

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО 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. Гайбинский

«18» февраля 2019 г.



ИНСТРУКЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Системы измерения массы криогенных сред Micro Motion

Методика поверки

МП 1075-2-2019

Начальник отдела НИО-2

 Р.Р. Нурмухаметов

Тел. отдела: (843) 272-70-62

Казань
2019 г.

РАЗРАБОТАНА

ФГУП «ВНИИР»

ИСПОЛНИТЕЛИ

Нурмухаметов Р.Р., Галяутдинов А.Р.

УТВЕРЖДЕНА

ФГУП «ВНИИР»

Настоящая методика распространяется на Системы измерения массы криогенных сред Micro Motion (далее – Система) и устанавливает методику их первичной и периодической поверки. Интервал между поверками Систем 5 лет.

1 Операции поверки

При проведении поверки выполняют операции, приведенные в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	6.1	Да	Да
Идентификация программного обеспечения	6.2	Да	Да
Опробование	6.3	Да	Да
Определение метрологических характеристик	6.4	Да	Да

2 Средства поверки

2.1 Перечень оборудования, применяемого при поверке, включая вспомогательные средства:

2.1.1 Рабочий эталон второго разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, приказ Росстандарта от 07.02.2018 №256 (далее – Эталон 1), обеспечивающий соотношение погрешностей Эталона 1 и поверяемого преобразователя расхода Системы не более 1:3.

2.1.2 Рабочий эталон температуры, эталон 3-го разряда по ГОСТ 8.558-2009 (далее – Эталон 2).

2.1.3 Электронный преобразователь модели 2700 счетчиков-расходомеров массовых Micro Motion с соответствующим программным обеспечением (далее – ЭП). Допускается применять иные электронные преобразователи.

2.2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемой Системы с требуемой точностью.

3 Требования безопасности

3.1 При проведении поверки соблюдают требования безопасности, определяемые:

- правилами безопасности труда и пожарной безопасности, действующими на поверочной установке;
- правилами безопасности при эксплуатации используемых эталонов, испытательного оборудования и поверяемого расходомера, приведенными в эксплуатационной документации.

3.2 К поверке расходомеров допускаются лица, изучившие настоящую методику, эксплуатационную документацию на расходомеры и средства поверки.

4 Условия поверки

4.1 Параметры измеряемой среды:

- температура измеряемой среды в диапазоне от минус 196 °С до плюс 60 °С;
- рабочее давление измеряемой среды в диапазоне от 0 до 5 МПа.

4.2 При проведении поверки должны быть выполнены следующие условия:

- температура окружающей среды в диапазоне от минус 40 °С до плюс 60 °С;
- относительная влажность воздуха в диапазон от 0 до 95%.

4.3 Поверку Системы допускается проводить для участка диапазона измерений, используемом при эксплуатации (рабочем диапазоне измерений), на основании письменного заявления собственника Системы. При этом в свидетельстве о поверке или в паспорте Системы делается запись об объеме проведенной поверки (указывается рабочий диапазон измерений).

4.4 Поверку Системы допускается проводить без определения абсолютной погрешности измерений температуры среды, на основании письменного заявления собственника Системы с указанием этой информации в свидетельстве о поверке.

4.5 Поверку Системы допускается проводить без определения относительной погрешности измерения объема или объемного расхода жидкости, на основании письменного заявления собственника Системы с указанием этой информации в свидетельстве о поверке.

4.6 Поверку Системы допускается проводить для применяемых отдельных автономных блоков, на основании письменного заявления собственника Системы.

5 Подготовка к поверке

5.1 При первичной поверке после ремонта, после замены первичного(-ых) измерительного(-ых) преобразователя(-ей) или базового процессора проводят конфигурирование базового процессора в соответствии с инструкцией(-ями) по их эксплуатации (используют соответствующее программное обеспечение).

5.2 Преобразователь расхода Системы и Эталон 1 подключают друг с другом последовательно, подготавливают. Схема взаимодействия Системы и Эталонов представлена на рисунке 1.

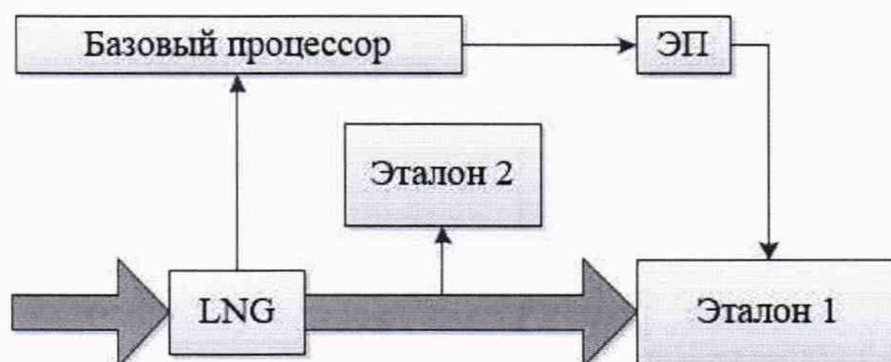


Рисунок 1 Схема взаимодействия Системы и Эталонов.

LNG - первичный измерительный преобразователь Micro Motion LNGM10 или LNGS06 Системы, Базовый процессор - базовый процессор Системы, ЭП - электронный преобразователь с импульсным выходом.

5.3 Устанавливают (монтируют) остальные средства поверки и проводят необходимые электрические соединения, проверяют правильность соединений.

5.4 Подготавливают средства поверки к ведению поверочных работ согласно инструкциям по их эксплуатации.

5.5 Проводят установку нуля поверяемого преобразователя расхода Системы согласно инструкции по эксплуатации Системы.

6 Проведение поверки

6.1 Внешний осмотр

6.1.1 При внешнем осмотре Системы устанавливают:

- комплектность системы;
- отсутствие механических повреждений, препятствующих её применению;
- четкость, целостность надписей и обозначений, нанесенных на корпусе («шильдике»), их соответствие требованиям эксплуатационной документации.

6.2 Идентификация программного обеспечения

6.2.1 Считывание идентификационных признаков программного обеспечения осуществляют с помощью соответствующих доступных средств, например, программ ProLink II, ProLink III, AMS

или других согласно инструкции по эксплуатации. Результаты проверки считают положительными, если номер версии ПО базового процессора соответствует значению, указанному в описании типа. В противном случае результат поверки считают отрицательным.

6.3 Опробование

При любом значении расхода из рабочего диапазона Системы одновременно проводят измерения массы (объема) жидкости или массового (объемного) расхода жидкости одним из преобразователей расхода Системы и Эталонном 1, которые подключают последовательно друг с другом. При контроле проводят не менее трех последовательных измерений. Результат опробования считают положительным, если во всех трех случаях удалось измерить значение массы (объема) жидкости или массового (объемного) расхода жидкости как Системой, так и Эталонном 1.

Допускается совмещать процедуру опробования с определением метрологических характеристик.

6.4 Определение метрологических характеристик

6.4.1 Определение метрологических характеристик первичного измерительного преобразователя Micro Motion LNGM10 в комплекте с базовым процессором и первичного измерительного преобразователя Micro Motion LINGS06 (опционально) в комплекте с базовым процессором проводят по отдельности.

Допускается проводить одновременное определение относительной погрешности измерения массового и объемного расхода.

6.4.2 Определение относительной погрешности измерений массового и объемного расхода

6.4.2.1 Погрешность преобразователя расхода Системы определяют сравнением показаний поверяемого преобразователя расхода Системы с показаниями Эталона 1. Сравнение показаний преобразователя расхода Системы проводят как минимум в трех точках диапазона измерений поверяемого расходомера Q : $(0,05 \div 0,15)Q_{max}$, $(0,2 \div 0,35)Q_{max}$, $(0,4 \div 0,8)Q_{max}$, где Q_{max} – максимальное значение расхода, указанное в описании типа (или в трех точках $((1,0 \div 1,05)Q_n$, $(0,4 \div 0,6)(Q_v + Q_n)$, $(0,8 \div 1,0)Q_v$ внутри диапазона расхода от Q_n до Q_v (нижнее и верхнее значение выбранного диапазона, соответственно), указанного в заявлении собственника системы п. 4.3). Значения расхода от Q_n до Q_v , выбираются из диапазона измерения расхода Системы, указанного в описании типа. Число измерений массового расхода Q , поверочной установкой в каждой точке $j = 1, 2, 3$ диапазона должно быть не менее трех ($i = 1, 2, 3$) при допустимом отклонении измеренных значений ($i = 1, 2, 3$) между собой не более $\pm 3\%$. На заданных массовых расходах, выполняют измерения массы (объема) жидкости $M_{эji}$, Эталоном 1 и поверяемым преобразователем расхода Системы.

Преобразователь расхода Системы считают выдержавшим поверку при измерении массового расхода (массы), если модули значений его относительных погрешностей, рассчитанных по формуле (1) не превышают:

для первичного измерительного преобразователя Micro Motion LINGS06 $\pm 0,5\%$;

для первичного измерительного преобразователя Micro Motion LNGM10 $\pm 0,5\%$;

$$\delta_{ji} = \left| \frac{M_{ji} - M_{эji}}{M_{эji}} \right| \cdot 100, \quad (1)$$

где M_{ji} – значение массы жидкости, измеренное поверяемым преобразователем расхода Системы, кг;

$M_{эji}$ – значение массы жидкости, измеренное Эталонном 1, кг.

Преобразователь расхода Системы считают выдержавшим поверку при измерении объемного расхода (объема), если модули значений его относительных погрешностей, рассчитанных по формуле (2) не превышают:

для первичного измерительного преобразователя Micro Motion LNGM10 при температуре рабочей среды от минус 50°C до $+60^\circ\text{C} \pm 0,5\%$;

для первичного измерительного преобразователя Micro Motion LNGM10 при температуре рабочей среды от минус 196°C до минус $50^\circ\text{C} \pm 1,0\%$

$$\delta_{V_{ji}} = \left| \frac{V_{ji} - V_{эji}}{V_{эji}} \right| \cdot 100, \quad (2)$$

где V_{ji} – значение объема жидкости, измеренное поверяемым преобразователем расхода Системы, м³;

$V_{эji}$ – значение объема жидкости, измеренное Эталонном 1, м³.

Систему считают выдержавшей поверку в части определения погрешности измерения массового (объемного) расхода и массы (объема) жидкости и массового расхода и массы газа в случае, если:

относительная погрешность измерений массового расхода и массы жидкости первичными измерительными преобразователями Micro Motion LNGM10 и Micro Motion LINGS06 (при наличии в составе Системы) не превышает $\pm 0,5\%$;

относительная погрешность измерений объемного расхода (объема) жидкости первичным измерительным преобразователем Micro Motion LNGM10 не превышает: $\pm 0,5\%$ при температуре рабочей среды от минус 50 до + 60 °С, $\pm 1,0\%$ при температуре рабочей среды от минус 196 до минус 50 °С.

Если полученные по формуле (1) или (2) значения относительных погрешностей превышают вышеуказанные значения хотя бы для одного измерения, допускается относительную погрешность измерений массового расхода и массы определять в соответствии с П2 Приложения 1.

6.4.3 Определение абсолютной погрешности измерений температуры.

Абсолютную погрешность измерений температуры определяют при определении относительной погрешности измерений массового расхода первичными измерительными преобразователями Micro Motion LNGM10 и Micro Motion LINGS06 (при наличии в составе Системы), путем сличения показаний Системы с Эталонном 2 по формуле:

$$\Delta_k = |t_{изmk} - t_{эк}|, \quad (3)$$

где $t_{изmk}$ – значение температуры среды, измеренное поверяемым первичным измерительным преобразователем Системы, °С;

$t_{эк}$ – значение температуры среды, измеренное с помощью Эталона 2, °С;

k – количество измерений (не менее 3).

Систему считают выдержавшей поверку в части определения абсолютной погрешности измерения температуры, если полученное значение абсолютной погрешности измерения температуры первичными измерительными преобразователями Micro Motion LNGM10 и Micro Motion LINGS06 (при наличии в составе Системы) не превышает:

в диапазоне от минус 100 до плюс 60 °С $\pm(1,0^\circ\text{C} + 0,005 \cdot |T_{изм} - 20^\circ\text{C}|)$ °С;

в диапазоне от минус 196 до минус 100 °С $\pm(1,0^\circ\text{C} + 0,01 \cdot |T_{изм} - 20^\circ\text{C}|)$ °С, где $T_{изм}$ – измеренное значение температуры, °С.

7 Оформление результатов поверки

7.1 Результаты поверки оформляют протоколом в произвольной форме, в котором обязательно указывают диапазоны величин, выбранные для поверки в пределах диапазонов измерений каналов Системы, и приводят результаты измерений воспроизводимых эталонами действительных значений величин.

7.2 Положительные результаты поверки удостоверяют свидетельством о поверке или записью в паспорте Системы, заверяемой подписью поверителя с указанием даты. Знак поверки наносится в паспорт Системы или на свидетельство о поверке.

7.3 При отрицательных результатах поверки Систему к эксплуатации не допускают и выдают извещение о непригодности.

Процедура корректировки калибровочных коэффициентов

Коэффициент коррекции измерений массы (mass-factor) позволяет, при необходимости, устранить систематическую составляющую погрешности преобразователя расхода Системы, присутствие которой не позволяет провести поверку преобразователя расхода Системы при периодической поверке по схеме, изложенной в п. 6.4.2.1.

П1. Градуировочные характеристики преобразователя расхода Системы реализованы в базовом процессоре с помощью коэффициента коррекции измерений массы.

Сравнение показаний преобразователя расхода Системы проводят как минимум в трех точках диапазона измерений поверяемого расходомера Q : проводят как минимум в трех точках диапазона измерений поверяемого расходомера Q : $(0,05 \div 0,15)Q_{max}$, $(0,2 \div 0,35)Q_{max}$, $(0,4 \div 0,8)Q_{max}$, где Q_{max} – максимальное значение расхода, указанное в описании типа (или в трех точках $((1,0 \div 1,05)Q_n$, $(0,4 \div 0,6)(Q_v + Q_n)$, $(0,8 \div 1,0)Q_v$ внутри диапазона расхода от Q_n до Q_v (нижнее и верхнее значение выбранного диапазона, соответственно), указанного в заявлении собственника системы п. 4.3). Значения расхода от Q_n до Q_v , выбираются из диапазона измерения расхода Системы, указанного в описании типа. Число измерений массового расхода Q , поверочной установкой в каждой точке $j = 1, 2, 3$ диапазона должно быть не менее пяти ($i = 1, 2, \dots, 5$) при допустимом отклонении измеренных значений ($i = 1, 2, 3$) между собой не более $\pm 3\%$.

Для каждого i -го измерения в j -й точке расхода определяют значение массы рабочей жидкости, измеренной поверяемым преобразователем расхода Системы (M_{ij}^{mac} , кг), по формуле

$$M_{ij}^{mac} = \frac{N_{ij}^{mac}}{KF_{конф}} \quad (1.1)$$

где N_{ij}^{mac} – количество импульсов поверяемого преобразователя расхода Системы для i -го измерения в j -й точке расхода, имп.;

$KF_{конф}$ – значение коэффициента преобразования преобразователя расхода Системы по импульсному выходу.

Определяют коэффициент коррекции измерений массы (mass-factor) (далее – коэффициент коррекции) при i -м измерении в j -й точке расхода (MF_{ij}) по формуле

$$MF_{ij} = \frac{M_{ij}^{p3}}{M_{ij}^{mac}} \cdot MF_{диап}^{уст} \quad (1.2)$$

где $MF_{диап}^{уст}$ – коэффициент коррекции измерений массы, установленный в базовом процессоре по результатам предыдущей периодической поверки;

M_{ij}^{p3} – значение массы рабочей жидкости, измеренной Эталонном 1 при i -м измерении в j -й точке расхода, кг.

Примечание

При первичной поверке преобразователя расхода Системы (перед вводом его в эксплуатацию или после замены базового процессора) принимают: $MF_{диап}^{уст} = 1$.

Вычисляют среднее арифметическое значение коэффициента коррекции в j -й точке расхода (\overline{MF}_j) по формуле

$$\overline{MF}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} MF_{ij}}{n_j} \quad (1.3)$$

где n_j – количество измерений в j -й точке расхода.

П2. Определяют и оценивают среднее квадратическое отклонение (далее - СКО) результатов определений коэффициентов коррекции для точек расхода в рабочем диапазоне ($S_{\text{диап}}^{MF}$, %) по формуле

$$S_{\text{диап}}^{MF} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \left(\frac{MF_{ij} - \overline{MF}_j}{\overline{MF}_j} \right)^2}{\sum n_j - m}} \cdot 100 \leq 0,1 \quad (1.4)$$

где $\sum n_j$ - суммарное количество измерений в рабочем диапазоне;

m - количество точек разбиения рабочего диапазона.

В случае невыполнения условия (1.4) дальнейшую обработку результатов измерений прекращают, выясняют и устраняют причины, вызвавшие невыполнение условия (1.4).

При выполнении условия (1.4) проводят дальнейшую обработку результатов измерений.

Вычисляют среднее арифметическое значение коэффициента коррекции измерений массы для поверяемого преобразователя расхода Системы в рабочем диапазоне расхода ($MF_{\text{диап}}$) по формуле

$$MF_{\text{диап}} = \frac{\sum_{j=1}^m \overline{MF}_j}{m}, \quad (1.5)$$

Определение погрешности измерений проводят при доверительно вероятности $P=0,95$.

Случайную составляющую погрешности каждого преобразователя расхода Системы (ε , %) для рабочего диапазона определяют по формуле

$$\varepsilon = t \cdot S_{\text{диап}}^{MF}, \quad (1.6)$$

где t – квантиль распределения Стьюдента.

Значение квантиля распределения Стьюдента для доверительной вероятности $P=0,95$ в зависимости от количества измерений n определяют из таблицы.

n	5	6	7	8	9	10	11	12	13
t	2,776	2,571	2,447	2,365	2,306	2,262	2,228	2,203	2,179

Систематическую составляющую погрешности каждого преобразователя расхода Системы (θ , %) для рабочего диапазона определяют по формуле

$$\theta = \pm 1,1 \sqrt{(\delta_3)^2 + (\theta_{\text{диап}}^{MF})^2 + (\delta_0^{\text{мас}})^2}, \quad (1.7)$$

где, δ_3 – пределы допускаемой относительной погрешности Эталона 1, %;

$\delta_0^{\text{мас}}$ – относительная погрешность стабильности нуля, %;

$\theta_{\text{диап}}^{MF}$ – составляющая систематической погрешности преобразователя расхода Системы Системы, %.

Составляющая систематической погрешности преобразователя расхода Системы, вызванная усреднением коэффициента коррекции ($MF_{\text{диап}}$) в рабочем диапазоне, % определяют по формуле:

$$\theta_{\text{диап}}^{MF} = \left| \frac{MF_j - MF_{\text{диап}}}{MF_{\text{диап}}} \right|_{\text{max}} \cdot 100 \quad (1.8)$$

Относительную погрешность стабильности нуля вычисляют по формуле

$$\delta_0^{\text{мас}} = \frac{ZS}{Q} \cdot 100, \quad (1.9)$$

где ZS – значение стабильности нуля, кг/ч;

Q – массовый расход жидкости, кг/ч.

Относительную погрешность измерений массы и массового расхода Системы для каждого первичного измерительного преобразователя Micro Motion LNGM10 (Micro Motion LINGS06) в комплекте с базовым процессором вычисляют в соответствии с ГОСТ Р 8.736-2011 «ГСИ. измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения» по формуле

$$\delta = \frac{t \cdot S_{\text{диап}}^{MF} + \theta}{t \cdot S_{\text{диап}}^{MF} + \frac{\theta}{\sqrt{3}}} \cdot \sqrt{(S_{\text{диап}}^{MF})^2 + \frac{\theta^2}{3}} \quad (1.10)$$

Отклонение показаний преобразователя расхода Системы от Эталона 1 по массе должно удовлетворять неравенству:

$$\delta \leq \delta_{\text{от}}, \quad (1.11)$$

где $\delta_{\text{от}}$ – допускаемая относительная погрешность измерений массового расхода и массы жидкости Системы в соответствии с описанием типа, %.

В случае выполнения условия (1.11) значение коэффициента коррекции измерений массы для поверяемого преобразователя расхода Системы ($MF_{\text{диап}}$) вводят в память базового процессора и преобразователь расхода считается выдержавшим поверку в части определения погрешности измерения массового расхода и массы жидкости и массового расхода и массы газа.