

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

СОГЛАСОВАНО



Генеральный директор

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

А.Н. Пронин

03 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Расходомеры-счетчики ультразвуковые ГЕОСТРИМ

МП 2550-0368-2020

Методика поверки

с изменением № 1

Зам. руководителя отдела

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

Г.К. Гиздатуллина

Санкт-Петербург
2025

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика поверки распространяется на расходомеры-счетчики ультразвуковые ГЕОСТРИМ (далее – расходомеры) и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

Методикой поверки обеспечивается прослеживаемость расходомеров в соответствии с п. 5.1.2.3 Государственной поверочной схемой (далее – ГПС) (часть 1), утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 г. №2356 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема измеряемой среды в потоке, объема измеряемой среды и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов измеряемой среды», к рабочим эталонам, заимствованным из других поверочных схем:

- Государственному первичному эталону единицы длины – метру ГЭТ 2-2021 в соответствии с ГПС для средств измерений уровня измеряемой среды и сыпучих материалов, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 г. №3459;

- Государственному специальному эталону единицы скорости водного потока ГЭТ 137-83 в соответствии с ГОСТ 8.486-83 «ГСИ. Государственный специальный эталон и Государственная поверочная схема для средств измерений скорости водного потока в диапазоне от 0,005 до 25 м/с»;

- к Государственному первичному 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 измеряемой среды в потоке, объема измеряемой среды и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов измеряемой среды.

Данная методика поверки реализуется методом непосредственного сличения поверяемого средства измерений с эталонами той же величины и методом косвенных измерений (поверка имитационным методом).

Методика поверки предусматривает проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных измерительных блоков из состава средства измерений, для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций при		Номер раздела (пункта) методики поверки в соответствии с которым выполняется операция поверки
	Первичной поверке	Периодической поверке	
Контроль условий поверки	да	да	3
Внешний осмотр	да	да	7
Опробование	да	да	8.2
Проверка идентификационных данных программного обеспечения	да	да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	10

Определение приведенной погрешности измерений уровня жидкости ультразвуковым погружным датчиком уровня, совмещенным с ультразвуковым датчиком скорости (базовый вариант комплектации)	да	да	10.1
Определение приведенной погрешности измерений уровня жидкости ультразвуковым бесконтактным датчиком уровня	да	да	10.2
Определение абсолютной погрешности измерений уровня жидкости радарным бесконтактным датчиком уровня	да	да	10.3
Определение погрешностей измерения скорости потока жидкости с помощью погружного доплеровского ультразвукового датчика скорости (базовый вариант комплектации)	да	да	10.4
Определение относительной погрешности измерения скорости потока жидкости с помощью радарного бесконтактного датчика скорости	да	да	10.5
Определение приведенной погрешности измерения силы постоянного тока в диапазоне от 4 до 20 мА	да	да	10.6
Определение относительной погрешности преобразования значения объемного расхода в выходной частотный сигнал	да	да	10.7
Определение приведенной погрешности преобразования значения объемного расхода в выходной токовый сигнал 4-20 мА	да	да	10.8
Оформление результатов поверки	да	да	11

2.2 Проверка метрологических характеристик и подтверждение соответствия расходомера метрологическим требованиям производится для тех диапазонов измерений, которые обеспечиваются датчиками расходомера, входящими в его состав, согласно паспорту.

2.3 По заявлению владельца СИ допускается проведение периодической поверки в сокращенном относительно указанного в таблице 1 объема, с обязательным указанием в свидетельстве о поверке информации об объеме проведенной поверки.

2.4 Результаты выполнения операций поверки заносят в протокол, рекомендуемая форма которого приведена в приложении А.

2.5 Если при проведении той или иной операции поверки получен отрицательный результат, дальнейшая поверка прекращается.

Примечание:

1 При пользовании настоящей методики поверки целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

2 Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 15 до 25;
- температура поверочной среды, °С от 15 до 25;
- относительная влажность, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 86,0 до 106,7;
- время выдержки приборов во включенном состоянии до проведения поверки должно быть не менее 15 мин.

3.2 Параметры электропитания – в соответствии с эксплуатационной документацией расходомера и средств поверки.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица, имеющие квалификационную группу по технике безопасности не ниже II, прошедшие инструктаж по технике безопасности и изучившие эксплуатационную документацию на средства измерений и средства поверки и настоящую методику поверки.

4.2 К работе по поверке расходомеров должны допускаться лица, имеющие необходимую квалификацию, опыт поверки, аттестованные в установленном порядке в качестве поверителей.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки применяют нижеперечисленные средства поверки и вспомогательное оборудование.

Таблица 2 — Перечень средств поверки

Номер пункта методики поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки	Основные метрологические характеристики
Контроль условий поверки (Раздел 3)	Термогигрометр ИВА-6Н-Д (рег. № 46434-11)	Диапазон измерений температуры воздуха от 0 до 60 °С, погрешность измерений $\pm 0,3$ °С; диапазон измерений относительной влажности воздуха от 0 до 90 %, погрешность измерений ± 2 %; диапазон измерений атмосферного давления от 70 до 110 кПа, погрешность измерений $\pm 0,25$ кПа.
Контроль условий поверки (Раздел 3)	Термометр стеклянный ТТ (рег. 70650-18)	Диапазон измерений температуры от 0 до 100 °С, погрешность измерений ± 1 °С
10.1	Установка уровнемерная УРГ-6000 (рег. № 29565-05),	от 0 до 6000 мм, ПГ $\pm 1,0$ мм
10.4.1; 10.5	Установка гидродинамическая ГДУ-400/0,5 (рег. № 31502-06)	от 0,05 до 0,5 м/с, ПГ объемного расхода $\pm 0,3$ %;
10.5	Установка для поверки измерителей скорости потока жидкости УДИС-6 (рег. № 44510-10)	от 0,1 до 6,0 м/с, ПГ $\pm 0,15$ %;
10.4.1	Рабочий эталон не ниже 3 разряда 1 части ГПС для средств измерений массы и объема измеряемой	Государственный рабочий эталон 1 разряда единиц объема в диапазоне от 30 до 3000 дм ³ и массы в диапазоне от 30 до 3000 кг

	среды в потоке, объема измеряемой среды и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов измеряемой среды в соответствии с Приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356	(ZZB.0049.2015)
10.6	Стенд ККС6 (рег. №17567-09)	Диапазон тока воспроизведения от 0,025 до 20 мА ПГ $\pm 0,001$ мА при токе не более 5 мА включительно и $\pm 0,003$ мА при токе более 5 мА
10.4.1	Секундомер механический СОПпр-2а (рег.11519-11)	от 0 до 60 с КТ 3; от 0 до 30 мин ПГ $\pm 1,6$ за 30 мин $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$
10.2; 10.3	Рулетка измерительная металлическая Р20УЗК по ГОСТ 7502	Диапазон измерений от 0 до 20 м; ПГ $\pm 1,0$ мм
10.2; 10.3	Штангенциркуль ШЦ-II по ГОСТ 166-89	Диапазон измерений от 0 до 250 мм, ПГ $\pm 0,1$ мм
10.2; 10.3	Угольник поверочный ГОСТ 3749-77	КТ 2
10.2; 10.3	Уровень брусковый	ПГ $\pm 0,1$ мм/м
10.4.2	Генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-122 рег. 10237-85	от 0,1 до $2 \cdot 10^6$ Гц; ПГ $\pm (5 \cdot 10^{-7}) \cdot f$ Гц
10.4.2; 10.7	Частотомер электронно-счетный ЧЗ-63/1 рег. 9084-90	от 0,1 Гц до 1,5 МГц; ПГ $\pm (5 \cdot 10^{-7} + 1/f_{\text{изм}}/\tau_{\text{сч}})$
8.2.2.2	Измеритель RLC E7-22	от 1 мОм до 20 Ом; ПГ $\pm (0,012 \cdot R_{\text{изм}} + 0,008)$ Ом от 100 нФ до 1000 мкФ; ПГ $\pm (0,05 \cdot C_{\text{изм}} + 5 \cdot 10^{-7})$ Ф от 0,1 мкГн до 2 мГн ПГ $\pm ((0,01 + L_{\text{х}}/10^6) \cdot L_{\text{изм}} + 5 \cdot 10^{-7})$ Гн
10.2	Щит-отражатель с минимальным размером стороны $h_{\text{макс}}/10^*$	
*) $h_{\text{макс}}$ – верхний предел диапазона измерений уровня при поверке, мм.		

Допускается применение других эталонов, средств измерений и вспомогательного оборудования с диапазоном измерений не менее диапазона измерений поверяемого расходомера и точностными характеристиками не хуже указанных в таблице 2.

Все эталоны и средства измерений должны иметь действующие аттестаты и свидетельства о поверке.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны выполняться следующие требования безопасности:

- к проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте и имеющие 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 расходомеры, применяемые средства поверки и вспомогательное оборудование;
- поверитель должен соблюдать правила пожарной безопасности, действующие на предприятии;
- монтаж и демонтаж расходомеров должны производиться при отсутствии потока на измерительном участке.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие расходомера следующим требованиям:

- внешний вид расходомера (ЭБ, преобразователь сигналов (при его наличии), датчики) должен соответствовать описанию и изображениям, приведенным в описании типа;
- не должно быть механических дефектов на ЭБ расходомера, на преобразователе сигналов (при его наличии) и датчиках, входящих в состав расходомера, способных повлиять на результаты поверки и препятствующих чтению надписей, маркировки, показаний индикатора;
- не должно быть видимых механических повреждений соединительных кабелей.

7.2 По результатам внешнего осмотра принимают решение о проведении дальнейшей поверки или ее прекращении до устранения выявленных недостатков.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- проверить наличие паспорта на расходомер и паспортов на средства измерений, входящие в состав расходомера;
- проверить соответствие маркировки и комплектности расходомера и его составных частей паспортным данным, проверить соответствие серийного номера расходомера паспортным данным;
- при периодической поверке проверить наличие действующих свидетельств о поверке средств измерений, входящих в состав расходомера;
- проверить наличие пломбы для защиты расходомера от несанкционированного доступа в месте, указанном в описании типа;
- подготовить расходомер к работе в соответствии с Руководством по эксплуатации.

8.1.2 В соответствии с эксплуатационной документацией подготовить средства поверки для проведения измерений, проверить соблюдение требований п.3.1 средствами измерений, контролирующими температуру, относительную влажность, атмосферное давление.

8.1.3 Перед проведением периодической поверки должны быть выполнены регламентные работы, предусмотренные в Руководстве по эксплуатации.

8.2 Опробование

При опробовании расходомера устанавливается его работоспособность в соответствии с Руководством по эксплуатации.

8.2.1 При проливном способе поверки по скорости, расходомер подготавливают к работе и устанавливают на поверочную расходомерную установку в соответствии с эксплуатационной документацией на установку. С помощью поверочной установки задают поочередно 2–3 значения скорости потока, находящихся в диапазоне измерений расходомера. На индикаторе расходомера в режиме измерений скорости наблюдают показания расходомера по скорости. Результат опробования считают положительным, если изменение показаний на индикаторе соответствует изменению скорости потока поверочной установки.

8.2.2 При имитационном способе поверки расходомера по скорости существуют 2 варианта опробования:

8.2.2.1 Погружной доплеровский ультразвуковой датчик скорости, совмещенный с ультразвуковым датчиком уровня (далее – комбинированный датчик) используется как датчик скорости и уровня, комбинированный датчик демонтирован из потока и доступен для поверки в условиях лаборатории.

Для этого варианта опробование датчика по уровню производится согласно п. 8.2.3.

Опробование по скорости - в емкости по п. 8.2.3 путем кругового перемешивания объема воды в емкости и наблюдении за появлением ненулевых показаний на индикаторе расходомера и их плавном уменьшении после прекращения перемешивания.

8.2.2.2 Комбинированный датчик используется только как датчик скорости и не демонтирован из потока (Внимание! Настоящий пункт применим только для расходомера исполнения У1).

Для этого варианта опробование датчика по скорости производится путем измерений его электрических параметров (между белым и коричневым выводами кабеля датчика). Опробование считают успешным, если значения электрических параметров находятся в следующих пределах:

$R = [(1 + 0,186 \cdot A) \pm 20 \text{ \%}] \text{ Ом}$, где A – длина кабеля датчика, м;

$20 \text{ мкГн} \leq L \leq 60 \text{ мкГн}$;

$500 \text{ мкФ} \leq C \leq 1000 \text{ мкФ}$,

где R - электрическое активное сопротивление, L - индуктивность, C – электрическая ёмкость.

8.2.3 При опробовании расходомеров с погружными комбинированным и/или гидростатическим датчиками уровня, датчик помещают в емкость с водой и, увеличивая/уменьшая уровень воды в емкости (или расстояние от датчика до поверхности воды), наблюдают на индикаторе расходомера соответственно увеличение/уменьшение показаний по уровню.

8.2.4 При опробовании расходомеров с радарным и ультразвуковым бесконтактными датчиками уровня необходимо увеличивать и уменьшать расстояние между датчиком и отражающей поверхностью – экраном, имитирующим уровень потока жидкости. Расстояние до экрана должно быть не меньше слепой зоны датчика, в соответствии с Руководством по эксплуатации изготовителя.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ (ПО)

Проверка идентификационных данных программного обеспечения (ПО) осуществляется путем входа в раздел «Параметры ПО» меню расходомера с помощью кнопок на лицевой панели ЭБ и последующей сверки идентификационных данных с идентификационными данными ПО, приведенными в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значения
Идентификационное наименование ПО	ГеоСтрим-72
Номер версии (идентификационный номер) ПО	3.4X
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	0x2AD8
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	CRC-16
X – строчная буква латинского алфавита, относится к метрологически незначимой части, принимает значение от «b» до «z»	

Результат поверки считается положительным, если идентификационные данные ПО на индикаторе расходомера совпадают со значениями, указанными в таблице 3.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение приведенной погрешности измерений уровня жидкости ультразвуковым погружным датчиком уровня, совмещенным с ультразвуковым датчиком скорости (базовый вариант комплектации)

В зависимости от типа уровнемерной установки, датчик крепится согласно РЭ в ее нижней неподвижной части, либо на ее подвижную часть. При этом для задания тестовых значений уровня необходимо соответственно изменять уровень контролируемой среды в уровнемерной установке, либо изменять глубину погружения датчика.

На время поверки необходимо кнопками на лицевой панели ЭБ в сервисном режиме через меню «Поверка» выбрать «Настройка|Датчики|Уровень» временно присвоить параметру «Смещение» датчика уровня значение «0». По окончании поверки восстановить исходное значение «Смещения».

Погрешность измерения уровня для базовой комплектации определяется не менее чем при трёх значениях уровня, соответствующих $(5 \pm 1) \%$, $(50 \pm 5) \%$ и $(90 \pm 5) \%$ от наибольшего предела измерения датчика $h_{\text{макс}}$.

Вычисляют приведенную погрешность γ_h измерения уровня по формуле

$$\gamma_h = \frac{h_{\text{изм}} - h_{\text{эт}}}{h_{\text{макс}}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

где $h_{\text{изм}}$ – показания расходомера по уровню, мм;

$h_{\text{эт}}$ – расстояние, измеренное рулеткой, мм;

$h_{\text{макс}}$ – верхний предел диапазона измерений уровня, мм.

Результат поверки считают положительным, если все полученные значения приведенной погрешности γ_h измерений уровня для каждого значения уровня не превышают допустимого значения $\pm 0,25 \%$.

10.2 Определение приведенной погрешности измерений уровня жидкости ультразвуковым бесконтактным датчиком уровня

В качестве имитатора поверхности контролируемой среды используют поверхность передвижного прямоугольного отражающего экрана. Датчик устанавливают на горизонтальную поверхность, как показано на рисунке 1, на уровне около $\frac{1}{2}$ высоты экрана. Передвижной экран устанавливают вертикально, контролируя положение с помощью поверочного угольника и пузырькового уровня, так, чтобы его плоскость и геометрическая ось излучателя датчика уровня были взаимно перпендикулярны с допуском на неперпендикулярность ± 1 угловой градус.

Определение погрешности датчика проводят не менее чем в трех равномерно расположенных точках диапазона измерений, две из которых соответствуют нижнему $h_{\text{мин}}$ и верхнему $h_{\text{макс}}$ пределу диапазона.

На время поверки необходимо кнопками на лицевой панели ЭБ в сервисном режиме через меню «Настройка|Датчики|Уровень» временно установить тип датчика уровня «Погружной» и присвоить параметру «Смещение» датчика уровня значение «0». По окончании поверки восстановить исходные значения измененных параметров.

В каждой проверяемой точке определяют расстояние $h_{\text{эт}}$ от датчика до экрана и снимают по ЖКИ в режиме индикации уровня показания расходомера $h_{\text{изм}}$.

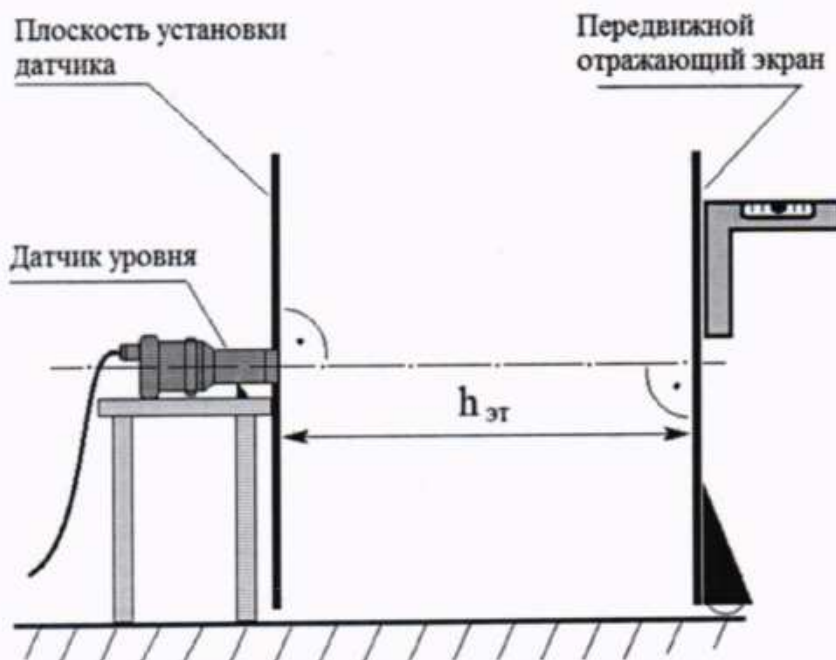


Рисунок 1 – Схема монтажа ультразвукового датчика уровня

Вычисляют приведенную погрешность γ_h измерения уровня в каждой поверяемой точке диапазона по формуле

$$\gamma_h = \frac{h_{\text{изм}} - h_{\text{эт}}}{h_{\text{макс}}} \cdot 100, \% \quad (2)$$

где $h_{\text{изм}}$ – показания расходомера по уровню, мм;
 $h_{\text{эт}}$ – расстояние, измеренное рулеткой, мм;
 $h_{\text{макс}}$ – верхний предел диапазона измерений уровня, мм.

Результат поверки считают положительным, если все полученные значения приведенной погрешности γ_h измерения уровня для каждого значения уровня не превышают допустимого значения $\pm 0,15 \%$.

10.3 Определение абсолютной погрешности измерений уровня жидкости радарным бесконтактным датчиком уровня

В качестве имитатора поверхности контролируемой среды используют поверхность передвижного прямоугольного отражающего экрана. Установка датчика и отражающего экрана производится аналогично п. 10.2.

На время поверки необходимо кнопками на лицевой панели ЭБ в сервисном режиме через меню «Настройка|Датчики|Уровень» временно установить тип датчика уровня «Погружной» и присвоить параметру «Смещение» датчика уровня значение «0». По окончании поверки восстановить исходные значения измененных параметров.

Определение погрешности датчика проводят не менее чем в трех равномерно расположенных точках диапазона измерений, две из которых соответствуют нижнему $h_{\text{мин}}$ и верхнему $h_{\text{макс}}$ значению диапазона.

В каждой проверяемой точке определяют расстояние $h_{\text{эт}}$ от датчика до экрана и снимают по ЖКИ в режиме индикации уровня показания расходомера $h_{\text{изм}}$.

Вычисляют абсолютную погрешность измерений уровня Δ_h в каждой поверяемой точке диапазона измерений по формуле

$$\Delta_h = h_{\text{изм}} - h_{\text{эт}}, \quad (3)$$

где $h_{изм}$ – показания расходомера по уровню, мм;
 $h_{эт}$ – расстояние, измеренное рулеткой, мм.

Результат поверки считают положительным, если все полученные значения абсолютной погрешности Δh измерения уровня для каждого значения уровня не превышают $\pm 3,0$ мм.

10.4 Определение погрешности измерений скорости потока жидкости с помощью погружного доплеровского ультразвукового датчика скорости (базовый вариант комплектации)

При периодической поверке расходомера допускается проводить определение погрешности измерений скорости проливным способом (подпункт 10.4.1) или имитационным (подпункт 10.4.2) на усмотрение поверителя.

10.4.1 Проливной способ определения погрешности измерений скорости

Доплеровский погружной датчик скорости расходомера устанавливают в трубопроводе эталонной расходомерной установки с внутренним диаметром/шириной измерительного участка в соответствии с требованиями инструкции по эксплуатации расходомера.

Задают в измерительном участке расходомерной установки последовательно пять значений тестовых расходов, соответствующих следующим скоростям потока: два значения для скорости менее 1 м/с, одно значение для скорости $(1,0 \pm 0,1)$ м/с и два значения для скорости более 1 м/с.

Для каждого тестового расхода после установления стационарного потока фиксируют время начала поверки (событие «старт»), окончания поверки (событие «стоп») и суммарный объем по показаниям расходомерной установки. При этом время t накопления измерений между событиями «старт» и «стоп» на каждом тестовом расходе расходомерной установки устанавливается не менее 5 минут и измеряется средствами эталонной установки либо секундомером.

Скорость потока жидкости в измерительном участке расходомерной установки для каждого тестового расхода определяется из накопленного объема V за время измерений t по формуле

$$v_{cp} = \frac{V}{t \cdot S_{изм}}, \quad (4)$$

где v_{cp} – средняя скорость потока жидкости, м/с;
 V – накопленный объем, м³;
 t – время измерения, с;
 $S_{изм}$ – площадь заполненного внутреннего сечения измерительного участка расходомерной установки, м².

Показания по скорости снимают с ЖКИ расходомера при каждом тестовом расходе не менее 6-и раз. Первое показание фиксируют после момента «старт» поверки, второе и последующие – равномерно внутри интервала времени поверки. Вычисляют среднее арифметическое значение показаний расходомера для серии из $n=6$ измерений

$$v_{изм} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \quad (5)$$

Для двух точек тестового расхода в диапазоне значений скорости потока до 1,0 м/с определяют относительную погрешность измерений скорости γ_v , приведенную к диапазону ± 1 м/с, в каждой точке по формуле

$$\gamma_v = \frac{v_{изм} - v_{cp}}{2,0} \cdot 100, \% \quad (6)$$

где $v_{изм}$ – значение средней скорости жидкости по показаниям расходомера, м/с.

Для трех точек тестового расхода в диапазоне значений скорости потока 1,0 м/с и более определяют относительную погрешность измерений скорости δ_v в каждой точке по формуле

$$\delta_v = \frac{v_{изм} - v_{ср}}{v_{ср}} \cdot 100, \% \quad (7)$$

Результат поверки считают положительным, если и приведенная γ_v , и относительная δ_v погрешности расходомера по скорости для каждого из тестовых значений $v_{ср}$ не превышают предельного значения $\pm 2 \%$.

10.4.2 Имитационный способ определения погрешности измерений скорости

Внимание! Имитационный способ применим только для комбинированного датчика в составе расходомера исполнения У1.

Определение погрешностей расходомера по скорости производится путем имитации генератором ультразвукового сигнала, отраженного от движущегося потока и имеющего доплеровское смещение по частоте относительно излученного сигнала. Для реализации имитационного способа собирают схему, изображенную на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема функциональная соединения приборов для имитационной проверки

Подают питание на расходомер, генератор и частотомер, согласно их руководств по эксплуатации. С помощью кнопок управления на лицевой панели расходомера переходят в режим отображения на ЖКИ скорости жидкости. Сигнал с генератора через аттенюатор подают на клеммы 7 и 8 блока преобразователя сигнала (далее ПС).

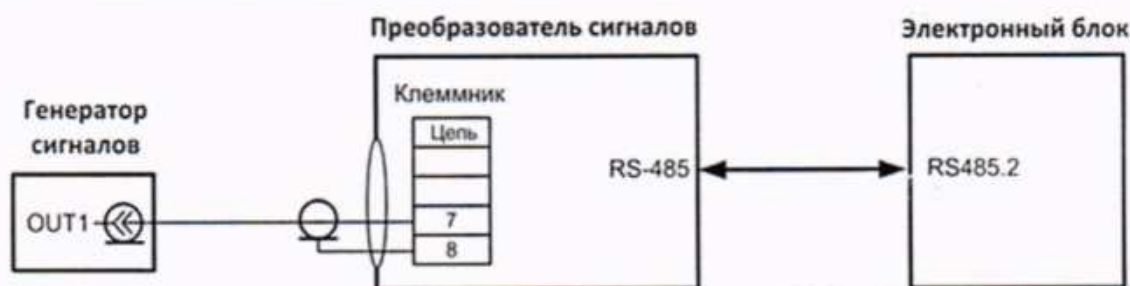


Рисунок 3 - Схема подключения к блоку ПС

Примечание:

1 Значение амплитуды выходного сигнала генератора составляет около 30 мВ. В зависимости от коэффициента ослабления применяемого аттенюатора, амплитуда выходного сигнала генератора может быть изменена для достижения устойчивых показаний по скорости на индикаторе ЭБ.

2 Подключение погружного доплеровского ультразвукового датчика скорости, совмещенного с датчиком уровня, не является обязательным и не влияет на результаты поверки.

На генераторе устанавливают поочередно значения тестовой частоты $F_{\text{эт}}$ в соответствии с таблицей 4. Значение частоты сигнала генератора контролируют по частотомеру. Дожидаются в течение около 20 секунд окончания преобразования входного частотного сигнала в блоке ПС, снимают показания расходомера по скорости.

Значения погрешностей рассчитывают по формулам (6) и (7) в зависимости от значений тестовых частот. Экспериментальные данные и результаты вычислений сводятся в таблицу 4 протокола поверки.

Таблица 4 – Значения тестовых частот и соответствующих им скоростей потока

Частота $F_{\text{эт}}$, МГц	1,0386	1,0394	1,0402	1,0410	1,0426	1,0434	1,0442	1,0450
Скорость $v_{\text{эт}}$, мм/с	-3896	-2811	-1818	-887	913	1845	2840	3927
Скорость $v_{\text{изм}}$, мм/с								
Погрешность γ_v и δ_v , %								

Результат поверки считают положительным, если и приведенная γ_v , и относительная δ_v погрешности расходомера по скорости для каждого из тестовых значений $v_{\text{эт}}$ не превышают предельного значения $\pm 2\%$.

10.5 Определение относительной погрешности измерений скорости потока жидкости с помощью радарного бесконтактного датчика скорости

Устанавливают датчик скорости расходомера на измерительный участок эталонной установки в соответствии с руководствами по эксплуатации эталона скорости и расходомера. Не допускается рассогласования направления вектора скорости потока и оси радара в горизонтальной плоскости более чем на ± 2 градуса. Коэффициент коррекции скорости расходомера при этом устанавливают равным 1.

Задают в измерительном участке эталона последовательно три значения скорости потока из диапазона измерений расходомера.

При каждом тестовом значении скорости $v_{\text{эт}}$ снимают по ЖКИ расходомера в режиме индикации скорости показания $v_{\text{изм}}$.

Вычисляются численные значения величин допуска для каждого из трех значений скорости по формуле

$$\delta_{v \text{ макс}} = \pm(1,0 + 0,1/v_{\text{изм}}), \%, \quad (8)$$

где $v_{\text{изм}}$ – измеренное расходомером значение скорости, м/с.

Вычисляются относительные погрешности δ_v измерения скорости по формуле

$$\delta_v = \frac{v_{\text{изм}} - v_{\text{эт}}}{v_{\text{эт}}} \cdot 100, \%, \quad (9)$$

где $v_{\text{эт}}$ – значение поверхностной скорости потока жидкости по показаниям эталона, м/с.

Результат поверки считают положительным, если относительная погрешность расходомера δ_v по скорости не превышает пределов, вычисляемых по формуле $\pm(1,0 + 0,1/v_{\text{изм}})\%$ для каждого из значений $v_{\text{эт}}$ скорости потока жидкости.

10.6 Определение приведенной погрешности измерений силы постоянного тока в диапазоне от 4 до 20 мА

Поверка выполняется при подключении к входным клеммам «4-20 мА» ЭБ расходомера калибратор тока. Допускается применять в качестве калибратора тока миллиамперметр соответствующего класса с внешним стабилизированным блоком питания, рассчитанным на регулирование выходного напряжения до 15 В (рисунок 4).

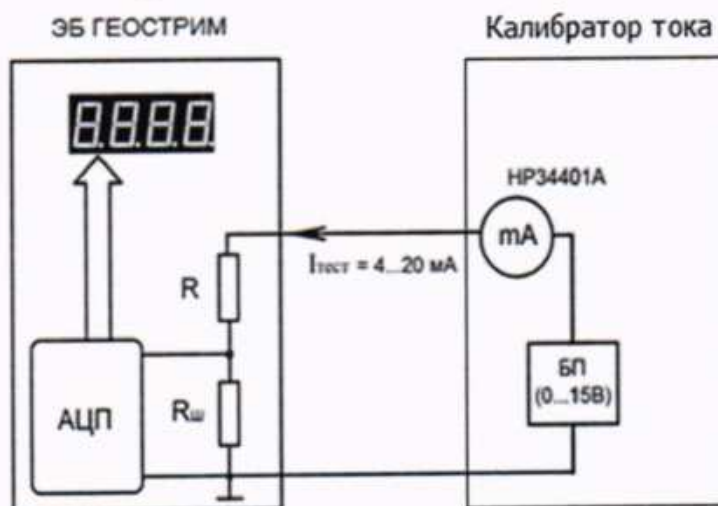


Рисунок 4 – Схема для определения погрешности измерения постоянного тока

Определение погрешности выполняется не менее чем при трех значениях тока, равномерно распределенных в диапазоне от 4 до 20 мА, включая границы диапазона. Результаты измерений отсчитываются по строке индикации уровня на индикаторе расходомера, отсчет производить в единицах уровня.

Для определения приведенной погрешности рассчитывают эталонные значения уровня $h_{эi}$, соответствующие i -му значению силы постоянного тока калибратора, по формуле

$$h_{эi} = h_{\min} + \frac{I_{эi} - 4}{16} \cdot (h_{\max} - h_{\min}) \quad (10)$$

где $I_{эi}$ – i -ое значение силы постоянного тока, подаваемое калибратором на вход ЭБ, мА;
 $h_{\max}$ и $h_{\min}$ – наибольшее и наименьшее значение измеряемого уровня, которые заносятся в память при конфигурировании расходомера для совместной работы с конкретным датчиком уровня, мм.

Вычислить приведенную погрешность измерения силы постоянного тока для i -го тестового тока по формуле

$$\gamma_{hi} = \frac{h_{изм\ i} - h_{эi}}{h_{\max} - h_{\min}} \cdot 100, \%, \quad (11)$$

где $h_{изм\ i}$ – показания расходомера при измерении i -го значения силы постоянного тока, подаваемого с калибратора, мм;

$h_{эi}$ – расчетное значение уровня, соответствующее i -му значению силы тока, мм.

Результат поверки считать положительным, если все полученные значения приведенной погрешности измерения силы постоянного тока не выходят за пределы $\pm 0,1\%$.

10.7 Определение относительной погрешности преобразования значения объемного расхода в выходной частотный сигнал

Подготовить к работе частотомер и подключить его к частотному выходу расходомера по

объемному расходу с учетом варианта исполнения выхода (активный или пассивный).

Кнопками на лицевой панели ЭБ, произвести следующие действия:

- в меню «Отсечка|Верхний порог» установить максимально допустимое значение объемного расхода $Q_{\max}=160000 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- в меню «Отсечка|Нижний порог» установить значение объемного расхода $Q_{\min}=0 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- в меню «Выходы|Частотный|Расход» установить значение $Q_{\max}=160000 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- в меню «Выходы|Частотный|Частота» установить значение 2000 Гц ;
- в меню «Профиль» установить значение «Имитация»;
- в меню «Параметры» установить значение дисперсии объемного расхода $dQ=0$;
- в меню «Параметры» установить поочередно три значения имитируемого объемного расхода в соответствии с таблицей 5. Контролировать по ЖКИ установленные значения объемного расхода.

Таблица 5 – Определение относительной погрешности преобразования значения объемного расхода в выходной частотный сигнал

Контрольная точка	Значение объемного расхода Q_z в контрольной точке, $\text{м}^3/\text{ч}$	Показания частотомера $f_{\text{вых}}$, Гц	Значение расхода Q_f , $\text{м}^3/\text{ч}$	δQ , %
$Q_{\max}$	160000			
$0,5 \cdot Q_{\max}$	80000			
$0,01 \cdot Q_{\max}$	1600			

Зафиксировать для каждого их трех значений Q_z показания частотомера $f_{\text{вых}}$. Перевести показания частотомера $f_{\text{вых}}$ в объемный расход Q_f по формуле

$$Q_f = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{2000} \cdot f_{\text{вых}} \quad (12)$$

Вычислить значения относительной погрешности δQ преобразования значения объемного расхода в выходной частотный сигнал по формуле

$$\delta Q = \frac{Q_f - Q_z}{Q_z} \cdot 100, \% \quad (13)$$

Восстановить в меню исходные значения параметров.

Результат поверки считать положительным, если все полученные значения относительной погрешности δQ преобразования значения объемного расхода в выходной частотный сигнал не выходят за пределы $\pm 0,05 \%$.

10.8 Определение приведенной погрешности преобразования значения объемного расхода в выходной токовый сигнал 4-20 мА

Подготовить к работе миллиамперметр и подключить его к токовому выходу расходомера по объемному расходу с учетом варианта исполнения выхода (активный или пассивный).

Примечание: поверку проводят аналогично проверке частотного выхода по п. 10.7. Оба пункта поверки рекомендуется совмещать, подключая одновременно к соответствующим выходам ЭБ расходомера частотомер и миллиамперметр и снимая данные по выходным частоте и току.

Кнопками на лицевой панели ЭБ произвести следующие действия:

- в меню «Отсечка|Верхний порог» установить максимально допустимое значение объемного расхода $Q_{\max}=160000 \text{ м}^3/\text{ч}$;

- в меню «Отсечка|Нижний порог» установить значение объемного расхода $Q_{\min} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- в меню «Выходы|Аналоговый|Расход» установить значение $Q_{\max} = 160000 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- в меню «Выходы|Аналоговый|Код 4 мА» и «Код 20 мА» должны быть установлены значения кодов полной шкалы в соответствии с результатами последней калибровки;
- в меню «Профиль» установить значение «Имитация»;
- в меню «Параметры» установить значение дисперсии объемного расхода $dQ=0$;
- в меню «Параметры» установить поочередно три значения имитируемого объемного расхода в соответствии с таблицей 6. Контролировать по ЖКИ установленные значения объемного расхода.

Таблица 6 – Определение приведенной погрешности преобразования значения объемного расхода в выходной токовый сигнал 4-20 мА

Контрольная точка	Значение объемного расхода Q_z в контрольной точке, $\text{м}^3/\text{ч}$	Показания миллиамперметра $I_{\text{вых}}$, мА	Значение расхода Q_l , $\text{м}^3/\text{ч}$	γ_Q , %
$Q_{\max}$	160000			
$0,5 \cdot Q_{\max}$	80000			
$0,01 \cdot Q_{\max}$	1600			

Зафиксировать для каждого из трех значений Q_z показания миллиамперметра $I_{\text{вых}}$. Перевести показания частотомера $I_{\text{вых}}$ в объемный расход Q_l по формуле

$$Q_l = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{16} \cdot (I_{\text{вых}} - 4) \quad (14)$$

где $I_{\text{вых макс}}$ и $I_{\text{вых мин}}$ – границы диапазона изменения выходного токового сигнала по объемному расходу, составляющие 4 и 20 мА соответственно.

Вычислить значения приведенной погрешности γ_Q преобразования значения объемного расхода в выходной токовый сигнал по формуле

$$\gamma_Q = \frac{Q_l - Q_z}{Q_{\max} - Q_{\min}} \cdot 100, \% \quad (15)$$

Восстановить в меню исходные значения параметров.

Результат поверки считать положительным, если все полученные значения приведенной погрешности преобразования значения объемного расхода в выходной токовый сигнал γ_Q не выходят за пределы $\pm 0,5 \%$.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки оформляются протоколом, рекомендуемая форма которого приведена в Приложении А.

11.2 В протокол допускается не включать пункты с незаполненными таблицами экспериментальных данных, поверка по которым не проводилась в связи с отсутствием тех или иных датчиков в составе (комплектации) расходомера либо по заявлению владельца СИ.

11.3 При положительных результатах поверки проводят пломбирование расходомера. Знак поверки наносится поверх одного из винтов крепления лицевой панели ЭБ (рисунок 5) в виде наклейки либо оттиска клейма методом давления на мастику в пломбировочной чашке.



Рисунок 5 – Схема пломбировки от несанкционированного доступа, обозначение места нанесения знака поверки

11.4 По заявлению заказчика после проведения поверки оформляют свидетельство о поверке установленного образца либо в соответствующем разделе паспорта наносится знак поверки, ставится подпись поверителя, расшифровка подписи и дата поверки.

11.5 При отрицательных результатах поверки оформляют извещение о непригодности установленной формы.

Форма протокола поверки

Протокол поверки № _____ от «__» _____ 20__ г.

Наименование, тип СИ	Расходомеры-счетчики ультразвуковые ГЕОСТРИМ		
Модификация (исполнение)	ГЕОСТРИМ Х-Х-ХХ-ХХ-ХХ		
Серийный номер		Дата изготовления:	
Регистрационный номер в ФИФ по ОЕИ	XXXXX-XX		
Наименование методики поверки	ГСИ. Расходомеры-счетчики ультразвуковые ГЕОСТРИМ. Методика поверки МП 2550-0368-2020 с изм. 1		
Средства поверки			
Условия поверки	температура _____, °С; влажность _____%; атмосферное давление _____ мм рт. ст.		

№ пункта МП	Наименование операции	Значение параметра	Заклучение о соответствии
7.1	Внешний осмотр		
8.2	Опробование		
9	Проверка идентификационных данных ПО		
10	Определение метрологических характеристик (ниже по пунктам)		

10.1 Определение приведенной погрешности γ_h измерений уровня ультразвуковым погружным датчиком уровня, совмещенным с ультразвуковым датчиком скорости

№ п/п	Диапазон тестовых значений уровня в % от $h_{\max}$	$h_{\text{эт}}$, мм	Показания расходомера $h_{\text{изм}}$, мм	Значение допуска $\gamma_{h \max}$, %	γ_h , %
1	5 ± 1 %			$\pm 0,25$	
2	50 ± 5 %			$\pm 0,25$	
3	90 ± 5 %			$\pm 0,25$	

10.2 Определение приведенной погрешности γ_h измерений уровня потока жидкости ультразвуковым бесконтактным датчиком уровня

№ п/п	Диапазон тестовых значений расстояний	$h_{\text{эт}}$, мм	Показания расходомера $h_{\text{изм}}$, мм	Значение допуска $\gamma_{h \max}$, %	γ_h , %
1	от $h_{\min}$ до $1,05 \cdot h_{\min}$			$\pm 0,15$	
2	от $0,45 \cdot h_{\max}$ до $0,55 \cdot h_{\max}$			$\pm 0,15$	
3	от $0,95 \cdot h_{\max}$ до $h_{\max}$			$\pm 0,15$	

10.3 Определение абсолютной погрешности Δ_h измерений уровня потока жидкости радарным бесконтактным датчиком уровня

№ п/п	Диапазон тестовых значений расстояний	$h_{\text{эт}}$, мм	Показания расходомера $h_{\text{изм}}$, мм	Значение допуска $\Delta_{h \max}$, мм	Δ_h , мм
1	от $h_{\min}$ до $1,05 \cdot h_{\min}$			$\pm 3,0$	
2	от $0,45 \cdot h_{\max}$ до $0,55 \cdot h_{\max}$			$\pm 3,0$	
3	от $0,95 \cdot h_{\max}$ до $h_{\max}$			$\pm 3,0$	

Продолжение приложения А

10.4 Определение погрешности измерений скорости потока жидкости с помощью погружного доплеровского ультразвукового датчика скорости

10.4.1 Пропливной способ определения погрешности измерений скорости

№ п/п	$S_{изм},$ м ²	$V,$ м ³	$t,$ с	$v_{ср},$ м/с	$v_1,$ м/с	$v_2,$ м/с	$v_3,$ м/с	$v_4,$ м/с	$v_5,$ м/с	$v_6,$ м/с	$v_{изм},$ м/с	Значение допуска $\delta_{v макс}$ или $\gamma_{v макс}, \%$	$\delta_v,$ %
1													
...													
5													

10.4.2 Имитационный способ определения погрешности измерений скорости

Частота $F_{эт},$ МГц	1,0386	1,0394	1,0402	1,0410	1,0426	1,0434	1,0442	1,0450
Скорость $v_{эт},$ мм/с	-3896	-2811	-1818	-887	913	1845	2840	3927
Скорость $v_{изм},$ мм/с								
Погрешность, %								

10.5 Определение относительной погрешности измерений скорости потока жидкости с помощью радарного бесконтактного датчика скорости

№ п/п	Диапазон тестовых значений скорости	$v_{эт},$ м/с	Показания расходомера $v_{изм},$ м/с	Значение допуска $\delta_{v макс}, \%$	$\delta_v, \%$
1	от $v_{мин}$ до $1,05 \cdot v_{мин}$				
2	от $0,45 \cdot v_{макс}$ до $0,55 \cdot v_{макс}$				
3	от $0,95 \cdot v_{макс}$ до $v_{макс}$				

10.6 Определение приведенной погрешности измерения силы постоянного тока в диапазоне 4-20 мА

i	$I_{эл},$ мА	$h_{эл},$ мм	$h_{изм i},$ мм	$\gamma_{hi}, \%$
1	4,0			
2	от 8,0 до 16,0			
3	20,0			

10.7 Определение относительной погрешности преобразования значения объемного расхода в выходной частотный сигнал

Контрольная точка	Значение объемного расхода $Q_{э}$ в контрольной точке, м ³ /ч	Показания частотомера $f_{вых},$ Гц	Значение расхода $Q_f,$ м ³ /ч	$\delta_Q, \%$
$Q_{макс}$	160000			
$0,5 \cdot Q_{макс}$	80000			
$0,01 \cdot Q_{макс}$	1600			

Продолжение приложения А

10.8 Определение приведенной погрешности преобразования значения объемного расхода в выходной токовый сигнал 4-20 мА

Контрольная точка	Значение объемного расхода Q_3 в контрольной точке, м ³ /ч	Показания миллиамперметра $I_{\text{вых}}$, мА	Значение расхода Q_i , м ³ /ч	γ_Q , %
$Q_{\text{макс}}$	160000			
$0,5 \cdot Q_{\text{макс}}$	80000			
$0,01 \cdot Q_{\text{макс}}$	1600			

Результат поверки: _____ (годен/негоден)

Поверитель: _____ (ФИО), _____ (подпись), _____ (дата)