

СОГЛАСОВАНО:
Главный метролог
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»

_____ Лапшинов В.А.

«06» февраля 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Расходомеры вихревые Метран-390М

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-281-2024

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на расходомеры вихревые Метран-390М (далее – расходомеры) и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

1.2 Прослеживаемость расходомеров обеспечивается в соответствии с:

– Государственной поверочной схемой (далее – ГПС) для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной Приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356 – к ГЭТ 63-2019;

– ГПС для средств измерений объемного и массового расходов газа, утвержденной Приказом Росстандарта от 31.05.2022 № 1133 – к ГЭТ 118-2017;

1.3 Метрологические характеристики расходомеров определяются методом непосредственного сличения, имитационным методом или методом косвенных измерений.

1.4 На основании письменного заявления владельца расходомера или лица, представившего расходомер на поверку, оформленного в произвольной форме, допускается проведение поверки расходомера для меньшего числа измеряемых величин и выходных сигналов с обязательным указанием объема проведенной поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – ФИФОЕИ).

1.5 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические характеристики, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений объемного расхода ¹⁾ , м ³ /ч: – жидкость – газ, водяной пар	от 0,5 до 500 от 5 до 16000
Диапазон измерений массового расхода воды и насыщенного водяного пара, кг/ч	от $Q_{V_{min}} \cdot \rho$ до $Q_{V_{max}} \cdot \rho$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений объемного расхода (объема) δ_V , % ^{2) 3) 4)} : – жидкость – газ, водяной пар	$\pm 0,5; \pm 0,75; \pm 1,0; \pm 1,5$ $\pm 0,75; \pm 1,0; \pm 1,5; \pm 2,0$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массового расхода (массы) воды ⁵⁾ и насыщенного водяного пара, %	$\pm \sqrt{\delta_V^2 + 0,35}$
Пределы допускаемой приведенной погрешности воспроизведения токового выходного сигнала от 4 до 20 мА, % от диапазона воспроизведения: – основной – дополнительной, вызванной изменением температуры окружающей среды от температуры (25±10) °С на каждые 10 °С	$\pm 0,1$ $\pm 0,1$
¹⁾ Приведен максимально возможный диапазон измерений. Фактические значения диапазона измерений указываются в паспорте. ²⁾ Фактические значения указываются в паспорте. ³⁾ Указаны значения пределов допускаемой относительной погрешности измерений объемного расхода (объема) в диапазоне измерений от Q_{V_1} включительно до $Q_{V_{max}}$. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений объемного расхода (объема) в диапазоне измерений от $Q_{V_{min}}$ до Q_{V_1} составляют $\pm(\delta_V +2)$ %. ⁴⁾ При имитационной поверке пределы относительной погрешности измерения объемного расхода равны $\pm 1,0$ %, но не менее значений, указанных в паспорте. ⁵⁾ Без учета погрешности от принятия давления за условно-постоянное значение.	

Наименование характеристики	Значение
Примечания: 1. Введены следующие обозначения: $Q_{V_{\max}}$ – максимальное значение диапазона измерений объемного расхода, м³/ч; $Q_{V_{\min}}$ – минимальное значение диапазона измерений объемного расхода, м³/ч; Q_{V_1} – переходное значение объемного расхода в соответствии с руководством по эксплуатации, м³/ч; δ_V – пределы допускаемой относительной погрешности измерений объемного расхода (объема) в диапазоне измерений от Q_{V_1} до $Q_{V_{\max}}$, %; ρ – плотность измеряемой среды. 2. Основная и дополнительная погрешности воспроизведения токового выходного сигнала от 4 до 20 мА суммируются алгебраически.	

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Обязательность проведения операции при поверке		Номер пункта методики поверки
	первичной	периодической	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	6
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	7
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	8
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям:			
– определение относительной погрешности измерений объемного расхода (объема)	да	да	9.1
– определение относительной погрешности измерений массового расхода (массы)	да	да	9.2
– определение приведенной погрешности воспроизведения токового сигнала от 4 до 20 мА	да	да	9.3

2.2 Операции по 9.2 допускается проводить одновременно с операциями по 9.1.

2.3 Определение метрологических характеристик проводится в объеме, не превышающем функциональные возможности конкретного расходомера.

2.4 Определение относительной погрешности измерений объемного расхода (объема) расходомеров при периодической поверке допускается проводить имитационным методом (в лабораторных условиях или в условиях эксплуатации).

2.5 При получении отрицательных результатов по какому-либо пункту методики поверки поверку прекращают.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки в лабораторных условиях должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 15 до 35 °С;
- относительная влажность не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа.

3.2 Параметры окружающей среды должны соответствовать требованиям, изложенным в эксплуатационных документах средств поверки.

3.3 Параметры измеряемой среды должны соответствовать требованиям эксплуатационных документов расходомера и средств поверки.

3.4 При проведении поверки на месте эксплуатации параметры окружающей и измеряемой сред должны соответствовать требованиям эксплуатационной документации расходомера и средств поверки.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
6 – 9	Средство измерений температуры окружающей среды, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ °C	Измеритель температуры и относительной влажности воздуха ИВТМ-7 М 5-Д (регистрационный № 71394-18 в ФИФОЕИ)
	Средство измерений относительной влажности окружающей среды, пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 3 %	
	Средство измерений атмосферного давления, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ кПа	
9.1.1, 9.2	Рабочий эталон не ниже 2-го разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2356, соотношение пределов допускаемой относительной погрешности рабочего эталона и расходомера должно быть не более 1/3	Установка поверочная Эрмитаж (регистрационный № 71416-18 в ФИФОЕИ)
9.1.1, 9.2	Рабочий эталон 1-го разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11.05.2022 № 1133, соотношение пределов допускаемой относительной погрешности рабочего эталона и расходомера должно быть не более 1/2,5	Установка поверочная газовая «Аврора» (регистрационный № 82840-21 в ФИФОЕИ)
9.1.2	Средство измерений периода частотно-импульсного сигнала, диапазон измерений от 0,1 мс до 100 с, пределы допускаемой относительной погрешности периода $\pm 0,03$ %	Частотомер электронно-счетный ЧЗ-85 (регистрационный № 75631-19 в ФИФОЕИ)
9.1.2	Средство измерений частоты частотно-импульсного сигнала, диапазон измерений от 1 Гц до 10 кГц, пределы допускаемой относительной погрешности частоты $\pm 0,03$ %	
9.1.2	Генератор сигналов прямоугольной формы, амплитуда от 3 до 7 В, частота от 0,1 Гц до 10 кГц, пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 0,05$ %	Генератор сигналов специальной формы АКИП-3422/1 (регистрационный № 71343-18 в ФИФОЕИ)

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9.2	Рабочий эталон не ниже 3-го разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23.12.2022 № 3253, пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 0,12$ % (от значения температуры в К)	Термометр сопротивления платиновый вибропрочный эталонный ПТСВ-9-2 (регистрационный № 65421-16 в ФИФОЕИ)
9.3	Средство измерений силы постоянного тока: диапазон измерений от 4 до 20 мА, пределы допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,05$ % от диапазона измерений	Калибратор многофункциональный и коммуникатор ВЕАМEX МС6 (-R) регистрационный № 52489-13 в ФИФОЕИ)
9.3	Средство измерений напряжения постоянного тока: диапазон измерений от 1 до 10 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 1 мВ	
9.3	Мера электрического сопротивления, номинальное сопротивление от 100 до 250 Ом, класс точности 0,01	Мера электрического сопротивления постоянного тока многозначная ПрофКиП МС3070 (регистрационный номер 80584-20 в ФИФОЕИ)
Примечания: 1. Для преобразования сигнала термометра сопротивления используют измеритель температуры двухканальный прецизионный МИТ 2.05 (регистрационный № 46432-11 в ФИФОЕИ). 2. Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, обеспечивающие требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.		

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования:

- правил технической эксплуатации электроустановок потребителей;
- правил безопасности при эксплуатации средств поверки и расходомера, приведенных в их эксплуатационных документах;
- инструкций по охране труда.

5.2 Монтаж и демонтаж расходомера на ПУ, все электрические подключения должны проводиться в соответствии с требованиями безопасности, изложенными в эксплуатационных документах расходомера и ПУ.

6 Внешний осмотр средства измерений

6.1 При внешнем осмотре проверяют:

- внешний вид и комплектность расходомера;
- отсутствие механических повреждений, препятствующих применению расходомера;
- четкость надписей и обозначений.

6.2 Результаты поверки по 6 считают положительными, если:

- внешний вид и комплектность расходомера соответствуют описанию типа и эксплуатационным документам расходомера;
- механические повреждения, препятствующие применению расходомера, отсутствуют;
- надписи и обозначения четкие и позволяют провести идентификацию расходомера.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Выполняют следующие подготовительные операции:

- изучают эксплуатационные документы расходомера, средств поверки и настоящую методику поверки;
- монтируют расходомер на ПУ в соответствии с требованиями эксплуатационных документов расходомера и ПУ;
- средства поверки и расходомер подготавливают к работе в соответствии с эксплуатационными документами;
- расходомер выдерживают в условиях, указанных в разделе 3, не менее двух часов.

7.2 Контролируют фактические условия поверки на соответствие требованиям раздела 3 настоящей методики поверки

7.3 Опробование расходомера проводят путем увеличения/уменьшения расхода жидкости или газа через расходомер.

7.4 Результаты поверки по 7 считают положительными если:

- требования, изложенные в 7.1, выполнены;
- фактические условия поверки соответствуют требованиям раздела 3 настоящей методики поверки;
- показания расходомера при проведении опробования изменяются соответствующим образом.

Примечание – Опробование расходомера допускается проводить одновременно с определением метрологических характеристик.

8 Проверка программного обеспечения средства измерений

8.1 Фиксируют номер версии ПО расходомера, отображаемый на дисплее расходомера при его включении, или считывают номер версии ПО по цифровым протоколам. В случае отсутствия у расходомера дисплея и цифровых выходных сигналов, фиксируют номер версии ПО расходомера, указанный в паспорте расходомера.

8.2 Результаты поверки по 8 считают положительными, если номер версии ПО расходомера соответствует номеру версии программного обеспечения, указанному в описании типа.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение относительной погрешности измерений объемного расхода (объема)

9.1.1 Проливной метод

Определение относительной погрешности измерений объемного расхода (объема) проводят на жидкостной или газовой ПУ по частотно-импульсному (в импульсном или частотном режиме) или цифровому (HART или Modbus) выходному сигналу или дисплею расходомера. При этом в расходомере должен быть выбран соответствующий режим измерений объемного расхода жидкости или газа.

При использовании частотно-импульсного выходного сигнала допускается проводить измерения при значениях настраиваемых параметров частотно-импульсного выходного сигнала, отличных от значений, используемых при эксплуатации расходомера. В импульсном режиме начало и окончание измерений ПУ должны быть синхронизованы с первым и последним импульсами расходомера.

Определение относительной погрешности измерений объемного расхода (объема) проводят в трех контрольных точках, значение объемного расхода в которых выбирают из диапазонов: от $Q_{V_{min}}$ до Q_{V_1} , $(0,15-0,3) \cdot Q_{V_{max}}$, $(0,4-1,0) \cdot Q_{V_{max}}$, где $Q_{V_{min}}$ – минимальное значение диапазона измерений объемного расхода расходомера, м³/ч; Q_{V_1} – переходное значение объемного расхода в соответствии с руководством по эксплуатации, м³/ч; $Q_{V_{max}}$ – максимальное значение диапазона измерений объемного расхода, м³/ч. Количество измерений в каждой

контрольной точке не менее трех. Изменение расхода по показаниям ПУ во время измерения не должно превышать $\pm 5\%$ от заданного значения расхода.

Время каждого измерения должно быть не менее 90 с для контрольной точки в диапазоне от $Q_{V_{\min}}$ до Q_{V_1} , и не менее 60 с для контрольных точек в диапазонах $(0,15-0,3) \cdot Q_{V_{\max}}$ и $(0,4-1,0) \cdot Q_{V_{\max}}$.

Для каждого i -го измерения в каждой j -ой контрольной точке вычисляют относительную погрешность измерений объемного расхода (объема) δV_{ji} , %, по формуле

$$\delta V_{ji} = \frac{V_{ji}^P - V_{ji}^{ПУ}}{V_{ji}^{ПУ}} \cdot 100, \quad (1)$$

где V_{ji}^P – значение объемного расхода (объема), измеренное расходомером, $\text{м}^3/\text{ч}$ (м^3);

$V_{ji}^{ПУ}$ – значение объемного расхода (объема), измеренное ПУ, $\text{м}^3/\text{ч}$ (м^3).

Результаты поверки по 9.1.1 считают положительными, если значения относительной погрешности измерений объемного расхода (объема) в каждой контрольной точке при каждом измерении не выходят за пределы, указанные в таблице 1.

При положительных результатах поверки по 9.1.1 расходомер признают пригодным к применению в части измерений объемного расхода (объема) жидкости, газа и водяного пара с погрешностью, не превышающей пределы, указанные в указанные в таблице 1.

9.1.2 Имитационный метод

Поверку имитационным методом проводят с демонтажем или без демонтажа расходомера с трубопровода (без остановки технологического процесса).

Поверка имитационным методом заключается в имитации частоты вихреобразования внешним генератором (калибратором) или встроенным генератором расходомера в режиме имитации расхода и дальнейшем сравнении значений выходных сигналов расходомера с расчетными. Имитация расхода внешним или встроенным генератором осуществляется в соответствии с эксплуатационной документацией расходомера.

Поверку проводят по частотно-импульсному (в импульсном или частотном режиме) или цифровому (HART, Modbus) выходному сигналу или дисплею расходомера.

Определение погрешности осуществляется в трех контрольных точках, частоту имитирующего сигнала в которых f_i , Гц, рассчитывают по формулам:

$$f_1 = (0,7 \dots 1) \cdot Q_{V_{\max}} / k, \quad (2)$$

$$f_2 = (1 \dots 1,5) \cdot Q_{V_{\min}} / k, \quad (3)$$

$$f_3 = Q_V / k, \quad (4)$$

где k – коэффициент преобразования (к-фактор) расходомера в соответствии руководством по эксплуатации, $\text{м}^3/(\text{ч} \cdot \text{Гц})$.

Q_V – любое значение объемного расхода внутри диапазона измерений, $\text{м}^3/\text{ч}$.

При определении относительной погрешности измерений объема по частотно-импульсному выходному сигналу в импульсном режиме, для каждой задаваемой частоты имитирующего сигнала вычисляют расчетное значение периода следования выходных импульсов T_{pi} , с, по формуле

$$T_{pi} = 3600 \cdot C / Q_{Vi}, \quad (5)$$

$$Q_{Vi} = k \cdot f_i, \quad (6)$$

где C – цена импульса расходомера, $\text{м}^3/\text{импульс}$;

Q_{Vi} – значение расхода, соответствующее частоте имитирующего сигнала, $\text{м}^3/\text{ч}$.

В каждой контрольной точке вычисляют относительную погрешность δ_{Ti} , % по формуле

$$\delta_{T_i} = \frac{T_{и_i} - T_{p_i}}{T_{p_i}} \cdot 100, \quad (7)$$

где $T_{и_i}$ – значение периода следования импульсов частотно-импульсного выходного сигнала, с.

При определении относительной погрешности измерений расхода по частотно-импульсному выходному сигналу в частотном режиме, для каждой задаваемой частоты имитирующего сигнала вычисляют расчетное значение частоты выходного сигнала F_{p_i} , Гц, по формуле

$$F_{p_i} = \frac{(Q_{V_i} - Q_{\min}) \cdot (F_{\max} - F_{\min})}{Q_{\max} - Q_{\min}} + F_{\min}, \quad (8)$$

где $Q_{\max}, Q_{\min}$ – максимальное и минимальное значения диапазона измерений расхода расходомера, м³/ч;

$F_{\max}, F_{\min}$ – максимальное и минимальное значения частоты частотно-импульсного выходного сигнала, Гц.

В каждой контрольной точке вычисляют относительную погрешность δ_{F_i} , % по формуле

$$\delta_{F_i} = \frac{F_{и_i} - F_{p_i}}{F_{p_i}} \cdot 100, \quad (9)$$

где $F_{и_i}$ – значение частоты частотно-импульсного выходного сигнала, Гц.

При определении относительной погрешности измерений расхода (объема) по цифровому выходному сигналу или дисплею, для каждой задаваемой частоты имитирующего сигнала определяют значение расхода $Q_{цж_i}$, м³/ч по выходному сигналу или дисплею расходомера.

В каждой контрольной точке вычисляют относительную погрешность $\delta_{ц_i}$, %, по формуле

$$\delta_{ц_i} = \frac{Q_{цж_i} - Q_{V_i}}{Q_{V_i}} \cdot 100, \quad (10)$$

где $Q_{цж_i}$ – значение расхода, считанное с цифрового выходного сигнала или дисплея расходомера, м³/ч.

Результаты поверки по 9.1.2 считают положительными, если относительная погрешность в каждой контрольной точке, рассчитанная по формуле (7), (9) или (10), не выходит за пределы $\pm 0,15$ %.

При положительных результатах поверки по 9.1.2 расходомер признают пригодным к применению в части измерений объемного расхода (объема) жидкости, газа и водяного пара с погрешностью, не превышающей пределы, указанные в таблице 1.

9.1.3 При положительных результатах поверки по 9.1 расходомер признают пригодным к применению в части измерений объемного расхода (объема) жидкости, газа и водяного пара при использовании частотно-импульсного или цифрового (HART, Modbus) выходных сигналов и дисплея с погрешностью, не превышающей пределы, указанные в таблице 1.

9.2 Определение относительной погрешности измерений массового расхода (массы)

Проводят определение относительной погрешности измерений объемного расхода (объема) в соответствии с 9.1.

Относительную погрешность встроенного датчика температуры расходомера определяют на расходомере, смонтированном на ПУ или трубопроводе или на демонтированном расходомере.

Определение относительной погрешности встроенного датчика температуры расходомера на ПУ или трубопроводе проводят при любом значении расхода внутри диапазона измерений расходомера. Для этого в непосредственной близости от расходомера или на входном/выходном участке ПУ эталонным термометром измеряют температуру измеряемой среды и сличают показания эталонного термометра с показаниями расходомера.

Определение относительной погрешности встроенного датчика температуры расходомера на демонтированном расходомере проводят следующим образом:

– расходомер с одной стороны закрывают заглушкой, проточную часть устанавливают таким образом, чтобы ее ось была вертикальной, и заполняют жидкостью;

– в жидкость погружают эталонный термометр и выдерживают его до стабилизации показаний, сличают показания эталонного термометра с показаниями расходомера.

Сличение показаний расходомера и эталонного термометра проводят не менее трех раз.

Для каждого i -го измерения вычисляют относительную погрешность измерений температуры измеряемой среды δt_i , %, по формуле

$$\delta t_i = \frac{t_i^P - t_i^{\text{ЭТ}}}{t_i^{\text{ЭТ}} + 273,15} \cdot 100, \quad (11)$$

где t_i^P – значение температуры, измеренное расходомером, °С;
 $t_i^{\text{ЭТ}}$ – значение температуры, измеренное эталонным термометром, °С.

Результаты поверки по 9.2 считают положительными, если:

– результаты поверки по 9.1 положительные;
 – значение относительной погрешности измерений температуры измеряемой среды для каждого измерения не выходит за пределы $\pm 0,3$ %.

9.3 Определение приведенной погрешности воспроизведения токового сигнала от 4 до 20 мА

Определение приведенной погрешности воспроизведения токового сигнала от 4 до 20 мА проводят в трех контрольных точках, соответствующих 4, 12, 20 мА.

К токовому выходу расходомера подключают средство измерений силы постоянного тока или средство измерений напряжения постоянного тока и меру электрического сопротивления однозначную.

В каждой контрольной точке на токовом выходе расходомера в соответствии с эксплуатационными документами задают токовый сигнал и вычисляют приведенную погрешность γI_i , %, по формуле:

– при использовании средства измерений силы постоянного тока

$$\gamma I_i = \frac{I_i^P - I_i^{\text{ЭТ}}}{16} \cdot 100, \quad (12)$$

где I_i^P – значение силы тока, воспроизводимое расходомером, мА;
 $I_i^{\text{ЭТ}}$ – значение силы тока, измеренное средством измерений силы постоянного тока, мА;

– при использовании средства измерений напряжения постоянного тока и меры электрического сопротивления

$$\gamma I_i = \frac{I_i^P - \frac{U_i^{\text{ЭТ}}}{R}}{16} \cdot 100, \quad (13)$$

где $U_i^{\text{ЭТ}}$ – значение напряжения, измеренное средством измерений напряжения постоянного тока, В;

R – значение сопротивления меры электрического сопротивления однозначной, Ом.

Результаты поверки по 9.3 считают положительными, если значения приведенной погрешности воспроизведения токового сигнала от 4 до 20 мА в каждой контрольной точке не выходят за пределы, указанные в таблице 1.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Результаты поверки оформляются в соответствии с порядком, утвержденным законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений.

10.2 При положительных результатах поверки расходомер признается пригодным к применению. Сведения о положительных результатах поверки, объем и метод (проливной или имитационный) поверки передаются в ФИФОЕИ. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке, на которое наносится знак поверки, указывается объем поверки и метод поверки (проливной или имитационный).

10.3 При отрицательных результатах поверки расходомер признается непригодным к применению. Сведения об отрицательных результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности.

Ведущий инженер по метрологии

А.А. Сафиуллин