

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ
И МЕТРОЛОГИИ

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

СОГЛАСОВАНО
Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГБУ «ВНИИМС»

А.Е. Коломин

М.П.

«17» 07 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Преобразователи плотности КТМ СКАЛЯРИС

Методика поверки

МП 208-020-2023

с изменением № 1

г. Москва
2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие положения.....	3
2 Перечень операций поверки.....	4
3 Требования к условиям проведения поверки.....	5
4 Метрологические и технические требования к средствам поверки	6
5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки.....	7
6 Внешний осмотр средства измерений	7
7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7
8 Проверка программного обеспечения средства измерений.....	7
9 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.....	8
10 Оформление результатов поверки.....	14
Приложение А	15

1. Общие положения

1.1. Настоящая методика распространяется на преобразователи плотности КТМ СКАЛЯРИС (далее – преобразователи), изготавливаемые ООО «НПП КуйбышевТелеком-Метрология», и устанавливает объём и методы их первичной и периодической поверок.

1.2. При проведении поверки прослеживаемость поверяемых СИ к ГПЭ единицы плотности ГЭТ18-2014 обеспечивается в соответствии с ГПС, утверждённой Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 01 ноября 2019 г. № 2603 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений плотности», к ГПСЭ единиц массы и объёма жидкости в потоке, массового и объёмного расходов жидкости ГЭТ63-2019 в соответствии с ГПС, утверждённой Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 сентября 2022 г. № 2356 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объёма жидкости в потоке, объёма жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объёмного расходов жидкости», к ГПЭ единицы температуры в диапазоне от 0 °C до 3200 °C ГЭТ34-2020, ГПЭ единицы температуры – кельвина в диапазоне от 0,3 К до 273,16 К ГЭТ35-2021 в соответствии с ГПС, утверждённой Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 декабря 2022 г. № 3253 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры».

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

1.4. Поверка преобразователя может быть проведена в сокращённом объёме и на месте эксплуатации:

- по каналу измерений массового расхода и массы жидкости согласно методикам МИ 3151-2008 «ГСИ. Счётчики-расходомеры массовые. Методика поверки на месте эксплуатации трубопоршневой поверочной установкой в комплекте с поточным преобразователем плотности» или МИ 3313-2011 «ГСИ. Счётчики-расходомеры массовые. Методика поверки с помощью эталонного счётчика-преобразователя массового»;

- по каналу измерений плотности МИ 2816-2012 «ГСИ. Преобразователи плотности поточные. Методика поверки на месте эксплуатации» или МИ 3240-2012 «ГСИ. Преобразователи плотности жидкости поточные. Методика поверки».

В этом случае выполняются только те действия, которые предусмотрены в данных методиках.

1.5 Поверка в сокращённом объёме проводится на основании письменного заявления владельца СИ или лица, предоставляющего СИ на поверку.

1.6 На основании письменного заявления заказчика поверка преобразователя может быть проведена только для используемых при эксплуатации участков диапазонов измерений применяемых величин. Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке и Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

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

Таблица 1 – Метрологические требования к СИ

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений плотности рабочей среды, кг/м ³	от 650 до 2000
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений плотности, кг/м ³	±0,2 ^{1),2); ±0,3^{1),2); ±0,5; ±1}}
Пределы допускаемой дополнительной ⁴⁾ абсолютной погрешности измерений плотности, вызванные	±3·10 ⁻³

Наименование характеристики	Значение	
отклонением давления ⁵⁾ рабочей среды на 0,1 МПа, кг/м ³		
Пределы допускаемой дополнительной ⁴⁾ абсолютной погрешности измерений плотности, вызванные отклонением температуры ⁵⁾ на 1 °С, кг/м ³	$\pm 5 \cdot 10^{-3}$	
Диапазон измерений массового расхода, кг/ч	КТМ СКАЛЯРИС 025	КТМ СКАЛЯРИС 050
	от 65 до 30050	от 200 до 91700
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массового и объёмного расхода жидкости, массы и объёма жидкости, %	$\pm 1,0$	
Диапазон измерений температуры рабочей среды, °С:		
- стандартное разнесённое исполнение	от -60 до +200	
- высокотемпературное исполнение	от -10 до +400	
- стандартное интегральное	от -60 до +125	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, °С	$\pm (0,15 + 0,002 \cdot t)$	
Примечания:		
1) при калибровке в лаборатории под условия места эксплуатации;		
2) при калибровке в рабочих условиях на месте эксплуатации с помощью поточного плотномера, рабочего эталона;		
4) пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности в рабочих условиях для пределов допускаемой основной абсолютной погрешности измерений плотности $\pm 0,2$ кг/м ³ определяются следующим образом:		
$\pm (0,2 + 0,005 \cdot t - t_k + 0,003 \cdot P - P_k)$ и $\pm 0,3$ при условии $0,1 \geq 0,005 \cdot t - t_k + 0,003 \cdot P - P_k $, где t – текущая температура, °С, t_k – температура при калибровке, °С, P – текущее давление, МПа, P_k – давление при калибровке, МПа;		
5) относительно условий калибровки (избыточное давление 0,1 МПа, температура 20 °С.)		

(Изменённая редакция. Изм. № 1)

2. Перечень операций поверки

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

Таблица 2 – Перечень операций поверки

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

5. Оформление результатов поверки	10	да	да
-----------------------------------	----	----	----

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1. При проведении поверки в лаборатории должны быть соблюдены следующие условия:

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

Таблица 3 – Требования к поверочным жидкостям

Наименование операции	Поверочная жидкость	Параметры рабочей жидкости			
		температура, °C	стабильность температуры, °C/мин	давление абсолютное, МПа	стабильность давления, МПа/10 мин
Определение абсолютной погрешности при температуре и давлении поверочной жидкости, близких к нормальным	A B C	20 ± 2	±0,5	0,2 ± 0,1	±0,5
Определение абсолютной погрешности при изменении температуры поверочной жидкости	B	от +38 до +40	±0,5	0,2 ± 0,1	±0,5
Определение абсолютной погрешности при изменении давления поверочной жидкости	B	20 ± 2	±0,5	2,0 ± 0,1 и (или) 4,0 ± 0,1 и (или) 6,0 ± 0,3	±0,5

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

3.3. При поверке преобразователя по МИ 3151-2008, МИ 3313-2011, МИ 2816-2012, МИ 3240-2012 должны быть соблюдены условия поверки, указанные в данных методиках поверки.

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

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

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

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

4. Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяют средства измерений и вспомогательное оборудование, указанное в таблице 4.

Таблица 4 – Средства измерений и вспомогательное оборудование

Пункт МП	Метрологические и технические требования к средствам поверки оборудованию, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
7, 9	Термогигрометр, диапазон измерений относительной влажности от 20 до 98 %, ПГ $\pm 3\%$, диапазон измерений температуры от 5 до 40 °C, ПГ $\pm 0,5$ °C	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде (далее – рег. №) 71394-18
9.3	Установка поверочная или ТПУ 2-го разряда согласно части 1 и 2 приказа Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2356	Установки поверочные автоматизированные УПРС+, рег. № 77099-19 или установки поверочные трубопоршневые ТПУ Новатор, рег. № 85381-22
9.3	Частотомер, диапазон измеряемых частот от 0,1 мГц до 200 МГц, ПГ $\pm 2 \cdot 10^{-6}$	Частотомер электронно-счётный ЧЗ-85/5, рег. № 56478-14
9.1	Рабочий эталон единицы плотности согласно приказу Росстандарта от 01 ноября 2019 г. № 2603, диапазон измерений, соответствующий контрольным точкам при поверке преобразователя	Установка поверочная пикнометрическая УПСИПН-4, рег. № 88093-23; Анализатор плотности жидкости DMA HP в комплекте с анализатором DMA, серии не ниже DMA 4100, рег. № 39787-08, поверенный в установленном порядке в качестве рабочего эталона по настоящей методике поверки
9.2	Рабочий эталон единицы температуры 3-го разряда приказу Росстандарта от 23 декабря 2022 г. № 3253, диапазон измерений от 10 до 50 °C. Отношение доверительных границ суммарной погрешности рабочего эталона и пределов допускаемой погрешности средства измерений температуры должно быть не более 0,4 (1:2,5)	Термометры лабораторные электронные ЛТ-300, рег. № 61806-15
9.2	Средство измерений давления поверочной жидкости в диапазоне от 0 до 6,3 МПа, ПГ $\pm 0,25\%$	Манометр цифровой МО-05, рег. № 54409-13

Примечания:

1. При поверке преобразователя по МИ 3151-2008, МИ 3313-2011, МИ 2816-2012, МИ 3240-2012 применяются эталоны, средства измерений и вспомогательное оборудование, указанные в данных методиках поверки.
2. Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.
3. Применяемые при поверке СИ и эталоны могут входить в состав СИКН, СИКНП или АСН.

(Изменённая редакция. Изм. № 1)

5. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны выполняться следующие требования безопасности:

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

6. Внешний осмотр средства измерений

Результаты внешнего осмотра считаются положительными, если выполняются следующие требования:

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

7. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

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

7.2. Опробование совместить с определением метрологических характеристик.

7.3 Монтируют преобразователь на поверочную установку, подключают к блоку питания и частотомеру или к блоку обработки и индикации измерительной информации для проверяемой модели преобразователя.

8. Проверка программного обеспечения средства измерений

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

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

Результат подтверждения соответствия ПО считается положительным, если полученные идентификационные данные ПО преобразователя соответствуют указанным в таблице 5 для соответствующих исполнений.

Таблица 5 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Firmware BOI-6
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.x.x
Цифровой идентификатор метрологический значимой части (алгоритм CRC32)	0xB182A25
Примечание – «х» может принимать значение от 0 до 9 и не относится к метрологически значимой части ПО.	

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

9.1 Определение абсолютной погрешности измерений плотности

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

Измерения плотности выполняют:

– в трёх точках диапазона измерений плотности при температуре и давлении поверочной жидкости, близких к нормальным. Диапазон измерений выбирается в соответствии с письменной заявкой на поверку. В протоколе поверки указывается диапазон, при котором проводилась поверка.

Для минимального значения диапазона плотности в интервале от 650 до 720 кг/м³ в качестве поверочной жидкости «А» допускается применять жидкости с плотностью от 690 до 720 кг/м³. Для значений плотности в интервале от 900 до 1100 кг/м³ в качестве поверочной жидкости «В» допускается применять дистиллированную воду по ГОСТ Р 58144-2018. Допускаются отклонения значений плотностей поверочных жидкостей от расчётных не более ± 20 кг/м³;

– в одной точке диапазона измерений плотности для преобразователя при температуре поверочной жидкости (39 ± 1) °С и давлении, близком к атмосферному;

– в одной точке диапазона измерений плотности для преобразователя при температуре поверочной жидкости (20 ± 2) °С и давлении, соответствующем рабочему давлению преобразователя плотности на месте эксплуатации, но не более $(6,0 \pm 0,3)$ МПа.

9.1.1 Определение основной абсолютной погрешности преобразователя в трёх точках диапазона измерений плотности при температуре и давлении поверочной жидкости, близких к нормальным.

9.1.1.1 Измерение плотности поверочной жидкости проводят в следующей последовательности:

– если в качестве эталона применяется пикнометрическая установка, то к системе циркуляции поверочной установки подключают пикнометрическую установку;

– заполняют систему циркуляции поверочной установки с установленным поверяемым преобразователем поверочной жидкостью, соответствующей режиму поверки;

– включают циркуляционный насос, удаляют воздух из циркуляционной системы.

Расход поверочной жидкости через поверяемый преобразователь должен соответствовать рекомендованному значению расхода, в соответствии с руководством по эксплуатации на преобразователь.

– устанавливают температуру поверочной жидкости в соответствии с режимом поверки, жидкость должна циркулировать в системе до стабилизации температуры жидкости, оборудования установки и эталонного СИ (термостатирование может быть осуществлено всей поверочной установки в специальном шкафу);

- если в качестве эталона применяется пикнометрическая установка, то плотность поверочной жидкости определяют по МИ 2816-2012;
- если в качестве эталона применяется плотномер лабораторный, то из системы циркуляции поверочной установки отбирается поверочная жидкость и проводится измерение её плотности. При этом в лабораторном плотномере задают ту же температуру и давление, при которой производилась запись показаний преобразователя.

9.1.1.2 Повторяют операции по п. 9.1.1.1 для оставшихся поверочных жидкостей.

Перед сменой поверочной жидкости поверяемый плотномер тщательно промывают и высушивают поверхности чувствительного элемента путём продувки сухим воздухом.

Примечание – По письменному заявлению владельца преобразователя при поверке преобразователя плотности, предназначенного для измерений плотности нефти и нефтепродуктов в ограниченном диапазоне измерения плотности, допускается проводить измерение плотности только по двум поверочным жидкостям (попадающим в диапазон измерения, указанный владельцем).

9.1.1.3 Результат измерений плотности поверочной жидкости поверяемым преобразователем без поправки на давление и температуру при измерении периода выходного сигнала преобразователя плотности, вычисляют по формуле

$$\rho = K0 + K1\tau + K2\tau^2, \quad (1)$$

где ρ – результат измерения плотности жидкости (без поправок на давление и температуру), $\text{кг}/\text{м}^3$;

τ – выходной сигнал преобразователя (период времени), мкс .

$K0$, $K1$ и $K2$ – коэффициенты, приведённые в сопроводительной документации преобразователя (в последнем свидетельстве о поверке либо в сертификате калибровки завода-изготовителя), $\text{кг}/\text{м}^3$, $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{мкс})$, $\text{кг}/(\text{м}^3 \text{мкс}^2)$ соответственно.

Результат измерений плотности с учётом влияния температуры ρ_t , $\text{кг}/\text{м}^3$, вычисляют по формуле

$$\rho_t = \rho(1 + K18(t - 20)) + K19(t - 20), \quad (2)$$

где ρ_t – значение плотности жидкости (с температурной компенсацией), $\text{кг}/\text{м}^3$;

t – измеренная температура жидкости, $^{\circ}\text{C}$;

$K18$ и $K19$ – коэффициенты температурной поправки, приведённые в сопроводительной документации, C^{-1} .

Результат измерений плотности с учётом влияния давления и температуры ρ_{tp} , $\text{кг}/\text{м}^3$, вычисляют по формуле

$$\rho_{tp} = \rho_t \left(1 + (K20A + K20B(10P - 1))(10P - 1) \right) + (K21A + K21B(10P - 1))(10P - 1), \quad (3)$$

где ρ_{tp} – результат измерений плотности жидкости (с компенсацией по температуре и давлению), $\text{кг}/\text{м}^3$;

P – измеренное абсолютное давление жидкости, МПа ;

$K20A$, $K20B$, $K21A$ и $K21B$ – коэффициенты поправки на давление, приведённые в сопроводительной документации, МПа^{-1} , $(1/\text{МПа})^2$, МПа^{-1} , $(1/\text{МПа})^2$ соответственно.

9.1.1.4 По результатам 9.1.1.1 – 9.1.1.2, для каждого измерения плотности поверочных жидкостей определяют основную абсолютную погрешность преобразователя $\Delta_0 \rho_i$, кг/м³ по формуле

$$\Delta_0 \rho_i = \rho_i - \rho_{этi}, \quad (4)$$

где ρ_i – результат измерения плотности i -й поверочной жидкости поверяемым преобразователем плотности, кг/м³;

$\rho_{этi}$ – результат измерения плотности i -й поверочной жидкости средством измерений, применённым в качестве эталона при температуре и давлении поверочной жидкости, близким к нормальному.

9.1.2 Определение абсолютных погрешностей преобразователя плотности при изменении температуры и давления поверочной жидкости

9.1.2.1 Абсолютную погрешность преобразователя плотности при изменении температуры жидкости определяют с использованием поверочной жидкости «В» при заданной температуре циркуляции поверочной жидкости $(39 \pm 1)^\circ\text{C}$ и давлении $(0,2 \pm 0,1)$ МПа. Для этого выполняют действия в соответствии с методикой, изложенной в п. 9.1.1.1.

9.1.2.2 Абсолютную погрешность преобразователя при изменении давления жидкости определяют с использованием поверочной жидкости «В» при установленном давлении циркуляции поверочной жидкости, соответствующем рабочему давлению преобразователя плотности, но не более $(6,0 \pm 0,3)$ МПа и температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Для этого выполняют действия в соответствии с методикой, изложенной в п. 9.1.1.1.

Примечание – Давление выбирается в соответствии с письменной заявкой на поверку. В протоколе поверки указывается давление, при котором проводилась поверка.

9.1.2.3 Определяют пределы допускаемой абсолютной погрешности преобразователя плотности для заданных в соответствии с п. 1.1.2.1 и п. 1.1.2.2 значений температуры и давления поверочной жидкости $\Delta \rho_{PTi}$, кг/м³ по формуле

$$\Delta \rho_{PTi} = \pm (\Delta \rho_0 + 10 \cdot |P - P_K| \cdot K_P + |t - t_K| \cdot K_T), \quad (5)$$

где $\Delta \rho_0$ – пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений плотности, кг/м³, указанные в паспорте на поверяемый преобразователь плотности;

P – измеренное абсолютное давление жидкости, МПа;

t – измеренная температура жидкости, $^\circ\text{C}$;

t_K – температура рабочей среды при калибровке преобразователя, $^\circ\text{C}$;

P_K – абсолютное давление рабочей среды при калибровке преобразователя, МПа;

K_p – пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений плотности, вызванные отклонением давления рабочей среды на 0,1 МПа от давления при калибровке, кг/м³;

K_T – пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений плотности, вызванные отклонением температуры на 1 $^\circ\text{C}$ от температуры калибровки, кг/м³.

9.1.2.4 По результатам 9.1.2 – 9.1.3, для каждого измерения определяют абсолютные погрешности преобразователя плотности при заданных значениях температуры и давления поверочной жидкости $\Delta \rho_{tpj}$, кг/м³ по формуле

$$\Delta \rho_{tpj} = \rho_{tpj} - \rho_{tpэтj}, \quad (6)$$

где ρ_{tpj} — результат измерений плотности поверочной жидкости в поверяемом преобразователем плотности при заданных значениях температуры и давления, рассчитанный по формуле (3), $\text{кг}/\text{м}^3$;

$\rho_{\text{прт}}$ — действительное значение плотности поверочной жидкости при заданных значениях температуры и давления.

9.1.2.5 Результаты поверки по данному пункту считаются положительными, если:

— значения основной абсолютной погрешности преобразователя плотности $\Delta\rho_{ji}$, рассчитанные по формуле (4) для всех точек измерений при температуре и давлении поверочной жидкости, близких к нормальным не превышают пределов $\pm 0,2^1)$; $\pm 0,3^2)$; $\pm 0,5$; ± 1 $\text{кг}/\text{м}^3$, приведенных в паспорте на поверяемый преобразователь плотности;

— значения абсолютной погрешности преобразователя плотности при изменении температуры и давления поверочной жидкости $\Delta\rho_{tpj}$, рассчитанные по формуле (6) не превышают пределов допускаемой абсолютной погрешности для заданных в соответствии с п. 1.1.2.1 и п. 1.1.2.2 значений температуры и давления поверочной жидкости $\Delta\rho_{PTi}$, рассчитанных по формуле (5).

Примечания:

¹⁾ при калибровке в лаборатории под условия места эксплуатации;

²⁾ при калибровке в рабочих условиях на месте эксплуатации с помощью поточного плотномера (рабочего эталона).

9.1.2.6 На месте эксплуатации поверка может быть проведена по МИ 2816-2012 «ГСИ. Преобразователи плотности поточные. Методика поверки на месте эксплуатации».

(Изменённая редакция. Изм. № 1)

9.2 Определение абсолютной погрешности измерений температуры

Определение абсолютной погрешности измерений температуры измеряемой среды проводится методом сличения показаний преобразователя с показаниями эталонного термометра. Допускается проводить одновременно с п. 9.1.

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

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

$$\Delta t = t_i - t_{\text{эм}}, \quad (7)$$

где t_i — температура, измеренная преобразователем, °C;

$t_{\text{эм}}$ — температура, измеренная термометром, °C.

Результаты поверки по данному пункту считаются положительными, если значение абсолютной погрешности измерений температуры не превышает пределов $\pm(0,15+0,002 \cdot |t|)$ °C.

(Изменённая редакция. Изм. № 1)

9.3 Определение относительной погрешности измерений расхода

9.3.1 Определение относительной погрешности измерений массового расхода (массы)

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

Определение относительной погрешности проводят на значениях расхода, соответствующих: $(0,05 - 0,15) \cdot G_{\text{ном}}$, $(0,3 - 0,45) \cdot G_{\text{ном}}$, $(0,5 - 0,9) \cdot G_{\text{ном}}$. Номинальный расход указан в паспорте на плотномер и в эксплуатационной документации.

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

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

На каждом расходе проводят не менее двух измерений.

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

$$\delta_{G_i} = \frac{G_i - G_{\text{эт}}}{G_{\text{эт}}} \cdot 100, \quad (8)$$

$$\delta_{M_i} = \frac{M_i - M_{\text{эт}}}{M_{\text{эт}}} \cdot 100, \quad (9)$$

где G_i – расход по преобразователю, кг/ч;

$G_{\text{эт}}$ – расход по поверочной установке, кг/ч;

M_i – масса по преобразователю, кг;

$M_{\text{эт}}$ – масса по поверочной установке, кг.

За результат принимают худшее из полученных значений в каждой точке.

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

$$M = V \cdot \rho, \quad (10)$$

где V – объём жидкости, измеренный установкой, м^3 ;

ρ – плотность жидкости, измеренная установкой (плотномером), $\text{кг}/\text{м}^3$.

Значение относительной погрешности измерений массы δ_{M_i} , %, при i -ом измерении определяется по формуле (8).

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

$$G_i = \frac{I_i - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \cdot (G_{\max} - G_{\min}) + G_{\min}, \quad (11)$$

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

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

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

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

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

В случае если при поверке используется частотный выход преобразователя, то измеренный расход G_i , кг/ч, или масса M_i , кг, вычисляются по формуле (11) или по формуле (12) соответственно

$$G_i = \frac{F_i}{K} \cdot 3600, \quad (12)$$

$$G_i = \frac{N_i}{1000 \cdot K'}, \quad (13)$$

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

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

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

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

Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если значение относительной погрешности измерений массового расхода (массы) не превышает пределов $\pm 1\%$.

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

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

Определение относительной погрешности при измерении массы (объёма) и/или массового (объёмного) расхода жидкости допускается проводить в соответствии с одним из документов, указанных в таблице 6.

Таблица 6 – Методики поверки на месте эксплуатации

Шифр документа	Название документа
МИ 3151-2008	«Преобразователи массового расхода. Методика поверки на месте эксплуатации трубопоршневой поверочной установкой, в комплекте с поточным преобразователем плотности»
МИ 3313-2011	«ГСИ. Счётчики-расходомеры массовые. Методика поверки с помощью эталонного счётчика-преобразователя массового»

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

9.3.3 Определение относительной погрешности измерений объёмного расхода (объёма)
Проводится аналогично п. 9.3.1 настоящей методики, при этом в формулы (7), (8), (10)
– (12) вместо массового расхода и массы подставляются объёмный расход и объём.

Допускается проводить одновременно с п. 9.3.1.

Результаты поверки по данному пункту считаются положительными, если значение относительной погрешности измерений объёмного расхода (объёма) не превышает пределов $\pm 1\%$.

9.4 (Исключен. Изм. № 1)

10. Оформление результатов поверки

10.1. Результаты поверки оформляют протоколом произвольной формы.

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

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

10.4. (Исключен. Изм. № 1).

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

10.6. Знак поверки на СИ не наносится.

10.7. При поверке преобразователя по МИ 3151-2008, МИ 3313-2011, МИ 2816-2012, МИ 3240-2012 оформление результатов поверки проводится в соответствии с требованиями данных методик поверки.

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

Разработали:

Начальник отдела 208 ФГБУ «ВНИИМС»

Ведущий инженер ФГБУ «ВНИИМС»



Б.А. Иполитов

А.А. Сулин

Приложение А
(справочное)

(Исключено. Изм. № 1)