

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ
И МЕТРОЛОГИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы»
(ФГБУ «ВНИИМС»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора

по производственной метрологии
ФГБУ «ВНИИМС»

А.Е. Коломин

М.П.

« 18 » 04 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Расходомеры кориолисовые ИЗМЕРКОН СМ

Методика поверки

МП 208-035-2024

г. Москва
2024 г.

1. Общие положения

1.1. Настоящая методика распространяется на расходомеры кориолисовые ИЗМЕРКОН СМ. (далее – расходомеры), изготавливаемые изготавливаемые «Q&T Instrument Co., Ltd», КНР, и устанавливает объём и методы их первичной и периодической поверок и устанавливает объём и методы их первичной и периодической поверок.

1.2. При проведении поверки прослеживаемость поверяемых средств измерений (далее – СИ) к государственному первичному специальному эталону единицы массы и объёма жидкости в потоке, массового и объёмного расходов жидкости ГЭТ 63-2019 обеспечивается в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений массы и объёма жидкости в потоке, объёма жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объёмного расходов жидкости, утверждённой приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2356, к государственному первичному эталону единицы температуры в диапазоне от 0 °C до 3200 °C ГЭТ34-2020 и государственному первичному эталону единицы температуры – кельвина в диапазоне от 0,3 K до 273,16 K ГЭТ35-2021 обеспечивается в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений температуры, утверждённой приказом Росстандарта от 23 декабря 2022 г. № 3253, к государственному первичному эталону единицы плотности ГЭТ18-2014 обеспечивается в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений плотности, утверждённой приказом Росстандарта от 01 ноября 2019 г. № 2603.

1.3. Передача расходомерам единиц массы и объёма жидкости в потоке, массового и объёмного расходов жидкости, температуры, плотности осуществляется методом непосредственных сличений с расходомерными установками, эталонным термометром, плотномером (ареометром) соответственно.

1.4. Поверка в сокращённом объёме для меньшего числа независимых каналов измерений проводится на основании письменного заявления владельца СИ или лица, предоставляющего СИ на поверку. Такими каналами являются: канал измерений объёма и массы, канал измерений плотности, канал измерений температуры.

При оформлении результатов поверки должна быть указана информация об объёме проведённой поверки.

1.5. В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведённые в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические требования

Наименование параметра	Значение параметра
	СМ 470
Номинальный диаметр, ДУ	от 1,5 до 300
Диапазон измерений массового и объёмного расходов жидкости, т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$)	от 0 до 2500 (от 0 до 2500 ²⁾)
Диапазон измерений плотности измеряемой среды, кг/ м^3	от 650 до 2000
Диапазон измерений температуры измеряемой среды, °C	от -200 до +300
Пределы допускаемой относительной погрешности расходомера при измерении массы жидкости в потоке и массового расхода жидкости ¹⁾ , %	±0,1; ±0,15; ±0,2; ±0,25; ±0,3; ±0,5
Пределы допускаемой относительной погрешности расходомера при измерении объёма жидкости в потоке и объёмного расхода жидкости ¹⁾ , %	±0,15; ±0,2; ±0,25; ±0,3; ±0,5

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности ¹⁾ , кг/м ³	$\pm 1; \pm 2$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, °C	$\pm(1 + 0,005 \cdot t)$, где t – измеренное значение температуры, °C

¹⁾ В зависимости от заказа. Конкретные значения указываются в паспорте.

²⁾ Верхний предел измерений объёмного расхода указан для жидкости с условной плотностью 1000 кг/м³. Для других сред расход зависит от их плотности.

2. Перечень операций поверки

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер раздела (пункта) методики поверки	Проведение операции при:	
		первичной поверке	периодической поверке
1. Внешний осмотр средства измерений	6	да	да
2. Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7	да	да
3. Проверка программного обеспечения средства измерений	8	да	да
4. Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	9	да	да
5. Оформление результатов поверки	10	да	да

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 10 °C до 40 °C;
- скорость изменения температуры окружающего воздуха не более 2 °C/мин;
- скорость изменения температуры используемой при поверке среды не более 0,3 °C/мин;
- содержание свободного газа в жидкости не допускается.

3.2. При поверке на месте эксплуатации условия должны соответствовать условиям эксплуатации, указанным в паспорте на расходомер, а также применяемых СИ и эталонов.

4. Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1. При проведении поверки применяют средства измерений и вспомогательное оборудование, указанное в таблице 2.

4.2. Применяемые при поверке СИ и эталоны могут входить в состав СИКН, СИКНП или АСН.

Таблица 3 – Средства измерений и вспомогательное оборудование

Пункт МП	Метрологические и технические требования к средствам поверки и оборудованию, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
7, 9	Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 10 °C до 40 °C, ПГ ±0,5 °C; средство измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 90 %, ПГ ±3 %; средство измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 106 кПа, ПГ ±0,5 кПа	Термогигрометр ИВА-6, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде (далее – рег. №) 46434-11
9.1, 9.2	Рабочие эталоны 1-го или 2-го разряда, вторичный эталон в соответствии с ГПС для СИ массы и объёма жидкости в потоке, объёма жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объёмного расходов жидкости, согласно приказу Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2356. Диапазон расходов и разряд выбираются исходя из погрешности и диапазона измерений расходомера	Установки поверочные автоматизированные УПРС+, рег. № 77099-19 или установки поверочные трубопоршневые ТПУ Новатор, рег. № 85381-22
9.3	Термометр, диапазон измерений от 10 °C до 40 °C, ПГ ±0,3 °C	Термометры лабораторные электронные ЛТ-300, рег. № 61806-15
9.4	Рабочий эталон единицы плотности в соответствии с ГПС для СИ плотности согласно приказу Росстандарта от 01 ноября 2019 г. № 2603, ПГ ±0,5 кг/m³	Плотномер ПЛОТ-3Б, рег. № 20270-12
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

5. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны выполняться следующие требования безопасности:

- к проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте и имеют группу по технике электробезопасности не ниже второй;
- вся аппаратура, питающаяся от сети переменного тока, должна быть заземлена;
- все разъёмные соединения линий электропитания и линий связи должны быть исправны;
- соблюдать требования безопасности, указанные в технической документации на поверяемые СИ, применяемые средства поверки и вспомогательное оборудование.

6. Внешний осмотр средства измерений

Результаты внешнего осмотра считаются положительными, если выполняются следующие требования:

- соответствие комплектности эксплуатационной документации;
- отсутствие механических повреждений, препятствующих проведению поверки;
- наличие заводских номеров и маркировки.

7. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

- 7.1. Проверить соответствие условий поверки по п. 3.
- 7.2. Подготовить СИ и эталоны к проведению измерений в соответствии с руководством по эксплуатации.
- 7.3. Опробование совместить с определением метрологических характеристик.
- 7.4. Установить расходомер на проливную жидкостную установку и выдержать в течение 5 минут расход поверочной среды, равный примерно $(0,3 - 0,9) \cdot G_{\max}$ (где G_{\max} – наибольшее значение массового расхода для данного типа расходомера, т/ч, см. РЭ или ПС) для удаления воздуха из контура измерений.
- 7.5. Провести настройку нулевой точки расходомера в соответствии с эксплуатационными документами.

8. Проверка программного обеспечения средства измерений

- 8.1. Вывести на дисплей расходомера данные о программного обеспечения в соответствии с руководством по эксплуатации.

Результат проверки считают положительным, если номер версии не ниже «1.х», где «х» может принимать значение от 0 до 9 и не относится к метрологически значимой части ПО.

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

- 9.1. Определение относительной погрешности измерений массового расхода (массы)

9.1.1 Определение относительной погрешности измерений массового расхода (массы) при соотношении погрешностей эталона и СИ 1:3

Определение относительной погрешности измерений массового расхода (массы) проводят при помощи жидкостной поверочной установки. Схема подключения контрольно-измерительной аппаратуры приведена в руководстве по эксплуатации.

Определение относительной погрешности проводят на значениях расхода, соответствующих: $(0,05 - 0,15) \cdot G_{\text{ном}}$, $(0,3 - 0,45) \cdot G_{\text{ном}}$, $(0,5 - 0,9) \cdot G_{\text{ном}}$.

Время проведения каждого измерения должно быть не менее 120 секунд или 10000 импульсов.

Расходомеры с первичными преобразователями, у которых $DN \geq 200$ мм допускается поверять на расходах $0,05 \cdot G_{\text{ном}}$, $0,1 \cdot G_{\text{ном}}$ и $0,3 \cdot G_{\text{ном}}$.

Значения расходов $(0,3 - 0,9) \cdot G_{\text{ном}}$ устанавливают с допуском $\pm 10\%$, а расходы $(0,05 - 0,15) \cdot G_{\text{ном}}$ с допуском $\pm 5\%$.

На каждом расходе проводят не менее двух измерений.

Относительную погрешность измерений массового расхода δ_{G_i} , % или массы δ_{M_i} , %, при i -ом измерении определяют по формулам

$$\delta_{G_i} = \frac{G_i - G_{\text{эт}}}{G_{\text{эт}}} \cdot 100 , \quad (1)$$

$$\delta_{M_i} = \frac{M_i - M_{\text{эт}}}{M_{\text{эт}}} \cdot 100 , \quad (2)$$

где G_i – расход по расходомеру, кг/ч;
 $G_{\text{эт}}$ – расход по поверочной установке, кг/ч;
 M_i – масса по расходомеру, кг;
 $M_{\text{эт}}$ – масса по поверочной установке, кг.

За результат принимают худшее из полученных значений в каждой точке.

В случае, если поверочная установка оснащена мерами вместимости (объёма), то определение относительной погрешности расходомеров при измерении массы осуществляется сравнением значений массы, измеренной расходомером, и массы, пересчитанной исходя из измеренных значений объёма и плотности на поверочной установке. Массу M , кг, по поверочной установке вычисляют по формуле

$$M = V \cdot \rho, \quad (3)$$

где V – объём жидкости, измеренный установкой, м³;

ρ – плотность жидкости, измеренная установкой (плотномером), кг/м³.

Значение относительной погрешности измерений массы δ_{Mi} , %, при i -ом измерении определяется по формуле (2).

В случае, если при поверке используется аналоговый выход расходомера, то измеренный расход G_i , кг/ч, вычисляется по формуле

$$G_i = \frac{I_i - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \cdot (G_{\max} - G_{\min}) + G_{\min}, \quad (4)$$

где I_i – ток, измеренный контроллером установки за время проведения i -го измерения, мА;

I_{\min} – минимальное значение установленного диапазона токового выхода, мА;

I_{\max} – максимальное значение установленного диапазона токового выхода, мА;

G_{\max} – значение расхода, установленное для максимального значения токового выхода, кг/ч;

G_{\min} – значение расхода, установленное для минимального значения токового выхода, кг/ч.

В случае, если при поверке используется частотный выход расходомера, то измеренный расход G_i , кг/ч, или масса M_i , кг, вычисляются по формуле (5) или по формуле (6) соответственно

$$G_i = \frac{F_i}{K} \cdot 3600, \quad (5)$$

$$G_i = \frac{N_i}{1000 \cdot K}, \quad (6)$$

где F_i – частота на выходе расходомера за время проведения i -го измерения, Гц;

K – весовой коэффициент, установленный в расходомере, имп/кг;

N_i – количество импульсов, накопленное поверочной установкой за время проведения i -го измерения, имп.

В случае, если расходомер не имеет частотных и аналоговых выходов, прибор может быть подключён к поверочной установке по протоколам HART или Modbus.

Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если значение относительной погрешности измерений массового расхода (массы) не превышает пределов, указанных в таблице 1.

При положительном результате поверки относительной погрешности измерений массового расхода (массы), расходомеры считаются прошедшими поверку относительной погрешности измерений массы (массового расхода).

9.1.2 Определение относительной погрешности измерений массового расхода (массы), объёмного расхода (объёма) при соотношении погрешностей эталона и СИ более 1:3, но не менее 1:2 включительно

Определение относительной погрешности измерений массового расхода (массы) проводят при помощи жидкостной поверочной установки. Схема подключения контрольно-измерительной аппаратуры приведена в руководстве по эксплуатации.

Определение относительной погрешности проводят на значениях расхода, соответствующих: $(0,05 - 0,15) \cdot G_{\text{ном}}$, $(0,3 - 0,45) \cdot G_{\text{ном}}$, $(0,5 - 0,9) \cdot G_{\text{ном}}$.

Время проведения каждого измерения должно быть не менее 120 секунд или 10000 импульсов.

Расходомеры с первичными преобразователями, у которых $\text{DN} \geq 200$ мм допускается проверять на расходах $0,05 \cdot G_{\text{ном}}$, $0,1 \cdot G_{\text{ном}}$ и $0,3 \cdot G_{\text{ном}}$.

Значения расходов $(0,3 - 0,9) \cdot G_{\text{ном}}$ устанавливают с допуском $\pm 10\%$, а расходы $(0,05 - 0,15) \cdot G_{\text{ном}}$ с допуском $\pm 5\%$.

На каждом расходе проводят не менее пяти измерений.

При каждом измерении регистрируют:

- массу или объём жидкости по показаниям эталона расхода;
- массу или объём жидкости по показаниям расходомера;
- температуру и давление измеряемой среды.

Определение относительной погрешности расходомера при определении массы или объёма проводят по формулам (2), (3), (6), подставляя M или V соответственно. Для каждого измерения вычисляют значения:

- коэффициента коррекции MF : по массе MF_M или по объёму MF_V по формуле

$$MF_{M(V)ji} = \frac{M(V)_{\mathcal{E}ji}}{M(V)_{ji}}, \quad (7)$$

где $M(V)_{\mathcal{E}ji}$ – масса (объём) измеряемой среды по поверочной установке, кг (dm^3);
 $M(V)_{ji}$ – масса (объём) измеряемой среды по расходомеру, кг (dm^3).

Для каждой точки расхода вычисляют:

- среднеарифметическое значение коэффициента коррекции расходомера MF по формуле

$$MF_{M(V)j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n MF_{M(V)ji}, \quad (8)$$

где n – количество измерений в точке j .

- среднеквадратическое отклонение результатов измерений, %, по формуле

$$S_j = \frac{1}{MF_{M(V)j}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (MF_{M(V)ji} - MF_{M(V)j})^2}{n-1}} \cdot 100, \quad (9)$$

- среднеквадратическое отклонение среднего арифметического, S_0 , по формуле

$$S_0 = \frac{S_{jmax}}{\sqrt{n}}, \quad (10)$$

где $S_{j\max}$ – наибольшее значение среднеквадратического отклонения результатов измерений, вычисленных по формуле (9), %.

– неисключённую систематическую составляющую погрешности расходомера, %, по формуле

$$\left\{ \begin{array}{l} \Theta_{MF_{M(V)}} = \left| \frac{MF_{M(V)j} - MF_{M(V)}}{MF_{M(V)}} \right|_{\max} \cdot 100 \\ MF_{M(V)} = \frac{1}{m} \sum_{m=1}^m MF_{M(V)j} \end{array} \right., \quad (11)$$

где m – количество точек расхода i .

Вычисляют относительную погрешность, %, по формулам

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta_{M(V)} = K \cdot S_{\Sigma} \\ K = \frac{\varepsilon + \Theta_{\Sigma}}{S_0 + S_{\Theta}} \\ \Theta_{\Sigma} = 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_3^2 + \Theta_{MF_{M(V)}}^2} \\ S_{\Theta} = \frac{\Theta_{\Sigma}}{\sqrt{3}} \\ S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_0^2} \\ \varepsilon = t_{0,95} \cdot S_0 \end{array} \right., \quad (12)$$

где Θ_3 – неисключённая систематическая составляющая погрешности эталона расхода при воспроизведении массы (объёма) измеряемой среды;
 ε – случайная составляющая погрешности расходомера;

$t_{0,95}$ – коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности $P = 0,95$ (определяется в соответствии с ГОСТ Р 8.736-2011 «ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения»). Значение градуировочного коэффициента расходомера определяется по формуле (7).

Исключение грубых погрешностей проводится в соответствии с разделом 6 «Исключение грубых погрешностей» ГОСТ Р 8.736-2011.

Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если значение относительной погрешности измерений массы (объёма) не превышает пределов, указанных в таблице 1.

При положительном результате поверки относительной погрешности измерений массы (объёма), расходомеры считаются прошедшими поверку относительной погрешности измерений массового (объёмного) расхода.

9.2 Определение относительной погрешности измерений объёмного расхода (объёма)

Проводится аналогично п. 9.1 настоящей методики, при этом в формулы (1), (2), (4) – (6) вместо массового расхода и массы подставляются объёмный расход и объём.

Допускается проводить одновременно с п. 9.1.

Результаты поверки по данному пункту считаются положительными, если значение относительной погрешности измерений объёмного расхода (объёма) не превышает пределов, указанных в таблице 1.

9.3 Определение абсолютной погрешности измерений температуры

Определение абсолютной погрешности измерений температуры измеряемой среды проводится методом сличения показаний расходомера с показаниями эталонного термометра в одной точке из диапазона допустимой температуры измеряемой среды (в соответствии с паспортом на расходомер).

Определение абсолютной погрешности измерений температуры проводят на жидкостной поверочной установке или на месте эксплуатации при постоянном расходе жидкости не менее 10 % от номинального расхода. Нестабильность температуры жидкости в течение 1 минуты до начала измерения и в течение измерения не должна превышать 0,3 °C.

Допускается проводить поверку расходомера, заполненного воздухом, поместив его и эталонный термометр в камеру, защищающую от конвекции и градиентов температуры воздуха, или пассивный термостат. Температура воздуха в камере в течение 10 минут до начала измерений и в течение измерений не должна изменяться более чем на ± 0,3 °C.

Абсолютную погрешность измерений температуры Δt , °C, рассчитывают по формуле

$$\Delta t = t_i - t_{\vartheta m}, \quad (14)$$

где t_i – температура, измеренная расходомером, °C;
 $t_{\vartheta m}$ – температура, измеренная термометром, °C.

Результаты поверки по данному пункту считаются положительными, если значение абсолютной погрешности измерений температуры не превышает пределов, указанных в таблице 1.

9.4 Определение абсолютной погрешности измерений плотности

Соотношение доверительной вероятности погрешности рабочих эталонов и пределов допускаемой погрешности СИ должно составлять не более 1:2.

Определение абсолютной погрешности измерений плотности допускается проводить следующими способами:

1) сравниваются показания плотности, измеренной расходомером, установленным в измерительном канале установки поверочной с табличными значениями плотности для воды в соответствии с ГСССД 2-77 «Таблицы стандартных справочных данных. Вода. Плотность при атмосферном давлении и температурах от 0 до 100 градусов Цельсия», либо с показаниями плотномера, измерительный датчик которого помещён в бак установки поверочной (в максимальной близости от сливной трубы);

2) сравнивают значения плотности жидкости, измеренной расходомером со значением плотности этой жидкости, измеренной эталонным плотномером или преобразователем плотности;

3) измерительный канал расходомера закрывают с одной стороны заглушкой и поворачивают так, чтобы измерительный канал находился в вертикальном положении. Затем заполняют измерительный канал расходомера жидкостью (водой или продуктом). Фиксируют значения температуры и плотности по индикатору расходомера. После этого жидкость выливают во вспомогательную ёмкость и погружают в неё датчик плотномера. Фиксируют показания. Проводят не менее трёх измерений.

Абсолютную погрешность измерений плотности $\Delta \rho$, кг/m³, рассчитывают по формуле

$$\Delta \rho = \rho_{изм} - \rho_{\vartheta m}, \quad (15)$$

где $\rho_{эт}$ – плотность, измеренная плотномером (ареометром), кг/м³;
 $\rho_{изм}$ – плотность, измеренная расходомером, кг/м³.

Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если значения абсолютной погрешности измерений плотности не превышает пределов, указанных в таблице 1.

10. Оформление результатов поверки

10.1. Результаты поверки оформляют протоколом произвольной формы.

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

10.3. Положительные результаты поверки удостоверяются отметкой в паспорте и (или) дополнительно по заявлению владельца свидетельством о поверке, оформленным в соответствии с действующими нормативными документами в области обеспечения единства измерений.

10.4. При проведении поверки в сокращённом объёме в сведениях о результатах поверки СИ в разделе «дополнительные сведения» указать «проверка в сокращённом объёме по каналу...». Также в этом разделе указать пределы допускаемой погрешности измерений.

10.5. Знак поверки на СИ не наносится.

10.6. При отрицательных результатах поверки СИ к эксплуатации не допускают и дополнительно по заявлению владельца оформляют извещение о непригодности в соответствии с действующими нормативными документами в области обеспечения единства измерений.

Разработали:

Начальник отдела 208 ФГБУ «ВНИИМС»

Ведущий инженер ФГБУ «ВНИИМС»

Б.А. Иполитов

А.А. Сулин

