

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им Д. И. Менделеева»

СОГЛАСОВАНО



Генеральный директор

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

А. Н. Пронин

« 15 » июля 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Расходомеры-счетчики массовые кориолисовые Энергия-М

МП 2550-0418-2024

Методика поверки

Руководитель отдела

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to K. V. Popov, is written over a horizontal line.

К. В. Попов

Санкт-Петербург
2024

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	4
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	4
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	5
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ	5
6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	7
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	8
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	8
9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	9
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ.....	10
11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	16
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	17
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	18

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящий документ распространяется на расходомеры-счетчики массовые кориолисовые Энергия-М (далее – расходомеры), предназначенные для измерений массового расхода, массы, температуры, плотности, объемного расхода, объема жидкостей и газов в потоке, и устанавливает объем, методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Реализация данной методики обеспечивает метрологическую прослеживаемость расходомеров в соответствии с:

- Государственной поверочной схемой (далее - ГПС) для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости 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 объемного и массового расходов газа, утвержденной Приказом Росстандарта от 11.05.2022 г. № 1133 к ГЭТ 118-2017;

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

- ГПС для средств измерений температуры, утвержденной Приказом Росстандарта № 2712 от 19.11.2024 к ГЭТ 35-2021 и ГЭТ 34-2020.

1.3 Методика описывает два метода поверки: проливной и имитационный (беспроливной). Для первичной поверки расходомеров применяют только проливной метод.

1.4 В методике поверки реализованы методы передачи единиц величин непосредственным сличением.

1.5 Периодическая поверка расходомера может быть проведена в сокращенном объеме (по каналу измерений массового расхода и массы жидкости) согласно методикам МИ 3151-2008 «ГСИ. Расходомеры-счетчики массовые. Методика поверки на месте эксплуатации трубопоршневой поверочной установкой в комплекте с поточным преобразователем плотности с Изменениями 1 и 2» или МИ 3272-2010 «ГСИ. Расходомеры-счетчики массовые. Методика поверки на месте эксплуатации компакт-прувером в комплекте с турбинным преобразователем расхода и поточным преобразователем плотности с Изменениями 1 и 2» или МИ 3313-2011 «ГСИ. Расходомеры-счетчики массовые. Методика поверки с помощью эталонного расходомера-счетчика массового» или МИ 3622-2020 «ГСИ. Расходомеры-счетчики массовые. Методика поверки установкой поверочной на базе расходомеров-счетчиков массовых».

Периодическая поверка расходомера по каналу измерения плотности может быть проведена в условиях эксплуатации согласно методике МИ 2816-2012 «ГСИ. Преобразователи плотности поточные. Методика поверки на месте эксплуатации с Изменением 1».

В этом случае выполняются только те действия, которые предусмотрены в данных методиках. Поверка в сокращенном объеме проводится на основании письменного заявления владельца СИ или лица, представляющего СИ на поверку.

1.6 Допускается на основании письменного заявления владельца поверяемого расходомера проводить поверку для измерений меньшего числа измеряемых величин (масса и массовый расход, объем и объемный расход, плотность, температура). Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке или в паспорте расходомера.

1.7 Допускается на основании письменного заявления владельца поверяемого расходомера проводить поверку отдельных выходных сигналов. Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке или в паспорте расходомера.

1.8 Допускается на основании письменного заявления владельца поверяемого расходомера проводить поверку в диапазоне измерений, указанном в эксплуатационной документации или фактически обеспечиваемым при поверке. Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке или в паспорте расходомера.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки выполняются операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер раздела	Проведение операции при:	
		первичной поверки	периодической поверки
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям:			
- определение относительной погрешности измерений массы, объема, массового расхода и объемного расхода;	10.1	Да	Да
- определение абсолютной погрешности измерений плотности;	10.2	Да	Да
- определение абсолютной погрешности измерений температуры;	10.3	Да	Да
- определение приведенной погрешности преобразования измеренной величины в токовый выходной сигнал	10.4	Да	Да

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 соблюдают следующие условия:

Окружающая среда – воздух с параметрами:

- температура окружающего воздуха, °C от +10 до +30
- относительная влажность, % до 80
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106

3.2 При проведении поверки согласно методикам МИ 3151-2008, МИ 3272-2010, МИ 3313-2011, МИ 3622-2020, МИ 2816-2012 в условиях эксплуатации соблюдают условия поверки, изложенные в соответствующих методиках.

3.3 Допускается проводить периодическую поверку расходомеров на месте эксплуатации расходомеров при соблюдении требований к условиям эксплуатации средств поверки.

3.4 При периодической 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.

3.5 При периодической 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 максимального и флуктуация расхода не более ± 10 %;
- изменение давления рабочей среды в процессе поверки не должно превышать 10 % от действующего значения давления.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1. Управление оборудованием и средствами поверки производят лица, прошедшие обучение и проверку знаний требований безопасности и допущенные к обслуживанию технологического оборудования и средств поверки.

4.2. К работе по поверке расходомера должны допускаться лица, имеющие необходимую квалификацию по поверке СИ расхода.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

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

Таблица 2 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Номер пункта методики поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
7-10	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 15 °С до 25 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности ± 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 % до 90 % с пределами допускаемой абсолютной погрешности ± 2 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 106 кПа, с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ кПа	Термогигрометр ИВА-6Н-Д (рег. № 46434-11)

Номер пункта методики поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
10.1.1	Вторичный или рабочий эталон 1-го или 2-го разряда единиц массы жидкости в потоке и массового расхода жидкости согласно ГПС (часть 1), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2023 №2356, диапазон измерений (воспроизведения) массы жидкости в потоке и массового расхода жидкости эталона должен соответствовать диапазону средства измерений, пределы относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) должны быть меньше пределов относительной погрешности средства измерений не менее 1:3 (далее - ПУ)	Установки поверочные ВПУ-Энерго ТС, рег. № 74543-19
10.1.2	Рабочий эталон 1-го или 2-го разряда единиц объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости согласно ГПС (часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2023 №2356 (Установка трубопоршневая (стационарная или передвижная): пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 0,05$ или $\pm 0,1$ %)	Установка поверочная трубопоршневая OGSB, рег. № 83372-21
10.1.2, 10.2.2	Лабораторный плотномер и (или) поточный преобразователь плотности: пределы допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,3$ кг/м ³ (далее – эталонный лабораторный плотномер, эталонный поточный преобразователь плотности)*	Преобразователь плотности 7835, рег. №52638-13
10.1.2, 10.2, 10.3	Рабочий эталон 3 разряда согласно ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 19.11.2024 № 2712, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,4$ °C (далее – эталонный термометр)	Термометр сопротивления ПТСВ-9-2, рег. №65421 с измерителем температуры МИТ2, рег. №46432-11
10.1.2	Преобразователи избыточного давления: пределы допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,5$ %	Преобразователь давления 3051TG, рег. №14061-10
	Устройство обработки информации: пределы допускаемой относительной погрешности преобразований входных токовых сигналов $\pm 0,025$ %, пределы допускаемой относительной погрешности вычислений К-фактора $\pm 0,025$ %	Комплекс измерительно-вычислительный ИМЦ-07, рег. №53852-13

Номер пункта методики поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
10.1.3	Персональный компьютер с возможностью подключения к расходомеру по интерфейсу RS-485	-
10.2.1	Лабораторный плотномер и (или) поточный преобразователь плотности: пределы допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,3 \text{ кг/м}^3$ (далее – эталонный лабораторный плотномер, эталонный поточный преобразователь плотности)*	Измеритель плотности ВИП-2МР, рег. №27163-09
10.4	Рабочий эталон 2 разряда согласно ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.10.2018 № 2091, диапазон измерений $\pm 25 \text{ мА}$	Калибраторы многофункциональные и коммуникаторы BEAMEX MC6 (-R), Рег. №52489-13

*- Лабораторный плотномер и (или) поточный преобразователь плотности должны быть поверены, как средства измерений, с подтверждением соответствия обязательным требованиям к эталонам, предъявляемым данной методикой поверки.

Допускается применение средств поверки, не приведенных в таблице 2, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.

При проведении поверки по методикам МИ 3151-2008, МИ 3272-2010, МИ 3313-2011, МИ 3622-2020 и МИ 2816-2012 применяются эталоны, средства измерений и вспомогательное оборудование, указанные в данных методиках поверки.

6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки соблюдают следующие требования (условия):

- правил техники безопасности, действующих на месте проведения поверки;
- правил безопасности при эксплуатации средств поверки и расходомера, приведенных в их эксплуатационных документах;
- правил по охране труда, действующих на месте проведения поверки.

6.2 К средствам поверки и расходомеру обеспечивают свободный доступ.

6.3 Освещенность должна обеспечивать отчетливую видимость средств поверки и расходомера, а также снятие показаний с них.

6.4 При появлении течи измеряемой среды и других ситуаций, нарушающих процесс проведения поверки, поверка должна быть прекращена или приостановлена до устранения неисправностей.

6.5 Монтаж и демонтаж электрических цепей средств поверки должно проводиться только при отключенном питании всех устройств.

6.6 Монтаж и демонтаж расходомеров должны производиться при отсутствии давления в измерительной линии.

6.7. При проведении поверки согласно методикам МИ 3151-2008, МИ 3272-2010, МИ 3313-2011, МИ 3622-2020 и МИ 2816-2012 в условиях эксплуатации соблюдают условия поверки, изложенные в соответствующих методиках.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре устанавливают соответствие расходомера следующим требованиям:

- внешний вид расходомера должен соответствовать описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- комплектность и маркировка расходомера должны соответствовать описанию типа и эксплуатационным документам;
- на расходомере не должно быть внешних механических повреждений и дефектов, препятствующих его применению;
- на расходомере должна быть возможность нанесения пломбировки в целях защиты от несанкционированного вмешательства.

7.2 Результат внешнего осмотра считают положительным, если внешний вид, комплектность и маркировка расходомера соответствует эксплуатационным документам, на расходомере отсутствуют внешние механические повреждения и дефекты, препятствующие его применению, на расходомере присутствует возможность нанесения знака поверки в целях защиты от несанкционированного вмешательства или отрицательным. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

7.3. При проведении поверки согласно методикам МИ 3151-2008, МИ 3272-2010, МИ 3313-2011, МИ 3622-2020 и МИ 2816-2012 в условиях эксплуатации выполняют операции, изложенные в соответствующих методиках.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

При подготовке к поверке выполняют следующие работы:

- проверка выполнения условий разделов 3, 4, 5 и 6 настоящего документа;
- подготовка к работе расходомера и средств поверки согласно их эксплуатационным документам;
- проверка герметичности соединений и узлов гидравлической системы рабочим давлением.

8.2 Опробование.

При опробовании определяют работоспособность расходомера.

8.2.1 Установка нуля

На расходомер, установленный в измерительной линии поверочной установки, подают напряжение электропитания, включают расходомер, устанавливают нуль расходомера в соответствии с п. 2.5.4 РЭ.

8.2.2 Опробование расходомера проводят путем увеличения или уменьшения расхода измеряемой среды, воспроизводимое поверочной установкой, в пределах диапазона измерений расходомера.

8.2.3 Результат опробования считается положительным, если:

- в процессе опробования расходомер функционирует в штатном режиме и при увеличении или уменьшении расхода показания расходомера по каналам измерений массового и объёмного расходов изменяются соответствующим образом;

- показания расходомера по каналам измерений плотности и температуры находятся в пределах диапазонов плотности и температуры измеряемой среды при текущих условиях измерений.

8.2.4 При проведении поверки согласно методикам МИ 3151-2008, МИ 3272-2010, МИ 3313-2011, МИ 3622-2020 и МИ 2816-2012 в условиях эксплуатации выполняют операции, изложенные в соответствующих методиках.

9. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Идентификация встроенного программного обеспечения (ПО) осуществляется по номеру версии на экране при включении расходомера (на 5 секунд). Идентификационные данные ПО должны соответствовать данным приведенным в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значения
Идентификационное наименование ПО	ЭНЕРГИЯ-М
Номер версии (идентификационный номер) ПО	2.XX*
Цифровой идентификатор ПО	-
*-где XX– цифра от 9 до 99, обозначающая метрологически незначимую часть ПО.	

Результат проверки считается положительным, если идентификационные данные ПО соответствуют указанным в таблице 3.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение относительной погрешности при измерении массы, объема, массового и объемного расхода.

10.1.1 В лабораторных условиях.

10.1.1.1 Определение относительной погрешности при измерении массового расхода и массы проливным методом проводят в контрольных точках расходов (0,05-0,25) Q_{\max} ; (0,3-0,5) Q_{\max} ; (0,6-1,0) Q_{\max} , где Q_{\max} максимальное значение диапазона измерений расхода из паспорта расходомера.

10.1.1.2 Если отношение пределов относительной погрешности ПУ к пределам относительной погрешности расходомера не более 1:3, то определение метрологических характеристик расходомеров с относительной погрешностью $0,1\% < \delta \leq 0,2\%$ проводится трехкратным измерением, а для расходомеров с относительной погрешностью $\delta > 0,2\%$ - двухкратным измерением.

Значения относительной погрешности расходомера в режимах измерения массового (объемного) расхода и массы (объема) для каждого i -ого измерения в каждой j -ой точке вычисляют по формуле 1:

$$\delta X_j = \frac{X_{\text{расх}j} - X_{\text{эт}j}}{X_{\text{эт}j}} \cdot 100 \quad (1)$$

где - δX_j - δM_j - относительная погрешность измерений массы или δV_j - относительная погрешность измерений объема или $\delta Q M_j$ - относительная погрешность измерений массового расхода или $\delta Q V_j$ - относительная погрешность измерений объемного расхода при j -ом измерении;

$X_{\text{расх}j}$ - $M_{\text{расх}j}$ - значения массы (кг) или $V_{\text{расх}j}$ - значения объема (м^3) или $Q M_{\text{расх}j}$ - значения массового расхода (кг/ч) или $Q V_{\text{расх}j}$ - значения объемного расхода ($\text{м}^3/\text{ч}$) измеренные расходомером при j -ом измерении;

$X_{\text{эт}j}$ - $M_{\text{эт}j}$ значения массы (кг) или $V_{\text{эт}j}$ - значения объема (м^3) или $Q M_{\text{эт}j}$ - значения массового расхода (кг/ч) или $Q V_{\text{эт}j}$ - значения объемного расхода ($\text{м}^3/\text{ч}$) измеренные ПУ при j -ом измерении.

Результаты поверки по п. 10.1 считают положительными, если значения относительной погрешности измерений массы, объема, массового расхода и массы не выходят за пределы указанные в Таблице 4.

10.1.1.3 Если отношение пределов относительной погрешности ПУ к пределам относительной погрешности расходомера более 1:3, но не более 1:1,1 то определение метрологических характеристик расходомеров проводится не менее чем пятикратным измерением.

Вычисляют:

- значения коэффициентов коррекции для каждого i -ого измерения в каждой j -ой контрольной точке $X F_{ji}$ по формуле 2:

$$XF_{ji} = \frac{X_{э\tau ji}}{X_{расх ji}} \quad (2)$$

- средние арифметические значения коэффициентов коррекции в каждой j-ой контрольной точке XF_j по формуле 3:

$$XF_j = \frac{1}{n_j} \cdot \sum_{i=1}^{n_j} XF_{ji} \quad (3)$$

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

- среднее арифметическое значение коэффициента коррекции в диапазоне измерений XF по формуле 4:

$$XF = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m XF_j \quad (4)$$

где m - количество контрольных точек;

- среднее квадратическое отклонение (далее – СКО) результатов определений коэффициентов коррекции S_j , %, по формуле 5:

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

- СКО среднего арифметического значения S_{oj} , %, по формуле 6:

$$S_{oj} = \frac{S_j}{\sqrt{n_j}} \quad (6)$$

- случайную составляющую погрешности расходомера ε_j , %, по формуле 7:

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

где $t_{0,95j}$ - квантиль распределения Стьюдента при доверительной вероятности равной 0,95, определенный в соответствии с ГОСТ 8.736-2011;

- неисключаемую систематическую погрешность расходомера θX_j , %, по формуле 8:

$$\theta X_j = \frac{XF_j - XF}{XF} \cdot 100 \quad (8)$$

- суммарную неисключаемую систематическую погрешность расходомера θ_Σ , %, по формуле 9:

$$\theta_\Sigma = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{э\tau}^2 + (\max |\theta X_j|)^2} \quad (9)$$

где $\delta_{э\tau}$ - пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы, объема, массового и объемного расхода ПУ, %.

Относительную погрешность измерений массы, объема, массового и объемного расхода δX , %, вычисляют по формуле:

$$\delta X = \frac{\varepsilon + \theta_\Sigma}{S_o + \theta_\Sigma / \sqrt{3}} \cdot \sqrt{\left(\frac{\theta_\Sigma}{\sqrt{3}}\right)^2 + S_o^2} \quad (10)$$

где ε - случайная составляющая погрешности расходомера в диапазоне измерений принимаемая равной максимальному значению из ε_j , %;

S_o - СКО среднего арифметического значения в диапазоне измерений принимаемое равным значению S_{oj} , при котором ε_j имеет максимальное значение, %.

Результаты поверки по п. 10.1 считают положительными, если значения относительной погрешности измерений массы, объема, массового расхода и массы не выходят за пределы указанные в Таблице 4.

10.1.2 В условиях эксплуатации.

При проведении поверки согласно методикам МИ 3151-2008, МИ 3272-2010, МИ 3313-2011, МИ 3622-2020 и МИ 2816-2012 в условиях эксплуатации выполняют операции, изложенные в соответствующих методиках.

Обработку результатов измерений проводят в соответствии с соответствующими методиками.

Результаты поверки по п. 10.1 считают положительными, если значения относительной погрешности измерений массы, объема, массового расхода и массы не выходят за пределы указанные в Таблице 4.

10.1.3 Определение погрешности при измерении массы, объема, массового и объемного расхода, плотности измеряемой среды имитационным методом.

Имитационный метод может применяться только для периодической поверки расходомера по каналу массового расхода (массы) и объемного расхода (объема).

Запустить на персональном компьютере сервисную ПО «Энергия-М» или любое другое внешнее ПО, способное через пользовательский интерфейс считать параметры и результаты имитационной поверки. Выполнить функцию «Процедура имитационной поверки» в соответствии с руководством по эксплуатации.

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

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

После проведения имитационного метода поверки расходомер признают годным к эксплуатации с метрологическими характеристиками, приведёнными в Таблице 4.

10.2 Определение абсолютной погрешности канала измерений плотности расходомера.

10.2.1 Определение абсолютной погрешности канала измерений плотности при первичной и периодической поверке в лабораторных условиях.

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

- отбирают пробу жидкости на выходном участке ПУ;
- в момент отбора пробы жидкости фиксируют показания канала измерений плотности расходомера;

- измеряют температуру жидкости на выходном участке ПУ с помощью эталонного термометра;

- измеряют плотность отобранной пробы жидкости при измеренном значении температуры с помощью эталонного лабораторного плотномера;

- вычисляют абсолютную погрешность измерений плотности жидкости по формуле 11:

$$\Delta\rho_j = \rho_{\text{расх}j} - \rho_{\text{эт}j} \quad (11)$$

где: $\rho_{\text{расх}j}$ - значение плотности жидкости по данным канала измерений плотности расходомера при j-ом измерении, кг/м³;

$\rho_{\text{эт}j}$ - значение плотности, измеренное эталонным плотнометром при j-ом измерении, кг/м³.

Результаты поверки по 10.2.1 считают положительными, если значение абсолютной погрешности измерений плотности для каждого измерения не выходит за пределы указанные в Таблице 4.

10.2.2 Определение абсолютной погрешности канала измерений плотности при периодической поверке в условиях эксплуатации.

Абсолютную погрешность измерений плотности определяют сличением показаний канала измерений плотности расходомера и эталонного поточного преобразователя плотности не менее двух раз при текущем значении массового расхода следующим образом:

- одновременно фиксируют показания канала измерений плотности расходомера и эталонного поточного преобразователя плотности;

- вычисляют абсолютную погрешность измерений плотности жидкости по формуле 11.

Результаты поверки по 10.2.2 считают положительными, если значение абсолютной погрешности измерений плотности для каждого измерения не выходит за пределы указанные в Таблице 4.

Примечание: при периодической поверке в условиях эксплуатации допускается выполнять поверку измерений плотности расходомера в соответствии с требованиями МИ 2816-2012.

10.3 Определение абсолютной погрешности измерений температуры.

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

Для каждого измерения вычисляют абсолютную погрешность измерений температуры по формуле 12:

$$\Delta t_j = t_{\text{расх}j} - t_{\text{эт}j} \quad (12)$$

где: $t_{\text{расх}j}$ - значение температуры, измеренное расходомером при j-ом измерении, °С;

$t_{\text{эт}j}$ - значение температуры, измеренное эталонным термометром при j-ом измерении, °С.

Результаты поверки по 10.3 считают положительными, если значение абсолютной погрешности измерений температуры для каждого измерения не выходит за пределы указанные в Таблице 4.

10.4 Определение приведенной погрешности преобразования измеренной величины в токовый выходной сигнал

Определение приведенной погрешности преобразования токового сигнала от 4 до 20 мА проводят при необходимости использования токового сигнала в четырех контрольных точках: 4, 10, 16, 20 мА.

К выходному токовому каналу расходомера подключают калибратор, установленный в режим измерений токовых сигналов.

В каждой контрольной точке в соответствии с РЭ запускают режим «эмуляция расхода» последовательно задают токовые сигналы 4, 10, 16, 20 мА и вычисляют приведенную погрешность γI_j , % по формуле 13:

$$\gamma I_j = \frac{I_{\text{расх}j} - I_{\text{эт}j}}{16} \cdot 100 \quad (13)$$

где: $I_{\text{расх}j}$ - значение токового сигнала в j-ой точке, на токовом выходе расходомера, мА;

$I_{\text{эт}j}$ - значение токового сигнала в j-ой точке, измеренное калибратором, мА.

Результаты поверки по 10.4 считают положительными, если значение приведенной погрешности преобразования токового сигнала от 4 до 20 мА каждого измерения не выходит за пределы указанные в Таблице 4.

Таблица 4 - Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение		
	Стандартное		Компактное
Исполнение расходомера-счетчика			
Номинальный диаметр DN	от 25 до 300	от 10 до 15	от 3 до 300
Диапазон измерений массового расхода жидкости ¹⁾ , кг/ч	от 30 до 2500000	от 5 до 5000	от 1,2 до 2500000
Диапазон измерений объемного расхода жидкости ¹⁾ , м ³ /ч	от 0,01 до 8000	от 0,0016 до 16	от 0,0008 до 8000
Диапазон измерений массового расхода газа ¹⁾ , кг/ч	$\frac{(30-2500000)k_r}{\rho_r} \cdot 2)$	$\frac{(5-5000)k_r}{\rho_r} \cdot 2)$	$\frac{(2-2500000)k_r}{\rho_r} \cdot 2)$
Диапазон измерений объемного расхода газа ¹⁾ , м ³ /ч	$\frac{(30-2500000)}{k_r} \cdot 2)$	$\frac{(5-5000)}{k_r} \cdot 2)$	$\frac{(2-2500000)}{k_r} \cdot 2)$
Диапазон измерений плотности, кг/м ³	от 470 до 2000		
Класс точности ³⁾	0,1; 0,12; 0,15; 0,2; 0,5		
Пределы допускаемой относительной погрешности при регистрации результата измерений по индикатору, частотному, импульсному, токовому и цифровым выходным сигналам ⁴⁾ , %:			
- измерения массы (массового расхода) жидкости, $\delta_{\text{мж}}$ ³⁾	$\pm 0,1; \pm 0,12; \pm 0,15; \pm 0,2; \pm 0,5$ ⁵⁾		
- измерения массы (массового расхода) газа, $\delta_{\text{мг}}$ ³⁾	$\delta_{\text{мж}} + 0,25$		

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой относительной погрешности при регистрации результата измерений по индикатору, частотному, импульсному, токовому цифровым выходным сигналам, %: - измерения объема (объемного расхода) жидкости, $\delta_{вж}$ - измерения объема (объемного расхода) газа, $\delta_{вг}$	$\pm 0,1; \pm 0,12; \pm 0,15; \pm 0,2; \pm 0,5^4)$ $\delta_{вж} + 0,25$
Пределы допускаемой относительной погрешности при регистрации результата измерений по индикатору, частотному, импульсному, токовому и цифровым выходным сигналам после имитационной поверки, %: - измерения объема (объемного расхода) жидкости - измерения объема (объемного расхода) газа - измерения массы (массового расхода) жидкости - измерения массы (массового расхода) газа	$\delta_{вж} + 0,2$ $\delta_{вг} + 0,2$ $\delta_{мж} + 0,2$ $\delta_{мг} + 0,2$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении плотности по индикатору, частотному и цифровому выходным сигналам, кг/м^3	$\pm 1,0$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении плотности по индикатору, частотному и цифровому выходным сигналам после имитационной поверки, кг/м^3	± 15
Пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении температуры ΔT , $^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,5$
Пределы допускаемой приведенной погрешности преобразования измеренной величины в токовый выходной сигнал, %, от диапазона измерений	$\pm 0,05$
Примечания: 1) Диапазон измерений расходомеров определяется типоразмером, может быть ограничен в соответствии с условиями эксплуатации. Конкретное значение указано в паспорте 2) $\rho_{г}$ – плотность газа при рабочих условиях, кг/м^3 $k_{г}$ – эмпирический коэффициент, указан в руководстве по эксплуатации расходомера-счетчика 3) по заказу 4) При $Q < Q_{\min}$ относительная погрешность определяется по формуле: для жидкости $\pm [\delta_{мж} + (Z/Q) \cdot 100\%]$;	

Наименование характеристики	Значение
для газа $\pm [\delta_{\text{МГ}} + (Z / Q) \cdot 100\%]$ $Z (Q_{\text{min}})$ – стабильность нуля (минимальный расход) указываются в руководстве по эксплуатации, Q – измеренное значение расхода, кг/ч ⁵⁾ Численно равна классу точности	

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки оформляются протоколом (рекомендуемая форма приведена в Приложении А).

11.2 При отрицательных результатах периодической поверки расходомер бракуют с выдачей извещения о непригодности установленного образца.

11.3 Информация о поверке расходомера передается в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в установленном порядке.

ПРОТОКОЛ
поверки расходомера-счетчика массового кориолисового Энергия-М

модель _____

зав. номер _____

Условия поверки:

- температура окружающего воздуха, °C _____

- относительная влажность, % _____

- атмосферное давление, кПа _____

Средства поверки и сведения о них _____

Результаты идентификации программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значения
Идентификационное наименование ПО	
Номер версии (идентификационный номер) ПО	

Пригоден/непригоден

Определение относительной погрешности при измерении массы, объема, массового и объемного расхода, температуры, плотности

№№	Мэ, кг, Vэ, м ³ Qэ, кг/ч (м ³ /ч)	Мр, кг, Vр, м ³ Qр, кг/ч (м ³ /ч)	δ, %	Допуск, %

Определение приведенной погрешности преобразования измеренной величины в токовый выходной сигнал

№№	Мэ, кг, Vэ, м ³ Qэ, кг/ч (м ³ /ч)	Мр, кг, Vр, м ³ Qр, кг/ч (м ³ /ч)	γ, %	Допуск, %

Определение абсолютной погрешности при измерении температуры

№№	tэ, °C	tр, °C	Δ, °C	Допуск, °C

Определение абсолютной погрешности при измерении плотности

№№	ρэт j, кг/м ³	ρрасх j, кг/м ³	Δρj, кг/м ³	Допуск, кг/м ³

Расходомер-счетчик массовый кориолисовый Энергия-М _____

пригоден (непригоден)

Поверитель _____ / _____ /

Дата _____

Форма протокола имитационной поверки (рекомендуемая)

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ					
расходомера-счетчика массового кориолисового "Энергия-М"					
(имитационный метод)					
Заводской номер:	_____				
Условный диаметр расходомера:	_____				
Регистрационный номер госреестра:	_____				
Методика поверки:	МП _____ "Расходомеры-счетчики массовые кориолисовые "Энергия-М". Методика поверки"				
Средства поверки:	_____				
Условия проведения поверки:	_____				
- температура окружающего воздуха, °C:	_____				
- атмосферное давление, кПа:	_____				
- относительная влажность воздуха, %:	_____				
1. Результаты внешнего осмотра:	_____				
	(соответствует, не соответствует)				
2. Результаты опробования:	_____				
	(соответствует, не соответствует)				
3. Результаты проверки соответствия программного обеспечения (ПО):	_____				
Идентификационные данные	Базовое значение	Фактическое значение	Результат		
Версия внешнего ПО	_____	_____	_____		
Идентификационный номер ПО	_____	_____	_____		
4. Результаты контроля технических параметров проточной части и электронного блока:	_____				
Контролируемый параметр	Базовое значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Фактическое значение	Результат
Частота колебания камертона, Гц	_____	_____	_____	_____	_____
Амплитуда сигнала на приемной катушке №1	_____	_____	_____	_____	_____
Амплитуда сигнала на приемной катушке №2	_____	_____	_____	_____	_____
Температура процессора, °C	_____	_____	_____	_____	_____
Амплитуда сигнала на катушке возбуждения	_____	_____	_____	_____	_____
Температура датчика расхода, °C	_____	_____	_____	_____	_____
Сдвиг нуля относительно базового	_____	_____	_____	_____	_____
Системная частота, Гц	_____	_____	_____	_____	_____
Результаты контроля наличия ошибок:	_____				
Наименование ошибки	Результат				
Перегрузка генераторной катушки	_____				
Программа не авторизована	_____				
Обрыв датчика температуры	_____				
Отсутствуют колебания камертона	_____				
Амплитуды сигнала катушек различаются более, чем на 20%	_____				
Включен режим фиксированного тока для выхода №1	_____				
Включен режим фиксированного тока для выхода №2	_____				

Параметры, входящие в контрольную сумму метрологически значимых данных:

Наименование параметра

Результат

Основные данные счетчика-расходомера

Параметры калибровки расхода

Параметры калибровки плотности

Параметры калибровки датчика температуры

Параметры калибровки токового выхода №1

Параметры калибровки токового выхода №2

Результат поверки:

Поверку выполнил:

(ФИО)

(личная подпись)

Поверитель:

(ФИО)

(личная подпись)

(дата поверки)