

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И
МЕТРОЛОГИИ

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт расходомерии»

Государственный научный метрологический центр

ФГУП «ВНИИР»

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по развитию

 А.С. Тайбинский

«13» августа 2018 г.



ИНСТРУКЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Преобразователи расхода газа ультразвуковые Daniel

Методика поверки

МП 0910-13-2018

Начальник отдела НИО-13

 А.И. Горчев

Тел. +7 (843) 272-11-24

Казань
2018

РАЗРАБОТАНА

ФГУП «ВНИИР»

ООО «Эмерсон»

УТВЕРЖДЕНА

ФГУП «ВНИИР»

Настоящая инструкция распространяется на преобразователи расхода газа ультразвуковые Daniel (далее – расходомеры) и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – 4 года.

1. Операции поверки

При проведении поверки выполняют следующие операции, перечисленные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики	Выполнение операции	
		Первичная поверка	Периодическая поверка
Внешний осмотр	6.1	+	+
Опробование	6.2	+	+
Определение метрологических характеристик расходомера:			
- относительной погрешности измерения расхода газа проливным методом на поверочной установке	6.3	+	+
- относительной погрешности измерения расхода газа имитационным методом	6.4	+	+
- приведенной к диапазону измерений погрешности канала токового аналогового входа	6.5	+	+
- приведенной к диапазону измерений погрешности канала токового аналогового выхода	6.6	+	+

1.2 Допускается проводить поверку расходомера в ограниченном поддиапазоне измерений расхода на основании письменного заявления владельца расходомера.

Для преобразователей расхода газа ультразвуковых диаметром DN450 и более допускается проводить поверку на поверочной установке с верхним пределом воспроизведения расхода Q_{\max} установки. Для диапазона от Q_{\max} установки до Q_{\max} значение пределов допускаемой относительной погрешности измерений объемного расхода и объема газа при рабочих условиях подтверждается имитационным методом. При этом присваиваются следующие значения пределов допускаемой относительной погрешности измерений объемного расхода и объема газа при рабочих условиях

- $\pm 0,5\%$ в диапазоне от Q_{\min} до Q_t ;
- $\pm 0,3\%$ в диапазоне от Q_t до Q_{\max} установки;
- $\pm 0,5\%$ в диапазоне от Q_{\max} установки до Q_{\max} ;

1.3 Допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов (расхода, токового входа или токового выхода) с обязательным указанием в свидетельстве о поверке информации об объеме проведенной поверки на основании письменного заявления владельца расходомера.

2. Средства поверки

2.1 При проведении поверки применяют следующие средства измерений (далее – СИ):

- поверочные установки с относительной погрешностью (расширенной неопределенностью) измерения объемного расхода (объема) природного газа при избыточном давлении или воздуха при атмосферном давлении не более $\pm 0,3\%$ (не более $\pm 0,23\%$ для расходомеров с пределами погрешности в основном диапазоне расхода $\pm 0,3\%$), и диапазоном расходов, соответствующим диапазону поверяемого расходомера;
- калибратор многофункциональный МС5-R, диапазон измерения и воспроизведения токового сигнала ± 25 мА; пределы абсолютной погрешности измерения и воспроизведения токового сигнала $\pm (0,02\%$ от показ. +1,5 мкА) рег.№ 22237-08;
- персональный компьютер с программным обеспечением MeterLink и калькулятором скорости звука (входит в ПО MeterLink, свидетельство о метрологической аттестации ПО №156013-13);
- азот технический 1-го сорта 99,6 об. % по ГОСТ 9293-74 (для имитационного метода поверки);
- термометр ртутный, диапазон измерений от 0 до 50 °С, цена деления 0,1 °С по ГОСТ 28498-90;
- барометр-анероид БАММ-1, диапазон измерений от 80 до 106,7 кПа, цена деления шкалы 100 Па по ТУ25-11.15135;
- психрометр ВИТ-1, диапазон измерений относительной влажности от 30% до 80%, цена деления термометров 0,5 °С по ТУ 25-11.1645.

2.2 Применяемые при поверке средства измерений должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке или нести на себе знак поверки.

2.3 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью

3. Требования безопасности

3.1 При проведении поверки соблюдают требования безопасности, определяемые:

- правилами безопасности при эксплуатации используемых при поверке средств измерений, которые приведены в эксплуатационной документации;
- Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»;
- правилами безопасности труда, действующими на предприятии (калибровочной лаборатории).

3.2 К поверке допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности, имеющие квалификационную группу по технике безопасности не ниже II и изучившие эксплуатационную документацию на средства измерений, используемые при поверке и настоящий документ.

3.3 Монтаж и демонтаж расходомера должен производиться при неработающей поверочной установке и отсутствии избыточного давления в измерительной линии.

3.4 Заземление электрооборудования должно производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.030-81.

4. Условия проведения поверки

4.1 В качестве рабочей среды в поверочных установках может использоваться природный газ или воздух.

4.2 Давление газа или воздуха определяется технологическими возможностями поверочной установки и не должно превышать рабочее давление поверяемого расходомера. При эксплуатационном давлении расходомеров ниже 1,2 МПа допускается определение корректирующих коэффициентов на воздухе при атмосферном давлении

4.3 При проведении поверки на поверочной установке соблюдают нормальные условия по ГОСТ 8.395-80:

- рабочая среда	природный газ или воздух
- температура рабочей среды, °С	20 ±5;
- температура окружающего воздуха, °С	20 ±5;
- относительная влажность окружающего воздуха, %	от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа	от 84 до 106,7;
- изменение температуры рабочей среды за время поверки, °С, не более	2

Примечание: При проведении поверки расходомера имитационным методом без снятия с измерительной линии или на поверочной установке на природном газе допускается проведение поверки при температуре окружающей среды от минус 20 до плюс 55 °С

4.4 Тряска, вибрация, удары, а также внешние электрические и магнитные поля (кроме земного) должны отсутствовать.

4.5 Средства измерений, применяемые при поверке, и расходомер перед поверкой должны быть выдержаны во включенном состоянии в течение интервала времени, указанного в их эксплуатационной документации.

5. Подготовка к поверке

Перед проведением поверки производят следующие подготовительные операции:

5.1 Проверяют выполнение условий, изложенных в разделах 2,3,4.

5.2 Подготавливают к работе поверяемый расходомер и средства измерений, используемые при поверке, в соответствии с эксплуатационной документацией.

5.3 При выполнении поверки проливным методом:

5.3.1 Длины прямых входного и выходного участков измерительного трубопровода выбирают в соответствии с рекомендациями изготовителя, приведенными в эксплуатационной документации.

5.3.2 После монтажа проверяют герметичность поверяемого расходомера, соединений, задвижек и соединительных трубопроводов.

5.3.3 Стабилизируют температуру рабочей среды в поверяемом расходомере и эталонном(ых) СИ, для чего пропускают рабочую среду через измерительный трубопровод в течение 30 минут до стабилизации её температуры.

6. Проведение поверки

6.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверяют:

- комплектность и соответствие внешнего вида расходомера и его составных частей требованиям эксплуатационной документации;
- отсутствие механических повреждений, влияющих на работоспособность расходомера;
- резьбы на соединительных элементах (разъемах) не должны иметь сорванных ниток и забоин;
- наличие маркировок на составных частях и соответствие сведений, указанных на них, параметрам, указанным в паспорте расходомера.

6.2 Опробование

6.2.1 Опробование заключается в проверке работоспособности поверяемого расходомера и его отдельных компонентов. Проверка может осуществляться при помощи персонального компьютера (далее – ПК), с установленным на нем программным обеспечением MeterLink или непосредственно при помощи встроенного ЖК-дисплея расходомера (расходомер оснащается ЖК-дисплеем опционально).

6.2.2 Проверку общей работоспособности расходомера проводят путем проверки отсутствия индикации ошибок. Кроме того, контролируют объемный расход и объем газа, а также наличие импульсов на частотном выходе расходомера. Для этого, изменяя расход среды через расходомер в пределах его диапазона измерений, следят за показаниями объемного расхода и изменениями прошедшего объема.

6.2.3 Результаты проверки работоспособности расходомера считают положительными, если индикация ошибок отсутствует, значения расхода и частота следования импульсов с частотного выхода расходомера увеличиваются (уменьшаются) при увеличении (уменьшении) расхода рабочей среды, а значения объема газа возрастают.

6.2.4 Подтверждение идентификации программного обеспечения

При включении расходомера на встроенный индикатор (в случае наличия индикатора) выводится наименование, номер версии и контрольная сумма ПО расходомера. Идентификационные данные ПО расходомера так же возможно проконтролировать при подключении расходомера к ПК с установленным программным обеспечением MeterLink в соответствующем пункте меню.

Результат проверки соответствия ПО считается положительным, если полученные в ходе выполнения процедуры проверки ПО данные (идентификационное наименование ПО, номер версии), соответствуют данным, указанным в описании типа.

6.3 Определение погрешности измерения расхода и объема газа проливным методом

6.3.1 Для расходомеров с относительной погрешностью измерения расхода газа в основном диапазоне расходов $\pm 0,3\%$ первичная и периодическая поверки проводятся с помощью поверочной установки на природном газе при избыточном давлении с относительной погрешностью измерения объемного расхода (объема) не более $\pm 0,23\%$, в

случае если эксплуатационное давление расходомера не превышает 1,2 МПа поверку допускается проводить на воздухе при атмосферном давлении.

6.3.2 Для расходомеров с относительной погрешностью измерения расхода газа в основном диапазоне расхода $\pm 0,5\%$ и более первичная и периодическая поверки проводятся проливным методом на поверочной установке с погрешностью измерения объемного расхода не более $\pm 0,3\%$. Рабочая среда применяемой поверочной установки - природный газ или воздух, давление рабочей среды может быть равно атмосферному.

6.3.3 Измерения проводятся при следующих значениях объемного расхода Q_j : Q_{\max} , $0,7Q_{\max}$, $0,5Q_{\max}$, $0,3Q_{\max}$ и $0,1Q_{\max}$. 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.

На каждом значении расхода проводят не менее пяти измерений. Значения объемного расхода, полученные по показаниям эталонных преобразователей расхода Q_{icn} , приводят к условиям измерений на поверяемом расходомере Q_{ic} по формуле

$$Q_{ic} = Q_{icn} \frac{P_e T_t z_t}{P_t T_e z_e}, \quad (1)$$

где P_e – давление среды на участке эталонных преобразователей;

P_t – давление среды на участке поверяемых расходомеров;

T_e – температура среды на участке эталонных преобразователей;

T_t – температура газа среды на участке поверяемых расходомеров;

z_t – фактор сжимаемости среды, рассчитанный при температуре и давлении на участке поверяемых расходомеров;

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

Примечание: допускается проводить измерения и обработку результатов измерений по объему среды.

Полученные значения и значения по показаниям установки фиксируют и оформляют в виде таблицы 2.

Таблица 2

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

Значения девиации fp_i рассчитывают в процентах по формуле:

$$fp_i = \left(\frac{Q_{ic}}{Q_{ie}} - 1 \right) 100 \quad (2)$$

Значение среднеарифметической девиации рассчитывают по формуле:

$$fp_{Qj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n fp_i, \quad (3)$$

где n – число экспериментов проведенных в данной точке по расходу ($n \geq 5$),
 Q_j – нижний индекс обозначает текущую точку по расходу.

Рассчитывают среднеквадратическое отклонение среднего результата измерений объемного расхода в процентах для всех точек по расходу по формуле:

$$S_{Qj} = \frac{100}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{ic}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(Q_{ic} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{ic} \right)^2}{n(n-1)}}. \quad (4)$$

Рассчитывают доверительные границы ε случайной составляющей погрешности результата измерений по формуле:

$$\varepsilon = t_{n,0.95} S_Q, \quad (5)$$

где $t_{n,0.95}$ – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 95% и степенью свободы n , (определяют по приложению Д ГОСТ Р 8.736-2011);
 S_Q – максимальное среднеквадратическое отклонение среднего результата измерений ($S_Q = \max_j S_{Qj}$).

После заполнения таблицы 2 для всех точек по расходу определяют средневзвешенную девиацию WME по формуле:

$$WME = \frac{\sum_{j=1}^m k_j fp_{Qj}}{\sum_{j=1}^m k_j}, \quad (6)$$

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

$$AF = \frac{1}{1 + \frac{WME}{100}} \quad (7)$$

Корректируют показания расходомера по рассчитанному корректировочному коэффициенту AF (умножением на AF), результаты оформляют в виде таблицы 3.

Примечание: в соответствии с эксплуатационной документацией допускается использование полиномиальных корректировочных коэффициентов, определенных для каждого значения расхода либо применение кусочно-линейных корректировочных коэффициентов.

Таблица 3

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

Определяют границы неисключенной систематической погрешности по формуле:

$$\Theta = \begin{cases} \pm \left(\sum_{l=1}^N |\Theta_l| + |\Theta_{cal}| \right), \text{ при } N < 3 \\ \pm 1,1 \sqrt{\sum_{l=1}^N \Theta_l^2 + \Theta_{cal}^2}, \text{ иначе} \end{cases}, \quad (8)$$

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

Θ_{cal} – неисключенная систематическая погрешность калибровки, определяется как максимальное абсолютное значение среднеарифметической девиации с учетом калибровки ($\Theta_{cal} = \max_{Q_j} |fpk_{Q_j}|$).

Определяют среднеквадратическое отклонение суммы неисключенных систематических погрешностей по формуле:

$$S_{\Theta} = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^N \Theta_l^2 + \Theta_{cal}^2}{3}}. \quad (9)$$

Определяют суммарную среднеквадратическую погрешность по формуле:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_Q^2 + S_{\Theta}^2}. \quad (10)$$

Определяют предел относительной погрешности результата измерений по формуле:

$$\delta = S_{\Sigma} \frac{\Theta + \varepsilon}{S_{\Theta} + S_Q}. \quad (11)$$

При соотношении погрешностей установки и поверяемого расходомера 1/3 и менее на каждом значении расхода проводят не менее трех измерений, иначе не менее 10

измерений. Значения объемного расхода, полученные по показаниям расходомера Q_{icn} , приводят к условиям измерений эталонными преобразователями Q_{ic} по формуле (1)

Определяют относительную погрешность расходомера при соотношении погрешностей установки и поверяемого расходомера 1/3 и менее, в процентах, по формуле:

$$\delta = \frac{Q_{ik} - Q_{etal}}{Q_{etal}} 100, \quad (12)$$

где Q_{etal} – расход по показаниям эталонной установки.

Примечание: допускается введение корректировочных коэффициентов.

Расходомер считается прошедшим поверку, если δ не превышает значений указанных в описании типа.

6.4 Определение относительной погрешности измерения объемного расхода имитационным методом

6.4.1 Применение имитационного способа возможно как на снятом с трубопровода расходомере, так и без его снятия с измерительной линии.

6.4.2 При проведении имитационной поверки снятого с трубопровода расходомера его помещают в отдельное помещение, герметично закрывают со стороны фланцев и в проточную часть закачивают при атмосферном давлении неагрессивный газ известного состава, например, азот или воздух. Проверяют стабильность температуры в течение 30 мин. За указанный интервал времени изменение температуры газа не должно превышать 2 °С. Поверка начинается, когда изменение в течение 15 мин среднего для каждого акустического пути значения скорости звука не будет превышать 0,2 м/с.

Также расходомер не должен подвергаться воздействию солнечных лучей и должен находиться на достаточном удалении от источников тепла, так как эти факторы могут привести к неравномерному нагреву корпуса расходомера и возникновению внутри него конвекционных потоков.

Подключают расходомер к компьютеру с установленным ПО MeterLink и проводят не менее 5 измерений скорости звука для каждого акустического пути и скорости потока газа. Скорость звука в поверочной среде вычисляется с помощью программного обеспечения MeterLink со встроенным калькулятором скорости звука или другим ПО, аттестованным в установленном порядке.

Рекомендуется измерения проводить в течение 1 мин с осреднением полученных результатов.

Результаты поверки считаются положительными, если средняя скорость потока газа не превышает 0,012 м/с, а средний результат измерения скорости звука для каждого акустического пути отличается от расчётного значения не более, чем на 0,3%. Взаимные отклонения средних (по пяти измерениям) скоростей звука для различных акустических путей должны быть не более $\pm 0,3$ м/с.

6.4.3 Проведение имитационной поверки расходомера без снятия его с измерительной линии возможно только в том случае, если отрезок трубопровода с расходомером может быть перекрыт с обеих сторон от расходомера, чтобы полностью исключить внутри него течение газа.

Контролируют давление на участке с расходомером. Изменение давления свидетельствует о наличии протечек в запорной арматуре. В этом случае проведение поверки расходомера по п.6.4.3. не проводят.

Поверку проводят при рабочем давлении и стабильной температуре окружающей среды. Расходомер и участки трубопровода до запорной арматуры (но не менее 10 DN) должны быть закрыты от попадания солнечных лучей, осадков и источников тепла.

Перед проведением поверки проверяется стабилизация температуры и давления рабочей среды. Проверяется стабильность измеряемой по акустическим путям скорости звука – допускаемое изменение в течение 15 мин среднего для каждого акустического пути значения скорости звука не более 0,2 м/с.

Подключают расходомер к компьютеру с установленным ПО MeterLink и проводят не менее 5 измерений скорости звука для каждого акустического пути и скорости потока газа. Скорость звука в поверочной среде вычисляется с помощью программного обеспечения MeterLink со встроенным калькулятором скорости звука или другим ПО, аттестованным в установленном порядке.

Рекомендуется измерения проводить в течение 1 мин с осреднением полученных результатов.

Результаты поверки считаются положительными, если средняя скорость потока газа не превышает 0,024 м/с, а средний результат измерения скорости звука для каждого акустического пути отличается от расчётного значения не более, чем на 0,3%. Взаимные отклонения средних (по пяти измерениям) скоростей звука для различных акустических путей должны быть не более $\pm 0,3$ м/с.

6.4.4 Пределы допускаемой относительной погрешности расходомера в зависимости от способа поверки указаны в описании типа на расходомер.

6.5 Определение приведенной к диапазону измерений погрешности канала токового аналогового входа.

6.5.1 При определении приведенной к диапазону измерений D_{AI} (для варианта 4 – 20 мА $D_{AI} = 16$ мА) погрешности канала токового аналогового входа в поверяемой точке j диапазона измерений на вход измерительного канала расходомера подают при помощи калибратора значение токового сигнала $I_{ref AI-j}$ и считывают значение тока в цепи канала аналогового входа I_{AI-j} . Задаётся не менее пяти значений сигнала тока, равномерно распределённых в пределах диапазона измерений, включая его крайние точки.

6.5.2 В каждой точке приведенную к диапазону измерений погрешности канала токового аналогового входа γ_{AI-j} рассчитывают в процентах по формуле:

$$\gamma_{AI-j} = \frac{I_{AI-j} - I_{ref AI-j}}{D_{AI}} \cdot 100 \quad (13)$$

6.5.3 Расходомер считается прошедшим поверку, если рассчитанные по формуле (13) приведенные к диапазону измерений погрешности канала входа аналоговых сигналов в каждой поверяемой точке не превосходят $\pm 0,1$ %.

6.6 Определение приведенной к диапазону измерений погрешности канала токового аналогового выхода.

6.6.1 При определении приведенной к диапазону измерений D_{AO} (для варианта 4 – 20 мА $D_{AO} = 16$ мА) погрешности канала токового аналогового выхода в поверяемой

точке j диапазона измерений устанавливают с помощью интерфейсного ПО MeterLink на выходе измерительного канала значение выходного сигнала I_{AO-j} . Затем измеряют значение тока в цепи канала аналогового выхода $I_{ref_{AO-j}}$ с помощью калибратора сигналов. Задаётся не менее пяти значений выходного сигнала тока, равномерно распределённых в пределах диапазона измерений, включая его крайние точки.

6.6.2 В каждой точке приведенную к диапазону измерений погрешности канала токового аналогового выхода γ_{AO-j} рассчитывают в процентах по формуле:

$$\gamma_{AO-j} = \frac{I_{AO-j} - I_{ref_{AO-j}}}{D_{AO}} \cdot 100 \quad (14)$$

6.6.3 Расходомер считается прошедшим поверку, если рассчитанные по формуле (14) приведенные к диапазону измерений погрешности канала выхода аналоговых сигналов в каждой поверяемой точке не превосходят $\pm 0,2\%$.

7. Оформление результатов

7.1. Результаты поверки заносят в протокол произвольной формы.

7.2. Положительные результаты поверки оформляют свидетельством о поверке в соответствии с документом «Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», утвержденным приказом Минпромторга РФ 2 июля 2015 года №1815. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

7.3. При отрицательных результатах поверки расходомер не допускают к применению, свидетельство о поверке аннулируется и выписывается извещение о непригодности к применению.