



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ – РОСТЕСТ»
(ФБУ «НИЦ ПМ – РОСТЕСТ»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора

С.А. Денисенко

« 12

сентябрь

2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Счетчики газа ультразвуковые КТМ700 РУС.

Методика поверки

РТ-МП-1571-208-2025

г. Москва
2025 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки применяется для поверки Счетчиков газа ультразвуковых КТМ700 РУС (далее – счетчики) (далее по тексту – счетчики), используемых в качестве рабочих средств измерений, и устанавливает требования к методам и средствам их первичной и периодических поверок.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение	
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений объемного расхода и объема газа при рабочих условиях в диапазоне расходов, %	$Q_{\min} \leq Q < Q_t^{1)}$	$Q_t^{1)} \leq Q \leq Q_{\max}$
одноканальное исполнение	$\pm 1,0^{2)/\pm 2,0^{3)/\pm 3,0^{4)}$	$\pm 0,7^{2)/\pm 1,5^{3)/\pm 2,0^{4)}$
двухканальное исполнение	$\pm 0,7^{2)/\pm 1,0^{3)/\pm 1,5^{4)}$	$\pm 0,5^{2)/\pm 0,7^{3)/\pm 1,0^{4)}$
четырехканальное исполнение	$\pm 0,7^{2)3)/\pm 1,0^{4)}$	$\pm 0,5^{2)3)/\pm 0,7^{4)}$
четырехканальное или восьмиканальное исполнение	$\pm 0,5^{2)3)/\pm 0,7^{4)}$	
Пределы допускаемой относительной погрешности вычислений массового расхода и массы газа, объемного расхода и объема газа, приведенного к стандартным условиям, %	$\pm 0,005$	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от 4 до 20 мА, мА	$\pm 0,016$	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения (генерирования) силы постоянного электрического тока в диапазоне от 4 до 20 мА, мА	$\pm 0,04$	
Пределы допускаемой относительной погрешности частотного выхода, %	$\pm 0,02$	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности импульсного выхода, имп.	± 1	
¹⁾ Q_t – переходное значение расхода (указывается в эксплуатационной документации изготовителя); ²⁾ при первичной или периодической поверке проливным методом; ³⁾ при первичной или периодической поверке имитационным методом для DN200 и более, при периодической поверке имитационным методом, для счетчиков с номинальным диаметром менее DN200, при условии первичной поверки проливным методом; ⁴⁾ при первичной или периодической поверке имитационным методом для счетчиков с номинальным диаметром менее DN200.		

1.3 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача следующих единиц физических величин:

- единицы объемного и массового расхода газа в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 11.05.2022 № 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;

- единицы частоты в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2360 Об утверждении

Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1-2022 методом непосредственного сличения;

- единицы силы постоянного электрического тока в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 01.10.2018 № 2091 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.

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении поверки выполняют следующие операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Наименование операции поверки	Проведение операций при		Номер раздела (пункта) методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			10
Определение относительной погрешности измерений объемного расхода и объема газа при рабочих условиях:			
- имитационным методом	Да	Да	10.1
- проливным методом	Да	Да	10.2
Определение погрешности при воспроизведении (генерировании) силы постоянного электрического тока, частотного и импульсного выхода:			10.3
в частотный сигнал	Да	Да	10.3.1
в токовый сигнал	Да	Да	10.3.2
проверка импульсного выхода	Да	Да	10.3.3
Определение абсолютной погрешности измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от 4 до 20 мА	Да	Да	10.4
Определение относительной погрешности вычислений массового расхода и массы газа, объемного расхода и объема газа, приведенного к стандартным условиям	Да	Нет	10.5

2.2 Допускается проведение поверки счетчиков в настраиваемом поддиапазоне измерений в соответствии с заявлением владельца средства измерений с обязательным

указанием в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений и свидетельстве о поверке информации об объеме проведенной поверки.

Счетчики могут быть настроены на поддиапазоны измерений, при этом в качестве Q_{min} могут использоваться значения, соответствующие $0,01Q_{max}$ или $0,05Q_{max}$, а в качестве Q_{max} значения, соответствующие $0,3Q_{max}$, $0,4Q_{max}$, $0,5Q_{max}$, $0,6Q_{max}$, $0,7Q_{max}$, $0,8Q_{max}$, $0,9Q_{max}$.

Счетчики с номинальным диаметром DN450 и более могут быть настроены на поддиапазоны измерений от Q_{min} до Q_t , от Q_t включ. до Q_{max} уст включ., от Q_{max} уст до Q_{max} , где Q_{max} уст - верхний предел воспроизведения объемного расхода поверочной установкой. При этом поверка счетчика в поддиапазоне от Q_{max} уст до Q_{max} проводится имитационным методом.

3 Требования к условиям проведения поверки

- поверочная среда	воздух или газ известного состава
- температура окружающего воздуха, °C *	от 15 до 25
- температура поверочной среды, °C *	от 15 до 25
- относительная влажность воздуха, %	от 30 до 95
- атмосферное давление, кПа	от 84,0 до 106,7
- изменение температуры окружающей среды за время поверки, °C, не более	2
- время выдержки расходомера до начала поверки при температуре поверки, не менее, ч	1

* При поверке счетчиков имитационным методом на измерительной линии или применении поверочных установок на природном газе допускается проведение поверки при температуре окружающего воздуха и поверочной среды от минус 23 до плюс 55 °C.

В случае применения в качестве поверочной среды природного газа необходимо обеспечить контроль его компонентного состава в соответствии с требованиями ГОСТ 31371.7-2020 «Газ природный. Определение состава методом газовой хроматографии с оценкой неопределенности. Часть 7. Методика измерений молярной доли компонентов», ГОСТ 31370-2023 «Газ природный. Руководство по отбору проб», ГОСТ 14920-2024 «Газы нефтепереработки и газопереработки. Определение компонентного состава методом газовой хроматографии».

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 Проведение поверки должен выполнять персонал, отвечающий требованиям, предъявляемым к поверителям средств измерений, знающий принцип действия используемых при проведении поверки эталонов и средств измерений, изучивший настоящую методику поверки, эксплуатационную документацию на расходомеры и прошедший инструктаж по технике безопасности.

4.2 Допускается проводить поверку с привлечением обученного персонала, под непосредственным руководством поверителя.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства измерений и эталоны, указанные в таблице 3.

Таблица 3

Операции поверки, требующие применение средств поверки (номер пункта настоящей методики)	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимым для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8.3, 10.2	Рабочий эталон 1-го разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 11.05.2022 № 1133.	Эталон единицы объёмного расхода газа 1 разряда 3.2.ДУЮ.0002.2019 Поверочная установка «12-fold Nozzle test bench», №7763-001
3	Прибор комбинированный, диапазоны измерений: температура от -20 до +60 °C; влажность до 98 %; давление: от 700 до 1100 гПа. Погрешность измерений абсолютная: температуры $\pm 0,3$ °C; влажности $\pm 2,0$ %; давления: $\pm 2,5$ гПа	Установка поверочная газодинамическая ИРВИС-УПГ-2500, регистрационный номер 37939-08,
10.1, 10.3.2, 10.4	Эталон 2-го разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 01.10.2018 № 2091. Канал измерения силы постоянного тока от 0 до ± 100 мА; канал воспроизведения силы постоянного тока от 0 мА до 24 мА; пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного тока: $\pm(5 \cdot 10^{-4} \cdot X + 3$ мкА) мА; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений силы постоянного тока: $\pm(25 \cdot 10^{-5} \cdot X + 4$ мкА) мА, где X – измеряемая сила постоянного тока	Термогигрометр ИВА-6А-Д, регистрационный номер 46434-11
10.1, 10.3.1, 10.3.3	Эталон 5-го разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2360. Диапазон измерений частоты от 2 мГц до 400 МГц, допускаемая относительная погрешность $5 \cdot 10^{-6}$ %	Калибратор электрических сигналов СА71, регистрационный номер 53468-13

	10.1, 10.3, 10.4	Источник питания постоянного тока. Диапазон напряжения от 12 до 30 В Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки напряжения постоянного тока $\pm(0,001*I+10 \text{ mA})$	Источник питания постоянного тока PSP-603, регистрационный номер 25347-11
10.1		Средство измерений температуры. Диапазон измерений от минус 80 до плюс 200 °C, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,02 + 0,00005 \cdot t $, где t – измеряемая температура	Термометр сопротивления платиновый вибропрочный ТСПВ-1, регистрационный номер 50256-12
		Средство измерений давления. Верхний предел измерений 60 МПа, класс точности 0,05, диапазон измерений абсолютного давления от 0 до 60 МПа, пределы допускаемой приведенной погрешности измерений (от диапазона измерений) $\pm 0,05 \%$	Манометр цифровой МО-05, регистрационный номер 54409-13
10.1, 10.2		Средство измерений интервалов времени. Диапазон измерения и воспроизведения интервалов времени при цене деления 1 с от 1 с до 23 ч 59 мин 59 с, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения и воспроизведения интервалов времени в нормальных условиях за год $\pm(15 + 10^{-6} \cdot T + 1)$, где T – измеренное значение интервала времени	Секундомер электронный с таймерным выходом СТЦ-2М, регистрационный номер 65349-16
8, 10		Программное обеспечение, устанавливаемое на персональный компьютер, предназначенное для конфигурирования, параметризации и диагностики счетчика	ПО KTM Smart Stream
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.			

5.2 При передаче единицы величины от средств поверки к поверяемому счетчику соотношение пределов допускаемой погрешности при одном и том же значении физической величины должно соответствовать требованиям, установленным государственными поверочными схемами, указанными в пункте 1.3 настоящей методики.

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки соблюдают требования безопасности, определяемые:

- правилами безопасности труда, действующими в поверочной лаборатории;
- правилами безопасности, действующими на предприятии;
- правилами безопасности при эксплуатации используемых средств поверки, приведенными в их эксплуатационной документации.

6.2 Монтаж и демонтаж счетчиков в измерительную линию поверочной установки должен производиться согласно его эксплуатационной документации при неработающей поверочной установке.

6.3 Электрооборудование, предусматривающее заземление, должно быть заземлено в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81.

7 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре устанавливают соответствие счетчика следующим требованиям:

7.1 Внешний вид счетчика должен соответствовать описанию и изображению, приведенному в описании типа средства измерений.

7.2 Надписи и обозначения на счетчике должны быть четкими и соответствовать требованиям эксплуатационной документации.

7.3 Видимые повреждения и механические дефекты, препятствующие применению счетчика, должны отсутствовать.

7.4 Результаты поверки считают положительными, если счетчик удовлетворяет всем вышеперечисленным требованиям.

7.5 При получении отрицательных результатов, счетчик считают не прошедшим поверку и дальнейшие операции поверки не проводят.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные работы:

- поверяемый счетчик и средства поверки выдерживают в помещении, где проводят поверку, не менее часа;

- поверяемый счетчик и средства поверки приводят в рабочее состояние в соответствии с эксплуатационной документацией;

- проводят монтаж счетчика и используемых средств поверки согласно их руководству (инструкции) по эксплуатации;

8.2 При поверке счетчиков проливным методом убеждаются в изменении показаний счетчика при изменении расхода газа на поверочной установке. Проверка осуществляется при помощи программного обеспечения KTM Smart Stream (далее - ПО), установленного на компьютер. На поверочной установке задают значения расхода $0,01Q_{max} \pm 5\%$, $0,05Q_{max} \pm 5\%$, $0,25Q_{max} \pm 5\%$, $0,7Q_{max} \pm 5\%$, где Q_{max} – максимальное значение диапазона измерений объемного расхода поверяемого счетчика, и заносят результаты измерений в ПО в автоматическом или ручном режиме. ПО в автоматическом режиме проводит необходимые диагностические процедуры и сообщает о наличии или отсутствии ошибок и неисправностей, препятствующих дальнейшему проведению поверки. Время измерения на каждом значении расхода должно составлять не менее 100 сек.

8.3 При поверке имитационным методом на месте эксплуатации убеждаются в наличии показаний значений расхода до выполнения процедуры перекрытия расхода.

8.4 При проверке имитационным методом при снятии счетчика с газопровода убеждаются в показаниях расхода, любым доступным способом, задавая расход вентилятором, компрессором и т.п., при этом скорость воздушного потока по показаниям поверяемого счетчика не должна превышать 20 м/с.

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

8.6 При получении отрицательных результатов, счетчик считают не прошедшим поверку и дальнейшие операции поверки не проводят.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 При проверке идентификационных данных программного обеспечения (далее – ПО) определяют:

- идентификационное наименование программного обеспечения;
- номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения;
- цифровой идентификатор (контрольная сумма исполняемого кода) программного обеспечения.

9.2 Включают расходомер. После подачи питания встроенное ПО счетчика выполняет ряд самодиагностических проверок, в том числе проверку целостности конфигурационных данных и неизменности исполняемого кода путем расчета и публикации контрольной суммы.

При этом на показывающем устройстве счетчика должны отображаться следующие данные:

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

9.3 Результаты поверки считают положительными, если идентификационные данные программного обеспечения соответствуют идентификационным данным программного обеспечения, указанным в таблице 4.

Таблица 4

Идентификационные данные (признаки)	Значение	
Модификация БОИ	БОИ-Н (Флагман)	БОИ-Лайт
Идентификационное наименование ПО	Firmware BOI	Firmware BOI-2
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0.0	1.0.0
Цифровой идентификатор ПО	0xA94A7578	0xB7584FA9

9.3 При получении отрицательных результатов, счетчик считают не прошедшим поверку и дальнейшие операции поверки не проводят.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение метрологических характеристик при измерении объемного расхода (объема) газа имитационным методом

Проверка имитационным методом может быть выполнена одним из двух способов:

- со снятием счетчика с трубопровода;
- без снятия счетчика с трубопровода в рабочих условиях на месте эксплуатации.

Проведение поверки без снятия счетчика с трубопровода в рабочих условиях на месте эксплуатации возможно только в том случае, если участок трубопровода с установленным счетчиком может быть полностью изолирован и в измерительном корпусе отсутствует поток газа.

При проведении поверки имитационным методом соблюдают условия, указанные в таблице 5.

Таблица 5

Наименование параметра	Значение
Изменение абсолютного давления поверочной среды, %	$\pm 0,2 (\pm 0,4^*)$
Изменение температуры поверочной среды, °C	$\pm 0,2 (\pm 0,4^*)$
*Значение для расходомеров с пределами допускаемой относительной погрешности более $\pm 0,5 \%$	

10.1.1 При проведении поверки без снятия счетчика с трубопровода выполняют следующие операции.

Для обеспечения удобства контроля за 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.

Участок трубопровода в 5Ду до и после счетчика, а также сам счетчик должны быть закрыты от попадания солнечных лучей и находиться на достаточном расстоянии от источников тепла во избежание неравномерного нагрева измерительного корпуса и поверхности трубопровода.

10.1.2 При проведении поверки со снятием счетчика с трубопровода выполняют следующие операции:

Поверку счетчика, демонтированного с трубопровода, проводят в помещении при стабильной температуре воздуха (Таблица 5). На фланцы счетчика устанавливают заглушки, оснащенные штуцерами для подачи тестового газа в корпус счетчика и монтажа преобразователей температуры и давления.

Корпус счетчика заполняют поверочной средой пока абсолютное давление газа не достигнет значения в пределах диапазона, указанного паспорте на счетчик. После чего для стабилизации температуры и давления выдерживают счетчик не менее 1 часа. В качестве поверочной среды рекомендуется использовать азот особой чистоты по ГОСТ 9293-74 «Азот газообразный и жидкий. Технические условия». Внутренняя полость корпуса счетчика перед заполнением азотом должна быть предварительно продута тем же самым азотом. Рекомендуется перед подачей азота из корпуса счетчика откачать воздух.

В соответствии с руководством по эксплуатации выполняют корректировку скорости потока газа и скорости звука.

10.1.3 Выполняют следующие операции:

- запускают программу КТМ Smart Stream;
- вводят компонентный состав газа;

10.1.3.1 Проверку смещения нуля проводят после стабилизации давления и температуры газа во внутренней полости корпуса счетчика (см. таблицу 5) и выполняют измерение скорости потока газа по каждому акустическому каналу.

Производят измерение скорости звука и скорости потока газа при нулевом расходе, считывая параметры скорости потока – усредненную и по каждому акустическому пути, скорость звука - усредненную по лучам и для каждого акустического пути. Измеренные значения считывают при помощи ПО КТМ Smart Stream.

10.1.3.2 Проверку отклонений измеренных скоростей звука от расчетного значения по каждому акустическому каналу и отклонений значений измеренных скоростей звука по парам акустических каналов не следует начинать до тех пор, пока показания измеряемой скорости звука в газе будут изменяться в пределах 0,2 м/с в течение не менее 10 минут.

В качестве значений скоростей звука принимают их средние значения, измеренные за промежуток времени 300 с.

10.1.3.3 Скорость распространения звука в однокомпонентных газах рассчитывают по измеренным значениям давления и температуры газа, а в многокомпонентных газах по измеренным значениям давления, температуры и компонентному составу газа.

Расчет скорости звука в поверочной среде проводят в соответствии с нормативными документами, устанавливающими методы расчета физических свойств, по ГСССД МР 228-2014, ГОСТ 30319.3-2015, ГСССД МР 273-2018, ГСССД МР 176-2010, ГСССД МР 229-2014, ГСССД МР 118-2005, ГСССД МР 261-2017. Допускается применение аттестованного программного обеспечения реализующего методы определения скорости звука.

Определяют относительное отклонение измеренных значений скорости звука от расчетных значений для всех лучей δC_{oi} , % по формуле

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

где C_{oui} - измеренное значение скорости звука по каждому лучу, м/с;
 C_{op} - расчетное значение скорости звука, м/с.

Наибольшее относительное отклонение значений скорости звука между лучами δC_{0max} , % определяют по формуле

$$\delta C_{0max} = \frac{C_{omax} - C_{omin}}{\bar{C}_0} \cdot 100, \quad (2)$$

где C_{omax} - максимальное значение скорости звука по лучам, м/с;
 C_{omin} - минимальное значение скорости звука по лучам, м/с;
 \bar{C}_0 - среднее значение скорости звука по всем лучам, м/с.

10.1.3.4 Определяют погрешность при преобразовании значения объемного расхода газа в частотный сигнал в соответствии с п. 10.3.1.

10.1.3.5 Определяют погрешность при преобразовании значения расхода газа в токовый сигнал в соответствии с п. 10.3.2

10.1.3.6 Проверяют импульсный выход в соответствии с п. 10.3.3.

10.1.3.7 Результаты поверки считают положительными, если:

1) Измеренные значения скорости газа при нулевом расходе за 300 с не превышают $\pm 0,03$ м/с.

2) Относительные отклонения расчетной скорости звука в поверочной среде от измеренных скоростей звука по каждому акустическому каналу не должны превышать $\pm 0,3\%$.

3) Наибольшее относительное отклонение значений скорости звука между лучами не превышает $\pm 0,3\%$.

4) Значения относительной погрешности по частотному выходу счетчика находятся в пределах $\pm 0,02\%$.

5) Значения абсолютной погрешности по токовому выходу счетчика находятся в пределах $\pm 0,04$ мА.

6) Значения абсолютной погрешности импульсного выхода находятся в пределах ± 1 имп.

10.1.3.8 При получении отрицательных результатов, счетчик считают не прошедшим поверку и дальнейшие операции поверки не проводят.

10.2 Определение относительной погрешности измерений объемного расхода и объема газа при рабочих условиях проливным методом

10.2.1 Монтаж счетчика в измерительную линию поверочной установки осуществляют в соответствии с эксплуатационными документами на счетчик и поверочную установку.

Проверка реверсивных счетчиков проводится при прямом и при обратном направлении потока газа.

10.2.2 Измерения проводят при следующих значениях объемного расхода газа Q_j , м³/ч с допускаемым отклонением:

$Q_{max} - 5\%$ (при поверке счетчиков с номинальными диаметрами DN200 и более в точке, соответствующей верхней границе диапазона измерений расходомера Q_{max} , допускаемое отклонение может составлять не более -30 %);

$0,7Q_{max} \pm 5\%$;

$0,25Q_{max} \pm 5\%$;

$0,1Q_{max} \pm 5\%$;

$Qt + 5\%$;

$Q_{min} + 5\%$.

Допускается производить измерения в произвольном числе равно распределенных значений расхода (не менее 5 точек) с обязательным включением Q_{\min} , Q_t и Q_{\max} . Для удобства допускается округление дробной доли расхода в большую или меньшую сторону.

При каждом значении объемного расхода проводят до трех измерений длительностью не менее 100 с каждое.

Если по результатам первого измерения значение относительной погрешности находится в допускаемых пределах, повторные измерения не проводят, иначе повторяют до трех измерений и за результат принимают среднее арифметическое значение результатов трех измерений.

Для расходомеров с пределами допускаемой погрешности измерений объемного расхода (объема) $\pm 0,5 \%$ проводят не менее трех измерений длительностью не менее 100 с каждое. Значение относительной погрешности при каждом измерении должно находиться в допускаемых пределах.

10.2.3 Результаты измерений объемного расхода, полученные по показаниям эталонного средства измерений, Q_{si} ($i = 1, 2, \dots, n$) приводят к рабочим условиям поверяемого расходомера Q_{sri} по формуле

$$Q_{sri} = \frac{P_{si}}{P_{si} - \Delta P_{smi}} \cdot \frac{T_{mi} z_{mi}}{T_{si} \cdot z_{si}} \cdot Q_{si}, \quad (3)$$

где P_{si} , T_{si} – результаты измерений абсолютного давления и абсолютной температуры потока газа в месте расположения эталонного средства измерения;

P_{mi} , T_{mi} – результаты измерений абсолютного давления и термодинамической температуры газа в месте расположения поверяемого расходомера;

$\Delta P_{smi} = P_{si} - P_{mi}$ – разница давлений перед эталонным средством измерений и перед поверяемым расходомером при условии расположения эталонного СИ выше по потоку;

z_{si} – коэффициент сжимаемости среды, рассчитанный при температуре и давлении на участке эталонного средства измерений;

z_{mi} – коэффициент сжимаемости среды, рассчитанный при температуре и давлении на участке поверяемого расходомера.

Определяют относительную погрешность расходомера $\delta, \%$ по формуле

$$\delta = \frac{Q_{mi} - Q_{sri}}{Q_{sri}} \cdot 100, \quad (4)$$

где Q_{mi} – результаты измерений объемного расхода газа поверяемым расходомером.

Примечания:

1 Допускается проводить измерения и обработку результатов измерений по объему газа. При этом в формулах (3) и (4) вместо значений объемного расхода используют значения объема.

2 Результаты измерений объемного расхода (объема), полученные по показаниям эталонного средства измерения допускается приводить к рабочим условиям поверяемого расходомера Q_{mri} по эксплуатационной документации на поверочную установку.

10.2.4 Результаты поверки считают положительными, если значения относительной погрешности находятся в пределах, указанных в таблице 1 в соответствии с исполнением счетчика, указанным в эксплуатационной документации на конкретный счетчик.

10.2.5 При получении отрицательных результатов, счетчик считают не прошедшим поверку и дальнейшие операции поверки не проводят.

10.3 Определение погрешности при воспроизведении (генерировании) силы постоянного электрического тока, частотного и импульсного выхода (не проводят после выполнения пункта 10.1)

10.3.1 Определение погрешности при преобразовании значения объемного расхода газа в частотный сигнал.

10.3.1.1 К частотному выходу электронного блока подключают частотомер и источник питания постоянного тока (от 12 до 24 В). Допускается применять универсальный калибратор унифицированных сигналов.

Погрешность определяют при трех значениях объемного расхода в рабочих условиях Q_{max} , $0,1 Q_{max}$ и Q_{min} .

С помощью ПО KTM Smart Stream в режиме эмуляции задают значения расхода и считывают значения следующих параметров:

- значение расхода в рабочих условиях $Q_{изм}$ с показывающего устройства счетчика или с дисплея компьютера, $\text{м}^3/\text{ч}$;

- значение частоты $F_{изм}$ – с частотомера, Гц;

10.3.1.2 Определяют расчетные значения частоты $F_{расч}$, Гц по формуле

$$F_{расч} = F_{max} \cdot \frac{Q_{изм}}{Q_{max}}, \quad (5)$$

где F_{max} и Q_{max} – максимальные значения частоты, Гц и объемного расхода, $\text{м}^3/\text{ч}$, заданные для шкалы выходного сигнала. Значения приведены в паспорте поверяемого счетчика и внесены в настроечную базу счетчика;

10.3.1.3 Вычисляют относительную погрешность счетчика по частотному выходу δ_F , % в каждой точке расхода по формуле

$$\delta_F = \left(\frac{F_{изм} - F_{расч}}{F_{расч}} \right) \cdot 100, \quad (6)$$

где $F_{изм}$ – значение частоты, измеренное частотометром, Гц.

10.3.1.4 Результаты поверки считают положительными, если значения относительной погрешности по частотному выходу счетчика находятся в пределах $\pm 0,02\%$.

10.3.1.5 При получении отрицательных результатов, счетчик считают не прошедшим поверку и дальнейшие операции поверки не проводят.

10.3.2 Определение погрешности при преобразовании значения расхода газа в токовый сигнал

10.3.2.1 К токовому выходу подключают вольтметр универсальный и источник питания постоянного тока (от 12 до 24 В). Допускается применять универсальный калибратор унифицированных сигналов.

10.3.2.2 Погрешность определяют при трех значениях объемного расхода в рабочих условиях Q_{max} , $0,1 Q_{max}$ и Q_{min} .

С помощью ПО KTM Smart Stream в режиме эмуляции задают значения расхода и считывают значения следующих параметров:

- значение расхода в рабочих условиях $Q_{изм}$ с показывающего устройства счетчика или с дисплея компьютера, $\text{м}^3/\text{ч}$;

- значение тока $I_{изм}$ – с токовой шкалы вольтметра, мА.

10.3.2.3 Определяют расчетные значения тока $I_{\text{расч}}$, мА по формуле

$$I_{\text{расч}} = \left(\frac{(I_{\max} - I_0) \cdot Q_{\text{изм}}}{Q_{\max}} \right) + I_0, \quad (7)$$

где I_{\max} и Q_{\max} – максимальные значения силы тока, мА, и объемного расхода, м³/ч, заданные для шкалы выходного сигнала. Значения приведены в паспорте поверяемого счетчика и внесены в настроечную базу счетчика;
 I_0 – значение силы тока, соответствующее нулевому значению расхода для шкалы выходного сигнала, мА.

10.3.2.4 Вычисляют абсолютную погрешность по токовому выходу Δ_I , мА в каждой точке расхода по формуле

$$\Delta_I = I_{\text{изм}} - I_{\text{расч}}, \quad (8)$$

где $I_{\text{изм}}$ – значение силы тока с токовой шкалой калибратора, мА.

10.3.2.5 Результаты поверки считают положительными, если значения абсолютной погрешности по токовому выходу счетчика находятся в пределах $\pm 0,04$ мА.

10.3.2.6 При получении отрицательных результатов, счетчик считают не прошедшим поверку и дальнейшие операции поверки не проводят.

10.3.3 Проверка импульсного выхода.

10.3.3.1 Подключают к импульсному выходу счетчика частотомер в режиме счёта импульсов согласно руководству по эксплуатации. Запускают счётчик импульсов. В меню счетчика задают значения объема, соответствующее 10000 импульсов на выходе. Повторяют измерения не менее трёх раз.

10.3.3.2 Вычисляют абсолютную погрешность импульсного выхода ΔN , имп. по формуле

$$\Delta N_I = N_{\text{изм}} - 10000, \quad (9)$$

где $N_{\text{изм}}$ – количество импульсов, измеренных частотомером, имп.

10.3.3.3 Результаты поверки считают положительными, если значения абсолютной погрешности импульсного выхода находятся в пределах ± 1 имп.

10.3.3.4 При получении отрицательных результатов, счетчик считают не прошедшим поверку и дальнейшие операции поверки не проводят.

10.4 Определение абсолютной погрешности измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от 4 до 20 мА

10.4.1 Подключают к токовому входу счетчика калибратор тока согласно руководству по эксплуатации. Выводят на дисплей значения измеряемого тока. Последовательно подают на вход 4, 8, 12, 20 мА.

10.4.2 Вычисляют абсолютную погрешность по токовому выходу Δ_I , мА в каждой точке по формуле

$$\Delta_I = I_{\text{изм}} - I_{\text{зад}}, \quad (10)$$

где $I_{\text{изм}}$ – значение силы тока измеренное счетчиком, мА;

$I_{\text{зад}}$ – значение силы тока с токовой шкалой калибратора, мА.

10.4.3 Результаты поверки считаются положительными, если значения абсолютной погрешности по токовому входу счетчика находятся в пределах $\pm 0,016$ мА.

10.4.4 При получении отрицательных результатов, счетчик считают не прошедшим поверку и дальнейшие операции поверки не проводят.

10.5 Определение относительной погрешности вычислений массового расхода и массы газа, объемного расхода и объема газа, приведенного к стандартным условиям

10.5.1 В меню ПО КТМ Smart Stream выбирают алгоритм расчета плотности и коэффициента сжимаемости.

Вводят значения следующих параметров в соответствии с Приложением А:

- молярных долей азота и диоксида углерода, %;
- плотности газа при стандартных условиях, кг/м³;
- температуры, °C;
- абсолютного (отладочного) давления, МПа.

Вводят значения расхода в рабочих условиях Q_p , м³/ч, времени измерений объема t , с и массы M , кг. Значение Q_p , выбирают в диапазоне измерений объемного расхода газа в рабочих условиях расходомера.

10.5.2 Считывают из расходомера с помощью ПО КТМ Smart Stream значения объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям Q_{ci} , м³/ч.

Вычисляют относительную погрешность при вычислении объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям δ_{Qc} , % по формуле

$$\delta_{Qc} = \frac{Q_{ci} - Q_{cp}}{Q_{cp}} \cdot 100, \quad (11)$$

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

Q_{cp} – значение объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям, вычисленное по формуле

$$Q_{cp} = Q_p \cdot \frac{T_c}{Z \cdot P_c} \cdot \frac{P_p}{T_p}, \quad (12)$$

где P_c – давление газа 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 соответственно.

$$Z = z/z_c, \quad (13)$$

где z – коэффициент сжимаемости газа в рабочих условиях;

z_c – коэффициент сжимаемости газа при стандартных условиях.

z и z_c вычисляется при помощи аттестованного программного обеспечения (при необходимости), реализующие методы расчета (определения) в соответствии с ГОСТ 30319.2-2015 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Вычисление физических свойств на основе данных о плотности при стандартных условиях и содержании азота и диоксида углерода.

10.5.3 Считывают из расходомера с помощью ПО КТМ Smart Stream значение объема газа при стандартных условиях, вычисленное расходомером V_{ci} , м³.

Вычисляют значение объема газа при стандартных условиях V_{cp} , м³ по формуле

$$V_{cp} = Q_{cp} \cdot \frac{t}{3600}, \quad (14)$$

где t – длительность накопления данных, с.

Вычисляют относительную погрешность при вычислении объема газа, приведенного к стандартным условиям δ_{Vc} , % по формуле

$$\delta_{Vc} = \frac{V_{ci} - V_{cp}}{V_{cp}} \cdot 100, \quad (15)$$

где V_{ci} – значение объема газа при стандартных условиях, вычисленное расходомером.

10.5.4 Считывают из расходомера с помощью ПО КТМ Smart Stream значение массового расхода газа, вычисленное расходомером Q_{mi} , кг/ч.

Вычисляют значение массового расхода газа Q_{mp} , кг/ч по формуле

$$Q_{mp} = Q_p \cdot \rho, \quad (16)$$

где ρ – плотность газа в рабочих условиях (вычисляется в соответствии с установленными параметрами расчета по ГОСТ 30319.2-2015), кг/м³.

Вычисляют относительную погрешность при вычислении массового расхода газа δ_{Qm} , % по формуле

$$\delta_{Qm} = \frac{Q_{mi} - Q_{mp}}{Q_{mp}} \cdot 100. \quad (17)$$

10.5.5 Считывают из расходомера с помощью ПО КТМ Smart Stream значение массы газа, вычисленное расходомером M_i , кг. Вычисляют значение массы газа M_p , кг по формуле

$$M_p = Q_{mp} \cdot \frac{t}{3600}. \quad (18)$$

где t – длительность накопления данных, с

Вычисляют относительную погрешность при вычислении массы газа δ_M , % по формуле

$$\delta_M = \frac{M_i - M_p}{M_p} \cdot 100. \quad (19)$$

10.5.6 Результаты поверки считают положительными, если значения относительной погрешности вычислений массового расхода и массы газа, объемного расхода и объема газа, приведенного к стандартным условиям, находятся в пределах $\pm 0,005\%$.

10.5.7 При получении отрицательных результатов, счетчик считают не прошедшим поверку.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляют протоколом в произвольной форме или распечатывают протокол поверки из архива памяти поверочной установки.

11.2 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.3 По заявлению владельца средств измерений или лица, представившего их на поверку положительные результаты поверки, оформляют записью в паспорте, удостоверенной подписью поверителя и нанесением знака поверки и (или) выдают свидетельство о поверке, оформленное в соответствии с приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

11.4 При отрицательных результатах поверки, расходомер считают непригодным и к эксплуатации не допускают. По заявлению владельца средства измерений или лица, предоставившего средство измерений на поверку, выдается извещение о непригодности, оформленное в соответствии с приказом Минпромторга России от 31.07.2020 г. № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

Начальник отдела 208
ФБУ «НИЦ ПМ-Ростест»

Инженер 2-й категории
ФБУ «НИЦ ПМ-Ростест»

Б.А. Иполитов

Д.В. Чекулаев



**Тестовые комбинации параметров при определении
относительной погрешности вычислений**

Таблица А.1 - Тестовые комбинации по ГОСТ 30319.2-2015, смесь № 2

Вводимые значения		z по ГОСТ	ρ , кг/м ³	Время измерения, с, не менее
t, °C	P _{абс} , (МПа)			
-23,15	0,1	0,9964	0,9576	300
76,85	7,5	0,9284	55,056	300

Состав газа:

азот	5,7 мол. %
диоксида углерода	7,6 мол. %
Плотность при 0,101325 МПа и 293,15 К	0,8263 кг/м ³
коэффициент сжимаемости газа при стандартных условиях	0,9977658