



СОГЛАСОВАНО:

Главный метролог

ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»

В.А. Лапшинов

МП

30.08.2024

Государственная система обеспечения единства измерений
Уровнемеры волноводные радарные Промсенсор-ВУ01

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-479-2024

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на уровнемеры волноводные радарные Промсенсор-ВУ01 (далее – уровнемеры), и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

1.2 При проведении поверки уровнемера обеспечивается передача единицы уровня к Государственному первичному эталону единицы длины – метра ГЭТ 2-2021 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 № 3459.

1.3 Метрологические характеристики уровнемера определяют методом прямых измерений и методом непосредственного сличения.

1.4 На основании письменного заявления владельца уровнемера или лица, представившего уровнемер на поверку, оформленного в произвольной форме, допускается:

- проведение периодической поверки уровнемера для меньшего числа измеряемых величин (уровень, уровень границы раздела жидкостей) с обязательным указанием объема проведенной поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений;

- проведение первичной (периодической) поверки уровнемера в части отдельных измерительных каналов (по цифровому или токовому выходному сигналу) с обязательным указанием объема проведенной поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

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

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений уровня и уровня границы раздела жидкостей ¹⁾ , мм, в зависимости от типа зонда: – тросовый – стержневой, коаксиальный (стандартного и увеличенного диаметров)	от 0 до 15000 от 0 до 10000
Пределы допускаемой приведенной к диапазону измерений погрешности измерений уровня ²⁾ , %	±0,03 (не менее ±3 мм); ±0,04 (не менее ±4 мм); ±0,05 (не менее ±5 мм); ±0,07 (не менее ±7 мм); ±0,09 (не менее ±9 мм)
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня границы раздела жидкостей, мм	±10
¹⁾ Приведен максимально возможный диапазон измерений. Фактические значения диапазона измерений указываются в паспорте. ²⁾ Фактические значения указываются в паспорте.	

2 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Обязательность проведения операции при		Номер пункта методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
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 средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	9
Определение погрешности измерений уровня (уровня границы раздела жидкостей) в лаборатории с полным демонтажем уровнемера	да	да	9.1
Определение погрешности измерений уровня (уровня границы раздела жидкостей) в лаборатории с частичным демонтажем уровнемера	—		9.2
Определение погрешности измерений уровня (уровня границы раздела жидкостей) на месте эксплуатации без демонтажа	—		9.3
Примечания: 1. Первичную поверку уровнемера проводят в лаборатории с полным демонтажем уровнемера. 2. Периодическую поверку уровнемера проводят одним из способов, указанным в 9.1 — 9.3 (в лаборатории с полным демонтажем уровнемера, в лаборатории с частичным демонтажем уровнемера или на месте эксплуатации без демонтажа).			

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки в лаборатории с полным или частичным демонтажем уровнемера должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от +15 до +25
- относительная влажность, % от 40 до 80
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106

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

- температура окружающего воздуха, относительная влажность и атмосферное давление удовлетворяют условиям эксплуатации уровнемера и средств поверки;
- измеряемая среда – жидкость;
- отсутствие осадков и ветра, препятствующих проведению поверки;
- обеспечивается возможность изменения уровня жидкости в резервуаре;
- параметры и свойства жидкости в резервуаре соответствуют требованиям эксплуатационных документов (далее – ЭД) 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 должна быть спокойной;
- в каждой контрольной точке выдерживают заданную высоту наполнения резервуара не менее двух часов.

3.3 Условия проведения поверки должны также удовлетворять условиям эксплуатации средств поверки, изложенным в их ЭД.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1 При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – 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 с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ °C	Измеритель влажности и температуры ИВТМ 7 М 5-Д (рег. № 71394-18)
	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	
8	Персональный компьютер с установленной программой «Radar-PCManager [PrR]»	–
9.1.1, 9.1.2	Рабочий эталон 1-го в соответствии с частью 1 приказа Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 № 3459 с пределами допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения единицы длины (уровня) $\pm 0,3$ мм	Стенд для поверки и калибровки средств измерений уровня ЭЛМЕТРО СПУ (рег. № 56506-14)
9.1.3, 9.1.4	Рабочий эталон 3-го разряда в соответствии с частью 2 приказа Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.2018 № 2840 (лента измерительная 3-го разряда)	3.7.АГХ.0002.2021 рабочий эталон единицы длины 3 разряда в диапазоне значений от 0,001 до 50 м
9.3	Рабочий эталон 2-го в соответствии с частью 1 приказа Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 № 3459 (рулетка измерительная по ГОСТ 7502–98 класса точности 2)	Рулетка измерительная металлическая Р100У2Г (рег. № 51171-12)

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9	Средство измерений сигнала силы постоянного тока, диапазон измерений от 4 до 20 мА, пределы допускаемой приведенной погрешности измерений $\pm 0,006$ % диапазона измерений	Мультиметр 3458А (рег. № 25900-03)
9.1.3, 9.1.4	Компаратор для поверки рулеток	—
9.1.3	Имитатор уровня	—
9.1.3, 9.1.4	Имитатор уровня, имитатор границы раздела уровня жидкостей	—
9	HART-коммуникатор	—
9	Преобразователь интерфейсов	—
9.2	Вспомогательный уровнемер волноводный радарный Промсенсор-BY01	—
9.3	Паста, чувствительная к измеряемой жидкости	—
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.		

4.2 В качестве имитатора уровня при определении погрешности измерений уровня уровнемера с коаксиальным зондом (пункт 9.1.3) используют металлический штифт круглого сечения, который устанавливают в отверстия корпуса коаксиального зонда до касания его с внутренним стержнем. Конструкция имитатора уровня должна обеспечивать надежный контакт между корпусом коаксиального зонда и внутренним стержнем.

4.3 В качестве имитаторов уровня и уровня границы раздела жидкостей при определении погрешности измерений границы раздела жидкостей уровнемера с коаксиальным зондом (пункт 9.1.4) используют металлические штифты круглого сечения, которые устанавливают в отверстия корпуса коаксиального зонда до касания его с внутренним стержнем. Конструкция имитатора уровня границы раздела жидкостей должна обеспечивать надежный контакт между корпусом коаксиального зонда и внутренним стержнем, а конструкция имитатора уровня – его отсутствие.

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 ЭД;
- инструкций по охране труда.

6 Внешний осмотр средства измерений

6.1 При внешнем осмотре проверяют:

- внешний вид и комплектность уровнемера;
- отсутствие механических повреждений уровнемера, препятствующих применению уровнемера;
- наличие и целостность пломбы предприятия-изготовителя;
- четкость надписей и обозначений.

6.2 Результаты внешнего осмотра средства измерений считают положительными, если:

- внешний вид и комплектность уровнемера соответствуют описанию типа и ЭД уровнемера;
- механические повреждения, препятствующие применению уровнемера, отсутствуют;
- пломбы предприятия-изготовителя, предусмотренные описанием типа уровнемера, не имеют следов вскрытия;
- 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 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 Изучают ЭД уровнемера и средств поверки, настоящую методику поверки;

7.4 Средства поверки и уровнемер подготавливают к работе в соответствии с ЭД.

7.5 К выходному токовому каналу уровнемера (при его наличии) подключают средство изменений силы постоянного тока, к выходному цифровому каналу уровнемера – HART-коммуникатор или преобразователь интерфейсов.

7.6 Опробование уровнемера проводят одновременно с определением метрологических характеристик.

7.7 Результаты подготовки к поверке и опробования средства измерений считают положительными, если:

- фактические условия поверки соответствуют требованиям раздела 3 настоящей методики поверки;
- требования, изложенные в пунктах 7.2 – 7.5, выполнены.

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

8 Проверка программного обеспечения средства измерений

8.1 Идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения (далее – ПО) уровнемера фиксируют согласно пункту 5.3.12 руководства по эксплуатации уровнемера.

8.2 Результаты проверки ПО средства измерений считают положительными, если идентификационное наименование и номер версии ПО уровнемера соответствуют идентификационному наименованию и номеру версии ПО, приведенным в описании типа уровнемера.

8.3 При несоответствии идентификационного наименования и номера версии ПО уровнемера данным, приведенным в описании типа уровнемера, результаты поверки считают отрицательными, поверку прекращают.

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

9.1 Определение погрешности измерений уровня (уровня границы раздела жидкостей) в лаборатории с полным демонтажем уровнемера

9.1.1 Определение погрешности измерений уровня уровнемера с тросовым или стержневым зондом проводят на уровнемерном стенде с имитацией изменения уровня:

– уровнемеры с длиной зонда более 1000 мм – в пяти контрольных точках ($j = 1, 2, 3, 4, 5$), соответствующих 0, 25, 50, 75, 100 % диапазона измерений, допускаемое отклонение в каждой контрольной точке ± 200 мм внутри диапазона измерений.

– уровнемеры с длиной зонда не более 1000 мм – в трех контрольных точках ($j = 1, 2, 3$), соответствующих 0, 50, 100 % диапазона измерений, допускаемое отклонение в каждой контрольной точке ± 100 мм внутри диапазона измерений.

В нулевой контрольной точке ($j = 0$), значение уровня в которой выбирается произвольно внутри диапазона измерений и не должно соответствовать значениям в других контрольных точках, определяют поправку на несоответствие показаний уровнемера и уровнемерного стенда ΔL_0 , мм, по формуле

$$\Delta L_0 = L_0 - L_0^3, \quad (1)$$

где L_0 – значение уровня, считанное уровнемера по цифровому выходному сигналу в нулевой контрольной точке, мм;
 L_0^3 – имитируемое значение уровня, мм.

В каждой контрольной точке, кроме нулевой, вычисляют абсолютную Δ_j , мм, или приведенную γ_j , %, погрешность по формулам:

– абсолютную погрешность Δ_j , мм, по формуле

$$\Delta_j = L_j - L_j^3 - \Delta L_0, \quad (2)$$

$$\gamma_j = \frac{\Delta_j}{(L_{\max} - L_{\min})} \cdot 100. \quad (3)$$

где L_j – значение уровня, измеренное уровнемером, мм;
 L_j^3 – имитируемое значение уровня, мм;
 $L_{\max}$ – верхний предел диапазона измерений уровня, мм;
 $L_{\min}$ – нижний предел диапазона измерений уровня, мм.

Для уровнемеров с токовым выходным сигналом значение уровня, соответствующее значению силы постоянного тока на выходном токовом канале уровнемера, вычисляют по формуле:

$$L_j = \frac{(L_{20} - L_4)}{16} \cdot (I_j - 4) + L_4, \quad (4)$$

где L_{20} – значение уровня, соответствующее выходному сигналу уровнемера 20 мА, мм;
 L_4 – значение уровня, соответствующее выходному сигналу уровнемера 4 мА, мм;
 I_j – значение силы постоянного тока на токовом выходе уровнемера, мА.

Результаты поверки считают положительными, если значение погрешности измерений уровня в каждой контрольной точке, кроме нулевой, не выходит за пределы, указанные в таблице 1.

9.1.2 Определение погрешности измерений уровня границы раздела жидкостей уровнемера с тросовым или стержневым зондом проводят на уровнемерном стенде с имитацией изменения уровня:

– уровнемеры с длиной зонда более 1000 мм – в четырех контрольных точках ($j = 1, 2, 3, 4$), соответствующих 10, 25, 50, 75 % диапазона измерений, допускаемое отклонение в каждой контрольной точке ± 200 мм внутри диапазона измерений.

– уровнемеры с длиной зонда не более 1000 мм – в трех контрольных точках ($j = 1, 2, 3$), соответствующих 10, 50, 75 % диапазона измерений, допускаемое отклонение в каждой контрольной точке ± 100 мм внутри диапазона измерений.

Выше (не менее 100 мм) наиболее близкой к корпусу уровнемера контрольной точки устанавливают дополнительный стационарный имитатор уровня.

Вычисляют поправку на несоответствие показаний уровнемера и уровнемерного стенда по формуле (1), значение уровня границы раздела жидкостей, соответствующее, значению силы постоянного тока на выходном токовом канале уровнемера, и абсолютную погрешность по формуле (2), используя вместо значений уровня значения уровня границы раздела жидкостей.

Результаты поверки считают положительными, если значение погрешности измерений уровня границы раздела жидкостей в каждой контрольной точке, кроме нулевой, не выходит за пределы, указанные в таблице 1.

9.1.3 Определение погрешности измерений уровня уровнемера с коаксиальным зондом проводят на компараторе для рулеток с помощью измерительной ленты и имитатора уровня.

В качестве контрольных точек используют отверстия в корпусе коаксиального зонда, наиболее близко расположенные к контрольным точкам, указанным в 9.1.1. При установке имитатора уровня в отверстия не допускается изменение положения внутреннего стержня коаксиального зонда относительно корпуса коаксиального зонда.

Вычисляют поправку на несоответствие показаний уровнемера и уровнемерного стенда по формуле (1), значение уровня границы раздела жидкостей, соответствующее, значению силы постоянного тока на выходном токовом канале уровнемера, и абсолютную погрешность по формуле (2).

Результаты поверки считают положительными, если значение погрешности измерений уровня в каждой контрольной точке, кроме нулевой, не выходит за пределы, указанные в таблице 1.

9.1.4 Определение погрешности измерений уровня границы раздела жидкостей уровнемера с коаксиальным зондом проводят на компараторе для рулеток с помощью измерительной ленты и имитаторов уровня и уровня границы раздела жидкостей.

В качестве контрольных точек используют отверстия в корпусе коаксиального зонда, наиболее близко расположенные к контрольным точкам, указанным в 9.1.2, в которые устанавливают имитатор уровня границы раздела жидкостей. В наиболее близкое к корпусу уровнемера отверстие корпуса коаксиального зонда стационарно устанавливают имитатор уровня. При установке имитаторов уровня и уровня границы раздела жидкостей не допускается изменение положения внутреннего стержня относительно корпуса коаксиального зонда.

Вычисляют поправку на несоответствие показаний уровнемера и уровнемерного стенда по формуле (1), значение уровня границы раздела жидкостей, соответствующее, значению силы постоянного тока на выходном токовом канале уровнемера, и абсолютную погрешность по формуле (2), используя вместо значений уровня значения уровня границы раздела жидкостей.

Результаты поверки считают положительными, если значение погрешности измерений уровня границы раздела жидкостей в каждой контрольной точке, кроме нулевой, не выходит за пределы, указанные в таблице 1.

9.2 Определение погрешности измерений уровня (уровня границы раздела жидкостей) в лаборатории с частичным демонтажем уровнемера

Определение метрологических характеристик уровнемера при частичном демонтаже проводят в лаборатории с помощью вспомогательного уровнемера того же типа.

На месте эксплуатации в соответствии с руководством по эксплуатации уровнемера проводят следующие операции:

- проверяют уровнемер на предмет отсутствия системных ошибок;
- сохраняют конфигурацию уровнемера;
- отключают питание уровнемера и производят демонтаж электронного блока (далее –

ЭБ) уровнемера.

Демонтированный ЭБ устанавливают на вспомогательный уровнемер и подготавливают уровнемер к работе согласно руководству по эксплуатации.

Проводят операции по 9.1.

Результаты поверки считают положительными, если значение погрешности измерений уровня (уровня границы раздела жидкостей) в каждой контрольной точке, кроме нулевой, не выходит за пределы, указанные в таблице 1.

После проведения поверки в соответствии с руководством по эксплуатации ЭБ монтируют в корпус исходного уровнемера и загружают в ЭБ сохраненную конфигурацию.

9.3 Определение погрешности измерений уровня (уровня границы раздела жидкостей) на месте эксплуатации без демонтажа

Определение абсолютной погрешности измерений уровня (уровня границы раздела жидкостей) на месте эксплуатации без демонтажа проводят в трех контрольных точках ($j = 1, 2,$

3), равномерно распределенных внутри диапазона измерений в соответствии с технологическим процессом.

В нулевой контрольной точке ($j = 0$), отличной от контрольных точек ($j = 1, 2, 3$) и расположенной внутри диапазона измерений уровнемера, определяют поправку на несоответствие показаний уровнемера и рулетки.

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня (уровня границы раздела жидкостей) уровнемера в каждой контрольной точке должны быть не менее чем в три раза больше пределов абсолютной погрешности используемых средств поверки.

В каждой контрольной точке ($j = 0, 1, 2, 3$) фиксируют значение уровня (уровня границы раздела жидкостей), измеренное уровнемером, и не менее пяти раз определяют расстояние до поверхности жидкости (границы раздела жидкостей) с помощью рулетки следующим образом:

– на участок шкалы рулетки до 1000 мм наносят слой пасты, чувствительной к измеряемой жидкости;

– рулетку опускают через измерительный люк резервуара ниже поверхности жидкости (границы раздела жидкостей) на глубину не более 1000 мм;

– фиксируют показания рулетки по верхнему краю измерительного люка или до риски направляющей планки (верхнее показание);

– поднимают рулетку строго вверх без смещения в стороны до появления над верхним краем измерительного люка смоченной части рулетки и фиксируют показания рулетки (нижнее показание);

– расстояние до поверхности жидкости (границы раздела жидкостей) определяют вычитанием нижнего показания рулетки из верхнего;

– определяют среднее арифметическое значение расстояния до поверхности жидкости (границы раздела жидкостей) L_j^p , мм, по формуле:

$$\bar{L}_j^p = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n L_{ji}^p \cdot (1 - \alpha_s \cdot (20 - t_b)), \quad (5)$$

где n – количество измерений расстояния до поверхности жидкости (границы раздела жидкостей) с помощью рулетки (не менее 5);

L_{ji}^p – значение расстояния до поверхности жидкости (границы раздела жидкостей), измеренное с помощью рулетки при i -ом измерении в j -ой контрольной точке, мм;

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

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

В каждой контрольной точке рассчитывают расстояние до поверхности жидкости (границы раздела жидкостей), измеренное уровнемером, L_j^y , мм, по формуле:

$$L_j^y = L_{\max} - H_j^y, \quad (6)$$

где $L_{\max}$ – значение расстояния от уровнемера до точки, принятой за начало отсчета уровня жидкости (уровня границы раздела жидкостей), мм.

H_j^y – значение уровня жидкости (уровня границы раздела жидкостей), измеренное уровнемером, мм.

В нулевой контрольной точке ($j = 0$) вычисляют поправку на несоответствие показаний уровнемера и рулетки ΔL_0 , мм, по формуле

$$\Delta L_0 = L_0^y - \bar{L}_0^p, \quad (7)$$

где L_0^y – значение расстояния до поверхности жидкости (границы раздела жидкостей), измеренное уровнемером в нулевой контрольной точке мм;

$\bar{L}_0^p$ – среднее арифметическое значение расстояния до поверхности жидкости (границы раздела жидкостей), измеренное рулеткой в нулевой контрольной точке, мм.

В каждой контрольной точке, кроме нулевой, в зависимости от нормируемой в описании

типа уровнемера погрешности, вычисляют абсолютную погрешность Δ_j , мм, или приведенную погрешность γ_j , %, по формулам

$$\Delta_j = L_j^y - \bar{L}_j^p - \Delta L_0, \quad (8)$$

$$\gamma_j = \frac{\Delta_j}{L_{\max}} \cdot 100. \quad (9)$$

Для уровнемеров с токовым выходным сигналом значение уровня жидкости (уровня границы раздела жидкостей), соответствующее значению силы постоянного тока на выходном токовом канале уровнемера, вычисляют по формуле (4).

Результаты поверки считают положительными, если значение погрешности измерений уровня (уровня границы раздела жидкостей) в каждой контрольной точке, кроме нулевой, не выходит за пределы, указанные в таблице 1.

10 Оформление результатов поверки

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

10.2 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.

10.3 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