

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ»
(ФГБУ «ВНИИМС»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора



Ф.В. Булыгин

2024 г.

**ГСИ. Расходомеры-счетчики массовые WMF.
Методика поверки.**

МП 208-041-2024

г. Москва
2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие положения.....	3
2 Перечень операций поверки средства измерений.....	4
3 Требования к условиям проведения поверки.....	5
4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку.....	6
5 Метрологические и технические требования к средствам поверки.....	6
6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки.....	7
7 Внешний осмотр средства измерений.....	7
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений.....	7
9 Проверка программного обеспечения средства измерений.....	8
10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	9
11 Оформление результатов поверки.....	18
ПРИЛОЖЕНИЕ А	19
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	21

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на расходомеры-счетчики массовые WMF (далее - расходомеры), предназначенные для измерения массового расхода и массы, объёмного расхода и объёма, плотности, температуры жидкостей и газов, и устанавливает объем, методы и средства их первичной и периодической поверок.

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

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение			
	100	200	300	400
Преобразователь расхода первичный WMS				
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений, %:				
- $\delta_{\text{мж}}$, массового расхода и массы жидкости ³⁾⁴⁾	$\pm 0,1^5); \pm 0,15^5;$ $\pm 0,2^5); \pm 0,25^5;$ $\pm 0,5$	$\pm 0,1^5); \pm 0,15^5;$ $\pm 0,2^5); \pm 0,25^5;$ $\pm 0,5$	$\pm 0,1^5); \pm 0,15^5;$ $\pm 0,2^5); \pm 0,25^5;$ $\pm 0,5$	$\pm 0,15^5); \pm 0,2^5;$ $\pm 0,25^5); \pm 0,5$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений объёмного расхода (объёма) жидкости ³⁾⁴⁾ , %,	$\pm \delta_{VJ} = \sqrt{\delta_{\text{мж}}^2 + \delta_p^2}$			
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массового расхода (массы), объёмного расхода (объёма) жидкости и газа при имитационном методе поверки, %	$\pm(\delta_{\text{мж(г)}}+0,2);$ $\pm(\delta_{VJ(г)}+0,2)$			
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности, $\text{кг}/\text{м}^3$	$\pm 0,3; \pm 0,5; \pm 1; \pm 2$	$\pm 1; \pm 2$	$\pm 0,5; \pm 1$	± 2
Диапазон измерений температуры, $^{\circ}\text{C}$				
- Стандарт	от -55 до + 150	от -55 до + 150	от -55 до + 150	от -55 до + 150
- Расширенный диапазон	от -55 до + 240	от -55 до + 240	от -55 до + 240	-
- Высокотемпературная версия	от -55 до + 350	-	-	-
- Криогенная версия	от -200 до + 150	от -200 до + 150	от -200 до + 150	-
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, $^{\circ}\text{C}$	± 1			

³⁾ Указаны пределы допускаемой погрешности при массовом (объёмном) расходе $G(Q) \geq G_t(Q_t)$, где $G_t(Q_t)$ – значение переходного массового (объёмного) расхода, кг/ч ($m^3/ч$), рассчитываемое по формуле

$$G_t = ZS/\delta_M * 100, \quad (1)$$

$$Q_t = G_t/\rho, \quad (2)$$

где ZS – значение стабильности нуля в соответствии с руководство по монтажу, эксплуатации и техническому обслуживанию, кг/ч;

δ_M – пределы допускаемой относительной погрешности при массовом расходе

$Q_m(G_m)$ – значение текущего расхода, кг/ч

При массовом расходе $G_m < G_t$ пределы допускаемой относительной погрешности δ_M , %, рассчитываются по формуле

$$\delta_M = \pm ZS/G * 100, \quad (3)$$

где G – измеряемое значение массового расхода, кг/ч.

⁴⁾ где δ_V – относительная погрешность измерений объемного расхода (объема), %;

δ_M – относительная погрешность измерений массового расхода (массы), %;

δ_ρ – относительная погрешность измерений плотности, %.

⁵⁾ При поверке расходомеров в составе СИКН, СИКНП или АСН, и/или поверке с помощью компакт-прувера, трубопоршневой установки, эталонов 2-го разряда; 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;

⁶⁾ Диапазон индикации значения плотности измеряемой среды от 0 до $5000 \text{ кг}/m^3$

1.3 Реализация данной методики обеспечивает метрологическую прослеживаемость расходомеров к:

- Государственному первичному специальному эталону единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2019, в соответствии с ГПС для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, согласно Приказу Росстандарта от 26.09.2022 № 2356;

- Государственному первичному эталону единиц объемного и массового расходов газа ГЭТ 118-2017, в соответствии с ГПС для средств измерений объемного и массового расходов газа, согласно Приказу Росстандарта №1133 от 11.05.2022;

- Государственному первичному эталону единицы температуры в диапазоне от 0 до $3200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ГЭТ 34-2020, в соответствии с ГПС для средств измерений температуры, согласно Приказу Росстандарта от 23.12.2022 № 3253 для средств измерений температуры.

- Государственному первичному эталону единицы плотности ГЭТ 18-2014, в соответствии с ГПС для средств измерений плотности, согласно Приказу Росстандарта от 01.11.2019 № 2603 для средств измерений плотности.

1.4 Допускается возможность проведения при периодической поверке отдельных измерительных каналов из состава расходомера для меньшего числа измеряемых величин в соответствии с заявлением владельца, с обязательным указанием информации об объеме проведенной поверки при передаче сведений о результатах поверки расходомера в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

1.5 Методика описывает два метода поверки: проливной и имитационный. Для первичной поверки может использоваться только проливной метод.

1.6 В методике поверки реализованы методы передачи единиц величин непосредственным сличением и методом косвенных измерений

1.7 При поверке на месте эксплуатации в составе СИКН, СИКНП или АСН, и/или поверке с помощью компакт-прувера, трубопоршневой установки, эталонов 2-го разряда по МИ 3151-2008 «ГСИ.Счётчики-расходомеры массовые. Методика поверки на месте эксплуатации трубопоршневой поверочной установкой в комплекте с поточным преобразователе плотности», МИ 3272-2010 «Счетчики-расходомеры массовые методика поверки на месте эксплуатации компакт-прувером в комплекте с турбинным преобразователем расхода и поточным преобразователем плотности», МИ 3313-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений Счетчики-расходомеры массовые методика поверки с помощью эталонного счетчика-расходомера массового», МИ 3622-20 «ГСИ. Счетчики-расходомеры (расходомеры) массовые. Методика поверки на базе счетчиков-расходомеров (расходомеров) массовых», МИ 3288-2010 «ГСИ. Счетчики-расходомеры массовые. Методика поверки комплектом компакт-прувера, преобразователя объемного расхода и поточного преобразователя плотности» поверка проводится в объеме указанных методиках.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Наименование операции поверки	Проведение операций при		Номер раздела (пункта) методики поверки
	первичной поверке	периодическо й поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10
Определение метрологических характеристик при измерении объемного расхода и объема:			
- проливным методом	Да	Да	10.1
- имитационным методом	Нет	Да	10.2
- проливным методом на месте эксплуатации	Нет	Да	10.3

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки соблюдают следующие условия:

3.1. При проведении поверки расходомеров проливным методом должны быть соблюдены следующие условия:

- относительная влажность окружающего воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа;
- температура окружающей среды $(25 \pm 10) ^\circ\text{C}$;
- измеряемая среда – вода по СанПиН 2.1.3684-21;
- температура измеряемой среды: $(20 \pm 10) ^\circ\text{C}$;

3.2 При поверке расходомера имитационным методом с демонтажем дополнительно должны быть соблюдены следующие условия:

- относительная влажность окружающего воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа;

- температура окружающей среды $(25 \pm 10) ^\circ\text{C}$;
- изменение температуры за время поверки, не более $2 ^\circ\text{C}$;
- внутренняя поверхность измерительной трубы первичного преобразователя должна быть очищена и осушена;
- расходомер должен быть свободно подвешен на тросе, который закреплен с двух сторон за воротники фланцев, при этом один из фланцев закрыт заглушкой с целью исключить движение воздуха внутри измерительной трубы.

Для расходомеров с типоразмером $\text{DN} \geq 80$ допускается использовать под фланцы опоры вместо подвеса;

3.3 При проведения поверки на месте эксплуатации проливным методом, должны выполняться условия, приведенные в МИ 3151-2008, МИ 3272-2010, МИ 3313-2011, МИ 3622-2020.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

Проведение поверки должен выполнять персонал, отвечающий требованиям, предъявляемым к поверителям средств измерений (СИ), знающий принцип действия используемых при проведении поверки эталонов и СИ, изучивший настоящую методику поверки, руководство по эксплуатации и прошедший инструктаж по технике безопасности. Допускается проводить поверку с привлечением обученного персонала, под непосредственным руководством поверителя.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

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

Таблица 3

Операции поверки требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10.1	Вторичный или рабочий эталон 1-го, 2го или 3го разряда по приказу Росстандарта от 26.09.2022 № 2356 с диапазоном воспроизведения массового (объемного) расхода соответствующим диапазону поверочных расходов поверяемого расходомера	Установки поверочные автоматизированные УПА рег. № 86233-22
Раздел 8 Раздел 9 Раздел 10	Измеритель влажности, температуры окружающего воздуха и атмосферного давления. Диапазон измерений температуры от $+10$ до $+40 ^\circ\text{C}$ с пределами допускаемой абсолютной погрешности: $\pm 0,5 ^\circ\text{C}$; диапазон измерений влажности от 30 до 80 % с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности $\pm 3 \%$, диапазон измерений давления от 84 до 106 кПа с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5 \text{ кПа}$	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13
п. 10.1.3 п. 10.1.4	Рабочий эталон единицы температуры 3-го разряда в соответствии с приказом	Термометр лабораторный эталонный LTA,

	Росстандарта от 23.12.2022 № 3253 с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$	рег. № 69551-17
п. 10.1.4	Средство измерений плотности жидкости Диапазон измерений от 650 до 2000 кг/м ³ . Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности $\pm 0,1 \text{ кг}/\text{м}^3$.	Измеритель плотности жидкостей вибрационный ВИП-2МР, рег. № 27163-09
	Ареометры общего назначения, диапазон измерения: 930-1000 кг/м ³ , 1000-1070 кг/м ³ , пределы допускаемой абсолютной погрешности: $\pm 0,5 \text{ кг}/\text{м}^3$	Ареометры - рабочие эталоны 1-го разряда рег. № 27442-04

Примечание:

1. Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.
2. При проведении поверки на месте эксплуатации (без демонтажа) применяют средства поверки согласно МИ 3151-2008, МИ 3272-2010, МИ 3313-2011, МИ 3622-2020, МИ 3288-2010

6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

- 6.1 При проведении поверки соблюдают требования безопасности, определяемые:
- правилами безопасности труда, действующими в поверочной лаборатории;
 - правилами безопасности, действующими на предприятии;
 - правилами безопасности при эксплуатации используемых средств поверки, приведенными в их эксплуатационной документации.

6.2 При подключении расходомера к испытательному оборудованию необходимо соблюдать общие требования безопасности, установленные в документах ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.3.019-80, «Правила эксплуатации электроустановок потребителей», «Правила охраны труда при эксплуатации электроустановок потребителей».

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

6.4 Монтаж и демонтаж расходомера на установке поверочной должен производиться в соответствии с требованиями безопасности, указанными в эксплуатационной документации на расходомер.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

- 7.1 При внешнем осмотре расходомера проверяют:
- комплектность должна соответствовать данным, указанным в эксплуатационной документации на расходомер;
 - маркировка расходомера должна соответствовать данным, указанным в эксплуатационной документации. Таблички должны быть читаемы;
 - серийный номер должен соответствовать записи в паспорте;
 - контакты разъемов должны быть чистые и не иметь следов коррозии;
 - отсутствие механических повреждений, препятствующих проведению поверки.
 - при поверке в лабораторных условиях, проточная часть расходомера не должна иметь на внутренней поверхности грязи и отложений.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 При поверке проливным методом.

8.1.1 Перед проведением поверки поверяемый расходомер подготавливают к работе согласно руководству по эксплуатации (далее – РЭ) и выдерживают в условиях поверки не менее 2 часов.

8.1.2 Опробование расходомера в лабораторных условиях проводят путем увеличения/уменьшения расхода жидкости в пределах рабочего диапазона измерений. В рабочем режиме расходомера регистрирует измеряемый расход (объем или массу);

8.1.3 Опробование допускается совместить с определением метрологических характеристик.

8.1.4 Расходомер должен генерировать выходной сигнал, пропорциональный текущему расходу;

8.1.5 Провести настройку нулевой точки расходомера в соответствии с эксплуатационной документацией.

8.2 При поверке имитационным методом

8.2.1 Расходомер должен быть выдержан в условиях поверки в течении 24 часа

8.2.2 Расходомер должен быть включён не менее, чем за 30 минут до начала поверки.

8.2.3 Опробование не проводится.

8.2.4 При поверке расходомеров с преобразователем сигналов WMC-20, WMC-30, WMC-40 необходимо установить программное обеспечение Wemetro Insight на персональный компьютер и при помощи адаптера Modbus подключиться к расходомеру в соответствии с РЭ. Данное программное обеспечение поставляется с прибором при заказе или необходимо обратиться к изготовителю.

8.3 При поверке расходомеров проливным методом на месте эксплуатации убеждаются в наличии показаний значений массового или объемного расхода жидкости, плотности и температуры.

8.4 Результат поверки считается положительным, если в процессе опробования по п. 8.1 и 8.3 расходомер функционирует в штатном режиме (отсутствуют диагностические сообщения об ошибках) и при увеличении или уменьшении расхода показания расходомера изменяются соответствующим образом, отображаются значения массового или объемного расхода жидкости, плотности и температуры.

По п.8.2 должно пройти успешное подключение расходомера к ПО Wemetro Insigh

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Проверяют соответствие идентификационных данных программного обеспечения (ПО). Для этого, согласно эксплуатационной документации, необходимо войти в меню «Версия ПО» и считать номер версии.

Таблица 4

Идентификационные данные (признаки)	Значение			
Идентификационное название ПО	WMC 10	WMC 20	WMC 30	WMC 40
Номер версии (идентификационный номер) ПО	MxxDxxF xx;		1.xx	
Примечание	Обозначение X в записи номера версии ПО заменяет символы, отвечающие за метрологически незначимую часть.			

Результат поверки считается положительным, если номер версий программного обеспечения (идентификационный номер ПО) соответствуют информации, указанной в таблице 4. Номер версий программного обеспечения записать в протокол поверки.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Проливной метод

Определение погрешностей расходомера при измерении массы (массового расхода), объема (объемного расхода) жидкости проливным методом с помощью поверочной установки проводится при измерениях массы и объема путем сличения показаний расходомера и поверочной установки. Подключение расходомера к поверочной установке осуществлять по частотно-импульльному выходу.

В случае если расходомер не имеет частотно-импульсного выхода, то прибор может быть подключен к поверочной установке при помощи токового или цифровых выходов.

10.1.1 Определение относительной погрешности измерений массы.

10.1.1.1 Определить значение относительной погрешности измерений массового расхода (массы) δ_M при значениях массового расхода, выбранных из рабочего диапазона расходомера в трех точках (для обозначения точки расхода применяется индекс j): 5-10 %, 20-25 %, 30--100 % от $G_{жмакс}$.

$G_{жмакс}$ – равен максимальному расходу поверяемого расходомера.

Для расходомеров с типоразмером $DN \geq 100$, допускается проводить измерения на расходах 5-10 % и 20-25 % от $G_{жмакс}$, $Q_{наиб}$

где

$Q_{наиб}$ – наибольшее значение расхода поверочной установки для типоразмера поверяемого расходомера.

Время проведения (накопления) одного измерения должно быть не менее 60 секунд или не менее 10000 импульсов.

Количество измерений на каждом поверочном расходе зависит от соотношения пределов допускаемых погрешностей (доверительных границ суммарной погрешности) эталона и средства измерений, поэтому вначале необходимо определить это соотношение α_p по формуле:

$$\alpha_p = \frac{\delta_{эт}}{\delta_{си}} \quad (1)$$

где

$\delta_{эт}$ – пределы допускаемой относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) воспроизведения эталоном единицы массы жидкости;

$\delta_{си}$ – пределы допускаемой относительной погрешности поверяемого расходомера, согласно сведениям из его описания типа.

Если $\alpha_p > 1/2$, то поверку прекращают.

Если $\alpha_p \leq 1/3$, то количество измерений при каждом значении поверочного расхода должно быть не менее 3-х.

Если $1/3 < \alpha_p \leq 1/2$, то количество измерений при каждом значении поверочного расхода должно быть не менее 5-ти.

10.1.1.2 Если соотношение пределов допускаемых погрешностей эталона и средства измерений $\alpha_p \leq 1/3$, то относительную погрешность измерений массы жидкости δ_{M_i} при i -ом

измерении (не менее трех измерений) определить по формуле:

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

где

M_i – масса по расходомеру, m^3 ;

$M_{\text{эт}}$ – масса по поверочной установке, m^3 ;

i – порядковый номер измерения.

Результаты поверки считают положительными, если значения относительной погрешности находятся в пределах, приведенных в таблице 1 в соответствии с исполнением расходомера, указанным в эксплуатационной документации на конкретный расходомер.

10.1.1.3 Если соотношение пределов допускаемых погрешностей рабочего эталона и средства измерений $1/3 < \alpha_p \leq 1/2$, то для каждой j -й точки поверочного расхода определить среднее значение относительной погрешности δ_{M_j} , полученной для серии из « n » измерений:

$$\delta_{M_j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_{M_{ij}} \quad (3)$$

где

j – индекс для обозначения номера точки поверочного расхода;

i – индекс для обозначения порядкового номера отдельного измерения в j -й точке поверочного расхода;

n – количество отдельных измерений в j -й точке поверочного расхода.

Определить СКО S_{jm} среднего значения относительной погрешности δ_{M_j} по формуле:

$$S_{jm} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta_{M_{ij}} - \delta_{M_j})^2}{(n - 1)}} \quad (4)$$

Если полученное значение $S_{jm} > 0,03 \%$, то поверку приостанавливают, определяют и устраниют причину повышенного СКО¹ и повторяют серию измерений для j -ой точки расхода. Если повторно полученное значение СКО удовлетворяет условию $S_j \leq 0,03 \%$, то поверку продолжают, иначе поверку прекращают.

Определить неисключенную систематическую погрешность расходомера θ_{Σ} по формуле:

$$\theta_{\Sigma} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\text{эт}}^2 + \delta_{M_{max}}^2} \quad (5)$$

где $\delta_{M_{max}}$ – наибольшее из абсолютных значений δ_{M_j} .

Определить границы случайной составляющей погрешности расходомера ε по формуле:

$$\varepsilon = t_{0.95} \cdot S_x \quad (6)$$

¹) Типичные причины повышения СКО: наличие воздуха в системе, повышенная вибрация подводящих трубопроводов, недостаточно жесткое закрепление расходомера.

где

$$S_x = \frac{s_{jm}}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

$t_{0.95}$ – коэффициент Стьюдента для n измерений при доверительной вероятности $P=0.95$, выбрать из таблицы 5.

Таблица 5 – Значения коэффициентов Стьюдента $t_{0.95}$

Количество измерений, n	Значение $t_{0.95}$	Количество измерений, n	Значение $t_{0.95}$
5	2,776	9	2,306
6	2,571	10	2,262
7	2,447	11	2,228
8	2,365	12	2,201

Определить относительную погрешность расходомера при измерении расхода δ по формуле:

$$\delta_m = (K \cdot S_\Sigma) \quad (8)$$

где $K = \frac{\varepsilon + \theta_\Sigma}{S_x + S_\theta}$ – эмпирический коэффициент;

S_Σ - суммарное среднее СКО (%), вычисляется по формуле:

$$S_\Sigma = \sqrt{S_x^2 + S_\theta^2}, \quad (9)$$

где S_θ – среднее квадратичное отклонение неисключенной систематической погрешности (НСП), вычисляемое по формуле:

$$S_\theta = \frac{\theta_\Sigma}{\sqrt{3}} \quad (10)$$

Результаты поверки считают положительными, если значения $\delta_m \leq \delta_{mj}$, приведенных в таблице 1 в соответствии с исполнением расходомера, указанным в эксплуатационной документации на конкретный расходомер.

10.1.2 Определение относительной погрешности измерений объема.

10.1.2.1 Определить значение относительной погрешности измерений объемного расхода (объема) δ_V при значениях объемного расхода, выбранных из рабочего диапазона расходомера в трех точках (для обозначения точки расхода применяется индекс j): 5-10 %, 20-25 %, 30--100 % от $Q_{жmax}$.

$Q_{жmax}$ – равен максимальному расходу поверяемого расходомера.

Для расходомеров с присоединительными диаметрами $DN \geq 100$ мм, допускается проводить измерения на расходах 5-10 % и 20-25 % от $Q_{жmax}$, $Q_{наиб}$

где

$Q_{наиб}$ – наибольшее значение расхода поверочной установки для типоразмера поверяемого расходомера.

Время проведения (накопления) одного измерения должно быть не менее 60 секунд или не менее 10000 импульсов.

Количество измерений на каждом поверочном расходе зависит от соотношения пределов допускаемых погрешностей (доверительных границ суммарной погрешности) эталона и средства измерений, поэтому вначале необходимо определить это соотношение α_p по формуле 1.

Если $\alpha_p > 1/2$, то поверку прекращают.

Если $\alpha_p \leq 1/3$, то количество измерений при каждом значении поверочного расхода должно быть не менее 3-х.

Если $1/3 < \alpha_p \leq 1/2$, то количество измерений при каждом значении поверочного расхода должно быть не менее 5-ти.

10.1.2.2 Если соотношение пределов допускаемых погрешностей эталона и средства измерений $\alpha_p \leq 1/3$, то относительную погрешность измерений объема жидкости δ_{V_i} при i -ом измерении (не менее трех измерений) определить по формуле:

$$\delta_{V_i} = \frac{V_i - V_{\text{эт}}}{V_{\text{эт}}} \cdot 100, \% \quad (11)$$

где

V_i – объем по расходомеру, м³;

$M_{\text{эт}}$ – объем по поверочной установке, м³;

i – порядковый номер измерения.

Результаты поверки считают положительными, если значения относительной погрешности находятся в пределах, приведенных в таблице 1 в соответствии с исполнением расходомера, указанным в эксплуатационной документации на конкретный расходомер.

10.1.2.3 Если соотношение пределов допускаемых погрешностей рабочего эталона и средства измерений $1/3 < \alpha_p \leq 1/2$, то для каждой j -й точки поверочного расхода определить среднее значение относительной погрешности δ_{m_j} , полученной для серии из « n » измерений:

$$\delta_{V_j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_{V_{ij}} \quad (12)$$

где

j – индекс для обозначения номера точки поверочного расхода;

i – индекс для обозначения порядкового номера отдельного измерения в j -й точке поверочного расхода;

n – количество отдельных измерений в j -й точке поверочного расхода.

Определить СКО S_{jV} среднего значения относительной погрешности δ_{m_j} по формуле:

$$S_{jV} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta_{V_{ij}} - \delta_{V_j})^2}{(n - 1)}} \quad (13)$$

Если полученное значение $S_{jV} > 0,03 \%$, то поверку приостанавливают, определяют и устраниют причину повышенного СКО² и повторяют серию измерений для j -ой точки расхода. Если повторно полученное значение СКО удовлетворяет условию $S_{jV} \leq 0,03 \%$, то поверку продолжают, иначе поверку прекращают.

Определить неисключенную систематическую погрешность расходомера θ_{Σ} по формуле:

²) Типичные причины повышения СКО: наличие воздуха в системе, повышенная вибрация подводящих трубопроводов, недостаточно жесткое закрепление расходомера.

$$\theta_{\Sigma} = 1,1 \cdot \sqrt{{\delta_{\Theta}}^2 + {\delta_{Vmax}}^2} \quad (14)$$

где δ_{Vmax} – наибольшее из абсолютных значений δ_{Vj} .

Определить границы случайной составляющей погрешности расходомера ε по формуле:

$$\varepsilon = t_{0.95} \cdot S_x \quad (15)$$

где

$$S_x = \frac{S_{JV}}{\sqrt{n}} \quad (16)$$

$t_{0.95}$ – коэффициент Стьюдента для n измерений при доверительной вероятности $P=0.95$, выбрать из таблицы 4.

Определить относительную погрешность расходомера при измерении объема δ по формуле:

$$\delta V = (K \cdot S_{\Sigma}) \quad (17)$$

где $K = \frac{\varepsilon + \theta_{\Sigma}}{S_x + S_{\Theta}}$ – эмпирический коэффициент;

S_{Σ} - суммарное среднее СКО (%), вычисляется по формуле:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{{S_x}^2 + {S_{\Theta}}^2}, \quad (18)$$

где S_{Θ} – среднее квадратичное отклонение неисключенной систематической погрешности (НСП), вычисляемое по формуле:

$$S_{\Theta} = \frac{\theta_{\Sigma}}{\sqrt{3}} \quad (19)$$

Результаты поверки считают положительными, если значения $\delta v \leq \delta v_{\text{ож}}$, приведенных в таблице 1 в соответствии с исполнением расходомера, указанным в эксплуатационной документации на конкретный расходомер.

По результатам положительной поверки по п.10.1.1 и п.10.1.2 расходомер признается пригодным для измерений массового расхода (массы), объемного расхода (объема) жидкости и газа.

10.1.3 Определение абсолютной погрешности измерений температуры

10.1.3.1 Определение абсолютной погрешности измерений температуры допускается проводить в одной точке одним из следующих способов:

- при подключении к поверочной установке, в состав которой входит рабочий эталон единицы температуры или рабочий эталон единицы температуры вмонтировали в измерительную линию поверочной установки. Абсолютную погрешность расходомера при измерении температуры жидкости определяют по показаниям рабочего эталона единицы температуры и показаниям расходомера. Проводят не менее трех измерений. Значения температуры фиксируют при наличии расхода жидкости. Абсолютную погрешность расходомера при измерении температуры определяют по формуле:

$$\Delta t_i = t_i - t_{\Theta i} \quad (20)$$

где t_i – значение температуры по показаниям расходомера, $^{\circ}\text{C}$;

t_{3i} – значение температуры по показаниям рабочего эталона единицы температуры, °С.

- путем закрытия полости расходомера заглушкой с одной стороны и заполнением полости жидкостью. Рабочий эталон единицы температуры погружают в заполненную полость расходомера. Проводят не менее трех измерений. Абсолютную погрешность при измерении температуры определяют по формуле (20).

Результат поверки считается положительным, если значения абсолютной погрешности расходомера при измерении температуры жидкости не превышает $\pm 1,0$ °С.

10.1.4 Определение абсолютной погрешности измерений плотности

10.1.4.1 Сравнивают значения плотности жидкости измеренной расходомером со значением плотности этой жидкости измеренной ареометром или эталонным плотномером. Определение абсолютной погрешности измерений плотности для расходомеров допускается проводить одним из следующих способов:

1) Производят отбор жидкости на выходном участке трубопровода расходомера. Во время отбора фиксируется показания расходомера при измерении плотности и температуры жидкости. После этого отобранный образец жидкости выливают во вспомогательную ёмкость и погружают в неё ареометр или вводят дозу в эталонный плотномер. Фиксируют показания. Измеренную ареометром плотность пересчитывают с поправкой на температуру. В эталонном плотномере проводят измерения при зафиксированной температуре на расходомере. Проводят не менее двух измерений.

2) 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). Необходимо исключить присутствие газа (воздуха) в измерительной трубе. Фиксируют значения температуры и плотности по индикатору расходомера. После этого жидкость выливают во вспомогательную ёмкость и погружают в неё ареометр или вводят дозу в эталонный плотномер. Фиксируют показания. Измеренную ареометром плотность пересчитывают с поправкой на температуру. В эталонном плотномере проводят измерения при зафиксированной температуре на расходомере. Проводят не менее двух измерений.

10.1.4.2 Абсолютную погрешность измерений плотности $\Delta\rho$, кг/м³, рассчитывают по формуле:

$$\Delta\rho = \rho_{изм} - \rho_{эт}, \quad (21)$$

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

$\rho_{изм}$ – плотность, измеренная расходомером, кг/м³.

Результаты поверки считаются положительными, если значения абсолютной погрешности плотности находятся в пределах, приведенных в таблице 1 в соответствии с исполнением расходомера, указанным в эксплуатационной документации на конкретный расходомер.

10.1.5 В случае отрицательных результатов поверки допускается провести настройку нулевой точки расходомера, коррекцию коэффициента расхода, плотности и температуры, а при необходимости настройку поверяемого канала в соответствии с Руководством по эксплуатации.

10.2 Имитационный метод поверки

10.2.1 Имитационный метод может использоваться только для периодической поверки расходомера.

10.2.1.1 Запустить программное обеспечение Wemetro Insight для расходомеров с преобразователями сигналов WMC-20, WMC-30, WMC-40. Установить подключение согласно руководству по эксплуатации.

Зайти во вкладку Sensor и считать следующие параметры:

- A Amplitude - Амплитуда сигнала левого сенсора (%)
- B Amplitude Амплитуда сигнала правого детектора (%)
- Drive Amplitude - Амплитуда драйвера
- Drive Frequency – Резонансная частота измерительной трубы

10.2.1.3 Для расходомеров с преобразователем сигналов WMC-10 считать параметры, приведённые в п.10.2.1.1 с дисплея в меню Service.

10.2.1.4 В течении не более 60 минут необходимо фиксировать (заносить данные в таблицу в произвольной форме) значение каждого параметра, приведённого в п.10.2.1.1 не менее шестидесяти раз.

10.2.1.5 Обработка результатов

Для каждого параметра вычисляют среднее значение \bar{X} по формуле:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (22)$$

где X_i – значение одного из параметров,

n – количество измерений

Средне квадратичное отклонение по каждому из параметров (S) полученной при отдельных i -х измерения вычислить по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \quad (23)$$

10.2.1.6 Среднее квадратичное отклонение не должно превышать 0,1%. Если средне квадратичное отклонение по какому-то из параметров больше 0,1%, то необходимо провести процедуру исключения грубых погрешностей (выбросов) для данного параметра с помощью критерия Граббса. Если среднее квадратичное отклонение больше 0,1% у трёх или четырёх параметров, то имитационная поверка останавливается, и поверка проводится по п. 10.1.

Для исключения грубых погрешностей (выбросов) вычисляют критерии Граббса G_1 и G_2 , предполагая, что наибольший X_{max} или наименьший X_{min} результат измерений вызван грубыми погрешностями:

$$G_1 = \frac{|X_{max} - \bar{X}|}{S} \quad (24)$$

$$G_2 = \frac{|X_{min} - \bar{X}|}{S} \quad (25)$$

Сравнивают G_1 и G_2 с теоретическим значением G_T критерия Граббса в соответствии с Таблицей, приведенной в приложении Б.

Если $G_1 > G_T$, то X_{\max} исключают как маловероятное значение. Если $G_2 > G_T$, то X_{\min} исключают как маловероятное значение. Далее вновь вычисляют среднее арифметическое и среднее квадратическое отклонения ряда результатов измерений и процедуру проверки наличия грубых погрешностей повторяют.

Если $G_1 < G_T$, то X_{\max} не считают промахом и его сохраняют в ряду результатов измерений. Если $G_2 < G_T$, то X_{\min} не считают промахом и его сохраняют в ряду результатов измерений.

10.2.1.7 Сравнить полученные данные \bar{X} по каждому параметру, приведённому в п. 10.2.1.1 с данными, записанными в паспорт на поверяемый расходомер.

Результаты поверки считаются положительными, если разница показаний, полученных при заводской калибровке и поверке не превышают значений, приведенных в таблице 6:

Таблица 6 – Допустимые отклонения ключевых параметров имитационной поверки

Наименование контролируемого параметра	Значения				
δмж, %	0,1	0,15	0,2	0,25	0,5
A Amplitude - Амплитуда сигнала левого сенсора, %	0,1	0,13	0,15	0,17	0,2
B Amplitude Амплитуда сигнала правого детектора, %	0,1	0,13	0,15	0,17	0,2
Drive Amplitude - Амплитуда драйвера, %	0,22	0,25	0,3	0,32	0,35
Drive Frequency – Резонансная частота измерительной трубы, Гц	0,1	0,13	0,15	0,17	0,2

10.2.2 При наличии токового и частотного выхода данные выходные сигналы проверяются путем имитации с помощью Wemetro Insight или с помощью преобразователя сигналов значений токового выхода 4, 12, 20 мА и частотного выхода 100, 1000, 5000 Гц

Приведенную к диапазону токового выхода погрешность преобразования в токовый выходной сигнал, γ_I , %, при каждом заданном значении тока вычисляют по формуле:

$$\gamma_I = \frac{I_i - I_r}{16} \cdot 100 \%, \quad (26)$$

где

I_r – заданное значение силы тока, мА;

I_i – измеренное значение силы тока на выходе расходомера, мА.

Относительную погрешность преобразования в частотно-импульсный выходной сигнал, δ_f , %, при каждом заданном значении частоты вычисляют по формуле:

$$\delta_f = \frac{F_p - F_{\text{зт}}}{F_{\text{зт}}} \cdot 100 \%, \quad (27)$$

где

F_p – измеренное значение частоты частотомером, Гц;

$F_{\text{зт}}$ – заданное значение частоты в расходомере, Гц.

Результаты поверки считаются положительными, если приведенная к диапазону токового выхода погрешность преобразования в токовый выходной сигнал не превышает

0,03 %, а относительная погрешность преобразования в частотно-импульсный выходной сигнал не превышает 0,03 %.

По результату положительной поверки по данному пункту расходомер признается пригодным к применению с относительной погрешностью измерения массового расхода (массы) $\pm(\delta_{MJ}(g)+0,2)$ и объёмного расхода (объёма) $\pm(\delta_{VJ}(g)+0,2)$.

Относительная погрешность измерения плотности составляет $10 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Допускается проводить поверку канала плотности в соответствии с п.10.1.4, при положительных результатах поверки пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности будут соответствовать значениям из таблицы 1.

10.2.2 Поверку канала температуры проводят по п. 10.1.3

10.3. Определение относительной погрешности при измерении объемного расхода и объема жидкости проливным методом на месте эксплуатации

10.3.1 Определение относительной погрешности измерения массового (объёмного) расхода и массы (объёма) 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 3151-2008	«ГСИ. Счётчики-расходомеры массовые. Методика поверки на месте эксплуатации трубопоршневой поверочной установкой в комплекте с поточным преобразователе плотности»
МИ 3272-2010	«ГСИ. Счетчики-расходомеры массовые методика поверки на месте эксплуатации компакт-прувером в комплекте с турбинным преобразователем расхода и поточным преобразователем плотности»
МИ 3313-2011	«ГСИ. Счетчики-расходомеры массовые методика поверки с помощью эталонного счетчика-расходомера массового»
МИ 3622-2020	«ГСИ. Счетчики-расходомеры (расходомеры) массовые. Методика поверки на базе счетчиков-расходомеров (расходомеров) массовых»
МИ 3288-2010	«ГСИ. Счетчики-расходомеры массовые. Методика поверки комплектом компакт-прувера, преобразователя объемного расхода и поточного преобразователя плотности»

10.3.2 Результаты поверки считаются положительными, если значения относительной погрешности находятся в пределах, указанных в таблице 1 в соответствии с исполнением расходомера, указанным в эксплуатационной документации на конкретный расходомер.

10.3.3. Поверку канала температуры проводят по п. 10.1.3, поверку канала плотности проводят по п. 10.1.4 в случае необходимости.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки проливным методом оформляют протоколом поверки произвольной формы. Результаты поверки имитационным методом оформляют протоколом по форме приложения А. При поверке на месте эксплуатации в составе СИКН, СИКНП или АСН, и/или поверке с помощью компакт-прувера, трубопоршневой установки, эталонов 2-го разряда по МИ 3151-2008 «ГСИ. Счётчики-расходомеры массовые. Методика поверки на месте эксплуатации трубопоршневой поверочной установкой в комплекте с поточным преобразователе плотности», МИ 3272-2010 «ГСИ. Счетчики-расходомеры массовые методика поверки на месте эксплуатации компакт-прувером в комплекте с турбинным преобразователем расхода и поточным преобразователем плотности», МИ 3313-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений Счетчики-расходомеры массовые методика поверки с помощью эталонного счетчика-расходомера массового», МИ 3622-20 «ГСИ. Счетчики-расходомеры (расходомеры) массовые. Методика поверки на базе счетчиков-расходомеров (расходомеров) массовых», МИ 3288-2010 «ГСИ. Счетчики-расходомеры массовые. Методика поверки комплектом компакт-прувера, преобразователя объемного расхода и поточного преобразователя плотности» оформляют протоколом поверки по форме, указанным в данных методиках.

11.2 Сведения о результатах поверки расходомера передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с приказом Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

11.3 При положительных результатах поверки расходомера по заявлению владельца средства измерений или лица, предоставившего средство измерений на поверку, выдается свидетельство о поверке, оформленное в соответствии с приказом Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», или делается соответствующая запись с нанесением знака поверки, заверяемая подписью поверителя в паспорте расходомера в разделе «Периодические поверки и поверки после ремонта».

11.4 При отрицательных результатах поверки, расходомер к эксплуатации не допускается. По заявлению владельца средства измерений или лица, предоставившего средство измерений на поверку, выдается извещение о непригодности, оформленное в соответствии с приказом Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

Начальник отдела 208
ФГБУ «ВНИИМС»

Ведущий инженер
отдела 208 ФГБУ «ВНИИМС»

Б.А. Иполитов

Д.П. Ломакин

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Протокол имитационной поверки расходомера				
Серийный номер:				
Типоразмер:				
Версия ПО:				
Условия поверки:				
- температура, °C				
- атмосферное давление, кПа				
- относительная влажность воздуха, %				
	Результаты поверки:			
Результаты внешнего осмотра:	Соответствует/не соответствует			
Результаты опробования:	Соответствует/не соответствует			
Результаты проверки соответствия ПО:	Соответствует/не соответствует			
Результат поверки канала температуры	Соответствует/не соответствует			
Результат поверки канала плотности	Соответствует/не соответствует			
Результаты контроля метрологических характеристик				
Контролируемый параметр	Значения при заводской калибровке (или первичной поверке)	Значение при поверке	Отклонение от заводской калибровки	Результат
A Amplitude - Амплитуда сигнала левого сенсора, %				Соотв./не соотв.
B Amplitude - Амплитуда сигнала правого детектора, %				Соотв./не соотв.
Drive Amplitude - Амплитуда драйвера, %				Соотв./не соотв.
Drive Frequency – Резонансная частота измерительной трубы, Гц				Соотв./не соотв.
Результат поверки:	Соотв./не соотв.			

Задаваемые значения выходных сигналов	Значение при поверке	Приведённая погрешность преобразования, %,	Результат
Токовый выход:			
4 мА			Соотв./не соотв.

12 мА			<i>Соотв./не соотв.</i>
20 мА			<i>Соотв./не соотв.</i>
Задаваемые значения выходных сигналов	Значение при поверке	Относительная погрешность преобразования, %	Результат
Частотный выход:			
100 Гц			<i>Соотв./не соотв.</i>
1000 Гц			<i>Соотв./не соотв.</i>
3000 Гц			<i>Соотв./не соотв.</i>
Результат поверки:			<i>Соотв./не соотв.</i>

Приложение Б

Таблица Б.1 - Табличные значения критерия Граббса

Количество измерений	G _T
3	1,155
4	1,481
5	1,715
6	1,887
7	2,020
8	2,126
9	2,215
10	2,290
11	2,355
12	2,412
13	2,462
14	2,507
15	2,549
16	2,585
17	2,620
18	2,651
19	2,681
20	2,709
21	2,733
22	2,758
23	2,781
24	2,802
25	2,822
26	2,841
27	2,859
28	2,876
29	2,893
30	2,908
31	2,924
32	2,938
33	2,952
34	2,965
35	2,979
36	2,991
37	3,003
38	3,014
39	3,025
40	3,036
41	3,046
42	3,057
43	3,067
44	3,075
45	3,085
46	3,094
47	3,103
48	3,111
49	3,120
50	3,128

51	3,136
52	3,143
53	3,151
54	3,158
55	3,166
56	3,172
57	3,180
58	3,186
59	3,193
60	3,199
61	3,205
62	3,212
63	3,218
64	3,224
65	3,230
66	3,235
67	3,241
68	3,246
69	3,252
70	3,257
71	3,262
72	3,267
73	3,272
74	3,278
75	3,282
76	3,287
77	3,291
78	3,297
79	3,301
80	3,305
81	3,309
82	3,315
83	3,319
84	3,323
85	3,327
86	3,331
87	3,335
88	3,339
89	3,343
90	3,347
91	3,350
92	3,355
93	3,358
94	3,362
95	3,365
96	3,369
97	3,372
98	3,377
99	3,380
100	3,383
101	3,386

102	3,390
103	3,393
104	3,397
105	3,400
106	3,403
107	3,406
108	3,409
109	3,412
110	3,415
111	3,418
112	3,422
113	3,424
114	3,427
115	3,430
116	3,433
117	3,435
118	3,438
119	3,441
120	3,444
121	3,447
122	3,450
123	3,452
124	3,455
125	3,457
126	3,460
127	3,462
128	3,465
129	3,467
130	3,470