



СОГЛАСОВАНО
Главный метролог
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»

В.А. Лапшинов

11.04.2025

Государственная система обеспечения единства измерений

Уровнемеры буйковые ZTD

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-641-2024

Москва
2025

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на уровнемеры буйковые ZTD (далее – уровнемеры), и устанавливает методику его первичной и периодической поверки.

1.2 При проведении поверки уровнемера обеспечивается передача единицы уровня (длины) к Государственному первичному эталону единицы массы-килограмма ГЭТ 3–2020 или к Государственному первичному эталону единицы длины – метра ГЭТ 2-2021 в соответствии с Государственной поверочной схемой (далее – ГПС) для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов, утвержденной Приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3459.

1.3 Метрологические характеристики уровнемера определяют методом косвенных измерений или методом непосредственного сличения.

1.4 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице А.1.

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 проведения операции при поверке		Номер пункта методики поверки
	Первичной	Периодической	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	6
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	7
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	8
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям:			
- в лабораторных условиях	да	да ¹⁾	9
- на месте эксплуатации	–	да ¹⁾	10

¹⁾ Определение диапазона измерений и погрешности измерений уровня при первичной поверке проводят в лаборатории, при периодической – в лаборатории или на месте эксплуатации без демонтажа.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки в лабораторных условиях должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от плюс 15 °C до плюс 25 °C;
- относительная влажность от 30 % до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа.

3.2 При проведении поверки на месте эксплуатации должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, относительная влажность и атмосферное давление удовлетворяют условиям эксплуатации уровнемера и средств поверки;
- отсутствие осадков и ветра, препятствующих проведению поверки;
- обеспечивается возможность изменения уровня жидкости в резервуаре;
- параметры и свойства жидкости в резервуаре соответствуют требованиям эксплуатационных документов уровнемера;
- жидкость в резервуаре не является токсичным и кипящим при атмосферном давлении

и температуре окружающей среды;

- в резервуаре отсутствует избыточное давление, допускается разгерметизация резервуара;

- перемешивающее устройство в резервуаре (при его наличии) должно быть отключено;
- поверхность жидкости в резервуаре должна быть спокойной;

- в каждой контрольной точке выдерживают заданный уровень жидкости в резервуаре не менее двух часов.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
7	Средство измерений температуры окружающей среды, диапазон измерений в соответствии с требованиями раздела 3, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 М 5-Д (рег. № 71394-18)
	Средство измерений относительной влажности окружающей среды, диапазон измерений в соответствии с требованиями раздела 3, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 2\%$	
	Средство измерений атмосферного давления, диапазон измерений в соответствии с требованиями раздела 3, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3 \text{ кPa}$	
7, 8	HART-коммуникатор	–
9	Рабочий эталон 5-го разряда в соответствии с ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 04.07.2022 № 1622 (весы неавтоматического действия AJ-6200CE (рег. № 49845-12)	Весы неавтоматического действия AJ-6200CE (рег. № 49845-12)
9	Рабочий эталон 3-го разряда в соответствии с частью 2 ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2840 (лента измерительная 3 разряда)	3.7.АГХ.0002.2021 рабочий эталон единицы длины 3 разряда в диапазоне значений от 0,001 до 50 м
9	Средство измерений диаметра буйка, верхний предел изменений не менее диаметра буйка, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,03 \text{ мм}$	Штангенциркуль серии 500 (рег. № 72366-18) модификации AOS ABSOLUTE Digimatic
7, 9, 10	Средство измерений сигнала силы постоянного тока, диапазон измерений от 4 до 20 мА, пределы допускаемой приведенной погрешности измерений $\pm 0,03\% \text{ диапазона измерений}$	Калибратор многофункциональный и коммуникатор BEAMEX MC6 (-R) рег. № 52489-13)

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10	Рабочий эталон 2-го разряда в соответствии с частью 1 ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3459 (рулетка измерительная по ГОСТ 7502-98 класса точности 2)	Рулетка измерительная металлическая Р100У2Г (рег. № 51171-12)
10	Средство измерений температуры, обеспечивающее измерение температуры измеряемой жидкости с погрешностью, не превышающей $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	Термометр электронный ExT-01/3-0.05 (рег. № 44307-10)
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, обеспечивающие требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.		

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться требования:

- правил технической эксплуатации электроустановок потребителей;
- правил безопасности при эксплуатации средств поверки и уровнемера, приведенных в их эксплуатационных документах;
- инструкций по охране труда.

6 Внешний осмотр средства измерений

6.1 При внешнем осмотре проверяют:

- соответствие внешнего вида уровнемера описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- соответствие комплектности уровнемера данным, приведенным в описании типа;
- отсутствие механических повреждений, препятствующих применению уровнемера;
- четкость надписей и обозначений.

6.2 Результаты внешнего осмотра средства измерений считают положительными, если:

- внешний вид уровнемера соответствует описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- комплектность уровнемера соответствует данным, приведенным в описании типа;
- механические повреждения, препятствующие применению уровнемера, отсутствуют;
- надписи и обозначения четкие.

6.3 При невыполнении перечисленных выше требований результаты поверки считают отрицательными, поверку прекращают

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные операции:

- изучают техническую и эксплуатационные документы уровнемера и средств поверки, настоящую методику поверки;
- при проведении поверки в лабораторных условиях уровнемер закрепляют на стойке;
- средства поверки и уровнемер устанавливают в рабочее положение с соблюдением указаний эксплуатационных документов;
- устанавливают соответствие значений объема и массы буйка, плотности сред, введенных в электронно-вычислительный блок, данным в паспорте уровнемера;

- к выходному каналу уровнемера подключают калибратор и HART-коммуникатор;
- контролируют фактические условия поверки на соответствие требованиям раздела 3 настоящей методики поверки.

7.2 Уровнемер выдерживают в условиях, указанных в разделе 3, не менее двух часов.

7.3 Опробование уровнемера проводят путем увеличения/уменьшения массы грузов на подвеске при поверке в лабораторных условиях или путем увеличения/уменьшения уровня жидкости (уровня раздела жидкостей) при поверке на месте эксплуатации. Показания уровнемера при этом должны изменяться соответствующим образом.

7.4 Результаты подготовки к поверке и опробования средства измерений считают положительными при выполнении требований, изложенных в 7.1 – 7.3.

7.5 При невыполнении перечисленных выше требований результаты поверки считаются отрицательными, поверку прекращают

8 Проверка программного обеспечения средства измерений

8.1 Номер версии программного обеспечения (далее – ПО) отображается на дисплее HART-коммуникатора, подключенного к уровнемеру, в поле «Версия ПО» раздела «Информация о приборе». Номер версии ПО отображается без «.».

8.2 Результаты поверки по 9 считаются положительными, если номер версии ПО уровнемера соответствует номеру версии ПО, указанному в описании типа (без разделительного символа «.»).

9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям в лабораторных условиях

9.1 Измеряют массу буйка с подвеской на весах.

9.2 Измеряют длину буйка с помощью измерительной ленты.

9.3 Измеряют диаметр буйка с помощью штангенциркуля в трех контрольных точках, соответствующих 5-10 %, 45-55 %, 95-100 % длины буйка.

9.4 Рассчитывают объем буйка V_6 , см³, по формуле

$$V_6 = L_6 \cdot \frac{\pi \cdot D_6^2}{4 \cdot 1000}, \quad (1)$$

где L_6 – измеренное значение длины буйка, мм;

D_6 – среднее арифметическое значение диаметра буйка, мм.

9.5 Поверку продолжают, если:

- измеренное значение массы буйка с подвеской находится в пределах ($M_B \pm 0,5$) г, где M_B – значение массы буйка с подвеской, приведенное в паспорте уровнемера, г;

- вычисленное значение объема буйка находится в пределах ($V_B \pm 1$) см³, где V_B – значение объема буйка, приведенное в паспорте уровнемера, см³.

9.6 Определение приведенной погрешности измерений уровня жидкости (уровня раздела жидкостей) проводят в пяти контрольных точках, соответствующих (0-5) %, (20-30) %, (45-55) %, (70-80) %, (95-100) % диапазона измерений.

9.7 В каждой i -ой контрольной точке проводят следующие операции:

- по показаниям весов набирают необходимую массу подвески с грузами;

- устанавливают подвеску с грузами на уровнемер;

- выдерживают уровнемер под нагрузкой до стабилизации показаний;

- считывают значение уровня жидкости (уровня раздела жидкостей) с дисплея уровнемера, измеряют значение выходного токового сигнала уровнемера с помощью калибратора;

- рассчитывают значение уровня, соответствующее массе подвески с грузами, $h_{\text{эт}_i}$, мм, по формуле

$$h_{\text{ЭТ}_i} = \frac{m_6 - V_6 \cdot \rho_1 - m_i}{V_6 \cdot (\rho_2 - \rho_1)} \cdot h_{\max}, \quad (2)$$

- где m_6 – значение массы буйка с подвеской, г;
 ρ_1 – наименьшее значение плотности жидкости, приведенное в паспорте уровнемера, г/см³ (для уровнемера, предназначенного для измерений уровня жидкости, принимается равным нулю);
 m_i – масса подвески с грузами, установленных на уровнемер, г;
 ρ_2 – наибольшее значение плотности жидкости, приведенное в паспорте уровнемера, г/см³;

- рассчитывают значение силы постоянного тока на выходном токовом канале уровнемера I_{dy_j} , мА, соответствующее измеренному значению уровня жидкости (уровня раздела жидкостей), по формуле

$$I_{dy_j} = \frac{16}{(h_{\max} - h_{\min})} \cdot (h_{dy_i} - h_{\min}) + 4, \quad (3)$$

- где h_{\max} – максимальное значение диапазона измерений уровня жидкости (уровня раздела жидкостей), мм;
 h_{\min} – минимальное значение диапазона измерений уровня жидкости (уровня раздела жидкостей), мм;
 h_{dy_i} – значение уровня жидкости (уровня раздела жидкостей) по показаниям дисплея или по цифровому выходному сигналу уровнемера, мм;

- рассчитывают приведенную γh_i , %, или абсолютную Δh_i , мм, погрешность измерений уровня жидкости (уровня раздела жидкостей) по формулам

$$\gamma h_i = \frac{h_{dy_i} - h_{\text{ЭТ}_i}}{h_{\max} - h_{\min}} \cdot 100; \quad (4)$$

$$\Delta h_i = h_{dy_i} - h_{\text{ЭТ}_i}; \quad (5)$$

- рассчитывают приведенную погрешность преобразования значения уровня (уровня раздела жидкостей) в выходной сигнал от 4 до 20 мА γ_{I_j} , %, по формуле

$$\gamma_{I_j} = \frac{I_{dy_j} - I_{\text{ЭТ}_j}}{16} \cdot 100, \quad (6)$$

- где $I_{\text{ЭТ}_j}$ – значение силы постоянного тока, измеренное калибратором на выходном токовом канале уровнемера, мА.

9.8 Результаты поверки считают положительными, если в каждой контрольной точке:

- значение погрешности измерений уровня жидкости (уровня раздела жидкостей) не выходит за пределы, указанные в таблице А.1;

- значение приведенной погрешности преобразования значения уровня (уровня раздела жидкостей) в выходной сигнал от 4 до 20 мА не выходит за пределы, указанные в таблице А.1.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям на месте эксплуатации

10.1 Определение метрологических характеристик уровнемера на месте эксплуатации без демонтажа уровнемера проводят в двух (для уровнемеров с длиной буйка 1000 мм и менее) или трех (для уровнемеров с длиной буйка более 1000 мм) контрольных точках, равномерно распределенных внутри диапазона измерений в соответствии с технологическим процессом. В нулевой контрольной точке определяют поправку на несоответствие показаний уровнемера и рулетки.

10.2 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня жидкости

(уровня раздела жидкостей) уровнемера в каждой контрольной точке должны быть не менее чем в три раза больше допускаемых отклонений общей длины шкалы ленты измерительной рулетки класса 2 по ГОСТ 7502-98 и отдельных ее интервалов.

10.3 В каждой контрольной точке фиксируют значение уровня жидкости (уровня раздела жидкостей), измеренное уровнемером, и значение силы постоянного тока на выходном канале уровнемера, измеренное калибратором, определяют уровень жидкости (уровень раздела жидкостей) с помощью рулетки следующим образом:

- наносят слой бензочувствительной пасты (при необходимости) на участок шкалы рулетки, в пределах которого будет находиться контрольная отметка;

- рулетку опускают через измерительный люк резервуара до касания лотом рулетки дна резервуара;

- измерительную ленту рулетки поднимают строго вверх без смещения в стороны до появления над верхним краем измерительного люка резервуара смоченной части ленты;

- фиксируют показания рулетки по смоченной части ленты рулетки;

- повторяют операции, описанные выше, еще не менее четырех раз;

- измеряют температуру жидкости в резервуаре с помощью термометра;

- определяют среднее арифметическое значение уровня жидкости (уровня раздела жидкостей) \bar{h}_j^p , мм, по формуле

$$\bar{h}_j^p = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n h_{ji}^p \cdot (1 - \alpha_s \cdot (20 - t_b)), \quad (7)$$

где n – количество измерений уровня жидкости (уровня раздела жидкостей) рулеткой (не менее 5);

h_{ji}^p – значение уровня жидкости (уровня раздела жидкостей), измеренное рулеткой при i -ом измерении, мм;

α_s – температурный коэффициент линейного расширения рулетки, $1/^\circ\text{C}$;

t_b – температура жидкости в резервуаре, $^\circ\text{C}$.

10.4 В нулевой контрольной точке вычисляют поправку на несоответствие показаний уровнемера и рулетки Δh_0 , мм, по формуле

$$\Delta h_0 = h_0^y - \bar{h}_0^p, \quad (8)$$

где h_0^y – значение уровня жидкости (уровня раздела жидкостей), измеренное уровнемером в нулевой контрольной точке, мм;

h_0^p , – среднее арифметическое значение уровня жидкости (уровня раздела жидкостей), измеренное рулеткой в нулевой контрольной точке, мм.

10.5 В каждой контрольной точке (кроме нулевой) рассчитывают:

- приведенную γ_i , %, или абсолютную Δ_i , мм, погрешность измерений уровня жидкости (уровня раздела жидкостей) по формулам:

$$\gamma_j = \frac{h_j^{dy} - h_j^p - \Delta h_0}{h_{max} - h_{min}} \cdot 100; \quad (9)$$

$$\Delta_j = h_j^{dy} - h_j^p - \Delta h_0. \quad (10)$$

где h_j^{dy} – значение уровня жидкости (уровня раздела жидкостей) по показаниям дисплея или по цифровому выходному сигналу уровнемера, мм;

- значение силы постоянного тока на выходном токовом канале уровнемера, соответствующее измеренному значению уровня жидкости (уровня раздела жидкостей), по формуле (3);

- приведенную погрешность преобразования значения уровня (уровня раздела жидкостей) в выходной сигнал от 4 до 20 мА по формуле (6).

10.6 Результаты поверки считают положительными, если в каждой контрольной точке:

- значение погрешности измерений уровня жидкости (уровня раздела жидкостей)

не выходит за пределы, указанные в таблице А.1;

- значение приведенной погрешности преобразования значения уровня (уровня раздела жидкостей) в выходной сигнал от 4 до 20 мА не выходит за пределы, указанные в таблице А.1.

11 Оформление результатов поверки

11.1 При проведении поверки оформляют протокол результатов поверки в свободной форме.

11.2 При положительных результатах поверки уровнемер признают пригодным к применению. Сведения о положительных результатах поверки, передают в ФИФОЕИ. Для уровнемеров, предназначенных для работы при избыточном давлении или предназначенных для измерений уровня сжиженных газов, в ФИФОЕИ дополнительно передаются соответствующие сведения.

По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдают свидетельство о поверке, на которое наносят знак поверки. В свидетельстве о поверке уровнемеров, предназначенных для работы при избыточном давлении или предназначенных для измерений уровня сжиженных газов, в ФИФОЕИ дополнительно отражают соответствующие сведения.

11.3 При отрицательных результатах поверки уровнемер признают непригодным к применению. Сведения об отрицательных результатах поверки передают в ФИФОЕИ. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдают извещение о непригодности с указанием основных причин.

Ведущий инженер по метрологии

А.А. Сафиуллин

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Метрологические характеристики уровнемеров

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений уровня жидкости (уровня раздела жидкостей), мм	от 0 до 2500 ¹⁾
Пределы допускаемой приведенной погрешности измерений уровня жидкости (уровня раздела жидкостей) по показаниям дисплея или по цифровому выходному сигналу, % от диапазона измерений	$\pm 0,2^2)$
Пределы допускаемой приведенной погрешности преобразования значения уровня (уровня раздела жидкостей) в выходной сигнал от 4 до 20 мА, % от диапазона преобразования	$\pm 0,1$

¹⁾ Указан максимальный диапазон измерений. Фактический диапазон измерений указывается в паспорте. Минимальный диапазон измерений от 0 до 300 мм.

²⁾ Но не менее $\pm 1,5$ мм.

Примечания:

1. При использовании выходного сигнала от 4 до 20 мА погрешность измерений уровня жидкости (уровня раздела жидкостей) по показаниям дисплея или по цифровому выходному сигналу алгебраически суммируется с погрешностью преобразования значения уровня (уровня раздела жидкостей) в токовый выходной сигнал от 4 до 20 мА.

2. Метрологические характеристики уровнемеров нормированы при соответствии значения плотности жидкости, внесенного в электронно-вычислительный блок уровнемера, фактической плотности измеряемой среды.