

СОГЛАСОВАНО:
Заместитель руководителя ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»

Лапшинов В.А.

«05» 05 2023 г.

Заместитель генерального директора
по метрологии ООО «НГМ»

Проккоев В.В.

«05» 05 2023 г.

Руководитель ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»

Козлов К.Б.

«05» 05 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Счетчики-расходомеры массовые MFM

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-568/04-2023

г. Чехов, 2023 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на счетчики-расходомеры массовые MFM (далее – СРМ), и устанавливает методику его первичной и периодической поверки.

1.2 Прослеживаемость СРМ 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 г. № 2356 – к ГЭТ 63-2019, ГЭТ 216-2018, ГЭТ 3-2020;

– ГПС для средств измерений плотности, утвержденной Приказом Росстандарта от 01.11.2019 г. № 2603 – к ГЭТ 18-2014;

– ГПС для средств измерений температуры, утвержденная Приказом Росстандарта № 3253 от 23.12.2022 к ГЭТ 35-2021 и ГЭТ 34-2020.

1.3 Метрологические характеристики СРМ определяются методом непосредственного сличения.

1.4 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений массового расхода жидкости, т/ч:	
– DN20	от 0,6 до 7,2
– DN25	от 0,96 до 12,0
– DN32	от 1,8 до 21,0
– DN40	от 3,0 до 36,0
– DN50	от 4,8 до 60,0
– DN80	от 15,0 до 180,0
– DN100	от 24,0 до 280,0
– DN150	от 48,0 до 600,0
– DN200	от 90,0 до 1200,0
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массового расхода и массы жидкости ¹⁾²⁾ , %	$\pm 0,1$; $\pm 0,15$; $\pm 0,2$
Диапазон измерений плотности жидкости, кг/м ³	от 650 до 2000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности жидкости, кг/м ³	± 2
Диапазон измерений температуры жидкости, °C	от -60 до +200 ¹⁾
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры жидкости, °C	± 1
Пределы допускаемой приведенной погрешности воспроизведения токового сигнала от 4 до 20 мА, % от диапазона воспроизведения	$\pm 0,2$
¹⁾ Фактическое значение указывается в паспорте СРМ. ²⁾ При определении относительной погрешности измерений массового расхода и массы жидкости СРМ в условиях эксплуатации при поверке СРМ пределы допускаемой относительной погрешности измерений массового расхода и массы жидкости составляют $\pm 0,2$ % или $\pm 0,25$ %. Примечание – При использовании токового выхода погрешность воспроизведения токового сигнала от 4 до 20 мА и погрешность измерений физической величины приводятся к одному виду (абсолютная, приведенная, относительная) и алгебраически суммируются.	

1.5 На основании письменного заявления владельца СРМ или лица, представившего СРМ на поверку, оформленного в произвольной форме, допускается проведение поверки СРМ для меньшего числа измеряемых величин с обязательным указанием объема проведенной поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее –

ФИФОЕИ).

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		Номер пункта методики поверки
	Первичной поверке	Периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям:			
– определение относительной погрешности измерений массового расхода и массы жидкости	да	да	10.1
– определение абсолютной погрешности измерений плотности жидкости	да	да	10.3
– определение абсолютной погрешности измерений температуры жидкости	да	да	10.4
– определение приведенной погрешности воспроизведения токового сигнала от 4 до 20 мА	да	да	10.5

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

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки СРМ должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха +10 до +30 °С;
- относительная влажность не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа.

3.2 При определении относительной погрешности измерений массового расхода и массы жидкости в условиях эксплуатации соблюдают условия поверки, изложенные в разделе 6 МИ 3151–2008.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки, эксплуатационные документы СРМ и средств поверки.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень средств поверки

Номер пункта методики поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Пример возможного средства поверки с указанием наименования, заводского обозначения, а при наличии – обозначения типа, модификации
7 – 10	Средство измерений температуры окружающей среды: диапазон измерений от 10 до 30 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ °С	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 М 5-Д (регистрационный № 71394-18 в ФИФОЕИ)
	Средство измерений относительной влажности окружающей среды: диапазон измерений от 30 до 80 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 3 %	
	Средство измерений атмосферного давления: диапазон измерений от 84 до 106 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ кПа	
10.1.1	Поверочная установка (далее – ПУ): диапазон воспроизведения массового расхода и массы жидкости в соответствии с 10.1.1.1, соотношение погрешностей измерений массового расхода и массы жидкости поверяемого СРМ и ПУ не менее 3:1 (2:1)	Установка поверочная Эрмитаж (регистрационный № 71416-18 в ФИФОЕИ), класс точности А
10.1.2	Установка трубопоршневая (стационарная или передвижная): пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 0,05$ или $\pm 0,1$ %	Установка поверочная трубопоршневая двунаправленная OGSB (регистрационный № 83372-21 в ФИФОЕИ)
10.1.2	Поточный преобразователь плотности: пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3$ кг/м ³	Преобразователь плотности жидкости измерительный 7835 (регистрационный № 52638-13 в ФИФОЕИ)
10.1.2	Датчики температуры: пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2$ °С	Преобразователь измерительный 3144Р (регистрационный № 14683-04 в ФИФОЕИ) или преобразователь измерительный Rosemount 3144Р (регистрационный № 56381-14 в ФИФОЕИ) с термопреобразователем сопротивления платиновым 65 (регистрационный № 22257-05 в ФИФОЕИ) или термопреобразователем сопротивления платиновым 65 (регистрационный № 22257-11 в ФИФОЕИ)
10.1.2	Преобразователи избыточного давления: пределы допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,5$ %	Преобразователи давления измерительные 3051TG (регистрационный № 14061-10 в ФИФОЕИ);

Номер пункта методики поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Пример возможного средства поверки с указанием наименования, заводского обозначения, а при наличии – обозначения типа, модификации
10.1.2	Устройство обработки информации: пределы допускаемой относительной погрешности преобразований входных токовых сигналов $\pm 0,025$ %, пределы допускаемой относительной погрешности вычислений К-фактора массомера $\pm 0,025$ %	Комплекс измерительно-вычислительный ИМЦ-07 (регистрационный № 53852-13 в ФИФОЕИ)
10.2	Средство измерений плотности жидкости (далее – эталонный плотномер): соотношение погрешностей измерений плотности жидкости поверяемого СРМ и эталонного плотномера не менее 2:1	Измеритель плотности жидкостей вибрационный ВИП-2МР (регистрационный № 27163-09 в ФИФОЕИ)
10.2, 10.3	Средство измерений температуры: пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,4$ °С (далее – эталонный термометр)	Термометр сопротивления платиновый вибропрочный эталонный ПТСВ-9-2 (регистрационный № 65421-16 в ФИФОЕИ) с измерителем температуры двухканальным прецизионным МИТ2 (регистрационный № 46432-11 в ФИФОЕИ), модификация МИТ 2.05
10.4	Средство измерений сигнала силы постоянного тока: диапазоны измерений от 4 до 20 мА, пределы допускаемой приведенной погрешности измерений $\pm 0,05$ % диапазона измерений (далее – калибратор)	Калибратор многофункциональный и коммуникатор BEAMEX MC6 (-R) регистрационный № 52489-13 в ФИФОЕИ)
Примечание – 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.		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования:

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

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

6.3 При определении относительной погрешности измерений массового расхода и массы жидкости в условиях эксплуатации соблюдают требования, изложенные в разделе 5 МИ 3151–2008.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре проверяют:

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

7.2 Результаты поверки по 7 считают положительными, если:

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

7.3 При определении относительной погрешности измерений массового расхода и массы жидкости в условиях эксплуатации выполняют операции, изложенные в пункте 8.1 МИ 3151–2008.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные операции:

- монтируют СРМ на ПУ в соответствии с требованиями эксплуатационных документов СРМ и ПУ;
- подготавливают средства поверки и СРМ к работе в соответствии с эксплуатационными документами;
- контролируют фактические условия поверки на соответствие требованиям раздела 3 настоящей методики поверки;
- выдерживают СРМ в условиях, указанных в разделе 3, не менее двух часов;
- отключают аппаратную защиту СРМ путем переключения микропереключателей на лицевой панели в положение «открыто»;
- перекрывают поток жидкости через СРМ;
- производят установку нуля СРМ следующим образом: одновременно зажимают на несколько секунд обе кнопки на лицевой панели СРМ, входят в Главное меню → 5. Базовые функции → 4. Настройка → 2. Настройка нуля → 2. Обнуление.

Примечание – Для входа в главное меню необходимо на несколько секунд одновременно нажать обе кнопки на лицевой панели СРМ. Вход в меню отображения информации о версии ПО возможен только при отключенной аппаратной защите.

8.2 Опробование СРМ проводят путем увеличения/уменьшения расхода жидкости через СРМ. Показания СРМ при этом должны изменяться соответствующим образом.

8.3 Результаты поверки по 8 считают положительными при выполнении требований, изложенных в 8.1 – 8.2.

8.4 При определении относительной погрешности измерений массового расхода и массы жидкости в условиях эксплуатации выполняют операции, изложенные в разделе 7 и пункте 8.2 МИ 3151–2008.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Номер версии (идентификационный номер) и цифровой идентификатор ПО отображаются в нижней части ЖК-дисплея при запуске СРМ после подачи питания или при переходе в Главное меню → 3. Информация → 4. Модуль процессора → Версия.

9.2 Результаты поверки по 9 считают положительными, если идентификационные данные программного обеспечения совпадают с указанными в описании типа СРМ.

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

10.1 Определение относительной погрешности измерений массового расхода и массы жидкости

10.1.1 В лабораторных условиях

10.1.1.1 Определение относительной погрешности измерений массового расхода и массы жидкости проводят при применении частотно-импульсного выхода в трех контрольных точках, соответствующих $(1 - 1,1) \cdot Q_{\min}$, $(0,3 - 0,45) \cdot Q_{\max}$, $(0,6 - 1) \cdot Q_{\max}$, где $Q_{\min}$ и $Q_{\max}$ – минимальное и максимальное значения диапазона измерений массового расхода жидкости, кг/ч.

10.1.1.2 Определение относительной погрешности измерений массового расхода и массы жидкости при соотношении погрешностей СРМ и ПУ не менее 3:1

Примечание – Поверку по 10.1.1.2 допускается проводить только для СРМ с пределами допускаемой относительной погрешности измерений массового расхода и массы жидкости $\pm 0,15$ или $\pm 0,2$ %.

Относительную погрешность измерений массового расхода и массы жидкости проводят в контрольных точках в соответствии с 10.1.1. Количество измерений в каждой контрольной точке не менее двух.

Для каждого i -го измерения в каждой j -ой контрольной точке относительную погрешность измерений массового расхода и массы жидкости δM_{ji} , %, вычисляют по формуле

$$\delta M_{ji} = \frac{M_{ji}^{\text{СРМ}} - M_{ji}^{\text{ПУ}}}{M_{ji}^{\text{ПУ}}} \cdot 100, \quad (1)$$

где $M_{ji}^{\text{СРМ}}$ – значение массы жидкости в j -ой контрольной точке при i -ом измерении, измеренное СРМ, кг (т);
 $M_{ji}^{\text{ПУ}}$ – значение массы жидкости в j -ой контрольной точке при i -ом измерении, измеренное ПУ, кг (т).

Результаты поверки по 10.1 считают положительным, если значения относительной погрешности измерений массового расхода и массы жидкости в каждой контрольной точке при каждом измерении не выходят за пределы, указанные в таблице 1.

10.1.1.3 Определение относительной погрешности измерений массового расхода и массы жидкости при соотношении погрешностей СРМ ПУ менее 3:1 до 2:1

Относительную погрешность измерений массового расхода и массы жидкости проводят в контрольных точках в соответствии с 10.1.1.1. Количество измерений в каждой контрольной точке не менее пяти.

Вычисляют:

– значения коэффициентов коррекции для каждого i -го измерения в каждой j -ой контрольной точке MF_{ji} по формуле

$$MF_{ji} = \frac{M_{ji}^{\text{ПУ}}}{M_{ji}^{\text{СРМ}}}; \quad (2)$$

– средние арифметические значения коэффициентов коррекции в каждой j -ой контрольной точке MF_j по формуле

$$MF_j = \frac{1}{n_j} \cdot \sum_{i=1}^{n_j} MF_{ji}, \quad (3)$$

где n_j – количество измерений в j -ой контрольной точке;

– среднее арифметическое значение коэффициента коррекции в диапазоне измерений MF по формуле

$$MF = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m MF_j, \quad (4)$$

где m – количество контрольных точек;
 – среднее квадратическое отклонение (далее – СКО) результатов определений коэффициентов коррекции S_j , %, по формуле

$$S_j = \frac{100}{MF_j} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (MF_{ji} - MF_j)^2}{n_j - 1}}, \quad (5)$$

– СКО среднего арифметического значения S_{0j} , по формуле

$$S_{0j} = \frac{S_j}{\sqrt{n_j}}. \quad (6)$$

– случайную составляющую погрешности СРМ ϵ_j , %, по формуле

$$\epsilon_j = t_{0,95_j} \cdot S_{0j}, \quad (7)$$

где $t_{0,95_j}$ – квантиль распределения Стьюдента при доверительной вероятности, равной 0,95, определенная в соответствии с ГОСТ Р 8.736-2011;
 – не исключаемую систематическую составляющую погрешности СРМ θ_{MF_j} , %, по формуле

$$\theta_{MF_j} = \frac{MF_j - MF}{MF} \cdot 100; \quad (8)$$

– суммарную не исключаемую систематическую погрешность СРМ θ_Σ , %, по формуле

$$\theta_\Sigma = 1,1 \cdot \sqrt{(\delta_{ПУ})^2 + \left(\max |\theta_{MF_j}|\right)^2}, \quad (9)$$

где $\delta_{ПУ}$ – пределы допускаемой относительной погрешности измерений массового расхода и массы жидкости ПУ, %.

Относительную погрешность измерений массового расхода и массы жидкости δM , %, вычисляют по формуле

$$\delta M = \frac{\epsilon + \theta_\Sigma}{S_0 + \theta_\Sigma/\sqrt{3}} \times \sqrt{\left(\frac{\theta_\Sigma}{\sqrt{3}}\right)^2 + (S_0)^2}, \quad (10)$$

где ϵ – случайная составляющая погрешности СРМ в диапазоне измерений, принимаемая равной максимальному значению из ϵ_j , %;
 S_0 – СКО среднего арифметического значения в диапазоне измерений, принимаемое равным значению S_{0j} , при котором ϵ_j имеет максимальное значение, %.

Результаты поверки по 10.1 считают положительным, если относительная погрешность измерений массового расхода и массы жидкости СРМ не выходит за пределы, указанные в таблице 1.

При положительных результатах в электронный преобразователь СРМ вносят значение коэффициента K , рассчитанное по формуле:

$$K = K_{\text{тек}} \cdot MF, \quad (11)$$

где $K_{\text{тек}}$ – коэффициент K , установленный в электронном преобразователе СРМ, на момент проведения поверки, %;
 MF – коэффициент коррекции, рассчитанный по формуле (4), %.

Для изменения коэффициента К переходят в Главное меню → 5. Базовые функции → 6. Линейная коррекция → 7. Мас.р. К.

10.1.2 В условиях эксплуатации

Определение относительной погрешности измерений массового расхода и массы жидкости проводят в соответствии с пунктом 8.3 МИ 3151–2008.

Обработку результатов измерений проводят в соответствии с пунктами 9.1 – 9.5 МИ 3151–2008.

Результаты поверки по 10.1 считают положительными, если значения относительной погрешности измерений массового расхода и массы жидкости не выходят за пределы, указанные в таблице 1.

10.2 Определение абсолютной погрешности измерений плотности жидкости

Абсолютную погрешность измерений плотности жидкости определяют сличением показаний СРМ и эталонного плотномера не менее двух раз при любом значении массового расхода внутри диапазона измерений следующим образом:

- отбирают пробу жидкости на выходном участке ПУ;
- измеряют температуру жидкости на выходном участке ПУ с помощью эталонного термометра;
- плотность жидкости при рабочей температуре измеряют с помощью эталонного плотномера.
- вычисляют абсолютную погрешность измерений плотности жидкости $\Delta\rho_j$, кг/м³, по формуле

$$\Delta\rho_j = \rho_j^{\text{СРМ}} - \rho_j^{\text{ЭТ}}, \quad (12)$$

где $\rho_j^{\text{СРМ}}$ – значение плотности при j -ом измерении, измеренное СРМ, кг/м³;
 $\rho_j^{\text{ЭТ}}$ – значение плотности при j -ом измерении, измеренное эталонным плотномером, кг/м³.

Результаты поверки по 10.2 считают положительным, если значение абсолютной погрешности измерений температуры плотности жидкости для каждого измерения не выходит за пределы, указанные в таблице 1.

10.3 Определение абсолютной погрешности измерений температуры жидкости

Абсолютную погрешность измерений температуры измеряемой жидкости определяют сличением показаний СРМ и эталонного термометра не менее двух раз при любом значении массового расхода внутри диапазона измерений. Температуру жидкости измеряют с помощью эталонного термометра на выходном участке ПУ.

Для каждого измерения вычисляют абсолютную погрешность измерений температуры измеряемой жидкости Δt_j , °С, по формуле

$$\Delta t_j = t_j^{\text{СРМ}} - t_j^{\text{ЭТ}}, \quad (13)$$

где $t_j^{\text{СРМ}}$ – значение температуры при j -ом измерении, измеренное СРМ, °С;
 $t_j^{\text{ЭТ}}$ – значение температуры при j -ом измерении, измеренное эталонным термометром, °С.

Результаты поверки по 10.3 считают положительным, если значение абсолютной погрешности измерений температуры измеряемой жидкости для каждого измерения не выходит за пределы, указанные в таблице 1.

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

Определение приведенной погрешности воспроизведения токового сигнала от 4 до 20 мА проводят при необходимости использования токового сигнала СРМ в пяти контрольных точках, соответствующих 4, 8, 12, 16, 20 мА.

К выходному токовому каналу электронного блока СРМ подключают калибратор,

установленный в режим измерений токовых сигналов.

В каждой контрольной точке в соответствии с эксплуатационными документами СРМ на выходном токовом канале задают токовый сигнал и вычисляют приведенную погрешность γI_j , %, по формуле

$$\gamma I_j = \frac{I_j^{\text{СРМ}} - I_j^{\text{ЭТ}}}{16} \cdot 100, \quad (14)$$

где $I_j^{\text{СРМ}}$ – значение токового сигнала в j -ой контрольной точке, воспроизводимое СРМ, мА;
 $I_j^{\text{ЭТ}}$ – значение токового сигнала в j -ой контрольной точке, измеренное калибратором, мА.

Результаты поверки по 10.4 считают положительным, если значения приведенной погрешности воспроизведения токового сигнала от 4 до 20 мА в каждой контрольной точке не выходят за пределы, указанные в таблице 1.

11 Оформление результатов поверки

11.1 При положительных результатах поверки СРМ признается пригодным к применению.

Включают аппаратную защиту СРМ (путем переключения микропереключателей на лицевой панели в положение «закрыто») и пломбируют СРМ в соответствии с описанием типа.

Сведения о положительных результатах поверки, объем поверки и значения коэффициента K передаются в ФИФОЕИ.

По заявлению владельца СРМ или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке, на которое наносится знак поверки, а также указывается объем поверки и значение коэффициента K .

11.2 При отрицательных результатах поверки СРМ признается непригодным к применению. Сведения об отрицательных результатах поверки передаются в ФИФОЕИ. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности.