------------------------	---	---

	<p>Эталон 4-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта № 3456 от 30.12.2019. Диапазон задания электрического сопротивления должен соответствовать рабочему диапазону поверяемого расходомера. Соотношение пределов допускаемых значений относительных погрешностей рабочего эталона 4-го разряда и пределов допускаемых значений относительных погрешностей расходомера должно быть не более 1/2.</p>	<p>Калибратор многофункциональный и коммуникатор ВЕАМЕХ МС6 (-R), регистрационный № 52489-13</p> <p>Программное обеспечение «Расходомер ИСО»</p>
<p><i>Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, поверенные средства измерений утвержденного типа, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице</i></p>		

Так же при проведении поверки применяют:

5.2 Сертифицированное программное обеспечение (при необходимости), реализующее методы расчета (определения) в соответствии с нормативными документами, устанавливающими метод расчета физических свойств измеряемой среды, коэффициента сжимаемости и/или плотности, объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям, и массового расхода газа, а также скорости звука.

5.3 При проведении поверки имитационным методом рекомендуется использование однокомпонентного неагрессивного газа с известными физическими свойствами, например, азот технический 1-го сорта 99,6 об. % по ГОСТ 9293-74 «Азот газообразный и жидкий. Общие технические условия» или газ с известным компонентным составом определенном в аккредитованной химико-аналитической лаборатории. Допускается применение атмосферного воздуха.

6 Требования(условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования безопасности, указанные в:

- ГОСТ 12.2.007.0-75, Правилах устройства электроустановок (ПУЭ);
- правилах техники безопасности, действующие в месте проведения поверки;
- эксплуатационной документации на установки;
- эксплуатационной документации на средства поверки и вспомогательное оборудование, используемые при поверке.

6.2 Источником опасности при проведении поверки является – электрический ток, применяемый для работы поверочного оборудования.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должны быть установлены:

- соответствие комплектности расходомера требованиям эксплуатационной документации;
- соответствие маркировки требованиям, предусмотренным эксплуатационной документацией;
- отсутствие механических повреждений, коррозии, нарушения покрытий, надписей и отсутствие других дефектов, препятствующих его функционированию в соответствии с эксплуатационной документацией.

По результатам внешнего осмотра поверитель принимает решение о проведении дальнейшей поверки или устранению выявленных дефектов (при наличии), в случае невозможности устранения дефектов проведение поверки прекращается.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением поверки расходомера выполняют следующие подготовительные работы:

- проверяют комплектность эксплуатационной документации на расходомер;
- проверяют сведения о поверке или аттестации используемых средств поверки;
- проверяют работоспособность расходомера и средств поверки в соответствии с руководством по эксплуатации;
- проводят монтаж средств поверки согласно структурным схемам, указанным в эксплуатационной документации;
- включают и прогревают расходомер и средства поверки не менее 30 минут;
- Остальную подготовку проводят согласно требованиям документации изготовителя расходомера и руководствам по эксплуатации средств поверки.

8.2 Опробование

Опробование заключается в проверке работоспособности поверяемого расходомера и его отдельных компонентов. Проверка может осуществляться при помощи персонального компьютера (далее ПК) через веб-интерфейс (IP-адрес 169.254.165.10), либо непосредственно при помощи встроенного интерфейса показывающего устройства расходомера.

При поверке расходомеров проливным методом убеждаются в изменении показаний расходомера при изменении расхода газа на поверочной установке.

При поверке имитационным методом на месте эксплуатации убеждаются в показаниях расходомера по измерительным каналам расхода, давления и температуры до выполнения процедуры перекрытия расхода.

При поверке имитационным методом при снятии расходомера с газопровода убеждаются в показаниях по измерительным каналам расхода, давления и температуры расходомера любым доступным способом, задавая расход вентилятором, компрессором и т.п. Воздушный поток не должен превышать значения по скорости в 20 м/с.

Результаты опробования считают положительными, если значение скорости потока и расхода газа по показаниям расходомера отличны от нуля, а значения параметров температуры и давления соответствуют значениям, перечисленным в п. 3.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

Для проверки соответствия ПО необходимо включить расходомер. После подачи питания встроенное ПО расходомера выполняет ряд самодиагностических проверок, в том числе проверку целостности конфигурационных данных и неизменности исполняемого кода путем расчета контрольной суммы.

На показывающем устройстве расходомера (для исполнений с показывающим устройством) и через соответствующий пункт меню в веб-интерфейсе (для всех исполнений) должны отражаться следующие данные:

- идентификационное наименование ПО;
- номер версии (идентификационный номер) ПО;
- цифровой идентификатор (контрольная сумма) ПО.

Идентификационные данные поверяемого расходомера должны соответствовать представленным в паспорте на расходомер.

При отрицательных результатах проверки программного обеспечения расходомер дальнейшей поверке не подлежит.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение относительной погрешности измерений объемного расхода и объема газа в рабочих условиях

Определение относительной погрешности измерений объемного расхода и объема газа в рабочих условиях либо имитационным (косвенным) методом, либо проливным методом на поверочной установке.

10.1.1 Определение относительной погрешности измерений объемного расхода и объема газа в рабочих условиях имитационным (косвенным) методом.

Первичная поверка имитационным методом (методом косвенных измерений) допускается для расходомеров DN400 и более.

Поверка имитационным методом может быть выполнена одним из двух способов:

- с демонтажем расходомера с трубопровода;
- без демонтажа расходомера с трубопровода, в рабочих условиях на месте эксплуатации.

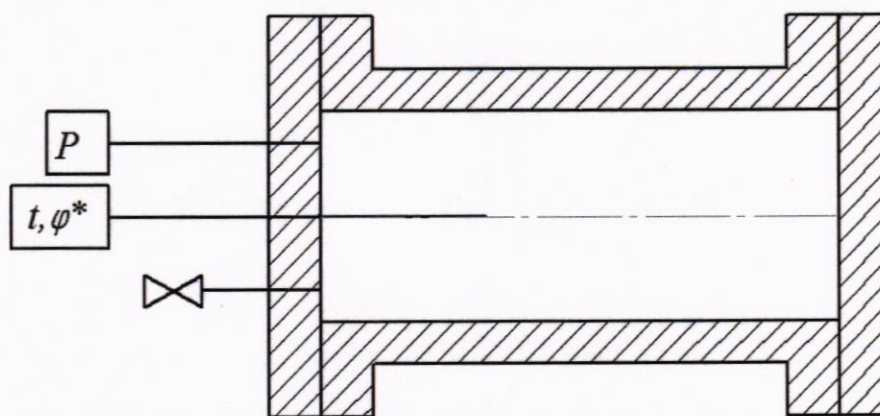
Метод проведения поверки в рабочих условиях на месте эксплуатации (без демонтажа) может быть применен только в том случае, если отрезок трубопровода с вмонтированным расходомером может быть полностью перекрыт и в измерительном корпусе полностью отсутствует течение газа. Для обеспечения удобства контроля над отсутствием утечек через запорную арматуру частично стравливают газ из изолированного участка. При этом давление в изолированном участке трубопровода должно отличаться от давления в остальном трубопроводе не менее, чем на 10 % или 0,1 МПа.

Условия выполнения измерений: допускаемые диапазоны изменения параметров измеряемой среды приведены в таблице 3:

Таблица 3

Наименование параметра	Значение
Изменение абсолютного давления измеряемой среды, %	$\pm 0,1$
Изменение температуры измеряемой среды, °С	$\pm 0,2$

10.1.1.1 Определение относительной погрешности измерений объемного расхода и объема газа в рабочих условиях имитационным методом после демонтажа расходомера с измерительной линии.



P – преобразователь давления, t – термометр, φ – гигрометр
* – при необходимости

Рисунок 1. Схема подключения при определении метрологических характеристик имитационным (косвенным) методом после демонтажа с измерительной линии.

На фланцы расходомера устанавливают заглушки, оснащённые штуцерами для подачи поверочной среды в корпус расходомера, а также гильзами для монтажа датчика температуры. Подключаются датчики давления и температуры.

В качестве поверочной среды рекомендуется использовать азот газообразный особой чистоты по ГОСТ 9293-74. Для расходомеров, бывших в эксплуатации, его внутренняя полость перед заполнением азотом должна быть продута тем же самым азотом. Заполнив корпус расходомера измеряемой средой до давления $P_{абс} \approx 0,5$ МПа, дожидаются стабилизации её температуры и давления.

Допускается в качестве поверочной среды использовать воздух при атмосферном давлении.

Расходомер помещается в контрольное помещение, закрывается со стороны фланцев. Проверяется стабилизация температуры в пределах 2 °С в течение 15 минут. Поверка начинается, если изменение среднего по всем хордам значения скорости звука в газе в течение 15 минут не будет превышать 0,2 м/с.

Расходомер не должен подвергаться воздействию солнечных лучей, т.к. это может вызвать внутри него конвекционные потоки.

Рассчитывают значение скорости звука в поверочной среде. Скорость звука в поверочной среде определяют в соответствии с нормативными документами, устанавливающими методы расчета физических свойств. Допускается применение аттестованного программного обеспечения реализующего методы определения скорости звука.

Измерения проводятся в течении 5 минут с усреднением полученных результатов.

По окончании измерений рассчитывают относительное отклонение измеренных скоростей звука по каждому акустическому каналу (пути) δC_{oi} , % от расчетной скорости звука в газе по формуле (1) и наибольшее относительное отклонение значений скорости звука между лучами δC_{omax} , % по формуле (2).

$$\delta C_{oi} = \frac{C_{oui} - C_{op}}{C_{op}} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где C_{oui} – измеренное усредненное значение скорости звука для i -того акустического канала (пути), м/с

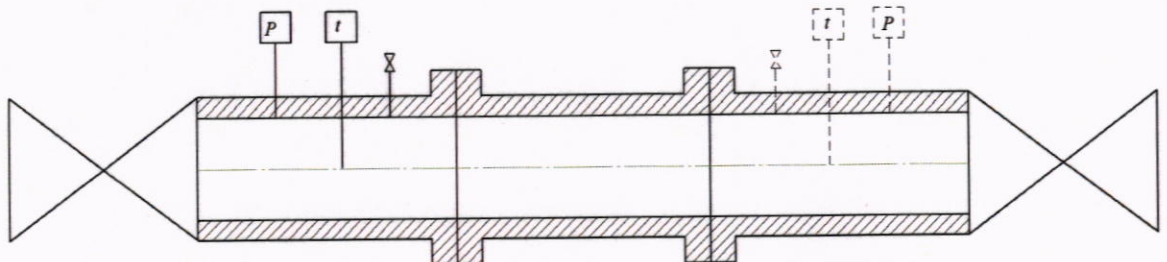
C_{op} – расчётное значение скорости звука в поверочной среде, м/с,

$$\delta C_{omax} = \frac{C_{omax} - C_{omin}}{C_o} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

Расходомер считается прошедшим поверку, если:

- 1) Измеренные значения скорости потока газа при нулевом расходе не превышают $\pm 0,006$ м/с для расходомеров MPU 1600с, MPU 1200с и MPU 800с; $\pm 0,012$ м/с для расходомеров MPU 600с; $\pm 0,024$ м/с для расходомеров MPU 200с.
- 2) Отклонение измеренных скоростей звука по каждому акустическому каналу от расчетной скорости звука должны находиться в пределах $\pm 0,2$ % для расходомеров MPU 1600с, MPU 1200с и MPU 800с; $\pm 0,3$ % для расходомеров MPU 600с; $\pm 0,4$ % для расходомеров MPU 200с.
- 3) Наибольшее относительное отклонение значений скорости звука между лучами не должно превышать: $\pm 0,1$ % для расходомеров MPU 1600с, MPU 1200с и MPU 800с; $\pm 0,2$ % для расходомеров MPU 600с; $\pm 0,3$ % для расходомеров MPU 200с

10.1.1.2 Определение относительной погрешности измерений объемного расхода и объема в рабочих условиях имитационным методом без снятия с измерительной линии.



P – преобразователь давления, t – термометр

Рисунок 2. Схема подключения при определении метрологических характеристик имитационным (косвенным) методом без демонтажа с измерительной линии.

Перед началом поверки изолируют участок трубопровода с расходомером. Поверка проводится при рабочем давлении и при стабильной температуре окружающей среды. Расходомер

и трубная обвязка не должны подвергаться воздействию осадков, солнечных лучей и т.п., так как это может вызвать образование конвекционных потоков внутри расходомера.

Проверяется стабилизация температуры газа в пределах $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 15 минут. Поверка начинается, если изменение среднего по всем хордам значения скорости звука в газе в течение 15 минут не будет превышать $0,2\text{ м/с}$. Погрешность измерения (с учетом дрейфа) давления не должна превышать $\pm 0,1\%$, температуры $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Рассчитывают значение скорости звука в поверочной среде. Скорость звука в поверочной среде определяют в соответствии с нормативными документами, устанавливающими методы расчета физических свойств. Допускается применение методов расчета скорости звука с относительной методической погрешностью не более $0,3\%$. Допускается применение аттестованного программного обеспечения реализующего методы определения скорости звука. Допускается в качестве поверочной среды использовать воздух.

Измерения проводятся в течении 5 минут с усреднением полученных результатов.

По окончании измерений рассчитывают относительное отклонение измеренных скоростей звука по каждому акустическому каналу (пути) δC_{oi} , % от расчетной скорости звука в газе по формуле (1) и наибольшее относительное отклонение значений скорости звука между лучами $\delta C_{o\max}$, % по формуле (2).

Расходомер считается прошедшим поверку, если:

- 1) Измеренные значения скорости потока газа при нулевом расходе не превышают $\pm 0,006\text{ м/с}$ для расходомеров MPU 1600с, MPU 1200с и MPU 800с;
 $\pm 0,012\text{ м/с}$ для расходомеров MPU 600с;
 $\pm 0,024\text{ м/с}$ для расходомеров MPU 200с.
- 2) Отклонение измеренных скоростей звука по каждому акустическому каналу от расчетной скорости звука должны находиться в пределах $\pm 0,2\%$ для расходомеров MPU 1600с, MPU 1200с и MPU 800с;
 $\pm 0,3\%$ для расходомеров MPU 600с;
 $\pm 0,4\%$ для расходомеров MPU 200с.
- 3) Наибольшее относительное отклонение значений скорости звука между лучами не должно превышать:
 $\pm 0,1\%$ для расходомеров MPU 1600с, MPU 1200с и MPU 800с;
 $\pm 0,2\%$ для расходомеров MPU 600с;
 $\pm 0,3\%$ для расходомеров MPU 200с

Примечание: Определение относительной погрешности измерений объемного расхода и объема газа в рабочих условиях имитационным (косвенным) методом без снятия с измерительной линии может быть применено только в том случае, если отрезок трубопровода с вмонтированным расходомером газа, может быть полностью перекрыт, в измерительном корпусе полностью отсутствует течение газа.

10.1.1.3 Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения объемного расхода и объема газа в рабочих условиях расходомера при имитационном методе поверки представлены в описании типа.

10.1.2 Определение метрологических характеристик расходомера проливным методом

Определение метрологических характеристик расходомера проливным методом на поверочной установке при атмосферном давлении осуществляется по п. 10.1.2.1, при избыточном давлении по п. 10.1.2.2.

10.1.2.1 Определение метрологических характеристик расходомера проливным методом на поверочной установке при атмосферном давлении

Измерения проводятся при следующих значениях объемного расхода $Q_j: Q_{\max}, 0,7Q_{\max}, 0,5Q_{\max}, 0,3Q_{\max}, 0,1Q_{\max}$ и Q_{\min} . Допускается производить измерения в произвольном числе равно распределенных значений расхода (не менее 5 точек). Для удобства допускается округление дробной доли расхода в большую или меньшую сторону. Точность задания расхода $\pm 0,025 Q_{\max}$, в течение всего процесса измерений отклонение расхода по показаниям эталона от заданного значения расхода не должно превышать $\pm 0,01 Q_{\max}$.

На каждом значении расхода проводят не менее пяти измерений с последующим усреднением.

Определяют относительную погрешность расходомера по формуле

$$\delta = \frac{Q_{ic} - Q_{\Sigma}}{Q_{\Sigma}} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где Q_{Σ} – усредненный расход по показаниям эталонной установки, м³/ч.

Q_{ic} – усредненный расход с расходомера, м³/ч

Примечания:

1. Допускается введение корректировочных коэффициентов.

2. Допускается проводить измерения и обработку результатов измерений по объему газа за фиксированный интервал времени.

Расходомер считается прошедшим поверку, если полученные значения относительной погрешности измерений объемного расхода и объема в рабочих условиях не превышает значений, указанных в описании типа.

10.1.2.2 Определение относительной погрешности измерений объемного расхода и объема в рабочих условиях при использовании поверочной установки методом прямых многократных измерений

Измерения проводятся при следующих значениях объемного расхода $Q_j: Q_{max}, 0,7Q_{max}, 0,5Q_{max}, 0,3Q_{max}, 0,1Q_{max}$ и Q_{min} . Допускается производить измерения в произвольном числе равно распределенных значений расхода (не менее 5 точек). Для удобства допускается округление дробной доли расхода в большую или меньшую сторону. Точность задания расхода $\pm 0,025 Q_{max}$, в течение всего процесса измерений отклонение расхода по показаниям эталона от заданного значения расхода не должно превышать $\pm 0,01 Q_{max}$.

На каждом значении расхода проводят не менее пяти измерений. Значения объемного расхода, полученные по показаниям расходомера Q_{icn} , приводят к условиям измерений эталонными преобразователями Q_{ic} по формуле

$$Q_{ic} = Q_{icn} \frac{P_e T_t z_t}{P_t T_e z_e}, \quad (4)$$

где P_e – давление газа на участке эталонных преобразователей, МПа;

P_t – давление газа на участке поверяемого расходомера, МПа;

T_e – термодинамическая температура газа на участке эталонных преобразователей, К;

T_t – термодинамическая температура газа на участке поверяемого расходомера, К;

z_t – фактор сжимаемости газа, рассчитанный при температуре и давлении на участке поверяемого расходомера;

z_e – фактор сжимаемости газа, рассчитанный при температуре и давлении на участке эталонных преобразователей.

Полученные значения и значения по показаниям установки фиксируют и оформляют в виде таблицы 4.

Таблица 4 – Среднеарифметическая девиация

Среднее значение расхода	Расход (эталонное значение)	Расход (показания расходомера)	Девиация	Среднеарифметическая девиация
м ³ /ч	м ³ /ч	м ³ /ч	%	%
Q_j	Q_{1e}	Q_{1c}	fp_1	fp_{Qj}
	Q_{2e}	Q_{2c}	fp_2	
		
	Q_{ne}	Q_{nc}	fp_n	

Значения девиации fp_i рассчитывают в процентах по формуле

$$fp_i = \left(\frac{Q_{ic}}{Q_{ie}} - 1 \right) \cdot 100 \% \quad (5)$$

Значение среднеарифметической девиации рассчитывают по формуле

$$fp_{Q_j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n fp_i, \quad (6)$$

где n – число экспериментов, проведенных в данной точке по расходу ($n \geq 5$),

Q_j – нижний индекс обозначает текущую точку по расходу, могут принимать значения $Q_{max}, 0,7Q_{max}, 0,5Q_{max}, 0,3Q_{max}, 0,1Q_{max}, Q_{min}$, или др..

Рассчитывают отклонение среднего результата измерений объема в процентах для всех точек по расходу по формуле

$$S_{Vj} = \frac{100}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{ic}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(Q_{ic} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{ic} \right)^2}{n(n-1)}}. \quad (7)$$

Рассчитывают доверительные границы ε случайной составляющей погрешности результата измерений по формуле

$$\varepsilon = t_{n0.95} S_V, \quad (8)$$

где $t_{n0.95}$ – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 95 % и степенью свободы n , (определяют по приложению Д ГОСТ Р 8.736);

S_Q – максимальное среднеквадратическое отклонение среднего результата измерений ($S_Q = \max_j S_{Qj}$).

После заполнения таблицы 4 для всех точек по расходу определяют средневзвешенную девиацию WME по формуле:

$$WME = \frac{\sum_{j=1}^m k_j fp_{Qj}}{\sum_{j=1}^m k_j}, \quad (9)$$

где $k_j = \begin{cases} \frac{Q_j}{Q_{max}}, & \text{при } Q_j < 0,7Q_{max} \\ 1,4 - \frac{Q_j}{Q_{max}}, & \text{при } Q_j > 0,7Q_{max} \end{cases}$

j – индекс поверочного расхода ($j = 1 \dots m$);

m – число точек по расходу ($m = 5$).

Вычисляют корректировочный коэффициент AF* по формуле

$$AF = \frac{1}{1 + \frac{WME}{100}} \quad (10)$$

Корректируют показания расходомера по рассчитанному корректировочному коэффициенту AF (умножением на AF), результаты оформляют в виде таблицы 5.

Примечание:*) В соответствии с документацией изготовителя допускается использование корректировочных коэффициентов, определенных для каждого значения расхода.

Таблица 5 – Среднеарифметическая скорректированная девиация

Среднее значение расхода	Расход, эталонное значение	Расход, скорректированные показания расходомера	Скорректированная девиация	Среднеарифметическая скорректированная девиация
м ³ /ч	м ³ /ч	м ³ /ч	%	%
Q_j	Q_{1e}	Q_{1k}	fpk_1	fpk_{Qj}
	Q_{2e}	Q_{2k}	fpk_2	
	
	Q_{ne}	Q_{nk}	fpk_n	

Определяют границы неисключенной систематической погрешности по формуле

$$\theta = \begin{cases} \pm(\sum_{l=1}^N |\theta_l| + |\theta_{cal}|), & \text{при } N < 3 \\ \pm 1,1\sqrt{\sum_{l=1}^N \theta_l^2 + \theta_{cal}^2}, & \text{иначе} \end{cases} \quad (11)$$

где θ_l – граница l -й составляющей неисключенной систематической погрешности установки;

θ_{cal} – неисключённая систематическая погрешность калибровки, определяется как максимальное абсолютное значение среднеарифметической девиации с учетом калибровки ($\theta_{cal} = \max_{Q_j} |f_{pk_{Q_j}}|$).

Определяют среднеквадратическое отклонение суммы неисключенных систематических погрешностей по формуле

$$S_{\theta} = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^N \theta_l^2 + \theta_{cal}^2}{3}} \quad (12)$$

Определяют суммарную среднеквадратическую погрешность по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_V^2 + S_{\theta}^2} \quad (13)$$

Определяют границу относительной погрешности результата измерений по формуле

$$\delta = S_{\Sigma} \frac{\theta + \varepsilon}{S_{\theta} + S_V} \quad (14)$$

Расходомер считается прошедшим поверку, если δ не превышает значений, указанных в таблице 3.

Расходомер считается прошедшим поверку, если полученное значения δ не превышает относительной погрешности измерений объемного расхода и объема в рабочих условиях указанных в описании типа.

10.2 Определение абсолютной погрешности преобразования сопротивления в значение температуры

Операции поверки по п. 10.2 не выполняются, если в соответствии с паспортом и конструкцией расходомера не предусматривается измерение температуры по значению сопротивления.

Для определения абсолютной погрешности при преобразовании сопротивления в значение температуры необходимо к резистивному входу расходомера подключить эталон электрического сопротивления (калибратор).

Устанавливать на эталоне поочередно сопротивление согласно таблице 6 составленной по ГОСТ 6651.

Таблица 6 – Номинальные статические характеристики для термопреобразователя сопротивления Pt100

$R_{Pt100 \text{ГОСТ}}, \text{ Ом}$	$t_{\text{табл}}, \text{ }^{\circ}\text{C}$
84,27	-40
92,16	-20
100	0
107,7	+20
123,24	+60
134,71	+90

Считать измеренные значения температуры с помощью персонального компьютера через веб-интерфейс (IP-адрес 169.254.165.10).

Вычислить абсолютную погрешность при преобразовании сопротивления в значение температуры в каждой точке по формуле

$$\Delta t_j = t_{\text{изм}} - t_{\text{табл}} \quad (15)$$

где $t_{\text{изм}}$ – считанное значение температуры, $^{\circ}\text{C}$;
 $t_{\text{табл}}$ – табличное значение температуры, соответствующее заданному сопротивлению, $^{\circ}\text{C}$.

Расходомер считают прошедшим поверку, если значения абсолютной погрешности при преобразовании сопротивления в значение температуры не превышают $\pm 0,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

10.3 Определение приведенной к диапазону измерений погрешности при преобразовании силы тока в значение давления и значение температуры

Операции поверки по п. 10.3.1 не выполняются, если в соответствии с паспортом и конструкцией расходомера не предусматривается измерение давления по токовому входу.

Операции поверки по п. 10.3.2 не выполняются, если в соответствии с паспортом и конструкцией расходомера не предусматривается измерение температуры по токовому входу.

10.3.1 Определение приведенной к диапазону измерений погрешности при преобразовании силы тока в значение давления

Для определения приведенной к диапазону измерений погрешности при преобразовании силы тока в значение давления к токовому входу расходомера подсоединяют рабочий эталон единицы постоянного электрического тока. Эталон задают пять значений токового сигнала, соответствующих значениям давления равномерно распределенных по всему диапазону измерений датчика давления: $0, 1P_{max}; 0,25P_{max}; 0,5P_{max}; 0,75P_{max}; P_{max}$.

Значения токового сигнала эталона I_p (мА) соответствующего каждой проверяемой точке давления $p_{кд}$ определяют по формуле

$$I_p = \frac{p_{кд}}{p_{max}} (I_{max} - I_{min}) + I_{min}, \quad (16)$$

где $p_{кд}$ – заданное значение давления, МПа;

P_{max} – верхний предел измерения канала давления расходомера, МПа;

I_{max} – максимальное значение входного аналогового сигнала, мА;

I_{min} – минимальное значение входного аналогового сигнала, мА.

Для каждого заданного значения давления определяют приведенную погрешность γ_{Ip} , по формуле

$$\gamma_{Ip} = \frac{p_p - p_{кд}}{p_{max}} \cdot 100 \%, \quad (17)$$

где p_p – измеренное значение давления, МПа.

Количество измерений на каждом значении токового сигнала должно быть не менее пяти.

Значение измеренного расходомером значения давления считывают при помощи подключенного персонального компьютера через веб-интерфейс (IP-адрес 169.254.165.10).

Расходомер считают прошедшим поверку, если значения приведенной к диапазону измерений погрешности при преобразовании силы тока в значение давления расходомера не превышают $\pm 0,1 \%$.

10.3.2 Для определения приведенной к диапазону измерений погрешности при преобразовании силы тока в значение температуры к токовому входу расходомера подсоединяют рабочий эталон единицы постоянного электрического тока. Эталон задают 5 значений токового сигнала, соответствующих значениям температуры равномерно распределенных по всему диапазону измерений датчика температуры.

Значения токового сигнала эталона I_t (мА) соответствующего каждой проверяемой точке температуры $t_{кд}$ определяют по формуле

$$I_t = \frac{(t_{кд} - t_{min})}{(t_{max} - t_{min})} (I_{max} - I_{min}) + I_{min}, \quad (18)$$

где $t_{кд}$ – заданное значение температуры, °С;

t_{max} – верхний предел измерения канала измерения температуры расходомера, °С;

t_{min} – нижний предел измерения канала измерения температуры расходомера, °С;

I_{max} – максимальное значение входного аналогового сигнала, мА;

I_{min} – минимальное значение входного аналогового сигнала, мА.

Для каждого заданного значения температуры определяют приведенную погрешность γ_{It} , по формуле:

$$\gamma_{It} = \frac{(t_{изм} - t_{кд})}{(t_{max} - t_{min})} \cdot 100 \%, \quad (19)$$

где $t_{изм}$ – измеренное расходомером значение температуры, °С.

Количество измерений на каждом значении токового сигнала должно быть не менее пяти.

Значение измеренного расходомером значения температуры считывают при помощи подключенного персонального компьютера через веб-интерфейс (IP-адрес 169.254.165.10).

Расходомер считают прошедшим поверку, если значения приведенной к диапазону измерений погрешности γ_{It} при преобразовании силы тока в значение температуры расходомера не превышают $\pm 0,1 \%$.

10.4 Определение относительной погрешности при вычислении объемного расхода и объема газа, приведенного к стандартным условиям, массового расхода и массы газа, обусловленный программной реализацией алгоритма вычисления

Операции поверки по п. 10.4 выполняются только при первичной поверке.

Операции поверки по п. 10.4 не выполняются, если в соответствии с паспортом и конструкцией расходомера не предусматривается вычисление объемного расхода и объема газа, приведенного к стандартным условиям, массового расхода и массы газа.

В расходомер при помощи веб-интерфейса (IP-адрес 169.254.165.10) вводят значения следующих параметров в соответствии с данными в А.1 Приложения А:

Значения параметров газовой смеси:

- молярные доли компонентов;
- плотность газа при стандартных условиях;
- значение температуры;
- значение абсолютного давления;

- значение расхода в рабочих условиях Q_p (выбирается в диапазоне измерений объемного расхода газа в рабочих условиях расходомера);

Считывают из расходомера с помощью веб-интерфейса (IP-адрес 169.254.165.10) значение объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям $Q_{сн}$ (м³/ч).

Вычисляют относительную погрешность при вычислении объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям, по формуле

$$\delta_{Q_c} = \frac{Q_{сн} - Q_{ср}}{Q_{ср}} \cdot 100 \% \quad (20)$$

$Q_{сн}$ – значение объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям, вычисленное расходомером;

$Q_{ср}$ – значение объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям, теоретически расчетное по формуле 21 или вычисленное с помощью аттестованного программного обеспечения.

$$Q_{ср} = Q_p \cdot \frac{T_c \cdot P_p}{T_p \cdot P_c \cdot k}, \quad (21)$$

где P_c – давление при стандартных условиях (101,325 кПа);

T_c – термодинамическая температура при стандартных условиях (293,15 К);

Q_p, T_p, P_p – объемный расход, температура и давление при рабочих условиях (м³/ч, К, кПа);

k – коэффициент сжимаемости газа, вычисляется в соответствии с нормативными документами, устанавливающими метод расчета физических свойств (Z_p/Z_c).

Считывают из расходомера с помощью веб-интерфейса (IP-адрес 169.254.165.10) значение массового расхода газа, вычисленное расходомером $Q_{ми}$ (кг/ч).

Вычисляют значение массового расхода газа $Q_{мр}$ (кг/ч) по формуле

$$Q_{мр} = Q_p \cdot \rho, \quad (22)$$

где ρ – плотность газа в рабочих условиях (вычисляется в соответствии с установленными параметрами расчета с учетом требований нормативных документов, устанавливающих методы расчета физических свойств), кг/м³.

Допускается использование аттестованного программного обеспечения реализующего методы расчета (определения) в соответствии с нормативными документами, устанавливающими метод расчета физических свойств измеряемой среды.

Вычисляют относительную погрешность расходомера при вычислении массового расхода газа по формуле

$$\delta_{Q_m} = \frac{Q_{ми} - Q_{мр}}{Q_{мр}} \cdot 100 \%, \quad (23)$$

где $Q_{ми}$ – значение массового расхода газа вычисленное расходомером, кг/ч;

$Q_{\text{мр}}$ – значение массового объемного расхода газа, теоретически расчетное по формуле (22) или вычисленное с помощью аттестованного программного обеспечения.

Результаты поверки считают положительными, если полученные значения относительной погрешности при вычислении объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям и массового расхода газа, обусловленные программной реализацией алгоритма вычисления, не превышает $\pm 0,01\%$.

10.5 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Производится проверка соответствия полученных метрологических характеристик в п.п.10.1, 10.2, 10.3, 10.4 настоящей методики с метрологическими характеристикам, приведенными в описании типа.

Результаты поверки считаются положительными если метрологические характеристики соответствуют приведенным в описании типа.

При проведении поверки производится проверка соответствия расходомеров требованиям, предъявляемым к средствам измерений в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Росстандарта от 11 мая 2022 №1133 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений объемного и массового расходов газа;

б) средствам измерений в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Росстандарта от 01 октября 2018 №2091 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А;

в) средствам измерений в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 №3456 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока.

В случае положительного результата поверки, расходомеры соответствуют требованиям, предъявляемым к средствам измерений в соответствии с Приказом Росстандарта от 11 мая 2022 №1133, требованиям, предъявляемым к средствам измерений в соответствии с Приказом Росстандарта от 01 октября 2018 №2091 и требованиям, предъявляемым к средствам измерений в соответствии с Приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 №3456.

10 Оформление результатов поверки

10.4 Результаты поверки оформляются протоколами произвольной формы.

10.5 Знак поверки ставится в свидетельство о поверке (при заявлении).

10.6 При положительных результатах поверки расходомер признают годным к применению, оформляют свидетельство о поверке (при заявлении) в соответствии с Приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» и передают сведения в информационный фонд.

10.7 Если расходомер по результатам поверки признан непригодным к применению выписывают извещение о непригодности к применению (при заявлении) в соответствии с Приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» и передают сведения в информационный фонд.

**Тестовая комбинация параметров для определения относительной погрешности при
вычислении объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям и массового
расхода газа**

Комбинация А.1 По ГОСТ 30319.2-2015, смесь №2.

Вводимые значения	
t, °C	P _{абс} , (МПа)
-23,15	0,1
76,85	7,5

Состав газа:

азот

5,7 мол. %

диоксида углерода

7,6 мол. %

Плотность при 0,101325 МПа и 293,15 К:

0,8263 кг/м³