

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ИЦ
ФГУП «ВНИИМС»



В.Н. Яншин

2013 г.

РАСХОДОМЕРЫ – СЧЕТЧИКИ ГАЗА УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ TURBO FLOW UFG

Методика поверки

г. Москва
2013 г.

Настоящая методика поверки распространяется на расходомеры-счетчики газа ультразвуковые Turbo Flow UFG (далее - расходомеры) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

Расходомеры Turbo Flow UFG модификации F при выпуске из производства поверяются имитационным и проливным методом.

Расходомеры Turbo Flow UFG модификации H при выпуске из производства и при периодической поверке поверяются проливным методом.

Интервал между поверками 4 года.

1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	да	да
Опробование	7.2	да	да
Определение длины акустического канала и внутреннего диаметра корпуса УПР.	7.3	да	нет
Определение относительной погрешности при измерении расхода газа:	7.4	да	да
- имитационным методом	7.4.1	да	да
- проливным методом	7.4.2	да	да
Определение погрешности УПР при преобразовании значения расхода газа в частотный и токовый сигнал	7.5	да	да
Определение относительной погрешности при измерении температуры*	7.6	да	да
Определение относительной погрешности при измерении давления**	7.7	да	да
Определение погрешности вычислителя ВР	7.8	да	нет
* для расходомеров с каналом измерения температуры;			
** для расходомеров с каналом измерения давления.			

1.2 При проведении поверки расходомеры проверяются на соответствие метрологических характеристик требованиям, указанным в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика	Значение характеристики для модификации	
	UFG - H	UFG – F
Диапазон измерений расхода газа, м³/ч	от 0,016 до 300	от 1,5 до 32000
Динамический диапазон, Q _{min} /Q _{max}	1:200	
Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении объемного расхода и объема газа при рабочих условиях, для комбинации пар приемопередатчиков в диапазоне расходов Q _{min} ≤ Q < 0,01 Q _{max} :		
- при 1 паре приемопередатчиков, %	± 3,0	± 3,0 (± 3,5*)

- при 2 парах приемопередатчиков, %	$\pm 2,0$	$\pm 2,0 (\pm 2,5^*)$
- при 4, 6, 8 парах приемопередатчиков, %	-	$\pm 1,0 (\pm 1,5^*)$
- при 4, 6, 8 парах приемопередатчиков по специальному заказу, %	-	$\pm 0,5 (\pm 1,0^*)$
Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении объемного расхода и объема газа при рабочих условиях, для комбинации пар приемопередатчиков в диапазоне расходов $0,01Q_{\max} \leq Q < Q_{\max}$:		
- при 1 паре приемопередатчиков, %	$\pm 1,5$	$\pm 1,5 (\pm 2,0^*)$
- при 2 парах приемопередатчиков, %	$\pm 1,0$	$\pm 1,0 (\pm 1,5^*)$
- при 4, 6, 8 парах приемопередатчиков, %	-	$\pm 1,0 (\pm 1,5^*)$
- при 4, 6, 8 парах приемопередатчиков по специальному заказу, %	-	$\pm 0,3 (\pm 0,5^*)$

* - погрешность указана для имитационного метода поверки расходомеров.

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3

Наименование операции	Номер пункта	Наименование средства измерения, его технические характеристики
Внешний осмотр	7.1	Визуально
Опробование	7.2	СИ согласно п. 7.4
Подтверждение соответствия программного обеспечения СИ	7.2.3	Визуально
Определение геометрических параметров расходомера:	7.3	Нутромер микрометрический НМ, диапазон измерений от 50 до 600 мм, пределы абсолютной погрешности $\pm 0,015$ мм
- Измерение длины акустического канала;	7.3.1	
- Измерение внутреннего диаметра корпуса УПР.	7.3.2	
Определение метрологических характеристик расходомера имитационным методом без демонтажа с измерительного трубопровода.	7.4.1.1	Барометр анероид БАММ-1, диапазон от 80 до 106 кПа, цена деления 0,1 кПа Программа расчёта скорости звука АРМ«UFG View» или другое сертифицированное ПО.
Определение метрологических характеристик расходомера имитационным методом при демонтаже с измерительного трубопровода.	7.4.1.2	СИ согласно п. 7.4.1.1
Определение метрологических характеристик проливным методом	7.4.2	Установка расходомерная СПУ ПГ-2М, диапазон расходов от 12 до 16000 ст.м ³ /ч, пределы относительной погрешности $\pm 0,3\%$; Установка поверочная УПСГ-1600, диапазон расходов от 0,8 до 1600 м ³ /ч, пределы относительной погрешности $\pm 0,31\%$; Установка поверочная СПУ-5, диапазон расходов от 0,016 до 25 м ³ /ч, пределы относительной погрешности $\pm 0,3\%$; Эталонная установка ЭУ-2 из состава государственного первичного эталона ГЭТ 118-06, диапазон от 2 до 10000 м ³ /ч, пределы

		относительной погрешности $\pm 0,092\%$; Эталонная установка ЭУ-3 из состава государственного первичного эталона ГЭТ 118-06, диапазон от 0,003 до 16 м ³ /ч, пределы относительной погрешности $\pm 0,11\%$; Цифровой прецизионный барометр DPI 740 «Druck», диапазон от 75 до 115 кПа, пределы относительной погрешности $\pm 0,02\%$. Термометр СП-95, диапазон от плюс 10 °С до плюс 35 °С, пределы абсолютной погрешности $\pm 0,2\text{ °С}$.
Определение погрешности УПР при преобразовании значения расхода газа в частотный и токовый сигнал	7.5	Частотомер электронно-счетный ЧЗ-63/1, диапазон от 0,1 до 10 ⁸ Гц, пределы относительной погрешности $\pm 5 \times 10^{-7}$; Мультиметр АМ-7030, диапазон от 5 до 500 мА, пределы относительной погрешности $\pm (0,0006 I_{\text{изм.}} + 3 \text{ е.м.р.})$; Источник постоянного тока Б5-71, диапазон от 0 до 30 В, пределы абсолютной погрешности $\Delta = \pm 200 \text{ мВ}$
Определение относительной погрешности при измерении температуры	7.6	Термостат жидкостный Термотест-100, диапазон от минус 30 до плюс 100 °С, нестабильность $\pm 0,01\text{ °С}$, неоднородность $\pm 0,01\text{ °С}$; Эталонный термометр ЭТС-100, диапазон от минус 196 до 0 °С 3 разряд; Эталонный термометр ЭТС-100, диапазон от 0 до 660 °С 3 разряд; Мультиметр многоканальный прецизионный Метран-514-ММП, диапазон от 0 до 2000 Ом, $\Delta = \pm (0,025 \text{ ИВ} + 0,02 \text{ Ом})$
Определение относительной погрешности при измерении давления	7.7	Калибратор давления портативный Метран-517, диапазон от 0 до 60 МПа, пределы относительной погрешности $\pm (0,02 - 0,1)\%$
Определение относительной погрешности вычислителя ВР при вычислении объемного расхода и объема газа, приведенного к стандартным условиям, массового расхода и массы газа.	7.8	ПО АРМ «UFG View» в режиме «Поверка»-«Тест-pTZ»

2.2 Допускается применение других средств поверки с характеристиками, не уступающими приведенным в таблице 2.

2.3 Все средства измерений должны быть поверены в установленном порядке и иметь действующие свидетельства о поверке или оттиски поверительных клейм. Испытательное оборудование должно быть аттестовано.

3 Требования к квалификации поверителей

3.1 К проведению измерений при поверке и обработке результатов измерений допускаются лица, аттестованные в качестве поверителей, изучившие техническую документацию на расходомер, эксплуатационную документацию на используемые при

проведении поверки средства измерений и прошедшие инструктаж по технике безопасности в установленном порядке.

4 Требования безопасности

4.1 При поверке расходомеров необходимо соблюдать требования техники безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на расходомеры и средства поверки.

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

4.3 Монтаж и демонтаж расходомера должны производиться при отсутствии давления в измерительной линии.

5 Условия поверки

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- поверочная среда	воздух или газ известного состава
- температура окружающего воздуха, °С *	от 15 до 25
- температура поверочной среды, °С	от 15 до 25
- относительная влажность воздуха, %	от 40 до 95
- атмосферное давление, кПа	от 84,0 до 106,7
- изменение температуры окружающей среды за время поверки, °С, не более	2

Примечание –

*) При поверке расходомеров имитационным методом на измерительной линии или применении поверочных установок на природном газе допускается проведение поверки при температуре окружающего воздуха от минус 20 до плюс 55 °С.

В случае применения природного газа необходимо обеспечить контроль его компонентного состава в соответствии с требованиями ГОСТ 31371-2008, ГОСТ 31370-2008, ГОСТ 14920-79 с использованием потоковых либо лабораторных хроматографов.

6 Подготовка к поверке

Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные работы:

- проверяют выполнение условий, изложенных в разделах 2, 3, 4, 5;
- подготавливают к работе поверяемый расходомер и средства поверки в соответствии с эксплуатационной документацией.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре устанавливают соответствие расходомера следующим требованиям:

- соответствие комплектности, маркировки, пломбирования расходомера требованиям, указанным в эксплуатационной документации;
- отсутствие видимых повреждений и механических дефектов, препятствующих применению расходомера.

По результатам внешнего осмотра делают отметку в протоколе поверки.

Результаты поверки считают положительными, если расходомер удовлетворяет всем вышеперечисленным требованиям.

Расходомер, не удовлетворяющий перечисленным требованиям, дальнейшей поверке не подлежит.

7.1 Опробование

7.1.1 Опробование заключается в проверке работоспособности поверяемого расходомера и его отдельных компонентов. Проверка может осуществляться при помощи персонального компьютера (далее ПК) и установленного программного обеспечения (далее ПО) – АРМ «UFG View», либо непосредственно при помощи встроенного интерфейса показывающего устройства расходомера.

7.1.2 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. Контроль скорости проводят с помощью анемометра.

По результатам опробования делают отметку в протоколе поверки.

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. 5.

Расходомер, не удовлетворяющий перечисленным требованиям, дальнейшей поверке не подлежит.

7.2.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения расходомеров.

Операция «Подтверждение соответствия программного обеспечения» включает:

- определение идентификационного наименования программного обеспечения;
- определение номера версии (идентификационного номера) программного обеспечения;
- определение цифрового идентификатора (контрольной суммы исполняемого кода) программного обеспечения.

7.2.3.1 Включить расходомер. После подачи питания встроенное ПО расходомера выполняет ряд само диагностических проверок, в том числе проверку целостности конфигурационных данных и неизменности исполняемого кода путем расчета и публикации контрольной суммы.

При этом на показывающем устройстве расходомера должны отражаться следующие данные:

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

Результат подтверждения соответствия программного обеспечения считается положительным, если полученные идентификационные данные ПО расходомера

(идентификационное наименование, номер версии (идентификационный номер) и цифровой идентификатор) соответствуют идентификационным данным, указанным в подразделе «Программное обеспечение» раздела «Описание средства измерений» описания типа расходомера:

Идентификационное наименование программного обеспечения	Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения	Цифровой идентификатор программного обеспечения (контрольная сумма исполняемого кода)
UFG.H	1.00	0x8b925603
UFG.F	1.00	0xb456588F

7.3 Определение геометрических параметров расходомера.

Определение геометрических параметров расходомера заключается в определении длины акустического канала для каждой пары приемопередатчиков и определении внутреннего диаметра корпуса УПР.

Определение геометрических параметров выполняют только для расходомеров Turbo Flow UFG модификации F.

7.3.1 Измерение длины акустического канала

Измерение длины акустического канала производится микрометрическим нутромером трижды для каждой пары ультразвуковых приемо-передатчиков. При этом необходимо соблюдать осторожность, чтобы не повредить защитное напыление, нанесенное на поверхность приемо-передатчиков.

Вычисляется среднее арифметическое значение из измеренных значений для каждого акустического канала:

Полученное значение длины акустического канала вводится в настроечную базу данных расходомера - если отклонения измеренных значений длины акустического канала от среднего арифметического значения не превышают $\pm 0,1$ мм.

Измеренные значения длины акустического канала заносятся в протокол поверки.

7.3.2 Измерение внутреннего диаметра корпуса УПР

Внутренние диаметры корпуса УПР $D_{вн}$ (мм), измеряются в трех точках:

- в зоне входных ультразвуковых датчиков относительно потока.
- между входными и выходными ультразвуковыми датчиками
- в зоне выходных ультразвуковых датчиков относительно потока.

В каждой точке проводится не менее 4-х измерений по всему внутреннему диаметру корпуса УЗПР:

- по горизонтали
- по вертикали
- по диагонали (под углом 45°) к горизонтали
- по диагонали (под углом 45°) к вертикали.

как показано на рисунках 1 и 2.

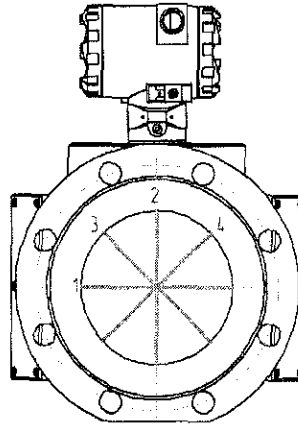


Рисунок 1 – ориентация измерений внутреннего диаметра ИК.

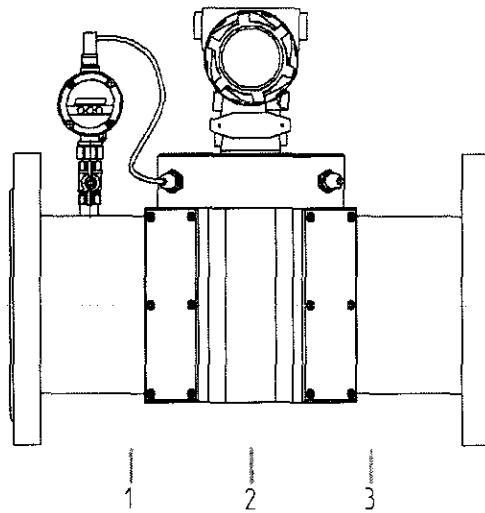


Рисунок 2 – места измерений внутреннего диаметра ИК

Вычисляется среднее арифметическое значение $\overline{D_{\text{вн.}}}$ из данных двенадцати измерений по формуле 1:

$$\overline{D_{\text{вн.}}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_{\text{вн.}i} \quad (1)$$

где: n – количество измерений;
 i – порядковый номер измерения.

Вычисляется максимальное отклонение измеренных значений внутреннего диаметра от среднеарифметического значения внутреннего диаметра ИК, $\delta D_{\text{вн.}max}$, по формуле 2:

$$\delta D_{\text{вн.}max} = \frac{\Delta D_{\text{вн.}max}}{\overline{D_{\text{вн.}}}} \cdot 100\% \quad (2)$$

где: $\Delta D_{\text{вн.}max}$ – максимальное абсолютное отклонение внутреннего диаметра ИК от среднеарифметического значения внутреннего диаметра ИК, мм, вычисляется по формуле 3:

$$\Delta D_{\text{вн.}} = D_{\text{вн.}} - \overline{D_{\text{вн.}}} \quad (3)$$

Измеряется температура окружающего воздуха.

Среднее арифметическое значение внутреннего диаметра ИК и значение максимального отклонения измеренных значений внутреннего диаметра от среднеарифметического значения внутреннего диаметра ИК вносятся в протокол поверки.

Среднее арифметическое значение внутреннего диаметра ИК и измеренная температура окружающего воздуха вносятся в базу данных расходомера с помощью программного обеспечения, в соответствии с руководством по эксплуатации.

Результаты проверки считаются положительными, если $\delta D_{\text{вн.мах}}$ не превышает $\pm 0,1 \%$ для расходомеров Turbo Flow UFG модификации F, имеющих 4, 6, 8 пар приемопередатчиков, и $\pm 0,2 \%$ для расходомеров Turbo Flow UFG модификации F, имеющих 1 или 2 пары приемопередатчиков.

7.4 Определение метрологических характеристик при измерении расхода газа

7.4.1 Определение метрологических характеристик при измерении расхода газа имитационным методом

Поверка имитационным методом может быть выполнена одним из двух способов:

- при снятии расходомера с трубопровода;
- без снятия расходомера с трубопровода в рабочих условиях на месте эксплуатации.

Метод проведения поверки в рабочих условиях на месте эксплуатации может быть применен только в том случае, если отрезок трубопровода с вмонтированным расходомером может быть полностью перекрыт и в УПР отсутствует поток газа.

Условия выполнения измерений:

Допускаемые диапазоны изменения параметров поверочной среды приведены в таблице 4:

Таблица 4.

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

7.4.1.1 При проведении поверки без снятия расходомера с трубопровода выполняют следующие операции:

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.

Участок трубопровода в 2Ду до и после расходомера, а также сам расходомер должны быть закрыты от попадания солнечных лучей и находиться на достаточном расстоянии от источников тепла во избежание неравномерного нагрева корпуса УПР и поверхности трубопровода.

7.4.1.2 При проведении поверки со снятием расходомера с трубопровода выполняют следующие операции:

Поверку расходомера, демонтированного с трубопровода, проводят в помещении при стабильной температуре воздуха (Таблица 4.). На фланцы расходомера устанавливают заглушки, оснащенные штуцерами для подачи тестового газа в корпус расходомера и монтажа СИ температуры и давления.

Подключают СИ температуры и давления.

В качестве тестового газа рекомендуется использовать азот (особой чистоты по ГОСТ 293-74). Внутренняя полость корпуса расходомера перед заполнением азотом должна быть предварительно продута тем же самым азотом. Рекомендуется перед подачей азота из корпуса расходомера откачать воздух.

Корпус расходомера заполняют тестовым газом, пока давление газа не достигнет необходимого значения, равного среднему рабочему давлению. Заполнив корпус расходомера измеряемой средой до давления не менее $P_{абс} = 0,2$ МПа, дожидаются стабилизации её температуры и давления. Проводят проверку давления не менее чем через 1 час после заполнения корпуса тестовым газом.

П р и м е ч а н и е: допускается проводить дополнительную поверку по п.7.4.1.2. при давлении измеряемой среды, равном давлению рабочей среды во время эксплуатации, но не более максимально допустимого в соответствии с паспортом на расходомер.

Проводят конфигурирование базы данных расходомера:

- запускают программу APM «UFG View» раздел «Тест канала U»
- вносят установившиеся значения давления и температуры в базу данных;
- вводят компонентный состав газа (% молярный объем);
- вводят заводской номер расходомера;
- вводят дату выпуска расходомера ;
- вводят фамилию поверителя ;

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. Параметры фиксируют при помощи ПО APM«UFG View» раздел «Тест канала U»-Калькулятор скорости звука

Рисунок 1 - ПО APM"UFG View" раздел "Тест канала U"

Проверку смещения нуля УПР проводят после стабилизации давления и температуры газа во внутренней полости УПР (см. таблицу 4) и выполняют измерение скорости потока газа по каждому акустическому каналу.

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 не более 300 с.

Скорость распространения звука в однокомпонентных газах рассчитывают по измеренным значениям давления и температуры газа, а в многокомпонентных газах по измеренным значениям давления, температуры и компонентного состава газа.

Скорость распространения звука в газе следует рассчитывать в соответствии с алгоритмами, основанными на использовании следующих уравнений:

$$c = \left\{ 10^3 \frac{RT}{M} \cdot \frac{c_p}{c_v} \cdot \left[Z + \rho \left(\frac{\partial Z}{\partial \rho} \right)_T \right] \right\}^{0,5}$$

или

$$c = \left\{ 10^3 \frac{RT}{M} \cdot Z \cdot \kappa \right\}^{0,5},$$

где c_p и c_v — изобарная и изохорная удельные теплоемкости газа, Дж/(моль·К) или Дж/(кг·К);

κ — показатель адиабаты газа.

Производят расчёт скорости звука в измеряемой среде исходя из абсолютного давления, температуры и состава газа по алгоритмам стандарта ГОСТ 30319.3-96 «Газ природный. Методы расчёта физических свойств. Определение физических свойств по уравнению состояния» (п. 4.3), используя ПО АРМ «UFG View» (рис.1).

Определяют относительное отклонение измеренных значений скорости звука от расчетных значений для всех лучей, δC_{oi} , по формуле 4:

$$\delta C_{oi} = \frac{C_{oui} - C_{op}}{C_{op}} \cdot 100\% \quad (4)$$

где C_{oui} - измеренное значение скорости звука, м/с;

C_{op} - расчетное значение скорости звука, м/с.

Наибольшее относительное отклонение значений скорости звука между лучами определяют по формуле 5:

$$\delta C_{omax} = \frac{C_{omax} - C_{omin}}{\bar{C}_0} \cdot 100\% \quad (5)$$

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 лучам, м/с.

Данные и результаты измерений вносят в протокол поверки.

Результаты определения метрологических характеристик при измерении расхода газа имитационным методом считают положительными, если:

1) Измеренные значения скорости газа при нулевом расходе за 300 с не превышают значений по абсолютной величине:

0,006 м/с для расходомеров с пределами допускаемой относительной погрешности при измерении объемного расхода $\delta \leq \pm 0,5 \%$;

0,012 м/с для расходомеров с пределами допускаемой относительной погрешности при измерении объемного расхода $\pm 0,5 \% < \delta \leq \pm 1,5 \%$;

0,024 м/с для расходомеров с пределами допускаемой относительной погрешности при измерении объемного расхода $\delta > \pm 1,5 \%$,

где δ — пределы допускаемой относительной погрешности измерения расхода.

2) отклонения расчетной скорости звука в газе от измеренных скоростей звука по каждому акустическому каналу должны находиться в пределах

$$\pm (A + U'_{co}),$$

где U'_{co} — относительная расширенная неопределенность определения скорости звука;

A — параметр, значение которого принимают равным:

– 0,1 % при $\delta_{вп} \leq 0,7 \%$;

– 0,2 % при $0,7\% < \delta_{вп} \leq 1,5 \%$;

– 0,3 % при $\delta_{вп} > 1,5 \%$.

Значение относительной расширенной неопределенности определения скорости звука определяют по формуле

$$U'_{co} = 2(u'_{cf}^2 + 0,25u_T'^2)^{0,5},$$

где u'_{cf} — относительная стандартная неопределенность, приписываемая функциональной зависимости, используемой для расчета скорости звука;

u_T' — относительная стандартная неопределенность измерения температуры газа.

Примечание — Ввиду малой чувствительности скорости звука газа к изменению давления и в связи с тем, что скорость звука при допущении постоянства показателя адиабаты пропорциональна квадратному корню из термодинамической температуры, в формуле не учитывается составляющая от неопределенности измерений давления, и относительный коэффициент чувствительности скорости звука к изменению температуры принят равным 0,5. Рекомендуется для расчета скорости распространения звука в газе применять зависимости, для которых $u'_{cf} \leq 0,1 \%$.

3) Наибольшее относительное отклонение значений скорости звука между лучами не превышает:

$\pm 0,1 \%$ для расходомеров с пределами допускаемой относительной погрешности при измерении объемного расхода $\delta \leq \pm 0,5 \%$;

$\pm 0,2 \%$ для расходомеров с пределами допускаемой относительной погрешности при измерении объемного расхода $\pm 0,5 \% < \delta \leq \pm 1,5 \%$;

$\pm 0,3 \%$ для расходомеров с пределами допускаемой относительной погрешности при измерении объемного расхода $\delta > \pm 1,5 \%$.

Расходомер, не удовлетворяющий перечисленным требованиям, дальнейшей поверке не подлежит.

7.4.2 Определение относительной погрешности при измерении расхода газа в рабочих условиях на поверочной установке

Измерения проводятся при следующих значениях объемного расхода газа Q_j : $Q_{\max}$, $0,65 Q_{\max}$, $0,5 Q_{\max}$, $0,25 Q_{\max}$, $0,1 Q_{\max}$, $0,05 Q_{\max}$, $0,01 Q_{\max}$ и $Q_{\min}$. Допускается производить измерения в произвольном числе равно распределенных значений расхода, (не менее 7 точек). Для удобства допускается округление дробной доли расхода в большую или меньшую сторону.

Отклонение расходов, задаваемых эталонной установкой от вышеприведенных значений:

- 5 % - для $Q_{\max}$;
- + 10 % - для $Q_{\min}$;
- ± 10 % - для остальных расходов.

Рабочая среда – природный газ или воздух.

С помощью средств измерений, входящих в состав установки, необходимо измерить абсолютное давление и температуру в месте установки поверяемого расходомера, потерю давления на поверяемом расходомере, а также температуру газа перед эталонными критическими соплами или эталонными расходомерами.

Действительное значение расхода (Q_{dp}) газа в рабочих условиях в поверяемом расходомере вычислить по формуле 6 при использовании эталонных критических сопел или определить в соответствии с эксплуатационной документацией на поверочную установку другого типа:

$$Q_{dp} = \left[1 - \frac{\Delta P}{P_s} \right] \cdot \sqrt{\frac{273,15 + t_s}{293,15}} \cdot Q_{20} \cdot \frac{1}{\kappa_\phi}; \quad (6)$$

где:

- ΔP - потери давления на расходомере, кПа;
- P_s - абсолютное давление в расходомере, кПа;
- t_s - температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$;
- κ_ϕ - поправочный коэффициент на влажность воздуха при применении воздуха в

качестве измеряемой среды (Таблица А.1 Приложения А);

- Q_{20} - объемный расход через эталонное критическое сопло при 20°C , $\text{м}^3/\text{ч}$ (находится из сертификата калибровки или свидетельства о поверки сопел).

Считать не менее 50 значений показаний объемного расхода по поверяемому расходомеру с периодичностью, равной или большей времени одного независимого измерения по всем акустическим каналам, вычислить среднее арифметическое значение Q_p . С целью автоматизации процесса поверки используется ПО АРМ «UFG View» - раздел «Тест канала Q».

Вычислить относительную погрешность при измерении расхода газа (δQ_o) поверяемым расходомером по формуле 8:

$$\delta Q_p = \frac{Q_p - Q_{dp}}{Q_{dp}} \cdot 100\%, \quad (8)$$

где:

- Q_p – значение объемного расхода, измеренного расходомером, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{др}$ – действительное значение объемного расхода, измеренного установкой, м³/ч.

Данные и результаты измерений вносят в протокол поверки.

Результаты поверки считают положительными, если полученные значения относительной погрешности расходомера при измерении объемного расхода находятся в пределах, указанных в таблице 2.

7.5 Определение погрешности УПР при преобразовании значения расхода газа в частотный и токовый сигнал

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

К частотному выходу электронного блока подключить частотомер, к токовому выходу – вольтметр универсальный и источник питания постоянного тока (от 12 до 24 В). Допускается применять универсальный калибратор унифицированных сигналов.

С помощью ПО АРМ «UFG View» войти в режиме «Тест выходного сигнала F» и «Тест выходного сигнала I». В тестовом режиме эмуляции значения расхода в расходомере, считать значения следующих параметров:

- значение расхода в рабочих условиях $Q_{изм}$ с показывающего устройства расходомера или с дисплея компьютера, м³/ч;
- значение частоты $F_{изм}$ – с частотомера, Гц;
- значение тока $I_{изм}$ – с токовой шкалы вольтметра, мА.

Определить расчетные значения частоты и тока по формулам 10 и 11:

$$F_{расч} = F_{max} \cdot Q_{изм} / Q_{max} \quad (10)$$

$$I_{расч} = ((I_{max} - I_o) \cdot Q_{изм} / Q_{max}) + I_o, \quad (11)$$

где: - F_{max} , I_{max} и Q_{max} – максимальные значения частоты (Гц), тока (мА) и расхода (м³/ч), заданные для шкалы выходного сигнала;

- I_o – значение тока, соответствующее нулевому значению расхода, мА, для шкалы выходного сигнала.

Указанные величины F_{max} , I_{max} и Q_{max} приведены в паспорте поверяемого расходомера и должны быть внесены в настроечную базу расходомера.

Вычислить относительную погрешность расходомера по частотному выходу в каждой точке расхода по формуле 12:

$$\delta_F = ((F_{изм} - F_{расч}) / F_{расч}) \cdot 100\% \quad (12)$$

где $F_{изм}$ – значение частоты с частотомера, Гц.

Расходомер считают прошедшим поверку, если значения относительной погрешности по частотному выходу δ_F расходомера находятся в пределах $\pm 0,1 \%$.

Вычислить приведенную погрешность по токовому выходу в каждой точке расхода по формуле 13:

$$\delta_I = ((I_{изм} - I_{расч}) / I_{max}) \cdot 100\%, \quad (13)$$

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

Расходомер считают прошедшим поверку, если значения приведенной погрешности токового выхода δ_I расходомера находятся в пределах $\pm 0,1 \%$.

7.6 Определение абсолютной погрешности при измерении температуры

7.6.1 Первичный преобразователь температуры расходомера помещают в колодец термостата так, чтобы рабочая часть преобразователя была полностью погружена.

Установить режим «Поверка канала Т» с помощью программы АРМ«UFG View» раздел «Поверка канала Т».

7.6.2 Установить на термостате температуру 0 °С и контролировать выход на режим термостата в соответствии с его эксплуатационной документацией. После установления стабильных значений температуры по индикации готовности термостата зафиксировать показания температуры с цифрового табло расходомера (или монитора ПК) и эталонного термометра сопротивления (не менее 10 значений).

7.6.3 Определить среднее значение температуры за время измерения, а также среднее значение показаний температуры с поверяемого расходомера по формуле 14:

$$t_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N}, \quad (14)$$

где $t_{\text{ср}}$ - среднее значение температуры за время измерения, °С;
N – количество измерений.

7.6.4 Значение абсолютной погрешности расходомера при измерении температуры 0 °С определить по формуле 15:

$$\Delta t = (t_{\text{ср.изм.}} - t_{\text{ср.эт.}}) \quad (15)$$

7.6.5 Повторить пункты 7.6.2. – 7.6.4 для минимальной и максимальной температуры измеряемой среды.

7.6.6 Результаты измерений занести в протокол поверки.

Результаты определения абсолютной погрешности при измерении температуры считают положительными, если абсолютная погрешность при измерении температуры находится в пределах $\pm (0,5 + 0,005 \cdot |t|)$, °С для модификации Turbo Flow UFG - Н и $\pm (0,15 + 0,005 \cdot |t|)$, °С для модификации Turbo Flow UFG – F.

7.6.7 Расходомер, не удовлетворяющий вышеуказанным требованиям, дальнейшей поверке не подлежит.

7.7 Определение относительной погрешности при измерении давления

7.7.1 Определение относительной погрешности при измерении давления проводят с помощью калибратора давления, обеспечивающего создание абсолютного (избыточного) давления в рабочем диапазоне измерения давления расходомером и программного обеспечения АРМ«UFG View».

Подключить первичный преобразователь давления к калибратору давления. Определить погрешность измерения давления в трех контрольных точках:

$$P_1 = 0,25 P_{\text{max}};$$

$$P_2 = (P_1 + P_3) / 2;$$

$$P_3 = P_{\text{max}}, \text{ где } P_{\text{max}} - \text{ВПИ.}$$

7.7.2 Для согласования характеристик эталонных средств измерений с расчетными значениями контрольных точек допускается отклонение значений давления, поданного на вход первичного преобразователя давления, от расчетного значения не более чем на $\pm 0,05 P_{\text{max}}$ (5 % ВПИ).

В случае применения датчика избыточного давления значение эталонного абсолютного давления определить по формуле: $P_{\text{эт}} = P_{\text{эт.изб}} + P_{\text{бар}}$,

где $P_{\text{бар}}$ – показания барометра;

$P_{\text{эт.изб}}$ – значение избыточного давления, заданное эталонным средством.

7.7.3 В каждой точке выполняют по одному измерению при прямом и обратном ходе и вычисляют значение погрешности по формуле 16:

$$\delta_{p_i} = \left(\frac{P_{\text{изм}} - P_{\text{эт}}}{P_{\text{эт}}} \right) \cdot 100\%, \quad (16)$$

где $P_{\text{изм}}$ — показание расходомера, кПа (МПа);

$P_{\text{эт}}$ — давление, заданное калибратором, кПа (МПа).

7.7.4 Результаты измерений занести в протокол поверки.

Результаты поверки считают положительными, если значение относительной погрешности при измерении давления находится в пределах $\pm 0,5 \%$ для модификации Turbo Flow UFG - Н и $\pm 0,25 \%$ для модификации Turbo Flow UFG – F.

7.7.5 Расходомер, не удовлетворяющий вышеуказанным требованиям, дальнейшей поверке не подлежит.

7.8 Определение относительной погрешности вычислителя ВР

При помощи ПО APM«UFG View» переводят расходомер в режим «Поверка-Тест-рTZ». Вводят значения параметров расхода Q_p (м³/ч); Абсолютного давления (кПа(Мпа)); Температуры T °С; Параметры определяющие состав и свойства измеряемой среды – состав газа (моль, %); плотность газа при стандартных условиях (кг/м³); Выбирают алгоритм расчета плотности и коэффициента сжимаемости. Вводят время выполнения измерения (с).

Рекомендуемые тестовые комбинации значений выше указанных параметров используют из Таблиц Б.1, Б.2, Б.3, Б.4 Приложения Б.

Считывают с экрана показывающего устройства расходомера или через ПО «UFG CPS» значения объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям Q_c (м³/ч).

Вычисляют относительную погрешность вычислителя ВР при вычислении объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям, по формуле 17:

$$\delta Q_c = \frac{Q_{cu} - Q_{cp}}{Q_{cp}} \cdot 100\% \quad (17)$$

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

Q_{cp} – значение объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям, теоретически расчетное в соответствии с установленными параметрами расчета по ПО «UFG View» - «Тест-рTZ».

Вычисляют относительную погрешность вычислителя ВР при вычислении объема газа, приведенного к стандартным условиям, по формуле 18:

$$\delta V_c = \frac{V_{cu} - V_{cp}}{V_{cp}} \cdot 100\% \quad (18)$$

$V_{сн}$ – значение объема газа, приведенного к стандартным условиям, вычисленное расходомером;

$V_{ср}$ – значение объема газа, приведенного к стандартным условиям, теоретически расчетное в соответствии с установленными параметрами расчета по ПО «UFG View» - «Тест-рTZ».

Вычисляют относительную погрешность вычислителя ВР при вычислении массового расхода газа по формуле 19:

$$\delta Q_M = \frac{Q_{ми} - Q_{мр}}{Q_{мм}} \cdot 100\% \quad (19)$$

$Q_{ми}$ – значение массового расхода газа, вычисленное расходомером;

$Q_{мр}$ – значение массового расхода газа, теоретически расчетное в соответствии с установленными параметрами расчета по ПО «UFG View» - «Тест-рTZ».

Вычисляют относительную погрешность вычислителя ВР при вычислении массы газа по формуле 20:

$$\delta M = \frac{M_u - M_p}{M_p} \cdot 100\% \quad (20)$$

M_u – значение массы газа, вычисленное расходомером;

M_p – значение массы газа, теоретически расчетное в соответствии с установленными параметрами расчета по ПО «UFG View» - «Тест-рTZ».

Результат поверки считают положительным, если рассчитанные погрешности находятся в пределах $\pm 0,02 \%$.

9 Оформление результатов поверки

9.1 Результаты поверки заносятся в протокол произвольной формы.

9.2 При положительных результатах поверки на расходомер наносят поверительное клеймо в соответствии с ПР 50.2.007-2001 и Приложением В, и делают соответствующую запись в паспорте.

9.3 При отрицательных результатах первичной поверки расходомер к применению не допускается,

9.4 При отрицательных результатах периодической поверки расходомер считают непригодным к эксплуатации, поверительное клеймо гасят и оформляют извещение о непригодности расходомера с указанием причин в соответствии с ПР 50.2.006.

Приложение А
(справочное)

Таблица А.1

φ, % / t, °C	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
30	1,0017	1,0016	1,0015	1,0014	1,0013	1,0012	1,001	1,0008	1,0006	1,0004	1,0002
40	1,0015	1,0014	1,0013	1,0011	1,0009	1,0008	1,0005	1,0003	1	0,9998	0,9995
50	1,0013	1,0011	1,001	1,0007	1,0005	1,0004	1,0001	0,9998	0,9995	0,9992	0,9988
60	1,0011	1,0009	1,0007	1,0005	1,0002	1	0,9996	0,9993	0,9989	0,9984	0,998
70	1,0009	1,0007	1,0004	1,0002	0,9999	0,9996	0,9992	0,9988	0,9983	0,9978	0,9973
80	1,0007	1,0004	1,0002	0,9999	0,9995	0,9992	0,9988	0,9983	0,9978	0,9972	0,9965
90	1,0005	1,0002	0,9999	0,9996	0,9992	0,9988	0,9983	0,9978	0,9972	0,9965	0,9959

Приложение Б
(обязательное)

Таблица Б.1 Тестовые комбинации значений параметров при вычислении коэффициента сжимаемости природного газа по модифицированному методу NX19.

Состав газа:

азот - 0,8858 мол. %,

диоксид углерода - 0,0668 мол. %.

Вводимые значения				Вычисленное значение	Расчетное значение
Qp, (м³/ч)	T, (°C)	Рабс, (МПа)	ρс, кг/м³	Qси(нм³/ч)	Qср.(нм³/ч)
10	16,85	0,9	0,6799		91,2108

Таблица Б.2 Тестовые комбинации значений параметров при вычислении коэффициента сжимаемости природного газа по уравнению состояния GERG-91.

Состав газа:

азот - 0,8858 мол. %,

диоксид углерода - 0,0668 мол. %.

Вводимые значения				Вычисленное значение	Расчетное значение
Qp, (м³/ч)	T, (°C)	Рабс, (МПа)	ρс, кг/м³	Qси(нм³/ч)	Qср.(нм³/ч)
10	16,85	3,997	0,6799		430,5312

Таблица Б.3 Тестовые комбинации значений параметров при вычислении коэффициента сжимаемости природного газа по уравнению состояния AGA8-92DC.

Состав газа:

Метан - 98,2722 мол. %,

Этан - 0,5159 мол. %,

Пропан - 0,1607 мол. %,

n-бутан - 0,0592 мол. %,

азот - 0,8858 мол. %,

диоксид углерода - 0,0668 мол. %,

n-пентан - 0,0157 мол. %,

n-гексан - 0,0055 мол. %,

n-гептан - 0,0016 мол. %,

n-октан - 0,0009 мол. %,

гелий - 0,0157 мол. %,

Вводимые значения				Вычисленное значение	Расчетное значение
Qp, (м³/ч)	T, (°C)	Рабс, (МПа)	ρс, кг/м³	Qси(нм³/ч)	Qср.(нм³/ч)
10	16,85	3,997	0,6799		430,5312

Таблица Б.4 Тестовые комбинации значений параметров при вычислении коэффициента сжимаемости природного газа по уравнению состояния ВНИЦ СМВ.

Состав газа:

Метан - 89,27 мол. %,

Этан - 2,26 мол. %,

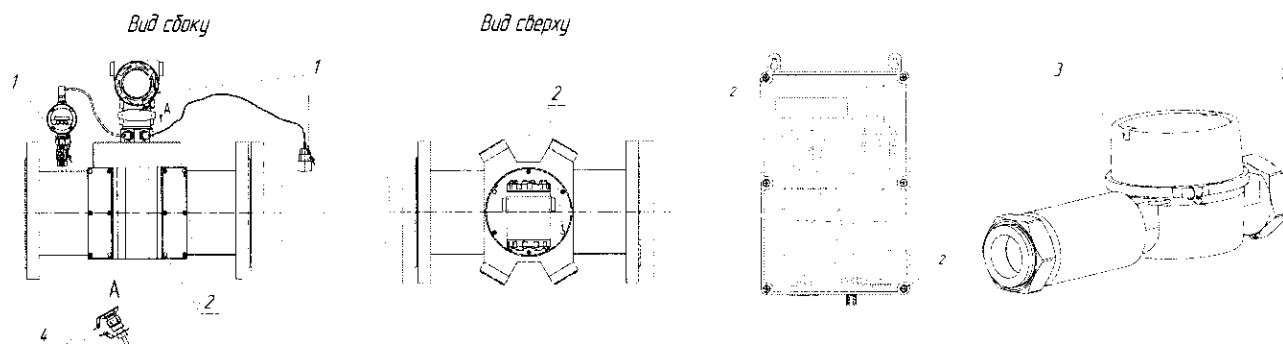
Пропан - 1,06 мол. %,

i-бутан - 0,01 мол. %,

азот - 0,04 мол. %,
 диоксид углерода - 4,3 мол. %,
 сероводород - 3,05 мол. %,
 пропилен - 0,0055 мол. %,

Вводимые значения				Вычисленное значение	Расчетное значение
Qp, (м ³ /ч)	T, (°C)	Рабс, (МПа)	ρс, кг/м ³	Qси (нм ³ /ч)	Qср. (нм ³ /ч)
10	50	1,081	0,7675		98,226

Приложение В (обязательное)



- 1 – пломба свинцовая;
- 2 – места под клеймо способом давления на специальную мастику;
- 3 – поверительное клеймо в виде наклейки;
- 4 – отверстие для пломбирования.

Рисунок В.1 - Схемы пломбирования
расходомеров - счетчиков газа ультразвуковых Turbo Flow UFG