

СОГЛАСОВАНО
Заместитель руководителя ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»



В.А. Лапшинов

М.П.

«14» февраля 2024 г.

ГСИ. Уровнемеры микроимпульсные УМ

Методика поверки

МП-799/02-2024

г. Чехов
2024 г.

1. Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на уровнемеры микроимпульсные УМ (далее -- уровнемеры), изготавливаемые ООО «ЗАВКОМ-ИНЖИНИРИНГ» г. Тамбов, и устанавливает объем и методы их первичной и периодической поверки.

Уровеньмеры до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежат первичной поверке, в процессе эксплуатации – периодической поверке.

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

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений уровня(раздела сред) в зависимости от исполнения чувствительного элемента ¹⁾ , мм - коаксиальный - стержневой - тросовый	от 10 до 6000 от 10 до 10000 от 150 до 45000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня(раздела сред), мм - при $L \leq 15$ - при $L > 15$	± 2 ± 10
Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений уровня(раздела сред), вызванной изменением температуры жидкости от температуры $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ на каждые 10°C , мм	$\pm 0,6$
Пределы допускаемой приведенной погрешности воспроизведения выходного токового сигнала от 4 до 20 мА, % диапазона воспроизведения	$\pm 0,25$
¹⁾ Указан максимальный диапазон измерений, фактический диапазон измерений указывается в паспорте Примечание L – значение уровня, м	

Метрологические характеристики поверяемых уровнемеров подтверждаются методом непосредственного сличения уровня (длины) и бездемонтажным методом.

Реализация данной методики обеспечивает метрологическую прослеживаемость уровнемеров 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 средств измерений

2.1 При проведении первичной и периодической поверок выполняют операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.1

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.2
Проверка программного обеспечения	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям	Да	Да	10

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия измерений:

- температура окружающего воздуха..... от минус 50 °С до 80 °С
- относительная влажность окружающего воздуха..... до 95 %
- атмосферное давление..... от 84 до 106,7 кПа

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;
- 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 15 минут.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, ознакомившиеся с настоящей методикой поверки и с эксплуатационной документацией на уровнемеры и средства поверки и работающие в организации, аккредитованной на право проведения поверки средств измерений.

4.2 Поверители обязаны иметь профессиональную подготовку и опыт работы с уровнемерами.

4.3 Для проведения поверки уровнемера достаточно одного поверителя.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки должны применяться средства поверки, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства измерений и вспомогательное оборудование

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.1 Контроль условий поверки	<p>Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 15 °С до 35 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С;</p> <p>Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 45 % до 75 % с погрешностью не более 2%;</p> <p>Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от $8,4 \cdot 10^4$ до $10,7 \cdot 10^4$ Па, с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа</p>	Термогигрометр автономный мод. ИВА-6А-Д, рег. № 82393-21
п. 8.2 Опробование	Рабочий эталон 1-го разряда 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» декабря 2019 г. № 3459 – уровнемерная установка, диапазон измерений от 150 до 24000 мм, предел допускаемой погрешности воспроизведения единицы длины 0,3 мм	Стенд для поверки и калибровки средств измерений уровня ЭЛМЕТРО СПУ-А-30, рег. № 56506-14
	Эталоны единицы уровня и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «29» декабря 2018 г. № 2831 – тахеометр электронный, диапазон измерений до 1500 м, предел допускаемой абсолютной погрешности измерений не более $\pm(0,6+1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ мм, где L – длина, м	Тахеометры электронные Leica TS16, Leica MS60, Leica TS60 I, мод. Leica TS60 I, рег. № 61950-15
	Эталоны единицы уровня и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3-го разряда 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» декабря 2019 г. № 3459 - Рулетка измерительная металлическая по ГОСТ 7502-98, класс точности 3 в диапазоне до 100 м	Рулетка измерительная металлическая Р50Н2Г, рег. № 60606-15

	Источник питания постоянного тока с диапазоном воспроизведения напряжения постоянного тока от 18 до 32 В с абсолютной погрешностью $\pm 0,5$ В	Источник питания постоянного тока GPR-30H10D, рег.№ 20188-07
	Средство измерений сигнала силы постоянного тока: диапазоны измерений от 0 до 20 мА, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 7,5$ мкА	Калибратор тока UPS-III, рег. № 60810-15
п. 10.1 Определение абсолютной погрешности измерений уровня в лабораторных условиях	Рабочий эталон 1-го разряда 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» декабря 2019 г. № 3459 – уровнемерная установка, диапазон измерений от 150 до 24000 мм, предел допускаемой погрешности воспроизведения единицы длины 0,3 мм	Стенд для поверки и калибровки средств измерений уровня ЭЛИМЕТРО СПУ-А-30, рег.№ 56506-14
	Эталоны единицы уровня и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «29» декабря 2018 г. № 2831 – тахеометр электронный, диапазон измерений до 1500 м, предел допускаемой абсолютной погрешности измерений не более $\pm(0,6+1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ мм, где L – длина, м	Тахеометры электронные Leica TS16, Leica MS60, Leica TS60 I, мод. Leica TS60 I, рег. № 61950-15
	Эталоны единицы уровня и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3-го разряда 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» декабря 2019 г. № 3459 - Рулетка измерительная металлическая по ГОСТ 7502-98, класс точности 3 в диапазоне до 100 м	Рулетка измерительная металлическая P50H2Г, рег. № 60606-15
	Источник питания постоянного тока с диапазоном воспроизведения напряжения постоянного тока от 18 до 32 В с абсолютной погрешностью $\pm 0,5$ В	Источник питания постоянного тока GPR-30H10D (рег.№ 20188-07)
	Эталоны единицы уровня и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2-го разряда в соответствии с Государственной поверочной	Тахеометры электронные Leica TS16, Leica MS60, Leica TS60 I, мод. Leica TS60 I, рег. № 61950-15
п. 10.2 Определение абсолютной погрешности измерений уровня на		

месте эксплуата-ции	схемой для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «29» декабря 2018 г. № 2831 – тахеометр электронный, диапазон измерений до 1500 м, предел допускаемой абсолютной погрешности измерений не более $\pm(0,6+1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ мм, где L – длина, м	
	Эталоны единицы уровня и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3-го разряда 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» декабря 2019 г. № 3459 - Рулетка измерительная металлическая по ГОСТ 7502-98, класс точности 3 в диапазоне до 100 м	Рулетка измерительная металлическая Р50Н2Г, рег. № 60606-15
	Источник питания постоянного тока с диапазоном воспроизведения напряжения постоянного тока от 18 до 32 В с абсолютной погрешностью $\pm 0,5$ В	Источник питания постоянного тока GPR-30H10D (рег.№ 20188-07)
п. 10.3 Определе-ние приведенной погрешности вос-произведения вы-ходного аналого-вого сигнала	Средство измерений сигнала силы постоянного тока: диапазоны измерений от 0 до 20 мА, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 7,5$ мкА	Калибратор тока UPS-III (рег. № 60810-15);
	Источник питания постоянного тока с диапазоном воспроизведения напряжения постоянного тока от 18 до 32 В с абсолютной погрешностью $\pm 0,5$ В	Источник питания постоянного тока GPR-30H10D (рег.№ 20188-07)
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

При проведении поверки, меры безопасности должны соответствовать требованиям по технике безопасности согласно эксплуатационной документации на поверяемое средство измерений, средства поверки, правилам по технике безопасности, которые действуют на месте проведения поверки.

7. Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие средства измерений следующим требованиям:

- внешнего вида средства измерений описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- маркировки требованиям эксплуатационной документации;
- к отсутствию механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики изделия;
- комплектности, необходимой для проведения измерений, в соответствии с руковод-

ством по эксплуатации.

Уровнемер не прошедший внешний осмотр, к поверке не допускают.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

Перед проведением работ средство измерений и средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них и выдержаны не менее 2 часов, в условиях, приведённых в п. 3 настоящей методики.

8.2 Опробование

Опробование проводить на уровнемерной установке, или при помощи тахеометра, или рулеткой измерительной, или на объекте эксплуатации проверкой соответствия выходных сигналов измеренному значению уровня при его повышении и понижении в максимально возможных условиями эксплуатации диапазонах. При увеличении уровня выходной сигнал должен увеличиваться, при уменьшении должен уменьшаться.

Аналоговый выходной сигнал уровнемера контролировать калибратором тока. При увеличении уровня измеренное значение должно увеличиваться, при уменьшении должно уменьшаться.

Уровнемер, не прошедший опробование, к дальнейшей поверке не допускают. Поверку прекращают.

9. Проверка программного обеспечения средства измерений

Проверку соответствия программного обеспечения (далее – ПО) проводят путём сличения идентификационных данных ПО уровнемера, отображаемых на дисплее при последовательных командах: MENU – DIAGNOSTICS – DEVICE INFO – FIRMWARE VERSION

Результаты проверки считаются положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют указанным в таблице 4.

Таблица 4 - Идентификационные данные микропрограммного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	МПО
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 01.03.01
Цифровой идентификатор ПО	-

10. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям

10.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений уровня (раздела сред) по цифровому выходному сигналу

10.1.1 Определение абсолютной погрешности измерений уровня (раздела сред) уровнемеров со стержневыми и тросовыми зондами проводить или на уровнемерной установке, или при помощи тахеометра, или методом сличения с рулеткой измерительной.

Значение уровня (раздела сред) задавать с помощью перемещения подвижной части уровнемерной установки с установленным замыкателем ЧЭ. В качестве контрольных точек принимают точки, соответствующие 100 %, 75 %, 50 %, 10 %, 0 % диапазона измерений. Допускаемое отклонение в каждой контрольной точке не более ± 50 мм.

Измеренные значения уровня (раздела сред) фиксировать непосредственно на дисплее преобразователя.

Измеренные значения уровня фиксировать в каждой точке не менее пяти раз в течение 5 мин.

Измеренное значение уровня в каждой точке $H_{\text{измЦ}}$ определить по формуле (1).

$$H_{\text{измЦ}} = \sum_{i=1}^5 \frac{H_{\text{изм}i}}{5} \quad (1)$$

Проверку проводить при уменьшении и увеличении уровня.

Абсолютная погрешность измерений уровня (раздела сред) по цифровому сигналу ΔH определить по формуле (2).

$$\Delta H = H_{\text{измЦ}} - H_{\text{д}}, \quad (2)$$

где $H_{\text{д}}$ – действительное значение уровня (раздела сред), определенное по уровнемерной установке, мм;

$H_{\text{измЦ}}$ – измеренное значение уровня (раздела сред), определенное преобразователем, мм

Проверка диапазона измерений осуществляется одновременно с определением абсолютной погрешности измерений.

Результаты поверки считать положительными, если значения диапазона и абсолютной погрешности измерений уровня (раздела сред) соответствуют значениям, приведенным в таблице 1.

10.1.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений уровня (раздела сред) по цифровому выходному сигналу преобразователей с коаксиальными ЧЭ

Определение действительного значения уровня (раздела сред) проводить непосредственным измерением расстояния между уплотнительной поверхностью присоединительного элемента преобразователя и осью замыкателя, устанавливаемого в отверстия наружной трубы ЧЭ. Следует выбирать ближайшие отверстия к значениям уровня, соответствующим 100 %, 75 %, 50 %, 10 %, 0 % диапазона измерений. Для преобразователей, длина чувствительного элемента которых не позволяет провести проверку в точках контроля 75 %, 50 % и 10 %, проверку проводить во всех возможных промежуточных точках диапазона измерений.

Замыкатель входит в комплект поставки преобразователя. При достижении точки измерений замыкатель погружается в отверстия ЧЭ.

Измеренные значения уровня (раздела сред) фиксировать непосредственно на дисплее преобразователя.

Измеренные значения уровня фиксировать в каждой точке не менее пяти раз в течение 3 мин.

Измеренное значение уровня в каждой точке $H_{\text{измЦ}}$ определить по формуле (1).

Абсолютную погрешность измерений уровня (раздела сред) по цифровому сигналу ΔH определить по формуле (2).

Проверку проводить при уменьшении и при увеличении уровня.

Проверка диапазона измерений осуществляется одновременно с определением абсолютной погрешности измерений.

Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности измерений уровня (раздела сред) по цифровому сигналу не превысили значение, приведенное в таблице 1.

10.2 Определение абсолютной погрешности измерений уровня без демонтажа

10.2.1 Определение абсолютной погрешности измерений уровня без демонтажа проводят в двух контрольных точках ($j = 1, 2$), расположенных в диапазоне от $L_{\text{п}}$ до L_{max} с разницей не менее одного метра. В нулевой контрольной точке ($j = 0$), отличной от контрольных точек и расположенных в диапазоне от $L_{\text{п}}$ до L_{max} , определяют поправку на несоответствие показаний уровнемера и рулетки.

10.2.2 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня в

каждой контрольной точке должны быть не менее чем в три раза больше пределов отклонения общей длины шкалы ленты рулетки измерительной.

10.2.3 В каждой контрольной точке фиксируют значение уровня, измеренное уровнемером, и не менее пяти раз определяют значение уровня с помощью рулетки следующим образом:

- на участок шкалы рулетки до 1000 мм наносят слой пасты;
- рулетку опускают через измерительный люк резервуара ниже поверхности жидкости 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);
- Значение уровня определяют вычитанием нижнего показания рулетки из верхнего;
- определяют среднее арифметическое значение уровня \bar{L}_j^p , мм, по формуле:

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

- где
- n – количество измерений уровня с помощью рулетки (не менее 5);
 - L_{ji}^p – значение уровня, 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, $^\circ\text{C}$.

10.2.4 В каждой контрольной точке рассчитывают значение уровня, измеренное уровнемером, L_j^y , мм, по формуле:

$$L_j^y = L_{\max} - H_j^y, \quad (2)$$

- где
- L_{\max} – значение уровня, принятой за начало отсчета уровня жидкости, мм.
 - H_j^y – значение уровня, измеренное уровнемером, мм.

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

$$\Delta L_0 = L_0^y - \bar{L}_0^p, \quad (3)$$

- где
- L_0^y – значение уровня, измеренное уровнемером в нулевой контрольной точке мм;
 - \bar{L}_0^p – среднее арифметическое значение расстояния до поверхности жидкости, измеренное рулеткой в нулевой контрольной точке, мм.

10.2.6 В каждой контрольной точке (кроме нулевой) вычисляют абсолютную погрешность Δ_j , %, по формуле

$$\Delta_j = L_j^y - \bar{L}_j^p - \Delta L_0. \quad (4)$$

10.2.7 Результаты поверки по 10.2 считают положительными, если значение абсолютной погрешности измерений расстояния до поверхности продукта в каждой контрольной точке ($j = 1, 2, 3$) соответствует значениям, указанным в таблице 1.

10.3 Определение приведенной погрешности воспроизведения выходного аналогового сигнала

Определение приведенной погрешности воспроизведения выходного аналогового сигнала от 4 до 20 мА проводят в трех контрольных точках, соответствующих 4, 12, 20 мА.

Выходной сигнал уровнемера контролировать калибратором процессов в режиме измерений силы постоянного электрического тока.

В каждой контрольной точке с помощью ПО, на выходном аналоговом канале уровнемера установить требуемое значение выходного сигнала и вычислить приведенную

погрешность γ_{I_j} , %, по формуле (7)

$$\gamma_{I_j} = \frac{I_{\text{зад}_j} - I_{\text{изм}_j}}{16} \cdot 100 \%, \quad (7)$$

где $I_{\text{зад}_j}$ — значение силы постоянного тока на выходном токовом канале
уровнемера, установленное с помощью ПО, мА;
 $I_{\text{изм}_j}$ — значение силы постоянного тока, измеренное калибратором, мА.

Значения приведенной погрешности воспроизведения выходного аналогового сигнала должны быть не более значений, указанных в таблице 1.

11 Оформление результатов поверки

Сведения о результате поверки средств измерений должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

При положительных результатах поверки средство измерений признается годным к применению.

Выдача свидетельства о поверке средства измерений осуществляется в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений.

Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено. Пломбирование средства измерений не производится.

При отрицательных результатах поверки, средство измерений признается непригодным к применению.

Выдача извещения о непригодности к применению средства измерений с указанием основных причин непригодности осуществляется в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений.

Инженер по метрологии ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»



С.К. Нагорнов