

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ
И МЕТРОЛОГИИ

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

СОГЛАСОВАНО
Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГБУ «ВНИИМС»



А.Е. Коломин

М.П.

«28» 08 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Преобразователи плотности КТМ СКАЛЯРИС

Методика поверки

МП 208-020-2023

г. Москва
2023 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	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 °С до 3200 °С 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 (ареометром), 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 жидкости 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 5)	±0,2 ¹⁾ ; ±0,3 ²⁾ ; ±0,5; ±1; ±10 ³⁾

Наименование характеристики	Значение	
Пределы допускаемой дополнительной ⁴⁾ абсолютной погрешности измерений плотности, вызванные отклонением давления рабочей среды на 0,1 МПа, кг/м ³	$\pm 3 \cdot 10^{-3}$	
Пределы допускаемой дополнительной ⁴⁾ абсолютной погрешности измерений плотности, вызванные отклонением температуры на 1 °С, кг/м ³	$\pm 5 \cdot 10^{-3}$	
Диапазон измерений массового (объёмного) расхода, кг/ч (дм ³ /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, %	± 1	
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	± 1	
Повторяемость температуры, °С	$\pm 0,2$	
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); ³⁾ при имитационной поверке; ⁴⁾ относительно условий калибровки. ⁵⁾ условия заводской калибровки: избыточное давление 0,1 МПа, температура 20 °С.		

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

Таблица 3 – Требования к поверочным жидкостям

Наименование операции	Поверочная жидкость	Параметры рабочей жидкости			
		температура, °С	стабильность температуры, °С/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 флуктуация расхода не более ± 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 ± 3 %, диапазон измерений температуры от 5 до 40 °С, ПГ $\pm 0,5$ °С	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде (далее – рег. №) 71394-18
9	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	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	Калибратор многофункциональный измерения/воспроизведения токового сигнала от 0 до 24 мА, ПГ $\pm(0,00025 \cdot I + 4 \text{ мкА})$	Калибратор многофункциональный и коммуникатор BEAMEX MC6 (-R), рег. № 52489-13, Калибраторы электрических сигналов СА71, рег. № 53468-13
9	Рабочий эталон единицы плотности согласно приказу Росстандарта от 01 ноября 2019 г. № 2603, диапазон измерений, соответствующий контрольным точкам при поверке преобразователя	Плотномер-рефрактометр серии D, рег. № 74722-19; установка поверочная пикнометрическая УПСИПН-4, рег. № 88093-23
9	Рабочий эталон единицы температуры 3-го разряда приказу Росстандарта от 23 декабря 2022 г. № 3253, диапазон измерений от 10 до 50 °С, ПГ $\pm 0,1$ °С	Термометры лабораторные электронные ЛТ-300, рег. № 61806-15
9	Средство измерений давления поверочной жидкости в диапазоне от 0 до 6,3 МПа, ПГ $\pm 0,25$ %	Манометр цифровой МО-05, рег. № 54409-13
9	Персональный компьютер или мобильное устройство или система управления (сеть автоматизации) с возможностью подключения к преобразователю по интерфейсу RS-485 либо HART (при имитационном методе поверки)	

Продолжение таблицы 4

9	Программное обеспечение «КТМ SMART STREAM» (при имитационном методе поверки)	
9	Генератор синусоидального сигнала (при имитационном методе поверки). Амплитуда не менее 200 мВ, КНИ менее 0,5 %, частота не менее 200 Гц, ПГ $\pm 0,005$ %	Генератор сигналов сложной формы Tektronix AFG3022C, рег. № 41694-09

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 утверждённые и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утверждённого типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.
3. Применяемые при поверке СИ и эталоны могут входить в состав СИКН, СИКНП или АСН.

5. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны выполняться следующие требования безопасности:

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

6. Внешний осмотр средства измерений

Результаты внешнего осмотра считаются положительными, если выполняются следующие требования:

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

7. Подготовка к поверке и опробование

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 – «x» 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 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 допускается применять дистиллированную воду по ГОСТ 6709. 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 (от плюс 38 до плюс 40) °С и давлении, близком к атмосферному;

- в одной точке диапазона измерений плотности для преобразователя при температуре поверочной жидкости (20 ± 2) °С и давлении ($6,0 \pm 0,3$) МПа.

9.1.1 Определение абсолютной погрешности преобразователя 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 установкой 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, 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 По результатам 9.1.1.1 – 9.1.1.2, для каждого измерения определяют абсолютную погрешность измерений по формуле

$$\Delta_{\rho_{ji}} = \rho_{ji} - \rho_{0i}, \quad (1)$$

где ρ_{ji} – j -й результат измерения плотности i -й поверочной жидкости, кг/м³;

ρ_{0i} – действительное значение плотности i -й поверочной жидкости при температуре и давлении поверочной жидкости, близким к нормальным.

9.1.2 Определение абсолютной погрешности преобразователя при изменении температуры поверочной жидкости

Абсолютную погрешность преобразователя при изменении температуры жидкости определяют с использованием поверочной жидкости «В» при температуре от + 38 °С до +40 °С и давлении $(0,2 \pm 0,1)$ МПа. Для этого выполняют действия в соответствии с методикой, изложенной в п. 9.1.1.1.

9.1.3 Определение абсолютной погрешности преобразователя при изменении давления поверочной жидкости

Абсолютную погрешность преобразователя при изменении давления жидкости определяют с использованием поверочной жидкости «В» при температуре (20 ± 2) °С и давлении $P = (2,0 \pm 0,1)$ или $(4,0 \pm 0,1)$, или $(6,0 \pm 0,3)$ МПа. 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.

9.1.4 Определяют допускаемую абсолютную погрешность измерений плотности по формуле

$$\Delta\rho = \pm(\Delta\rho_0 + 10 \cdot |P - P_k| \cdot K_p + |t - t_k| \cdot K_T), \quad (2)$$

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

P – измеренное абсолютное давление жидкости, МПа;

t – измеренная температура жидкости, °С;

t_k – температура рабочей среды при калибровке преобразователя, °С;

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 °С от температуры калибровки, кг/м³.

9.1.5 При измерении периода выходного сигнала преобразователя, плотность, измеренную преобразователем без поправки на давление и температуру, вычисляют по формуле

$$\rho = K0 + K1\tau + K2\tau^2, \quad (3)$$

где ρ – плотность жидкости (без поправок на давление и температуру), кг/м³;

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), кг/м³, кг/(м³·мкс), кг/(м³·мкс²) соответственно.

Плотность с учётом влияния температуры ρ_t , кг/м³, вычисляют по формуле

$$\rho_t = \rho(1 + K18(t - 20)) + K19(t - 20), \quad (4)$$

где ρ_t – значение плотности жидкости (с температурной компенсацией), кг/м³;

t – измеренная температура жидкости, °С;

$K18$ и $K19$ – коэффициенты температурной поправки, приведённые в сопроводительной документации, С⁻¹.

Плотность с учетом влияния давления и температуры ρ_{tp} , кг/м³, вычисляют по формуле

$$\rho_{tp} = \rho_t(1 + (K20A + K20B(10P - 1))(10P - 1)) + (K21A + K21B(10P - 1))(10P - 1), \quad (5)$$

где ρ_{tp} – значение плотности жидкости (с компенсацией по температуре и давлению), кг/м³;

P – измеренное абсолютное давление жидкости, МПа;

$K20A$, $K20B$, $K21A$ и $K21B$ – коэффициенты поправки на давление, приведённые в сопроводительной документации, МПа⁻¹, (1/МПа)², МПа⁻¹, (1/МПа)² соответственно.

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

9.1.7 Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если значение абсолютной погрешности измерений плотности не превышает пределов $\pm 0,2^{1)}$; $\pm 0,3^{2)}$; $\pm 0,5$; ± 1 или $\pm 10^{3)}$ кг/м³, приведённых в паспорте преобразователя.

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);

3) при имитационной поверке.

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 0,3 °С.

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

$$\Delta t = t_i - t_{эм}, \quad (6)$$

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

Результаты поверки по данному пункту считаются положительными, если значение абсолютной погрешности измерений температуры не превышает пределов ± 1 °С.

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: $(0,05 - 0,15) \cdot G_{ном}$, $(0,3 - 0,45) \cdot G_{ном}$, $(0,5 - 0,9) \cdot G_{ном}$. 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 $(0,3 - 0,9) \cdot G_{ном}$ устанавливают с допуском ± 10 %, а расходы $(0,05 - 0,15) \cdot G_{ном}$ с допуском ± 5 %.

На каждом расходе проводят не менее двух измерений.

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

$$\delta_{G_i} = \frac{G_i - G_{эт}}{G_{эт}} \cdot 100, \quad (7)$$

$$\delta_{M_i} = \frac{M_i - M_{эт}}{M_{эт}} \cdot 100, \quad (8)$$

где G_i – расход по преобразователю, кг/ч;
 $G_{эт}$ – расход по поверочной установке, кг/ч;
 M_i – масса по преобразователю, кг;
 $M_{эт}$ – масса по поверочной установке, кг.

За результат принимают среднее арифметическое 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

$$M = V \cdot \rho, \quad (9)$$

где V – объём жидкости, измеренный установкой, м³;
 ρ – плотность жидкости, измеренная установкой (плотномером), кг/м³.

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

$$G_i = \frac{I_i - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \cdot (G_{\max} - G_{\min}) + G_{\min}, \quad (10)$$

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

$$G_i = \frac{F_i}{K} \cdot 3600, \quad (11)$$

$$G_i = \frac{N_i}{1000 \cdot K}, \quad (12)$$

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 ± 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 ± 1 %.

9.3.3 Определение относительной погрешности вычислений 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 ± 1 %.

9.4 ИМИТАЦИОННЫЙ МЕТОД ПОВЕРКИ

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

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

Подключить мультиметр, прецизионный генератор сигнала согласно руководству по эксплуатации. Подать с одного канала генератора на два измерительных входа синусоидальный сигнал с частотой 124 Гц, амплитудой 200 мВ.

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

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

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

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

Таблица 7 – Метрологические характеристики преобразователя при имитационном методе поверки

Наименование параметра	Значение параметра
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массового и объёмного расхода жидкости, массы и объёма жидкости, %	$\pm 1,5$
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений плотности, кг/м ³	± 10

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

10.5. При проведении поверки в сокращённом объёме в сведениях о результатах поверки СИ в разделе «дополнительные сведения» указать «поверка 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)

Пример протокола, формируемого преобразователем при имитационной поверке

Протокол имитационной поверки Преобразователя плотности КТМ СКАЛЯРИС		
Заводской номер:		
Первичного преобразователя	07.025.0001	
Вторичного преобразователя (БОИ)	07.21.025.0001	
Диаметр условного прохода, мм	25	
Средства поверки	ПО «КТМ Smart Stream», мультиметр, прецизионный генератор сигнала	
Климатические условия:		
Температура воздуха, °С	24,7	
Давление воздуха, кПа	102,3	
Относительная влажность воздуха, %	63	
Результат поверки		
Внешний вид и геометрии конструкции:	Годеи	
Тестирование работоспособности:	Годеи	
Тестирование ПО и соответствие требованиям:	Соответствует	
Номер версии ПО преобразователя	1.0.0	
Оценка основных параметров преобразователя в стационарном режиме		
Параметр	Запись -граница < среднее ≤ +граница	Оценка
Резонансная частота, Гц	123,2 < 124 ≤ 124,7	в допуске
Амплитуда катушки № 0 (левой), мВ	196,3 < 199,6 ≤ 202,4	в допуске
Амплитуда катушки № 1 (правой), мВ	198,1 < 200,4 ≤ 204,3	в допуске
Амплитуда возбуждающего тока, мА	0,1 < 0,4 ≤ 1,1	в допуске
Дисперсия температуры в процессе измерения, °С	-1 < 0,9 ≤ 1	в допуске
Значение нуля в процессе измерения, кг/ч	-2 < 1,2 ≤ 2	в допуске
Проверка статусов преобразователя	Статусы в норме	
Заключение: годен к применению.		