

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.

«28» 10 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Счётчики-расходомеры кориолисовые КТМ РуМАСС

Методика поверки

МП 208-025-2021

с изменением № 2

г. Москва
2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие положения	3
2 Перечень операций поверки	5
3 Требования к условиям проведения поверки	5
4 Метрологические и технические требования к средствам поверки	6
5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	7
6 Внешний осмотр	7
7 Подготовка к поверке и опробование	8
8 Проверка программного обеспечения	8
9 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	8
10 (Исключён. Изм. № 1)	17
11 Оформление результатов поверки	17
Приложение А	18
Приложение Б (Введено дополнительно. Изм. № 1)	19

1. Общие положения

1.1. Настоящая методика распространяется на счётчики-расходомеры кориолисовые КТМ РуМАСС (далее – расходомеры) и устанавливает объём и методы их первичной и периодической поверок.

(Изменённая редакция. Изм. № 2)

1.2. *(Исключён, Изм. № 1)*

1.3. При проведении поверки прослеживаемость поверяемых СИ к государственному первичному эталону единиц массы и объёма жидкости в потоке, массового и объёмного расходов жидкости ГЭТ63-2019 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 ГПЭ единиц объёмного и массового расходов газа ГЭТ118-2017 обеспечивается в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений объёмного и массового расходов газа, утверждённой приказом Росстандарта от 11 мая 2022 № 1133, к ГПЭ единицы температуры в диапазоне от 0 °С до 3200 °С ГЭТ34-2020 и ГПЭ единицы температуры – кельвина в диапазоне от 0,3 К до 273,16 К ГЭТ35-2021 обеспечивается в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений температуры, утверждённой приказом Росстандарта от 23 декабря 2022 г. № 3253, к ГПЭ единицы плотности ГЭТ18-2014 обеспечивается в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений плотности, утверждённой приказом Росстандарта от 01 ноября 2019 г. № 2603

(Изменённая редакция. Изм. № 1, 2)

1.4. 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.

1.5. Поверка расходомера может быть проведена в сокращённом объёме (по каналу измерений массового расхода и массы жидкости) согласно методикам МИ 3151-2008 «ГСИ. Счётчики-расходомеры массовые. Методика поверки на месте эксплуатации трубопоршневой поверочной установкой в комплекте с поточным преобразователем плотности» или МИ 3272-2010 «Счётчики-расходомеры массовые. Методика поверки на месте эксплуатации компактурвером в комплекте с турбинным преобразователем расхода и поточным преобразователем плотности», или МИ 3313-2011 «ГСИ. Счётчики-расходомеры массовые. Методика поверки с помощью эталонного счётчика-расходомера массового», или МИ 3622-2020 «ГСИ. Счётчики-расходомеры массовые. Методика поверки установкой поверочной на базе счётчиков-расходомеров массовых». В этом случае выполняются только те действия, которые предусмотрены в данных методиках. Поверка в сокращённом объёме проводится на основании письменного заявления владельца СИ или лица, предоставляющего СИ на поверку.

Таблица 1 (Исключена, Изм. № 1)

Таблица 1 – Метрологические требования

Наименование параметра	Значение параметра
Пределы относительной погрешности измерений δ_0 , %:	
- массового расхода и массы жидкости ¹⁾²⁾	$\pm 0,1$; $\pm 0,15$ $\pm 0,2^3$; $\pm 0,25^3$; $\pm 0,5^3$

- объёмного расхода и объёма жидкости	$\pm 0,11; \pm 0,15; \pm 0,2^{3)}; \pm 0,25^{3)}; \pm 0,5^{3)}$
- массового расхода сжиженного природного газа и других криогенных сред	$\pm 0,5$
- массового расхода природного газа и других газовых сред	$\pm 0,5; \pm 0,35^{5)}$
- при имитационном методе поверки	$\delta_0 + 0,1$
- массы и массового расхода брутто нефти/нефтепродуктов при прямом и косвенном методе динамических измерений по ГОСТ 8.587	$\pm 0,25$
- массы и массового расхода нетто нефти/нефтепродуктов при прямом и косвенном методе динамических измерений по ГОСТ 8.587	$\pm 0,35$
Повторяемость массового и объёмного расхода рабочей среды, %	$\pm 0,05$
Динамический диапазон измерений (от номинального расхода) ⁸⁾	1:20
Диапазон измерений плотности, кг/м ³	от 650 до 2000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности, кг/м ³	$\pm 10^{4)}; \pm 5; \pm 1; \pm 0,5; \pm 0,3^{7)}; \pm 0,2^{6)}$
Повторяемость измерения плотности, кг/м ³	$\pm 0,1$
Температура рабочей среды, °С:	
- стандартное интегральное исполнение	от минус 60 до плюс 125
- стандартное разнесённое исполнение	от минус 60 до плюс 200
- криогенное исполнение	от минус 196 до плюс 80
- высокотемпературное исполнение	от минус 10 до плюс 400
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, °С	± 1
Повторяемость температуры, °С	$\pm 0,2$

Примечания:

¹⁾ При поверке расходомеров в составе СИКН, СИКНП или АСН, допускается их дальнейшая эксплуатация с пределом допускаемой относительной погрешности измерений массового расхода (массы) жидкости $\pm 0,25\%$ в качестве рабочего и $\pm 0,2\%$ в качестве контрольного;

²⁾ С функцией компенсации показаний расхода и плотности по температуре;

³⁾ При калибровке и/или поверке с помощью компакт-прувера, трубопоршневой установки, эталонов 2-го разряда;

⁴⁾ При имитационной поверке;

⁵⁾ При калибровке на газе с использованием калибровочных коэффициентов;

⁶⁾ При калибровке в лаборатории под условия места эксплуатации;

⁷⁾ При калибровке в рабочих условиях на месте эксплуатации с помощью поточного плотномера, рабочего эталона;

⁸⁾ При массовом расходе $Q < 0,05 \cdot Q_{\text{ном}}$ относительная погрешность измерений рассчитывается по формуле $\pm \frac{ZS}{Q} \cdot 100$.

Таблица 1 (введена дополнительно, изм. № 2)

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 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	11	да	да

(Изменённая редакция. Изм. № 1, 2)

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 15 до 30 °С;
- скорость изменения температуры окружающего воздуха не более 2 °С/мин;
- скорость изменения температуры используемой при поверке среды не более 0,3 °С/мин;
- содержание свободного газа в жидкости не допускается.

(Изменённая редакция. Изм. № 1)

3.2. При поверке расходомера на месте эксплуатации значение температуры измеряемой среды, температуры окружающего воздуха, влажности окружающего воздуха должны соответствовать условиям эксплуатации, указанным в паспорте на расходомер, а также применяемых СИ и эталонов.

3.3. При поверке расходомера по МИ 3151-2008, МИ 3272-2010, МИ 3313-2011, МИ 3622-2020 должны быть соблюдены условия поверки, указанные в данных методиках поверки.

(Введён дополнительно. Изм. № 1)

3.4. При поверке расходомера имитационным методом с демонтажом дополнительно должны быть соблюдены следующие условия:

- расходомер должен быть сухим и чистым;
- расходомер должен быть свободно подвешен, а фланцы закрыты заглушками;
- расходомер должен быть выдержан в условиях п. 3.1 не менее 2 часов.

(Введён дополнительно. Изм. № 1)

3.5. При поверке расходомера имитационным методом без демонтажа с трубопровода дополнительно должны быть соблюдены следующие условия:

- расходомер должен быть заполнен рабочей средой (содержание газа при жидкой рабочей среде менее 1 %) и иметь нулевой расход либо массовый расход не более 30 % от номинального и флуктуация расхода не более ± 10 %;
- изменение давления рабочей среды в процессе поверки не должно превышать 10 % от действующего значения давления.

(Введён дополнительно. Изм. № 1)

4. Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1. При проведении поверки применяют средства измерений и вспомогательное оборудование, указанное в таблице 3.

Таблица 3 – Средства измерений и вспомогательное оборудование

Пункт МП	Метрологические и технические требования к средствам поверки оборудованию, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
7, 9	СИ температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 5 °С до 40 °С, ПГ $\pm 0,5$ °С; СИ относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 до 98 %, ПГ ± 3 %	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде (далее – рег. №) 71394-18
9	Рабочий эталон 1-го или 2-го разряда, или 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, утверждённой приказом 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	СИ частоты, диапазон измеряемых частот от 0,1 МГц до 200 МГц, ПГ $\pm 2 \cdot 10^{-6}$	Частотомер электронно-счётный ЧЗ-85/5, рег. № 56478-14
9	СИ силы постоянного электрического тока, измерения/воспроизведения токового сигнала от 0 до 24 мА, ПГ $\pm (0,00025 \cdot I + 4 \text{ мкА})$	Калибратор многофункциональный и коммуникаторы BEAMEX MC6 (-R), рег. № 52489-13, калибратор электрических сигналов СА71, рег. № 53468-13
9	Рабочий эталон единицы плотности согласно приказу Росстандарта от 01 ноября 2019 г. № 2603 с диапазоном измерений, соответствующим контрольным точкам при поверке расходомера	Плотномер-рефрактометр серии D, рег. № 74722-19, поверенный в установленном порядке в качестве рабочего эталона по настоящей методике поверки

9	СИ температуры, диапазон измерений от 10 до 30 °С, ПГ ±0,1 °С	Термометры лабораторные электронные ЛТ-300, рег. № 61806-15
9	Программное обеспечение «КТМ SMART STREAM» (при имитационном методе поверки)	-
9	Персональный компьютер или мобильное устройство или система управления (сеть автоматизации) с возможностью подключения к расходомеру по интерфейсу RS-485 либо HART (при имитационном методе поверки)	-

Примечания:

1. При поверке расходомера по МИ 3151-2008, МИ 3272-2010, МИ 3313-2011, МИ 3622-2020 применяются эталоны, средства измерений и вспомогательное оборудование, указанные в данных методиках поверки.
2. Допускается использовать при поверке другие утверждённые и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утверждённого типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.
3. Применяемые при поверке СИ и эталоны могут входить в состав СИКН, СИКНП или АСН.

(Изменённая редакция. Изм. № 1, 2)

4.2. *(Исключён, Изм. № 2)*

4.3. *(Исключён, Изм. № 2)*

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 рабочем месте и имеет 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 имитатор, применяемые средства поверки и вспомогательное оборудование.

6. Внешний осмотр средства измерений

Результаты внешнего осмотра считаются положительными, если выполняются следующие требования:

- соответствие комплектности эксплуатационной документации;
- соответствие внешнего вида СИ описанию типа;
- отсутствие механических повреждений, препятствующих проведению поверки;
- наличие заводских номеров и маркировки;
- наличие паспорта.

(Изменённая редакция. Изм. № 2)

7. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1. Подготовить СИ и эталоны к проведению измерений в соответствии с руководством по эксплуатации.

7.2. Опробование совместить с определением метрологических характеристик.

7.3. 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. При имитационной поверке не проводится.

(Изменённая редакция. Изм. № 1)

7.4. Провести настройку нулевой точки расходомера в соответствии с эксплуатационными документами.

8. Проверка программного обеспечения средства измерений

Вывести на дисплей расходомера данные о программного обеспечения (ПО) в соответствии с руководством по эксплуатации. На дисплее расходомера должны отражаться следующие данные:

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

Результат подтверждения соответствия ПО считается положительным, если полученные идентификационные данные ПО расходомера соответствуют указанным в таблице 4 для соответствующих исполнений.

Таблица 4 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение		
	КТМ-0	КТМ-1	КТМ-С
Идентификационное наименование ПО	Firmware BOI-3	Firmware BOI-4	Firmware BOI-C
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.x.x	1.x.x	1.x.x
Цифровой идентификатор метрологической значимой части (алгоритм CRC32)	0xA81124B7	0xB139F763	0x9DCD4D96
Примечание – «х» может принимать значение от 1 до 9 и не относится к метрологически значимой части ПО.			

(Изменённая редакция. Изм. № 1, 2)

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

Поверка расходомеров, работающих на газе, проводится на жидкости. Пересчёт номинального расхода с газа на жидкость, $G_{\text{ном}}$, кг/ч, осуществляется по формуле

$$G_{\text{ном}} = 720 \cdot \rho_{\text{газ}} \cdot V_{\text{зв}} \cdot K_d, \quad (1)$$

где $\rho_{\text{газ}}$ – плотность газа (см. таблицу 5.х), кг/м³,
 $V_{\text{зв}}$ – скорость звука в газе (см. таблицу 5.х), м/с;
 K_d – коэффициент в зависимости от условного диаметра (см. таблицу 6), м².

Таблица 5.1 – Воздух. Ориентировочные плотность и скорость звука при температуре 20 °С в зависимости от давления

Давление, P , МПа	Плотность, $\rho_{\text{газ}}$, кг/м ³	Скорость звука, $V_{\text{зв}}$, м/с
0,1	1,205	343,4
2	24,240	347,6
4	48,704	352,3
6	73,234	356,8
8	97,662	360,9
10	121,823	364,7

Таблица 5.2 – Азот. Ориентировочные плотность и скорость звука при температуре 20 °С в зависимости от давления

Давление, P , МПа	Плотность, $\rho_{\text{газ}}$, кг/м ³	Скорость звука, $V_{\text{зв}}$, м/с
0,1	1,148	349,1
2	23,086	353,6
4	46,256	358,0
6	69,359	362,3
8	92,257	366,4
10	114,814	370,3

Таблица 5.3 – Природный газ. Ориентировочные плотность и скорость звука при температуре 20 °С в зависимости от давления

Давление, P , МПа	Плотность, $\rho_{\text{газ}}$, кг/м ³	Скорость звука, $V_{\text{зв}}$, м/с
0,1	0,6744	439,9
2	13,981	433,6
4	29,044	428,7
6	45,215	426,1
8	62,429	426,6
10	80,469	430,9

Таблица 5.4 – Пропан. Ориентировочные плотность и скорость звука при температуре 20 °С в зависимости от давления

Давление, P , МПа	Плотность, $\rho_{\text{газ}}$, кг/м ³	Скорость звука, $V_{\text{зв}}$, м/с
0,1	1,841	246,6
2	503,170	773,4
4	508,411	807,0
6	513,065	835,8
8	517,331	862,7
10	521,308	888,8

Примечание – Так как значения расходов задаются с допуском $\pm 10\%$, то значения скорости звука и плотности для газов в зависимости от давления указаны ориентировочно.

Таблица 6 – Значения коэффициента K_d в зависимости от условного диаметра

Диаметр условного прохода, мм	$K_d, м^2$				
	Базовая версия	Серия Е	Серия F	Серия RAU (CU)	Серия RAV (CV)
2	-	0,000006	-	0,000006	-
5	-	-	-	0,000029	-
8	0,000039	0,000039	-	0,000033	0,00039
15	0,000127	0,000127	-	0,000078	0,000157
25	0,000454	0,000454	0,000454	0,000314	0,000353
40	-	-	-	0,000452	-
50	0,001095	0,001095	0,001095	0,001179	0,001446
65	-	-	-	0,001744	-
80	0,003181	0,003181	0,003181	0,002419	0,003329
100	0,008371	0,008371	0,006637	0,006202	0,007116
150	-	-	-	0,007697	-
200	0,012442	0,012442	-	0,017357	-
250	0,019006	0,019006	-	0,027234	-
350	-	-	-	0,059958	-

(Изменённая редакция. Изм. № 1, 2)

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 $DN \geq 100$ 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 ± 10 %, а расходы $(0,05 - 0,15) \cdot G_{\text{ном}}$ с допуском ± 5 %.

На каждом расходе проводят не менее двух измерений.

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

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

$$\delta_{M_i} = \frac{M_i - M_{\text{эт}}}{M_{\text{эт}}} \cdot 100, \quad (3)$$

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, 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

$$M = V \cdot \rho, \quad (4)$$

где V – объём жидкости, измеренный установкой, м^3 ;
 ρ – плотность жидкости, измеренная установкой (плотномером), кг/м^3 .

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

$$G_i = \frac{I_i - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \cdot (G_{\max} - G_{\min}) + G_{\min}, \quad (5)$$

где I_i – ток, измеренный контроллером установки (калибратором тока) 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

$$G_i = \frac{F_i}{K} \cdot 3600, \quad (6)$$

$$G_i = \frac{N_i}{1000 \cdot K}, \quad (7)$$

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, приведённых 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 $DN \geq 100$ 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 ± 10 %, а расходы $(0,05 - 0,15) \cdot G_{\text{ном}}$ с допуском ± 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), (7), подставляя M или V соответственно. Для каждого измерения вычисляют значения:

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

$$MF_{M(V)ji} = \frac{M(V)\varepsilon_{ji}}{M(V)_{ji}}, \quad (8)$$

где $M(V)\varepsilon_{ji}$ – масса (объём) измеряемой среды по поверочной установке, кг (дм³);
 $M(V)_{ji}$ – масса (объём) измеряемой среды по расходомеру, кг (дм³).

Для каждой точки расхода вычисляют:

- среднеарифметическое значение коэффициента коррекции расходомера MF по формуле

$$MF_{M(V)j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n MF_{M(V)ji}, \quad (9)$$

где n – количество измерений в точке j .

- среднеквадратическое отклонение результатов измерений, %, по формуле

$$S_j = \frac{1}{MF_{M(V)j}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (MF_{M(V)ji} - MF_{M(V)j})^2}{n - 1}} \cdot 100, \quad (10)$$

- среднеквадратическое отклонение среднего арифметического, S_0 , по формуле

$$S_0 = \frac{S_{j\max}}{\sqrt{n}}, \quad (11)$$

где $S_{j\max}$ – наибольшее значение среднеквадратического отклонения результатов измерений, вычисленных по формуле (10), %.

– неисключённую систематическую составляющую погрешности расходомера, %, по формуле

$$\left\{ \begin{array}{l} \Theta_{MF_{M(V)}} = \left| \frac{MF_{M(V)j} - MF_{M(V)}}{MF_{M(V)}} \right|_{\max} \cdot 100 \\ MF_{M(V)} = \frac{1}{m} \sum_{m=1}^m MF_{M(V)j} \end{array} \right. , \quad (12)$$

где m – количество точек расхода i .

Вычисляют относительную погрешность, %, по формулам

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta_{M(V)} = K \cdot S_{\Sigma} \\ K = \frac{\varepsilon + \Theta_{\Sigma}}{S_0 + S_{\Theta}} \\ \Theta_{\Sigma} = 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_{\Sigma}^2 + \Theta_{MF_{M(V)}}^2} \\ S_{\Theta} = \frac{\Theta_{\Sigma}}{\sqrt{3}} \\ S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_0^2} \\ \varepsilon = t_{0,95} \cdot S_0 \end{array} \right. , \quad (13)$$

где Θ_{Σ} – 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 (8).

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, приведённых в таблице 1.

9.1.3 Определение относительной погрешности измерений массы (объёма) и/или массового (объёмного) расхода жидкости на месте эксплуатации, в том числе на ТПУ

Определение относительной погрешности при измерении массы (объёма) и/или массового (объёмного) расхода жидкости допускается проводить в соответствии с одним из документов, указанных в таблице 7.

Таблица 7 – Методики поверки на месте эксплуатации

Шифр документа	Название документа
МИ 3272-2010	«Счётчики-расходомеры массовые. Методика поверки на месте эксплуатации компак-прувером в комплекте с турбинным преобразователем расхода и поточным преобразователем плотности»

МИ 3151-2008	«Преобразователи массового расхода. Методика поверки на месте эксплуатации трубопоршневой поверочной установкой, в комплекте с поточным преобразователем плотности»
МИ 3313-2011	«ГСИ. Счётчики-расходомеры массовые. Методика поверки с помощью эталонного счётчика-расходомера массового»
МИ 3622-2020	«ГСИ. Счётчики-расходомеры массовые. Методика поверки установкой поверочной на базе счётчиков-расходомеров массовых»

Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если значение относительной погрешности измерений массы (объёма) и/или массового (объёмного) расхода жидкости не превышает пределов, приведённых в таблице 1.

(Введён дополнительно. Изм. № 1)

9.2 Определение относительной погрешности объёмного расхода (объёма)

Проводится аналогично п. 9.1 настоящей методики, при этом в формулы (2), (3), (5) – (7) 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, приведённых 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 проливочной 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 °С.

Допускается проводить поверку расходомера, заполненного воздухом, поместив датчик расходомера и эталонный термометр в камере, защищающей от конвекции и градиентов температуры воздуха. Температура воздуха в камере в течение 10 минут до начала измерения и в течение измерения не должна изменяться более чем на ± 0,3 °С.

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

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

где t_i – температура, измеренная расходомером, °С;
 $t_{эм}$ – температура, измеренная термометром, °С.

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

(Изменённая редакция. Изм. № 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.

9.4.1 Определение допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности для расходомеров с пределами абсолютной погрешности измерений плотности $\Delta\rho \geq \pm 1,0 \text{ кг/м}^3$ 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. Проводят не менее трёх измерений;

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/м^3 , рассчитывают по формуле

$$\Delta\rho = \rho_{\text{изм}} - \rho_{\text{эт}}, \quad (15)$$

где $\rho_{\text{эт}}$ – плотность, измеренная плотномером (ареометром), кг/м^3 ;
 $\rho_{\text{изм}}$ – плотность, измеренная расходомером, кг/м^3 .

9.4.2 Определение допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности для расходомеров с пределами абсолютной погрешности измерений плотности $\Delta\rho < \pm 1,0 \text{ кг/м}^3$, настроенных на месте эксплуатации, допускается проводить без демонтажа расходомера из измерительной линии следующими способами:

1) по МИ 2816-2012 «ГСИ. Преобразователи плотности поточные. Методика поверки на месте эксплуатации») сравнивая показания плотности, измеренной расходомером, с результатом измерений плотности рабочим эталоном ГПС для СИ плотности.

Абсолютную погрешность измерений плотности $\Delta\rho$, кг/м^3 , рассчитывают по формуле (15).

2) сравнивая показания плотности, измеренной расходомером, с результатом измерений плотности отобранной пробы измеряемой среды рабочим эталоном ГПС для СИ плотности.

Абсолютную погрешность измерений плотности $\Delta\rho$, кг/м^3 , рассчитывают по формуле (15).

(Изменённая редакция. Изм. № 1)

9.4.3 Определение абсолютной погрешности измерений плотности для расходомеров с пределами абсолютной погрешности измерений плотности $\Delta\rho < \pm 1,0 \text{ кг/м}^3$, настроенных в лаборатории под условия места эксплуатации.

Взять пробу жидкости с места эксплуатации согласно ГОСТ 2517-2012 «Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб» в количестве достаточном для заполнения измерительного канала расходомера + 20 %.

Измерительный канал расходомера закрывают с одной стороны заглушкой и поворачивают так, чтобы измерительный канал находился в вертикальном положении. Затем заполняют измерительный канал расходомера жидкостью.

Провести измерение плотности расходомером и эталоном плотности. Соотношение доверительной погрешности рабочих эталонов и предела допускаемой погрешности средств измерений плотности должно составлять не более 1:2.

Абсолютную погрешность измерений плотности $\Delta\rho$, кг/м³, рассчитывают по формуле (15).

(Изменённая редакция. Изм. № 1)

9.4.4 Результаты поверки по данным пунктам считают положительными, если значения абсолютной погрешности измерений плотности не превышает пределов, приведённых в таблице 1.

9.5 ИМИТАЦИОННЫЙ МЕТОД ПОВЕРКИ

(Введён дополнительно. Изм. № 1)

В расходомерах реализована функция самодиагностики состояния расходомера, основанная на комплексном анализе изменения механических и электрических свойств компонентов расходомера, влияющих на точность измерения. При наличии в расходомере данной функции осуществляется раннее обнаружение дефектов, а также имеется возможность проводить имитационную поверку на месте эксплуатации бездемонтажным и демонтажным способом.

Имитационный метод может использоваться только для периодической поверки расходомера по каналу массового расхода (массы), объёмного расхода (объёма) и плотности.

Запустить на персональном компьютере программное обеспечение «КТМ SMART STREAM». Выполняют функцию «Процедура имитационной поверки» в соответствии с руководством по эксплуатации.

В ходе выполнения процедуры проводится автоматический контроль технических параметров, по результатам которого формируется протокол, приведённый в Приложении Б.

Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если в отчёте о поверке результат поверки отображается в виде «ГОДЕН».

После проведения имитационного метода поверки расходомер считается годным с метрологическими характеристиками согласно таблицы 7.

Таблица 7 – Метрологические характеристики расходомера при имитационном методе поверки

Наименование параметра	Значение параметра
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений, %:	
- массового расхода и массы жидкости, δ_m	$\delta_m + 0,1$
- объёмного расхода и объёма жидкости, δ_v	$\delta_v + 0,1$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений плотности, кг/м ³	± 10
Примечание – δ_m , δ_v – Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массового расхода и массы жидкости или объёмного расхода и объёма жидкости соответственно, указанные в паспорте на расходомер.	

9.6 Расходомер допускают к применению в качестве СИ в соответствии с приказами Росстандарта:

– от 26 сентября 2022 года № 2356 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объёма жидкости в потоке, объёма жидкости и вместимости при статических измерениях массового и объёмного расходов жидкости»;

- или от 11 мая 2022 г. № 1133 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений объёмного и массового расходов газа»;
 - от 01 ноября 2019 г. № 2603 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений плотности» (канал плотности);
- при положительных результатах выполнения всех процедур, описанных в разделах 6, 8 и 9.1 – 9.5.

(Введён дополнительно. Изм. № 1)

10. *(Исключён. Изм. № 1)*

11. Оформление результатов поверки

11.1. Результаты поверки оформляют протоколом произвольной формы.

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

11.3. 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.

(Изменённая редакция. Изм. № 2)

11.4. При проведении поверки имитационным методом в сведениях о результатах поверки СИ в разделе «дополнительные сведения» указать «поверка имитационным методом».

11.5. При проведении поверки в сокращённом объёме в сведениях о результатах поверки СИ в разделе «дополнительные сведения» указать «поверка в сокращённом объёме по каналу...».

11.6. Знак поверки на СИ наносится в соответствии с рисунком А.1 Приложения А.

11.7. При поверке расходомера по МИ 3151-2008, МИ 3272-2010, МИ 3313-2011, МИ 3622-2020 оформление результатов поверки проводится в соответствии с требованиями данных методик поверки.

11.8. 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.

(Изменённая редакция. Изм. № 1, 2)

Разработали:

Начальник отдела 208 ФГБУ «ВНИИМС»

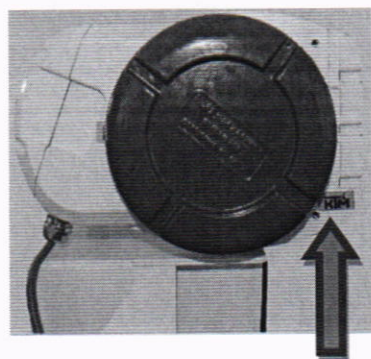
Ведущий инженер ФГБУ «ВНИИМС»

Б.А. Иполитов

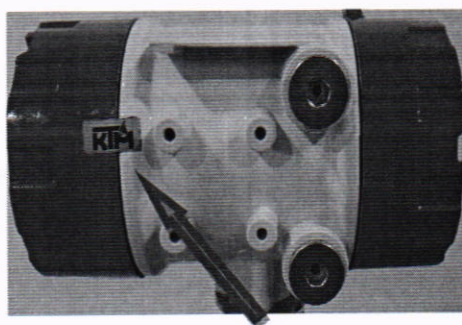
А.А. Сулин

Приложение А (обязательное)

Схема нанесения знака поверки



а)



б)



в)

Рисунок А.1 – Схема пломбировки от несанкционированного доступа и место нанесения знака поверки:

а) БОИ КТМ-0, б) БОИ КТМ-1, в) БОИ КТМ-С

(Изменённая редакция. Изм. № 2)

Приложение Б (справочное)

Пример протокола, формируемого расходомером при имитационной поверке

Протокол имитационной поверки Счётчик-расходомер кориолисовый КТМ РуМАСС-008		
Заводской номер:		
Первичного преобразователя	081.008.0001	
Вторичного преобразователя (БОИ)	08.21.008.0001	
Диаметр условного прохода, мм	8	
Средства поверки	ПО «КТМ Smart Stream», мультиметр, прецизионный генератор сигнала	
Климатические условия:		
Температура воздуха, °С	24,7	
Давление воздуха, кПа	102,3	
Относительная влажность воздуха, %	63	
Результат поверки		
Внешний вид и геометрии конструкции:	Годеи	
Тестирование работоспособности:	Годеи	
Тестирование ПО и соответствие требованиям:	Соответствует	
Номер версии ПО расходомера	1.0.0	
Оценка основных параметров расходомера в стационарном режиме		
Параметр	Запись -граница < среднее ≤ +граница	Оценка
Резонансная частота, Гц	123,2 < 124 ≤ 124,7	в допуске
Амплитуда катушки № 0 (левой), мВ	196,3 < 199,6 ≤ 202,4	в допуске
Амплитуда катушки № 1 (правой), мВ	198,1 < 200,4 ≤ 204,3	в допуске
Амплитуда возбуждающего тока, мА	0,1 < 0,4 ≤ 1,1	в допуске
Дисперсия температуры в процессе измерения, °С	-1 < 0,9 ≤ 1	в допуске
Значение нуля в процессе измерения, кг/ч	-2 < 1,2 ≤ 2	в допуске
Проверка статусов расходомера	Статусы в норме	
Заключение: годен к применению.		

(Введено дополнительно. Изм. № 1)