

СОГЛАСОВАНО

Заместитель руководителя ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»



В.А. Лапшинов

26» 06 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Датчики уровня буйковые цифровые ЦДУ-01

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-589/05-2023

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на датчики уровня буйковые цифровые ЦДУ-01 (далее – датчики уровня), и устанавливает методику его первичной и периодической поверки.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в описании типа датчика уровня.

1.3 Датчики уровня соответствуют требованиям к СИ в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 г. № 3459, и прослеживаются к государственному первичному эталону единицы длины – метра ГЭТ 2-2021 и к государственному первичному эталону единицы массы (килограмма) ГЭТ 3-2020.

1.4 Метрологические характеристики датчика уровня определяют косвенным методом или методом непосредственного сличения.

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	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям: – в лабораторных условиях – на месте эксплуатации	да	да	10
	–	да	11

Примечание – Первичную поверку датчиков уровня проводят в лабораторных условиях. Периодическую поверку датчиков уровня, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня жидкости (уровня раздела жидкостей) которых 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, допускается проводить на месте эксплуатации.

2.2 При получении отрицательных результатов по какому-либо пункту методики поверки поверку датчика уровня прекращают.

3 Требования к условиям проведения поверки

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

- температура окружающего воздуха, °С от +15 до +25
- относительная влажность, % от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106

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

– температура окружающего воздуха, относительная влажность и атмосферное давление удовлетворяют условиям эксплуатации датчика уровня 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 датчика уровня;
- 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 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки, эксплуатационные документы датчика уровня и средств поверки.

5 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 – 10	Средство измерений температуры окружающей среды с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ °С	Измеритель температуры и относительной влажности воздуха ИВТМ-7 М 5-Д (регистрационный № 71394-18 в ФИФОЕИ)
	Средство измерений относительной влажности окружающей среды с пределами допускаемой абсолютной погрешности ± 2 %	
	Средство измерений атмосферного давления с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3$ кПа	
10	Средство измерений массы, обеспечивающее измерение массы буйка с подвеской с погрешностью не более $\pm 0,2$ г	Весы неавтоматического действия AJ-6200CE (регистрационный № 49845-12 в ФИФОЕИ)
10	Средство измерений длины, обеспечивающее измерение геометрических размеров буйка датчика уровня с погрешностью не более $\pm 0,1$ мм	Штангенциркуль серии 500 (регистрационный № 72366-18 в ФИФОЕИ) модификации AOS ABSOLUTE Digimatic; Лента измерительная 3 разряда (рабочий эталон единицы длины 3 разряда из части 2 приказа Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2840)

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10, 11	Средство измерений сигнала силы постоянного тока: диапазон измерений от 4 до 20 мА, пределы допускаемой приведенной погрешности измерений $\pm 0,05$ % диапазона измерений	Калибратор многофункциональный и коммуникатор ВЕАМЕХ МС6 (-R) регистрационный № 52489-13 в ФИФОЕИ)
11	Рулетка измерительная металлическая по ГОСТ 7502–98: диапазон измерений не менее диапазона измерений поверяемого датчика уровня, класс точности 2	Рулетка измерительная металлическая РНГ, модификация Р50Н2, исполнения Г (регистрационный № 60606-15 в ФИФОЕИ)
<p>Примечания</p> <p>1. Допускается использование средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.</p> <p>2. Средства измерений, применяемые при поверке, должны быть зарегистрированы в ФИФОЕИ, утвержденного типа, поверены в соответствии с порядком, утвержденным законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений, и допущены к применению.</p> <p>3. Эталоны единиц величин, применяемые при поверке, должны быть аттестованы в соответствии с порядком, утвержденным законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений и утверждены приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.</p>		

6 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 датчика уровня, приведенных в их эксплуатационных документах;
- инструкций по охране труда.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре проверяют:

- внешний вид и комплектность датчика уровня;
- отсутствие механических повреждений датчика уровня, препятствующих его применению;
- четкость надписей и обозначений.

7.2 Результаты поверки по 7 считают положительными, если:

- внешний вид и комплектность датчика уровня соответствуют описанию типа и эксплуатационным документам датчика уровня;
- механические повреждения датчика уровня, препятствующие его применению, отсутствуют;
- надписи и обозначения четкие.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные операции:

- изучают техническую и эксплуатационные документы датчика уровня и средств поверки, настоящую методику поверки;
- при проведении поверки в лабораторных условиях датчик уровня закрепляют на стойке;
- средства поверки и датчик уровня 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 карте контроля сборки датчика уровня;
- к выходному каналу датчика уровня подключают калибратор;
- контролируют фактические условия поверки на соответствие требованиям раздела 3 настоящей методики поверки.

8.2 Датчик уровня выдерживают в условиях, указанных в разделе 3, не менее двух часов.

8.3 Опробование датчика уровня 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 датчика уровня при этом должны изменяться соответствующим образом.

8.4 Результаты поверки по 8 считают положительными при выполнении требований, изложенных в 8.1 – 8.4.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Считывают идентификационные данные ПО датчика уровня в соответствии с пунктом 1.5 руководства по эксплуатации.

9.2 Результаты поверки по 9 считают положительными, если идентификационные данные ПО датчика уровня совпадают с соответствующими идентификационными данными ПО, указанными в описании типа датчика уровня.

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

10.1 Измеряют массу буйка с подвеской с помощью весов.

10.2 Измеряют длину буйка с помощью измерительной ленты.

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

10.4 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.

10.5 Поверку продолжают, если:

- измеренное значение массы буйка с подвеской находится в пределах $(M_B \pm 1)$ г, где M_B – значение массы буйка с подвеской, приведенное в карте контроля сборки датчика уровня, г;

- вычисленное значение объема буйка находится в пределах $(V_B \pm 1)$ см³, где V_B – значение объема буйка, приведенное в карте контроля сборки датчика уровня, см³.

10.6 Определение приведенной погрешности измерений уровня жидкости (уровня раздела жидкостей) проводят в пяти контрольных точках в соответствии с картой контроля сборки датчика уровня. Допускаемое отклонение в каждой контрольной точке ± 2 %.

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

- по показаниям весов набирают необходимую массу подвески с грузами;
- устанавливают подвеску с грузами на датчик уровня;
- выдерживают датчик уровня под нагрузкой до стабилизации показаний;
- считывают значение уровня жидкости (уровня раздела жидкостей) с дисплея датчика уровня, измеряют значение выходного токового сигнала датчика уровня с помощью калибратора;
- рассчитывают значение уровня, соответствующее массе подвески с грузами, $h_{эТ}$, мм, по формуле

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

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

– рассчитывают значение силы постоянного тока на выходном токовом канале датчика уровня $I_{дуj}$, мА, соответствующее измеренному значению уровня жидкости (уровня раздела жидкостей), по формуле

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

- 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;
 $h_{дуi}$ – значение уровня жидкости (уровня раздела жидкостей), измеренное датчиком уровня, мм;

– рассчитывают приведенную погрешность измерений уровня жидкости (уровня раздела жидкостей) γh_i , мм, по формуле

$$\gamma h_i = \frac{h_{дуi} - h_{эТi}}{h_{max} - h_{min}} \cdot 100; \quad (4)$$

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

$$\gamma_{Ij} = \frac{I_{дуj} - I_{эТj}}{16} \cdot 100, \quad (5)$$

- где $I_{эТj}$ – значение силы постоянного тока, измеренное калибратором на выходном канале датчика уровня, мА.

10.8 Результаты поверки по 11 считают положительными, если в каждой контрольной точке:

- рассчитанное значение приведенной погрешности измерений уровня жидкости (уровня раздела жидкостей) не выходит за пределы, указанные в описании типа датчика уровня;
- рассчитанное значение приведенной погрешности преобразования значения уровня (уровня раздела жидкостей) в выходной сигнал от 4 до 20 мА не выходит за пределы, указанные в описании типа датчика уровня.

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

11.1.1 Определение метрологических характеристик датчика уровня на месте эксплуатации без демонтажа датчика уровня проводят в трех контрольных точках ($j = 1, 2, 3$), равномерно распределенных внутри диапазона измерений в соответствии с технологическим процессом. В нулевой контрольной точке ($j = 0$) определяют поправку на несоответствие показаний датчика уровня и рулетки.

11.1.2 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня жидкости (уровня раздела жидкостей) датчика уровня 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.

11.1.3 В каждой контрольной точке ($j = 0, 1, 2, 3$) фиксируют значение уровня жидкости (уровня раздела жидкостей), измеренное датчиком уровня, и значение силы постоянного тока на выходном канале датчика уровня, измеренное калибратором, определяют уровень жидкости (уровня 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;
- фиксируют показания рулетки по верхнему краю или до риски направляющей планки измерительного люка;
- 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:

$$\bar{h}_j^p = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n h_{ji}^p \cdot (1 - \alpha_s \cdot (20 - t_B)), \quad (6)$$

- 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 воздуха при измерении высоты газового пространства, $^\circ\text{C}$.

11.1.4 В нулевой контрольной точке ($j = 0$) вычисляют поправку на несоответствие показаний датчика уровня и рулетки Δh_0 , мм, по формуле

$$\Delta h_0 = h_0^y - \bar{h}_0^p, \quad (7)$$

- где
- h_0^y – значение уровня жидкости (уровня раздела жидкостей), измеренное датчиком уровня в нулевой контрольной точке, мм;
 - \bar{h}_0^p – среднее арифметическое значение уровня жидкости (уровня раздела жидкостей), измеренное рулеткой в нулевой контрольной точке, мм.

11.1.5 В каждой контрольной точке (кроме нулевой) рассчитывают:

- абсолютную погрешность Δ_j , %, по формуле

$$\Delta_j = h_j^{д\text{у}} - h_j^p - \Delta h_0. \quad (8)$$

- где
- $h_j^{д\text{у}}$ – значение уровня жидкости (уровня раздела жидкостей), измеренное датчиком уровня, мм;

– значение силы постоянного тока на выходном токовом канале датчика уровня, соответствующее измеренному значению уровня жидкости (уровня раздела жидкостей), по формуле (4);

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

11.2 Результаты поверки по 12 считают положительными, если в каждой контрольной точке:

- рассчитанное значение приведенной погрешности измерений уровня жидкости (уровня раздела жидкостей) не выходит за пределы, указанные в описании типа датчика уровня;
- рассчитанное значение приведенной погрешности преобразования значения уровня (уровня раздела жидкостей) в выходной сигнал от 4 до 20 мА не выходит за пределы, указанные в описании типа датчика уровня.

12 Оформление результатов поверки

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

12.2 При положительных результатах поверки датчик уровня признают пригодным к применению. Сведения о положительных результатах поверки, тип выходного сигнала датчика уровня, тип измеряемой среды (для датчиков уровня, предназначенных для измерений уровня сжиженных газов), минимальное и максимальное значения диапазона изменений избыточного давления (для датчиков уровня, предназначенных для работы при избыточном давлении) передают в ФИФОЕИ.

По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдают свидетельство о поверке, на которое наносят знак поверки, указывают тип выходного сигнала датчика уровня, тип измеряемой среды (для датчиков уровня, предназначенных для измерений уровня сжиженных газов), минимальное и максимальное значения диапазона изменений избыточного давления (для датчиков уровня, предназначенных для работы при избыточном давлении).

Датчик уровня пломбируют в соответствии с описанием типа.

12.3 При отрицательных результатах поверки датчика уровня 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.