

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ
И МЕТРОЛОГИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы»

СОГЛАСОВАНО
Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГБУ «ВНИИМС»



А.Е. Колонин

М.П.

«20» 02 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Уровнемеры магнитострикционные FJM-L

Методика поверки

МП 208-029-2024

г. Москва
2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

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

1. Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на уровнемеры магнитострикционные FJM-L (далее – уровнемеры), используемых в качестве рабочих средств измерений или в качестве рабочих эталонов в соответствии с государственными поверочными схемами для средств измерений уровня и температуры, изготавливаемые «FEEJOY TECHNOLOGY (SHANGHAI) CO., LTD.», Китай, и устанавливает объём и методы их первичной и периодической поверок.

1.2 При проведении поверки прослеживаемость поверяемых СИ к государственному первичному эталону (далее – ГПЭ) единицы длины – метра ГЭТ 2-2021 обеспечивается в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов, утверждённой приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 года № 3459, к ГПЭ единицы температуры в диапазоне от 0 °С до 3200 °С ГЭТ34-2020 и ГПЭ единицы температуры – кельвина в диапазоне от 0,3 К до 273,16 К ГЭТ35-2021 обеспечивается в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений температуры, утверждённой приказом Росстандарта от 23 декабря 2022 г. № 3253.

1.3 При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используются метод непосредственных сличений.

1.4 Допускается проведение поверки для меньшего числа измеряемых величин (уровень, температура) по письменному заявлению владельца прибора, с обязательным указанием информации об объёме проведённой поверки при оформлении результатов.

1.5 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, указанные в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Метрологические характеристики

Наименование параметров и характеристик (свойств)	Значения характеристик
Диапазон измерений, мм	от 0 до 6000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня, мм ¹⁾	$\pm 1^{2)}$; ± 2 ; ± 3 ; ± 5 ; ± 10
Пределы допускаемой дополнительной приведённой (к диапазону измерений уровня) погрешности измерений уровня по токовому выходу или по сигналу напряжения, вызванная изменением температуры окружающей среды от +20 °С, % на каждые 10 °С	$\pm 0,01$
Диапазон измерений температуры, °С	от - 40 (-60) ²⁾ до + 200
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, °С ²⁾	$\pm 0,3^{2)}$; $\pm 0,5$; $\pm 0,7$
¹⁾ В соответствии с заказом и диапазоном измерений ²⁾ Специсполнение	

2. Перечень операций поверки

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Номер раздела (пункта) методики поверки	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной поверке	периодической поверке
1. Внешний осмотр средства измерений	6	да	да
2. Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7	да	да
3. Проверка программного обеспечения средства измерений	8	да	да
4. Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	9	да	да
5. Оформление результатов поверки	10	да	да

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки в лаборатории должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 15 °С до 25 °С;
- разность температур окружающего воздуха и поверочной среды (при поверке на установке с непосредственным изменением уровня жидкости), не более 5 °С.

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

- температура окружающего воздуха от минус 5 °С до плюс 40 °С.

3.3 Условия поверки не должны противоречить условиям эксплуатации средств поверки.

3.4 Считывание показаний уровнемера проводят с использованием цифрового протокола или дисплея после выдержки в течение времени, достаточном для исключения влияния возмущений поверхности измеряемого продукта на результат измерений.

4. Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1 При проведении поверки применяют средства измерений (далее – СИ) и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 – Средства измерений и вспомогательное оборудование

Пункт МП	Метрологические и технические требования к средствам поверки и оборудованию, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Основные средства поверки		
9.1	Рабочий эталон 1-го разряда по приказу Росстандарта от 30 декабря 2019 года № 3459 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов»	Установка для поверки и калибровки уровнемеров КМС-УПУ, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде (далее – рег. №) 89465-23
9.1	Рабочий эталон 2-го разряда по приказу Росстандарта от 30 декабря 2019 года № 3459 «Об	Уровнемер радарный OPTIWAVE 7500 C,

	утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов»	рег. №73407-18
9.1	Рабочий эталон 3-го разряда по приказу Росстандарта от 30 декабря 2019 года № 3459 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов»	Рулетка измерительная металлическая P20УЗК, рег. №35281-07
9.2	Рабочий эталон 3-го разряда по приказу Росстандарта от 29 декабря 2018 года № 2840 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм»	Рулетка измерительная металлическая РНГ, рег. № 60606-15
9.1, 9.2	Средство измерений силы постоянного электрического тока (далее – калибратор), диапазон измерений от 4 до 20 мА, ПГ $\pm 7,5$ мкА	Калибратор токовой петли Fluke 715, рег. № 29194-05
9.1, 9.2	Средство измерений напряжения постоянного электрического тока (далее – калибратор), диапазон измерений от 0 до 10 В, ПГ ± 3 мВ	Калибратор токовой петли Fluke 715, рег. № 29194-05
9.3	Рабочий эталон 3-го разряда по приказу Росстандарта 23 декабря 2022 г. № 3253 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры», диапазон измерений от -40 °С до $+200$ °С, ПГ $\pm 0,06$ °С	Термометр лабораторный эталонный LTA, рег. № 69551-17
9.3	Средство измерений температуры – термостаты жидкостные, диапазон воспроизведения температуры от -40 °С до $+200$ °С	Термостаты переливные прецизионные ТПП-1, рег. № 33744-07
Вспомогательное оборудование		
7, 9	Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от -5 °С до $+40$ °С, ПГ $\pm 0,5$ °С, средство измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 90 %, ПГ ± 3 %; средство измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 106 кПа, ПГ $\pm 0,5$ кПа	Термогигрометр ИВА-6А-Д, рег. № 46434-11
<p>Примечания:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Допускается использовать при поверке другие утверждённые и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утверждённого типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице. 2. При передаче единицы уровня к средствам измерений погрешность рабочих эталонов, от которых осуществляется передача единицы, должна быть как минимум в три раза меньше, чем погрешность средств измерений. 3. При передаче единицы уровня средствам измерений, диапазон измерений которых больше, чем диапазон измерений соответствующих рабочих эталонов, от которых осуществляется передача единицы, допускается проводить поверку только в диапазоне измерений рабочих эталонов. 4. При передаче единицы уровня к рабочим эталонам погрешность рабочих эталонов высшего разряда или эталонов, заимствованных из других поверочных схем, от которых осуществляется передача единицы, должна быть как минимум в два раза меньше, чем погрешность поверяемых рабочих эталонов. 		

5. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны выполняться следующие требования безопасности:

- к проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности 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 уровнемер, применяемые средства поверки и вспомогательное оборудование.

6. Внешний осмотр средства измерений

Результаты внешнего осмотра считаются положительными, если выполняются следующие требования:

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

7. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Проконтролировать условия проведения поверки на соответствие разделу 3.

7.2 Средства поверки и поверяемый уровнемер подготавливают к работе и выдерживают во включённом состоянии в соответствии с указаниями руководств по эксплуатации.

7.3 Опробование проводят путем увеличения/уменьшения расстояния от уровнемера до имитатора поверхности (поверхности продукта). Показания уровнемера при этом должны изменяться соответствующим образом.

7.4 Опробование допускается совместить с определением метрологических характеристик.

8. Проверка программного обеспечения средства измерений

Считать номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения (далее – ПО) в соответствии с руководством по эксплуатации.

Номер версии должен соответствовать $2x$, где « x » может принимать значение от 0 до 9 и не относится к метрологически значимой части ПО.

9. Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение погрешности измерений уровня на уровнемерной установке, эталонным уровнемером или измерительной рулеткой

Для уровнемеров с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня 1 мм, а также рабочих эталонов, определение абсолютной погрешности измерений уровня проводится на пяти проверяемых точках, равномерно распределённых по всему диапазону измерений уровня H_{min} ; $0,25H_{max}$; $0,5H_{max}$; $0,75H_{max}$; H_{max} , где H_{min} , H_{max} – значение нижнего и верхнего пределов диапазона измерений уровня поверяемого уровнемера.

Для уровнемеров с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня свыше 1 мм, а также для не эталонных уровнемеров, определение абсолютной погрешности измерений уровня проводится на трех проверяемых точках: H_{min} ; $0,5H_{max}$; H_{max} . Допускается отклонение выбранной точки на ± 300 мм относительно рассчитанного значения.

Число измерений на каждой поверяемой точке должно быть не менее двух (при прямом и обратном ходе).

За результат измерений уровнемером в каждой поверяемой точке принимается худшее значение.

Абсолютную погрешность измерений уровня ΔH_j , мм, в каждой поверяемой точке определяют по формуле

$$\Delta H_j = H_j - H_{jэ}, \quad (1)$$

где H_j – значение уровня, измеренное уровнемером, мм
 $H_{jэ}$ – значение уровня, измеренное эталоном, мм.

При считывании информации об измеренном уровне по токовому выходу или по сигналу напряжения уровень H_j , мм, рассчитать по формуле

$$H_j = \frac{(A_{\text{вых.}i} - A_{\text{Н}})}{(A_{\text{В}} - A_{\text{Н}})} \cdot (H_{\text{max}} - H_{\text{min}}) + H_{\text{min}}, \quad (2)$$

где $A_{\text{вых.}i}$ – измеренное значение выходного сигнала, соответствующее измеряемому уровню H_j , мА (В);

$A_{\text{Н}}, A_{\text{В}}$ – нижний и верхний пределы выходного сигнала, мА (В);

$H_{\text{min}}, H_{\text{max}}$ – минимальный и максимальный диапазон измерений уровня, соответствующий пределам выходного сигнала, мм.

Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если значения погрешности измерений не превышают пределов, указанных в таблице 1.

Уровнемерам с пределами допускаемой погрешности ± 1 и ± 2 мм может быть присвоен 2-ой разряд в соответствии ГПС, утверждённой приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 года № 3459.

9.2 Определение погрешности измерений уровня на месте эксплуатации

Допускается проводить периодическую поверку уровнемеров на месте эксплуатации в случае выполнения следующих условий:

– измеряемый продукт допускает разгерметизацию меры вместимости (продукт не является токсичным, кипящим или воспламеняющимся при атмосферном давлении и температуре окружающей среды, в мере вместимости отсутствует избыточное давление);

– перемешивающее устройство в резервуаре (при его наличии) отключено. Поверхность измеряемого продукта должна быть спокойной.

Если имеется возможность заполнения/опорожнения меры вместимости до определённых уровней, значение которых однозначно определены, например, конструкцией резервуара, проходящих трубопроводов или технологическим процессом, то поверка может производиться по данным уровням.

Количество проверяемых отметок должно быть не менее двух.

Включить поверяемый уровнемер и зафиксировать на нём нулевую контрольную отметку, опустить рулетку через измерительный люк меры вместимости и по её шкале зафиксировать высоту поверхности раздела «жидкость – газовое пространство» (далее – высота газового пространства) или считать значения уровня с эталонного уровнемера, установленного на этой же мере вместимости.

Поправку ΔH_0 , мм, определить по формуле

$$\Delta H_0 = H_0^{\text{п}} - H_0^{\text{э}}, \quad (3)$$

где $H_0^{\text{п}}$ – значение уровня, измеренное уровнемером, мм;

H_0^3 – значение уровня, измеренное эталоном, мм.

Примечание – При применении рулетки за значение H_0^3 , мм, принять значение результатов измерений уровня, вычисляемое по формуле

$$H_0^3 = H_6 \cdot [1 + \alpha_{ст} \cdot (T_B^\Gamma - T_B^\Pi)] - \frac{\sum_{i=1}^m H_{0i}^\Gamma}{m} \cdot [1 - \alpha_s \cdot (20 - T_B^\Gamma)], \quad (4)$$

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

$\alpha_{ст}$ – температурный коэффициент линейного расширения материала стенки резервуара;

α_s – температурный коэффициент линейного расширения материала эталонной измерительной ленты;

T_B^Π – температура воздуха при поверке резервуара, значение которой определить по протоколу поверки резервуара, °С;

T_B^Γ – температура воздуха при измерении высоты газового пространства, °С;

H_{0i}^Γ – высота газового пространства при i -том измерении, мм;

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

Повышают уровень жидкости до каждой поверяемой точки, устанавливаемой по эталонной измерительной ленте, затем уровень жидкости понижают до каждой поверяемой точки, снимают показания средства измерений и результаты, полученные с эталонной измерительной ленты, вносят в протокол поверки уровнемера.

Уровень жидкости H_j , мм, измеренный уровнемером в j -той контрольной отметке, с учётом поправки, определяют по формуле

$$H_j = H_{пуj} - \Delta H_0, \quad (5)$$

где $H_{пуj}$ – показание поверяемого уровнемера, мм.

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

1) рулетку, опустить через измерительный люк меры вместимости ниже поверхности жидкости на глубину около 1000 мм;

2) первый отсчёт (верхний) взять по шкале рулетки. При этом, для облегчения измерений и расчётов рекомендуется совмещать отметку целых значений метра на шкале рулетки с верхним краем измерительного люка;

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

Для более точного измерения уровня поверхность рулетки необходимо натереть пастой.

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

Уровень жидкости в каждой поверяемой точке $H_{jз}$, мм, вычислить по формуле

$$H_{jз} = H_6 \cdot [1 + \alpha_{ст} \cdot (T_B^\Gamma - T_B^\Pi)] - \frac{\sum_{i=1}^m H_{ji}^\Gamma}{m} \cdot [1 - \alpha_s \cdot (20 - T_B^\Gamma)], \quad (6)$$

Определение абсолютной погрешности измерений уровня проводится по формуле (1).

Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если погрешность измерений уровня в каждой поверяемой точке не превышает значений, указанных в таблице 1.

9.3 Определение погрешности измерений температуры (при наличии датчика температуры)

Для уровнемеров с жестким зондом, допускается извлечь гибкий измерительный

стержень, с размещенным на нем датчиком температуры, из металлического стержня.

9.3.1. При первичной поверке абсолютная погрешность измерения температуры определяется в лабораторных условиях.

Поместить конец зонда уровнемера в термостат (калибратор температуры) или температурную камеру с эталонным термометром. Установить в термостате или температурной камере температуру +20 °С. После стабилизации температуры выдержать в этом режиме не менее 1 часа. Считать показания уровнемера и эталонного термометра. Рассчитать абсолютную погрешность по формуле

$$\Delta t = t_i - t_3, \quad (7)$$

где t_i – значение температуры, измеренное уровнемером, °С;
 t_3 – значение температуры, заданное эталоном, °С.

Повторить для нижнего и верхнего диапазона измерений температуры конкретного уровнемера.

Результаты поверки по данному пункту считаются положительными, если значения погрешности в каждой точке, не превышают пределов, указанных в таблице 1.

9.3.2. На месте эксплуатации абсолютную погрешность измерений температуры проводят с помощью эталонного термометра, погруженного на уровень нахождения температурного датчика уровнемера. Абсолютную погрешность измерений температуры рассчитать по формуле (7).

Допускается при периодической поверке на месте эксплуатации абсолютную погрешность измерений температуры определять путем взятия пробы жидкости с уровня, на котором находится температурный датчик уровнемера в соответствии с ГОСТ 2517-2012 «Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб» и измерить ее температуру. Абсолютную погрешность измерений температуры рассчитать по формуле (7).

Результаты поверки по данному пункту считаются положительными, если значения погрешности в каждой точке, не превышают пределов, указанных в таблице 1.

10. Оформление результатов поверки

10.1 Результаты поверки оформляют протоколом произвольной формы.

10.2 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.3 Положительные результаты поверки удостоверяются отметкой в паспорте и (или) дополнительно по заявлению владельца свидетельством о поверке, оформленным в соответствии с действующими нормативными документами в области обеспечения единства измерений.

10.4 При проведении поверки для меньшего числа измеряемых величин (уровень, температура) разделе «дополнительные сведения» ФИФ указать информацию об объеме проведённой поверки.

10.5 Знак поверки на СИ не наносится.

10.6 При отрицательных результатах поверки СИ к эксплуатации не допускают и оформляют извещение о непригодности в соответствии с действующими нормативными документами в области обеспечения единства измерений.

Разработали:

Начальник отдела 208 ФГБУ «ВНИИМС»

Ведущий инженер ФГБУ «ВНИИМС»

Б.А. Иполитов

А.А. Сулин

Приложение А
(справочное)
Методы поверки уровнемеров

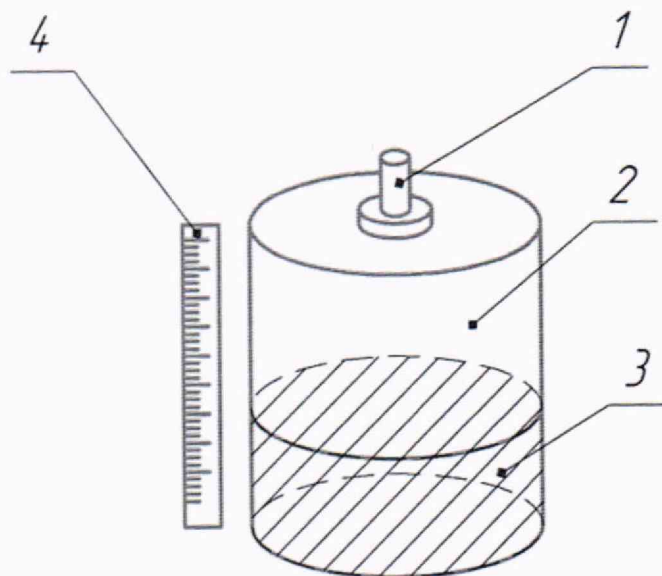


Рисунок А.1 – Поверка уровнемера на поверочной установке с непосредственным изменением уровня жидкости и на месте эксплуатации на резервуаре:

1 – поверяемый уровнемер, 2 – резервуар установки, 3 – жидкость, 4 – эталонный измеритель уровня (уровнемер, лента и др.).

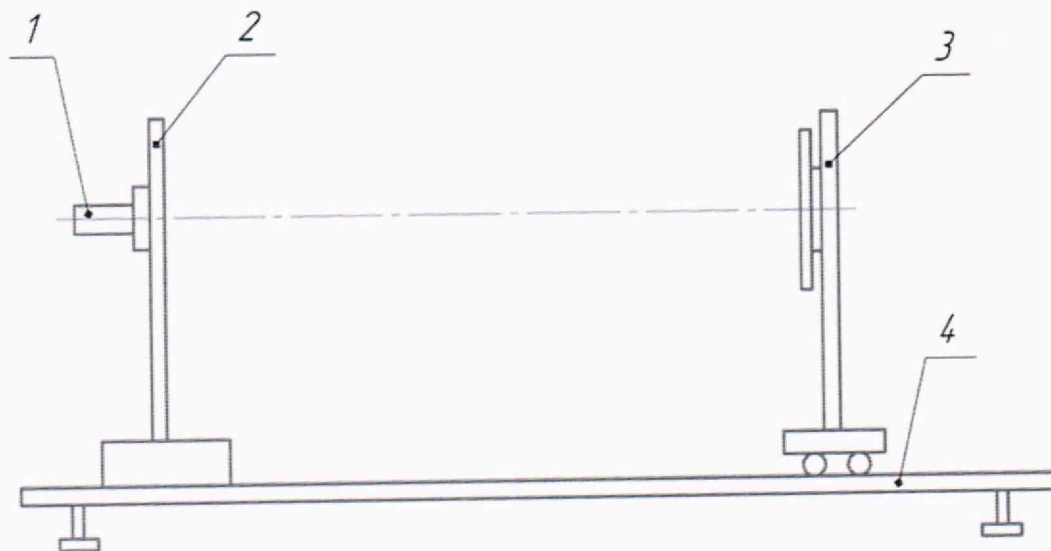


Рисунок А.2 – Поверка уровнемера на поверочной установке с имитацией изменения уровня или с помощью рулетки:

1 – поверяемый уровнемер, 2 – неподвижное основание, 3 – имитатор уровня, 4 – горизонтальная направляющая установки.