

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
(ФГБУ «ВНИИМС»)

СОГЛАСОВАНО
Заместитель директора
ФГБУ «ВНИИМС»




Ф.В. Булыгин

«15» января 2024 г.

«ГСИ. ДАТЧИКИ УРОВНЯ ИВЭ-50-5»

Методика поверки

МП 208-001-2024

г. Москва
2024

СОДЕРЖАНИЕ

1	Общие положения.....	3
2	Перечень операций поверки средства измерений	3
3	Требования к условиям проведения поверки.....	3
4	Требования к специалистам, осуществляющим поверку	4
5	Метрологические и технические требования к средствам поверки	4
6	Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки.....	5
7	Внешний осмотр средства измерений	5
8	Подготовка к поверке и опробование средства измерений	5
9	Проверка программного обеспечения средства измерений	7
10	Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	7
11	Оформление результатов поверки	10
	Приложение А Протокол поверки	11

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на датчики уровня ИВЭ-50-5 (далее - датчики уровня), и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

1.2 Реализация данной методики обеспечивает метрологическую прослеживаемость датчиков уровня к Государственному первичному эталону единицы длины (уровня) ГЭТ 2-2021, в соответствии с ГПС для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов, согласно Приказу Росстандарта от 30.12.2019 № 3459. Реализован метод прямых измерений и непосредственного сличения с рабочими эталонами.

2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность операции	
		первичной поверке	первичной поверке
1. Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
2. Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
3. Проверка программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
4. Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям:	10		
- поверка в лабораторных условиях (полный демонтаж)	10.1	Да	Да
- поверка без демонтажа	10.2	Нет	Да

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки в лабораторных условиях (при полном демонтаже) датчиков уровня должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха и поверочной среды (при поверке на установке с непосредственным изменением уровня жидкости), °C от 15 до 25
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа от 84,0 до 106,7
- разность температур окружающего воздуха и поверочной среды (при поверке на установке с непосредственным изменением уровня жидкости), не более, °C 1

При проведении поверки без демонтажа в условиях эксплуатации должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха и поверочной среды, °C от 5 до 35
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа от 84,0 до 106,7

Температура вдоль пути распространения звуковых колебаний должна быть постоянной. В помещении не должно быть сквозняков и сильных конвекционных воздушных потоков.

Должны отсутствовать источники вибрации, магнитных и электрических полей, влияющие на работу датчика уровня.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки и обработке результатов измерений допускаются лица, имеющие соответствующую квалификацию, изучившие эксплуатационную документацию на поверяемое средство измерений, на средства поверки и оборудование, а также прошедшие инструктаж по технике безопасности в установленном порядке.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки должны использоваться следующие средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
3	Средство измерений параметров окружающей среды с диапазоном измерений температуры от минус 20 до плюс 60 °С, погрешностью $\pm 0,3$ °С, диапазоном измерений относительной влажности от 0 до 98 %, погрешностью ± 2 % и ± 3 %, диапазоном измерений атмосферного давления от 700 до 1100 гПа, погрешностью $\pm 2,5$ гПа	Термогигрометр ИВА-6 мод. ИВА-6Н-Д (рег. № 46434-11)
10.1	Установка поверочная уровнемерная, соответствующая рабочему эталону 1-го или 2-го разряда согласно приказу Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3459, с диапазоном измерений соответствующим диапазону измерений поверяемого средства измерений и пределами абсолютной погрешности не превышающими 1/3 от основной погрешности поверяемого средства измерений	Стенд для поверки уровнемеров МК СПУ (рег. № 82503-21)
10.1	Дальномер лазерный с диапазоном измерений соответствующим диапазону измерений поверяемого средства измерений и пределами абсолютной погрешности не превышающими 1/3 от основной погрешности поверяемого средства измерений	Дальномер лазерный Leica DISTO D510 (рег. № 74357-19)
10.1, 10.2	Рулетка измерительная с грузом/без груза 2-го или 3-го разряда согласно приказу Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3459 с диапазоном измерений соответствующим диапазону измерений поверяемого средства измерений	Рулетка измерительная металлическая Fisco мод. TS30/2, поверенная в качестве эталона (рег. № 67910-17)
8, 10	Средство измерений силы постоянного тока с диапазоном измерений силы постоянного тока от 4 до 20 мА, с пределами допускаемой абсолютной погрешности ± 25 мкА	Калибратор многофункциональный и коммуникатор Veatex MC6-Ex (-R) (рег. № 52489-13)
Вспомогательное оборудование		
8, 10	—	HART/USB модем ЭЛМЕТРО-808

Таблица 2 продолжение

1	2	3
8, 10	–	Персональный компьютер со свободными USB-портами
8, 10	Имитатор уровня, экран площадью не менее 1,0 м ² металлический или с металлической поверхностью, с неплоскостностью не более 0,5 мм/м	
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Перед началом поверки и в процессе ее проведения необходимо выполнять требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на поверяемое средство измерений.

6.2 При проведении поверки должны соблюдаться требования ГОСТ 12.3.019 и требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации применяемых средств поверки.

6.3 При проведении поверки на объекте в условиях эксплуатации необходимо выполнять требования охраны труда и правила техники безопасности проведения работ в соответствии с действующими на объекте документами.

ВНИМАНИЕ! Поверяемое средство измерений при проведении работ во взрывоопасной зоне резервуаров-хранилищ нефтепродуктов должен быть подключен к схеме проверки через соответствующий барьер (блок) искрозащиты.

7 Внешний осмотр средства измерений

Внешний осмотр проводят визуально.

При внешнем осмотре необходимо установить соответствие датчика уровня следующим требованиям:

- комплектность датчика уровня должна соответствовать требованиям технической документации фирмы-изготовителя;
- должны отсутствовать механические повреждения и дефекты, влияющие на правильность функционирования и метрологические характеристики датчика уровня, а также препятствующие проведению поверки.

Результат внешнего осмотра считают положительным, если при его проведении было установлено соответствие поверяемого средства измерений вышеуказанным требованиям.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением первичной поверки выполняют следующие подготовительные работы:

Если датчик уровня поверяют на поверочной установке с непосредственным изменением уровня жидкости (рис. 1) или на поверочной установке с имитатором уровня, то его монтаж производят в соответствии с руководством по эксплуатации установки.

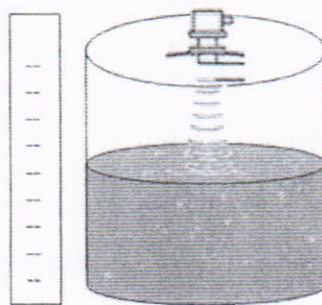


Рисунок 1 – Поверка датчика уровня на поверочной установке с непосредственным изменением уровня жидкости

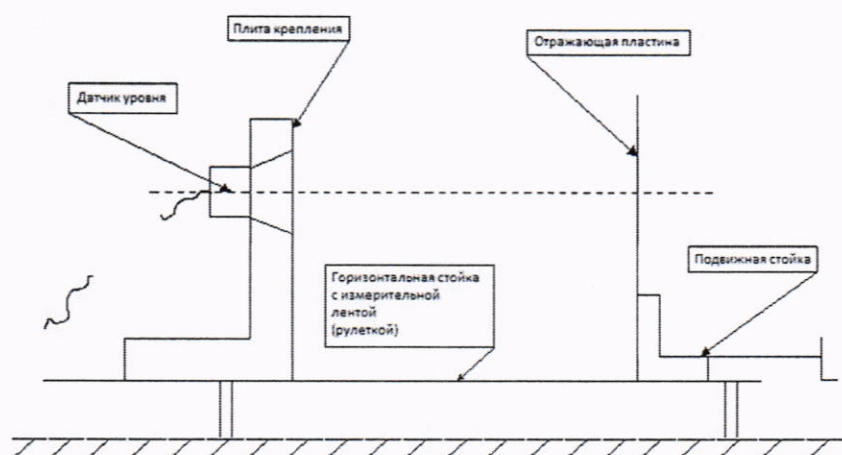


Рисунок 2 – Поверка датчика уровня с помощью рулетки и отражающей поверхности

Если датчик уровня поверяют с помощью измерительной рулетки, то его монтируют на специальной подставке (рис. 2). В качестве имитатора поверхности измеряемой среды, должна использоваться отражающая поверхность, выполненная из металла (стали, дюрала или латуни), либо дерева размером не менее 800х800 мм.

Перед проведением работ по поверке необходимо выдержать датчик уровня во включенном состоянии при номинальном напряжении в течение не менее 1 часа. Проверить установленные параметры согласно эксплуатационной документации.

8.2 Перед проведением периодической поверки выполняют следующие подготовительные работы:

При поверке с полным демонтажем необходимо:

- демонтировать датчик уровня с резервуара;
- провести поверку руководствуясь п. 8.1 данной методики.

При поверке без демонтажа в условиях эксплуатации необходимо:

- остановить технологический процесс в резервуарном парке и обеспечить перекачку контролируемой среды из одной емкости в другую;
- произвести отстой контролируемой среды в емкости не менее 2 ч.

8.3 При опробовании проверяют функционирование датчика уровня. Для этого увеличивают и уменьшают расстояние между датчиком уровня и отражающей поверхностью, имитирующей уровень, либо изменяют уровень жидкости, при поверке на поверочной установке с непосредственным изменением уровня жидкости. Результат считают положительным если, при этом показания уровня на дисплее (или значения уровня передаваемые по цифровому протоколу, либо по аналоговому токовому выходу 4-20 мА) равномерно

увеличиваются и уменьшаются в зависимости от направления перемещения жидкости, отражающей поверхности. Данную операцию проводят на всем диапазоне измерений поверяемого датчика уровня.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Проверить в соответствии с эксплуатационной документацией идентификационный номер (номер версии) программного обеспечения и сравнить его с приведённым в паспорте.

9.2 Результат считают положительным, если идентификационные данные (номер версии ПО), появляющиеся на дисплее при выполнении пункта 2.4.18 Руководства по эксплуатации 1336.407632.003РЭ, соответствует указанным в таблице 2.

Таблица 2 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Наименование ПО
Идентификационное наименование ПО	USM
Номер версии (идентификационный номер) ПО*	не ниже v1.XX
Цифровой идентификатор ПО	-
* символ X может принимать значение цифр от 0 до 9	

10 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 При первичной поверке и при периодической поверке с полным демонтажем

Определение основной приведенной погрешности измерений уровня датчиком уровня осуществляют с помощью уровнемерной установки, либо имитатора уровня и эталонной рулетки/дальномера.

Основную приведенную погрешность определяют при повышении или понижении уровня жидкости (или перемещая отражающую плоскость вдоль оси распространения ультразвукового сигнала).

Определение основной приведенной погрешности измерений уровня проводят следующим образом. Задают пять проверяемых точек, равномерно распределенных по всему диапазону измерений уровня:

$$H_n; 0,25H_v; 0,5H_v; 0,75H_v; H_v,$$

где H_n , H_v – значение нижнего и верхнего пределов диапазона измерений уровня поверяемого датчика уровня согласно эксплуатационной документации.

Основную приведенную погрешность определяют при прямом и обратном ходу, т.е. при повышении или понижении уровня жидкости (или перемещая отражающую плоскость вдоль оси распространения ультразвукового сигнала).

В процессе поверки жидкость (отражающую плоскость) устанавливают на требуемое значение уровня. После этого одновременно снимаются показания поверяемого датчика уровня и эталона.

Число измерений на каждой поверяемой отметке должно быть не менее трех.

За результат измерений в каждой поверяемой точке принимают среднее арифметическое значение результатов измерений \bar{H} (мм), определяемое по формуле:

$$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n}, \quad (1)$$

где H_i – значение уровня по показаниям датчика уровня, мм,
 n – число измерений.

Основную приведенную погрешность измерения уровня γ_H (%) в каждой поверяемой точке определяют по формуле:

$$\gamma_H = \frac{\bar{H} - H_3}{H_{max} - H_{min}} \cdot 100 \quad (2)$$

где H_3 – значение уровня, измеренное с помощью эталона, мм;

H_{min}, H_{max} – минимальное и максимальное значение диапазона измерений датчика уровня, мм.

примечание: $\bar{H} - H_3$ – численно равно значению абсолютной погрешности.

При использовании миллиамперметра для измерения выходного токового сигнала датчика уровня (4-20 мА), значение измеряемого датчиком уровня расстояния вычисляют по формуле:

$$\bar{H} = H_{max} - \frac{(H_{max} - H_{min})}{16} \cdot (\bar{I} - 4), \quad (3)$$

где \bar{I} – среднее арифметическое значение результатов измерений силы тока в каждой поверяемой точке, определяемое по формуле:

$$\bar{I} = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n} \quad (4)$$

где I_i – значение токового выходного сигнала с датчика уровня измеренное миллиамперметром, в мА.

Далее значение основной приведенной погрешности в каждой точке определяют по формуле 2.

Погрешность в любой точке не должна превышать нормируемого значения в эксплуатационной документации фирмы.

Результаты поверки считают положительными, если основная приведенная погрешность измерений уровня не превышает $\pm 0,5\%$ на всем диапазоне измерений.

10.2 При периодической поверке без демонтажа

Допускается проводить периодическую поверку датчиков уровня без демонтажа на месте эксплуатации в случае выполнения следующих условий.

Если среда, где установлены датчики уровня, соответствует требованиям эксплуатационной документации на датчики уровня, и измеряемый продукт допускает разгерметизацию меры вместимости (продукт не является токсичным и кипящим при атмосферном давлении и температуре окружающей среды, в мере вместимости отсутствует избыточное давление), допускается проводить определение погрешности измерений уровня непосредственно на мере вместимости (без демонтажа датчика уровня). При этом поверхность измеряемого продукта должна быть спокойной, перемешивающее устройство в резервуаре (при его наличии) отключено.

Проводят измерение уровня при исходном уровне жидкости в мере вместимости. Измерение уровня осуществляют при помощи рулетки измерительной с грузом. Если имеется возможность заполнения/опорожнения меры вместимости до определенных уровней, значение которых однозначно определены, например, конструкцией резервуара, проходящих трубопроводов или технологическим процессом, то поверку можно проводить по данным уровням.

Порядок поверки следующий.

Датчики уровня подготавливают к поверке согласно п. 8 настоящей методики.

Включить поверяемый датчик уровня и зафиксировать на нем нулевую контрольную точку, опустить эталонную измерительную рулетку через измерительный люк меры вместимости и по ее шкале зафиксировать высоту поверхности раздела «жидкость - газовое пространство» (далее – высота газового пространства).

Поправку ΔH_0 , мм, определяют по формуле:

$$\Delta H_0 = H_0^{\text{II}} - H_0^3 \quad (5)$$

где H_0^{II} - показания проверяемого датчика уровня, мм,

H_0^3 - показание эталонного средства измерений уровня, мм.

Примечание - При применении эталонной измерительной рулетки за значение H_0^3 , мм, принять среднее арифметическое значение результатов измерений уровня, вычисляемое по формуле:

$$H_3 = H_6 \cdot [1 + \alpha_{\text{ст}} \cdot (T_{\text{В}}^{\Gamma} - T_{\text{В}}^{\text{II}})] - \frac{\sum_{i=1}^m H_{ji}^{\Gamma}}{m} \cdot [1 + \alpha_s \cdot (20 - T_{\text{В}}^{\Gamma})], \quad (6)$$

где H_6 — базовая высота резервуара, значение которой определить по протоколу поверки резервуара, мм;

$\alpha_{\text{ст}}$ - температурный коэффициент линейного расширения материала стенки резервуара, значение которого принимают равным $12,5 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$ для стали и $10 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$ для бетона;

α_s - температурный коэффициент линейного расширения материала ленты эталонной измерительной рулетки, значение которого принимают равным $12,5 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$ для стали и $23 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$ для алюминия;

$T_{\text{В}}^{\text{II}}$ - температура воздуха при поверке резервуара, значение которой определить по протоколу поверки резервуара, $^{\circ}\text{C}$;

$T_{\text{В}}^{\Gamma}$ - температура воздуха при измерении высоты газового пространства, $^{\circ}\text{C}$;

$(H_0^{\Gamma})_i$ - высота газового пространства при i -том измерении, мм;

m - число измерений высоты газового пространства, принимаемое не менее пяти.

Повышают уровень жидкости до контрольной отметки, устанавливаемой по эталонной измерительной ленте, затем уровень жидкости понижают до каждой контрольной отметки, снимают показания средств измерений и результаты, полученные с эталонной измерительной рулетки вносят в протокол поверки датчика уровня.

Уровень жидкости H_y , мм, измеренный датчиком уровня в j -той контрольной отметке, с учетом поправки, определяют по формуле:

$$H_y = H_{\text{пу}j} - \Delta H_0. \quad (7)$$

где $H_{\text{пу}j}$ — показание проверяемого датчика уровня, мм

ΔH_0 — поправка на несоответствие показаний проверяемого датчика уровня и эталонной измерительной рулетки, найденная по формуле (5).

Высоту газового пространства в каждой контрольной точке при каждом измерении, определить в следующей последовательности:

- эталонную измерительную рулетку, опустить через измерительный люк меры вместимости ниже поверхности жидкости на глубину около 1000 мм;

- первый отсчет (верхний) взять по шкале измерительной рулетки. При этом, для облегчения измерений и расчетов рекомендуется совмещать отметку целых значений метра на шкале ленты измерительной эталонной рулетки с верхним краем измерительного люка;

- измерительную рулетку поднять (строго вверх без смещения в стороны) до появления над верхним краем измерительного люка смоченной части ленты и взять отсчет по шкале ленты (нижний отсчет) с точностью до 1 мм.

Для более точного измерения уровня поверхность ленты измерительной рулетки необходимо натереть пастой, чувствительной к хранимому продукту.

Измерить высоту газового пространства в каждой контрольной точке не менее пяти раз.

Уровень жидкости в каждой контрольной точке H_3 , мм, вычислить по формуле:

$$H_3 = H_6 \cdot [1 + \alpha_{ст} \cdot (T_B^{\Gamma} - T_B^{\Pi})] - \frac{\sum_{i=1}^m H_{ji}^{\Gamma}}{m} \cdot [1 + \alpha_s \cdot (20 - T_B^{\Gamma})] \quad (8)$$

Определение основной приведенной погрешности измерений уровня производят по формуле (2).

При использовании миллиамперметра для измерения выходного токового сигнала датчика уровня (4-20 мА), значение измеряемого средством измерений уровня вычисляют по формуле (3).

Результаты поверки считают положительными, если значение основной приведенной погрешности измерений уровня не превышает $\pm 0,5\%$.

11 Оформление результатов поверки

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

11.2 Сведения о результатах поверки средства измерений передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком проведения поверки средств измерений, предусмотренным действующим законодательством РФ.

11.3 Положительные результаты поверок оформляют записью в паспорте на средство измерений. Знак поверки наносят в паспорт средства измерений.

По заявлению владельца средств измерений или лица, предоставившего их на поверку, на положительные результаты поверки выдают свидетельство о поверке по установленной форме, соответствующей действующему законодательству.

11.4 При отрицательных результатах поверки средство измерений к применению не допускается.

По заявлению владельца средств измерений или лица, предоставившего их на поверку, на отрицательные результаты поверки выдают извещение о непригодности к применению средства измерений в соответствии с действующим законодательством.

Заместитель начальника отдела 208
ФГБУ «ВНИИМС»



А.М. Шаронов

Научный сотрудник отдела 208
ФГБУ «ВНИИМС»



Д. Ю. Семенюк

Приложение А

Протокол поверки

Датчика уровня ИВЭ-50-5 _____
 Заводской номер датчика уровня _____
 Дата поверки _____
 Диапазон измерений уровня _____
 Средства поверки _____
 (Наименование средства поверки, заводской номер и погрешность)

Условия проведения поверки:
 Температура окружающего воздуха _____
 Относительная влажность воздуха _____
 Атмосферное давление _____

Результаты поверки

- 1 Внешний осмотр: _____
- 2 Опробование: _____
- 2.1 Идентификация программного обеспечения (ПО).
 Получены идентификационные данные ПО датчика уровня (см. таблицу 1).
 Таблица 1.

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	
Номер версии (идентификационный номер) ПО	
Цифровой идентификатор ПО	

2.2 Проверка функционирования датчика уровня _____

3 Определение погрешности измерений уровня (прямой ход / обратный ход)

точка	Нэ, мм	Ні, мм	Н̄, мм	ПГ абс, мм	γ, %	Ii, мА	Ī, мА	Н̄, мм	ПГ абс, мм	γ, %
Нн										
0,25 Нв										
0,5 Нв										
0,75 Нв										
Нв										

Результат поверки: годен/ не годен

Поверитель _____ / _____ /
 (подпись)