

СОГЛАСОВАНО
Заместитель руководителя ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»



В.А. Лапшинов

«07» ноября 2023 г.

«ГСИ. Уровнемеры ультразвуковые SMT.
Методика поверки »

МП-729/09-2023

1. Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для уровнемеров ультразвуковых SMT (далее – уровнемеры), применяемых в качестве рабочих средств измерений, и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

Уровнемеры 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.

Наименование характеристики	Значение	
	LU-100	LU-200
Диапазон измерений уровня, м	от 0,3 до 5; от 0,3 до 12 от 0,3 до 20 от 0,3 до 30 от 0,3 до 40 от 0,3 до 50 от 0,3 до 60	от 0,3 до 5; от 0,3 до 12 от 0,3 до 20 от 0,3 до 30 от 0,3 до 40 от 0,3 до 50 от 0,3 до 60
Пределы допускаемой приведенной к верхнему пределу диапазона измерений уровня погрешности, %:	±0,5	±0,5

Первичной поверке подвергается каждый экземпляр.

Периодической поверке подвергается каждый экземпляр, находящийся в эксплуатации, через межповерочные интервалы, а также повторно вводимые в эксплуатацию после их длительного хранения (более одного межповерочного интервала).

В целях обеспечения прослеживаемости поверяемого средства измерений к государственным первичным эталонам единиц величин необходимо соблюдать требования настоящей методики поверки.

Определение метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивает передачу единицы длины методом прямых измерений от рабочего эталона 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, чем обеспечивается прослеживаемость единиц величин поверяемого средства измерений к следующему Государственному первичному эталону (далее – ГПЭ): ГЭТ 2-2021 - ГПСЭ единицы длины, и с помощью эталона 2-го разряда, заимствованного из 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, утверждённой приказом Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2840: ГЭТ 2-2021 - ГПЭ единицы длины - метра.

2. Перечень операций поверки средств измерений

При проведении поверки средств измерений (далее – поверка) должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – 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
Опробование	Да	Да	8.2

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям	Да	Да	10
Определение диапазона измерений и приведенной к верхнему пределу измерений уровня погрешности			
- при полном демонтаже	Да	Да	10.1
- без демонтажа на месте эксплуатации	-	Да	10.2
Оформление результатов поверки	Да	Да	11

3. Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия измерений:

- температура окружающей среды, °С от минус 20 до плюс 60;
- относительная влажность, % от 10 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 84,0 до 106,7.

Примечание: при проведении измерений условия окружающей среды средств поверки (эталонов) должны соответствовать требованиям, приведённым в их эксплуатационной документации.

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, а также обязаны знать требования настоящей методики.

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 2.

Таблица 2 – Средства поверки

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 (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от минус 50 до плюс 75 °С с абсолютной погрешностью не более 0,2 °С	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7М-Д (рег.№ 71394-18)
п. 10.1 Определение диапазона измерений и приведенной к верхнему пределу измерений уровня погрешности при полном демонтаже	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»	Стенд для поверки и калибровки средств измерений уровня ЭЛМЕТРО СПУ-А-30 (рег.№ 56506-14)

	декабря 2019 г. № 3459 – уровнемерная установка, диапазон измерений от 150 до 24000 мм, предел допускаемой погрешности воспроизведения единицы длины 0,3 мм	
	Рабочий эталон 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 от 3 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)
	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
	Вспомогательное оборудование:	
	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от плюс 15 до плюс 25 °С с абсолютной погрешностью не более 0,2 °С	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7М-Д (рег. № 71394-18)
	Источник питания переменного тока с диапазоном воспроизведения напряжения постоянного тока от 187 до 253 В с абсолютной погрешностью $\pm 0,5$ В	Источник питания переменного и постоянного тока серии ASR-72000, мод. ASR-72100R (рег. № 80919-21)
	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. 10.2 Определение диапазона измерений и приведенной к верхнему пределу измерений уровня погрешности без демонтажа на месте эксплуатации	Рулетка измерительная металлическая по ГОСТ 7502–98: диапазон измерений не менее диапазона измерений поверяемого уровнемера, класс точности 2	Рулетка измерительная металлическая Р50Н2Г, (рег. № № 60606-15)
	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
	Вспомогательное оборудование:	
	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от плюс 15 до плюс 25 °С с абсолютной погрешностью не более 0,2 °С	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7М-Д (рег. № 71394-18)

	Источник питания переменного тока с диапазоном воспроизведения напряжения постоянного тока от 187 до 253 В с абсолютной погрешностью $\pm 0,5$ В	Источник питания переменного и постоянного тока серии ASR-72000, мод. ASR-72100R (рег. № 80919-21)
	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)
<p>Примечания:</p> <p>1) Эталоны единиц величин, используемые при поверке, должны быть аттестованы или поверены в установленном порядке. Все средства измерений, применяемые при поверке, должны быть утвержденного типа и поверены в установленном порядке.</p> <p>2) Допускается применения средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.</p>		

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:

- соответствие внешнего вида средства измерений описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- маркировки требованиям эксплуатационной документации;
- отсутствие механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики изделия;
- комплектность, необходимая для проведения измерений, в соответствии с руководством по эксплуатации.

Если перечисленные требования не выполняются, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений).

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

8.2 Опробование

8.2.1 При опробовании проверить:

- отсутствие качки и смещений неподвижно соединённых деталей и элементов;
- плавность и равномерность движения подвижных частей;
- правильность взаимодействия с комплектом принадлежностей;
- работоспособность всех функциональных режимов и узлов.

8.2.2 Опробование

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

Аналоговый выходной сигнал преобразователя контролировать калибратором тока.

При увеличении уровня измеренное значение должно увеличиваться, при уменьшении должно уменьшаться.

Опробование проводить при увеличении уровня от 0 % до 100 % диапазона измерений и обратно от 100 % до 0 %.

Если перечисленные требования не выполняются, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

9. Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Идентификация программного обеспечения (далее – ПО) МПО осуществляется при включении уровнемера. Номер версии указывается в нижней строке стартового сообщения уровнемера.

Результат проверки считают положительным, если номер версии ПО не ниже указанного в описании типа.

10. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям

10.1 Определение диапазона измерений и приведенной к верхнему пределу измерений уровня погрешности при полном демонтаже

10.1.1 Определение диапазона измерений и приведенной к верхнему пределу измерений уровня погрешности проводят при прямом и обратном ходе путем перемещения имитатора уровня, входящего в состав уровнемерной установки, вдоль оси распространения ультразвукового сигнала в пяти контрольных точках, соответствующих L_{\min} , $0,25 \cdot L_{\max}$, $0,5 \cdot L_{\max}$, $0,75 \cdot L_{\max}$, L_{\max} , где L_{\min} и L_{\max} – минимальное и максимальное значения диапазона измерений уровнемера. Допускаемое отклонение в каждой контрольной точке ± 100 мм или ± 3 % внутри диапазона измерений уровнемера.

10.1.2 Расстояние до имитатора устанавливают на требуемое значение и снимают показания уровнемера и средства поверки. За результат измерений уровнемера в j -ой контрольной точке \bar{L}_j , мм, принимают среднее арифметическое значение результатов измерений уровнемера, определяемое по формуле (1).

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

где n – число измерений в контрольной точке (не менее трех);
 L_{ji} – значение расстояния до поверхности продукта (уровня) в j -ой контрольной точке при i -ом измерении, измеренное уровнемером, мм.

Значение, измеренное уровнемером при i -ом измерении, L_i , мм, вычисляют по формуле (2).

$$L_{ji} = \frac{(L_{\max} - L_{\min}) \cdot (I_{ji} - 4)}{16} + L_{\min}, \quad (2)$$

где L_{\max} – значение расстояния до поверхности продукта (уровня) (высоты наполнения), соответствующее выходному сигналу уровнемера 20 мА, мм;
 L_{\min} – значение расстояния до поверхности продукта (уровня) (высоты наполнения), соответствующее выходному сигналу уровнемера 4 мА, мм;
 I_{ji} – значение выходного сигнала уровнемера, мА.

10.1.3 В каждой контрольной точке вычисляют приведенную к верхнему пределу измерений уровня погрешности γ_j , %, по формуле (3).

$$\gamma_j = \frac{L_j^3 - \bar{L}_j}{L_{\max} - L_{\min}} \cdot 100 (\%), \quad (3)$$

где L_j^3 – значение расстояния до имитатора поверхности продукта, измеренное средством поверки, мм.

Проверка диапазона измерений осуществляется одновременно с определением приведенной к верхнему пределу измерений уровня погрешности измерений методом проведения измерений во всем заявляемом диапазоне.

Значения диапазона и приведенной к верхнему пределу измерений уровня погрешности должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 1.

10.2 Определение диапазона измерений и приведенной к верхнему пределу измерений уровня погрешности без демонтажа на месте эксплуатации

10.2.1 Определение приведенной к верхнему пределу измерений уровня погрешности измерений уровня проводят вдоль оси распространения ультразвукового сигнала в пяти контрольных точках, соответствующих L_{\min} , $0,25 \cdot L_{\max}$, $0,5 \cdot L_{\max}$, $0,75 \cdot L_{\max}$, L_{\max} , где L_{\min} и L_{\max} – минимальное и максимальное значения диапазона измерений уровнемера. В начальной контрольной точке определяют поправку на несоответствие показаний уровнемера и рулетки. Допускаемое отклонение в каждой контрольной точке ± 100 мм или ± 3 % внутри диапазона измерений уровнемера.

10.2.2 В каждой контрольной точке не менее пяти раз определяют расстояние до поверхности жидкости 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 (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 (уровня) определяют вычитанием нижнего показания рулетки из верхнего;
- определяют среднее арифметическое значение расстояния до поверхности жидкости (уровня) \bar{L}_j^3 , мм, по формуле (4).

$$\bar{L}_j^3 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n L_{ji}^3 \cdot (1 - \alpha_s \cdot (20 - t_b)), \quad (4)$$

- где
- n – количество измерений расстояния до поверхности жидкости с помощью рулетки (не менее 5);
 - L_{ji}^3 – значение расстояния до поверхности жидкости, 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, $^\circ\text{C}$.

10.2.3 В каждой контрольной точке фиксируют значение уровня, измеренное уровнемером, L_{ji} , мм.

За результат измерений уровнемера в j -ой контрольной точке \bar{L}_j , мм, принимают среднее арифметическое значение результатов измерений уровнемера, определяемое по формуле (1).

Значение, измеренное уровнемером при i -ом измерении, L_i , мм, вычисляют по формуле (2).

10.2.4 В начальной контрольной точке вычисляют поправку на несоответствие показаний уровнемера и рулетки ΔL_0 , мм, по формуле (5).

$$\Delta L_0 = \bar{L}_0 - \bar{L}_0^3, \quad (5)$$

где \bar{L}_0 – значение расстояния до поверхности жидкости (уровня), измеренное уровнемером в нулевой контрольной точке мм;
 \bar{L}_0^3 – среднее арифметическое значение расстояния до поверхности жидкости (уровня), измеренное рулеткой в нулевой контрольной точке, мм.

10.2.5 В каждой контрольной точке (кроме нулевой) вычисляют приведенную к верхнему пределу измерений уровня погрешности γ_j , %, по формуле (6).

$$\gamma_j = \frac{L_j^3 - (\bar{L}_j - \Delta L_0)}{L_{\max} - L_{\min}} \cdot 100 (\%), \quad (6)$$

где L_j^3 – значение расстояния до имитатора поверхности продукта, измеренное рулеткой, мм.

Значение диапазона измерений и значения приведенной к верхнему пределу измерений уровня погрешности в каждой контрольной точке должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 1.

11 Оформление результатов поверки

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

При положительных результатах поверки средство измерений признается пригодным к применению.

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

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 единства измерений.

Инженер по метрологии ЛОЕИ
 ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»



С.К. Нагорнов