

СОГЛАСОВАНО
Заместитель руководителя ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»



Лапшинов В. А.

12 _____ 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений.

Уровнемеры ультразвуковые PROSONIC

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-690/09-2023

г. Москва
2023 г.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее по тексту – МП) распространяется на уровнемеры ультразвуковые PROSONIC (далее по тексту – уровнемеры) и устанавливает методы их первичной поверки до ввода в эксплуатацию, после ремонта и периодической поверки в процессе эксплуатации.

1.2 Настоящая МП разработана в соответствии с требованиями Приказа № 2907 от 28.08.2020 г. «Об утверждении порядка установления и изменения интервала между поверками средств измерений, порядка установления, отмены методик поверки и внесения изменений в них, требования к методикам поверки средств измерений».

1.3 Уровнемеры обеспечивают прослеживаемость к:

– ГЭТ2-2021 в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 3459 от 30 декабря 2019 г. «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов» методом непосредственного сличения результата измерений поверяемого средства измерений со значением измеренным эталоном;

– ГЭТ199-2018 в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2831 от 29 декабря 2018 г. №2831 «Об утверждении государственной поверочной схемы для координатно-временных средств измерений» методом непосредственного сличения результата измерений поверяемого средства измерений со значением измеренным эталоном.

1.4 В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические характеристики, приведенные в таблицах приложения А к настоящей МП.

1.5 Настоящей МП не предусмотрена возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов и(или) отдельных автономных блоков из состава средства измерений (далее по тексту – СИ) для меньшего числа измерительных величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

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

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1) Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
2) Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
3) Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
4) Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.			
– при полном демонтаже	Да	Да	10.1
– без демонтажа	–	Да	10.2

2.2 Последовательность проведения операций поверки обязательна.

2.3 Если при проведении той или иной операции получают отрицательный результат, дальнейшую поверку прекращают, а уровнемер бракуют.

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки в лаборатории должны соблюдаться следующие условия измерений:

- температура окружающего воздуха от плюс 15 °С до плюс 25 °С;
- диапазон относительной влажности окружающего воздуха от 30 % до 80 %;
- диапазон атмосферного давления 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 заданную высоту наполнения резервуара не менее двух часов.

4. ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки уровнемеров допускается персонал, имеющий опыт работы в данной области, изучивший эксплуатационную документацию на уровнемеры, средства поверки и оборудование, применяемое при проведении поверки.

5. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки применяют средства поверки и оборудование, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки и оборудование

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
7 – 10	Средство измерений температуры окружающей среды с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ °С	Измеритель температуры и относительной влажности воздуха ИВТМ-7 М 5-Д (регистрационный № 71394-18 в ФИФОЕИ)
	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	

Окончание таблицы 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.1	Рабочий эталон 1 разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 30.12.2019 №3459: диапазон измерений не менее диапазона измерений поверяемого уровнемера, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения $\pm 0,3$ мм	Стенд для поверки и калибровки средств измерений уровня, модификация ЭЛИМЕТРО СПУ-А-30 (регистрационный № 56506-14 в ФИФОЕИ)
10.1	Рабочий эталон 2 разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 29.12.2018 №2831: диапазон измерений не менее диапазона измерений поверяемого уровнемера, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm(1+1,0 \cdot 10^{-6} \cdot D)$, где D – измеряемое расстояние, мм	Тахеометр электронный Leica TS60 I (регистрационный № 61950-15 в ФИФОЕИ);
10.2	Рулетка измерительная металлическая по ГОСТ 7502–98: диапазон измерений не менее диапазона измерений поверяемого уровнемера, класс точности 2	Рулетка измерительная металлическая 2-го класса точности модификации P100Y2Г (регистрационный номер 51171-12 в ФИФОЕИ) (далее – рулетка)
10.1, 10.2	Средство измерений сигнала силы постоянного тока: диапазон измерений от 4 до 20 мА, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm(0,01 \% \text{ показания} + 1 \text{ мкА})$	Калибратор многофункциональный и коммуникатор BEAMEX MC6 (-R) регистрационный № 52489-13 в ФИФОЕИ) (далее – калибратор)
<p>Примечания</p> <p>1. Допускается использование средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.</p> <p>2. Средства измерений, применяемые при поверке, должны быть зарегистрированы в ФИФОЕИ, утвержденного типа, поверены в соответствии с порядком, утвержденным законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений, и допущены к применению.</p> <p>3. Эталоны единиц величин, применяемые при поверке, должны быть аттестованы в соответствии с порядком, утвержденным законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений и утверждены приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.</p>		

6. 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 эксплуатационных документах;
- инструкций по охране труда.

7. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре проверяют:

- внешний вид и комплектность уровнемера;
- отсутствие механических повреждений уровнемеров, препятствующих применению уровнемера;
- четкость надписей и обозначений.

7.2 Результаты поверки по 7 считают положительными, если:

- внешний вид и комплектность уровнемера соответствуют описанию типа и эксплуатационным документам уровнемера;
- механические повреждения, препятствующие применению уровнемера, отсутствуют;
- надписи и обозначения четкие.

8. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные операции:

- изучают техническую и эксплуатационные документы уровнемера;
- изучают настоящую методику поверки и руководства по эксплуатации средств поверки;
- средства поверки и уровнемер устанавливают в рабочее положение с соблюдением указаний эксплуатационных документов;
- к выходному каналу уровнемера подключают калибратор;
- контролируют фактические условия поверки на соответствие требованиям раздела 3 настоящей методики поверки;
- выполняют иные необходимые подготовительные и организационные мероприятия.

8.2 В качестве имитатора поверхности продукта должна использоваться отражающая поверхность, выполненная из металла (стали, дюрала или латуни) или дерева размером не менее 800×800 мм, которую располагают перпендикулярно оси излучения уровнемера.

8.3 Уровнемер выдерживают в условиях, указанных в разделе 3, не менее двух часов, при этом во включенном состоянии при номинальном напряжении не менее 1 часа.

8.4 Опробование уровнемера проводят одновременно с определением его метрологических характеристик по 10.1 или 10.2.

8.5 Результаты поверки по 8 считают положительными при выполнении требований, изложенных в 8.1 – 8.4.

9. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 При запуске уровнемера номер версии программного обеспечения (далее по тексту ПО) должен отображаться на дисплее в течение нескольких секунд.

9.2 Доступ к идентификационному наименованию ПО, цифровому идентификатору ПО (контрольной сумме) не возможен.

9.3 Результаты проверки считают положительными, если номер версии ПО, соответствует приведенному в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО уровнемеров

Идентификационные данные (признаки)	Значение		
	Уровнемеры серии U	Уровнемеры серии M	Уровнемеры серии S
Идентификационное наименование ПО	–		
Номер версии (идентификационный номер) ПО	V03.XX ¹⁾	V01.XX ¹⁾	V02.XX ¹⁾
Цифровой идентификатор ПО	–		
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	–		

¹⁾ «X» не относятся к метрологически значимой части ПО и принимают значения: от 0 до 9.

9.4 При отрицательных результатах идентификации ПО уровнемер признают непригодным к применению.

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

10.1 Определение абсолютной и относительной погрешностей измерений уровня при полном демонтаже

10.1.1 Определение абсолютной и относительной погрешностей измерений уровня проводят при прямом и обратном ходе путем перемещения имитатора уровня 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 эталона. За результат измерений уровнемера в j -ой контрольной точке \bar{L}_j , мм, принимают среднее арифметическое значение результатов измерений уровнемера, определяемое по формуле:

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

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

Если уровнемер настроен на передачу значения высоты наполнения, то значение уровня в j -ой контрольной точке при i -ом измерении H_{ji} , мм, вычисляют по формуле

$$L_{ji} = L_{max} - H_{ji}, \quad (2)$$

где L_{max} – максимальное значение уровня, измеряемое уровнемером (параметр настройки уровнемера P04), мм;
 H_{ji} – значение высоты наполнения, соответствующее измеренному уровнемером значению уровня в j -ой контрольной точке при i -ом измерении, мм.

Значение, измеренное уровнемером при i -ом измерении, H_i , мм, вычисляют по формуле

$$X_{ji} = \frac{(X_{max} - X_{min}) \cdot (I_{ji} - 4)}{16} + X_{min}, \quad (3)$$

где X_{max} – значение уровня (высоты наполнения), соответствующее выходному сигналу уровнемера 20 мА, мм;

X_{\min} – значение уровня (высоты наполнения), соответствующее выходному сигналу уровнемера 4 мА, мм;

I_{ji} – значение выходного сигнала уровнемера, мА.

10.1.3 В зависимости от типа погрешности уровнемера, указанной в таблицах Приложения А, определяют в каждой контрольной точке значение абсолютной погрешности Δ_j , мм, по формуле:

$$\Delta_j = \bar{L}_j - H_j^3, \quad (4)$$

где H_j^3 – значение уровня, измеренное эталоном, мм.

и значение относительной погрешности δ_i , %, по формуле:

$$\delta_i = \frac{\bar{L}_j - H_j^3}{H_j^3} \cdot 100\%, \quad (5)$$

10.1.1 Результаты поверки уровнемера считают положительными, если значения абсолютной и относительной погрешности в каждой контрольной точке не выходят за пределы, указанные в Приложении А настоящей методики поверки.

10.2 Определение абсолютной и относительной погрешностей измерений уровня без демонтажа на месте эксплуатации

10.2.1 Определение абсолютной и относительной погрешностей измерений уровня проводят в пяти контрольных точках ($j = 1, 2, 3, 4, 5$), равномерно распределенных в рабочем диапазоне измерений в соответствии с технологическим процессом. В нулевой контрольной точке ($j = 0$) определяют поправку на несоответствие показаний уровнемера и рулетки.

10.2.2 В каждой контрольной точке не менее пяти раз определяют расстояние до поверхности жидкости с помощью рулетки следующим образом:

- 1) на участок шкалы рулетки до 1000 мм наносят слой пасты;
- 2) рулетку опускают через измерительный люк резервуара ниже поверхности жидкости на глубину не более 1000 мм;
- 3) фиксируют показания рулетки по верхнему краю измерительного люка (верхнее показание);
- 4) поднимают рулетку строго вверх без смещения в стороны до появления над верхним краем измерительного люка смоченной части рулетки и фиксируют показания рулетки (нижнее показание);

– уровень определяют вычитанием нижнего показания рулетки из верхнего;

5) определяют среднее арифметическое значение уровня 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 с помощью рулетки (не менее 5);

L_{ji}^p – 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_j^y , мм. Если уровнемер настроен на передачу значения высоты наполнения, то значение уровня в j -ой контрольной точке L_j^y , мм, вычисляют по формуле

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

где H_j^y – значение высоты наполнения, соответствующее измеренному уровнемером значению уровня в j -ой контрольной точке, мм.

Значение, измеренное уровнемером, вычисляют по формуле (3).

10.2.4 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 уровня, измеренное уровнемером в нулевой контрольной точке мм;
 \bar{L}_0^p – среднее арифметическое значение уровня, измеренное рулеткой в нулевой контрольной точке, мм.

10.1.4 В зависимости от типа погрешности уровнемера, указанной в таблицах Приложения А, определяют в каждой контрольной точке значение абсолютной погрешности Δ_j , мм, по формуле:

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

и значение относительной погрешности δ_i , %, по формуле:

$$\delta_i = \frac{(L_j^y - \Delta L_0) - \bar{L}_j^p}{\bar{L}_j^p} \cdot 100\%, \quad (9)$$

10.2.5 Результаты поверки уровнемера считают положительными, если значения абсолютной и относительной погрешностей в каждой контрольной точке не выходят за пределы, указанные в Приложении А настоящей методики поверки.

10.2.6 При отрицательных результатах по одному из п.п. 7-10 настоящей Методики поверки, уровнемер не допускается к применению.

11 Оформление результатов поверки


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


11.2 При положительных результатах поверки уровнемер признают пригодным к применению. Сведения о положительных результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдают свидетельство о поверке, знак поверки наносят на свидетельство о поверке.

11.3 При отрицательных результатах поверки уровнемер признают непригодным к применению. Сведения об отрицательных результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдают извещение о непригодности с указанием основных причин.

Ведущий инженер по метрологии
ЛОЕИ ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»

Инженер по метрологии
ЛОЕИ ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»





И.Р. Гатиятуллин

О.В. Санаева

Приложение А
(обязательное)

Метрологические характеристики уровнемеров ультразвуковых PROSONIC

Таблица А.1 – Метрологические характеристики уровнемеров серии U модели FMU200

Характеристики	Значение				
	FMU200-A1	FMU200-A2	FMU200-A6	FMU200-A10	FMU200-A20
Исполнение уровнемера					
Диапазон измерений уровня, м ¹⁾	от 0,1 до 1	от 0,2 до 2	от 0,3 до 6	от 0,4 до 10	от 0,5 до 20
Пределы допускаемой погрешности измерений уровня: – абсолютной, в диапазоне от L _{min} до 1000 мм включительно, мм – относительной, в диапазоне свыше 1000 мм до L _{max} , % – абсолютной, в диапазоне от L _{min} до 2000 мм включительно, мм – относительной, в диапазоне свыше 2000 мм до L _{max} , %		±4		–	
		0,4		–	
		–		±8	
		–		0,4	
<p>Примечание – Введены следующие обозначения: L_{max} – максимальное значение диапазона измерений уровня, м; L_{min} – минимальное значение диапазона измерений уровня, м</p> <p>¹⁾ Указан максимальный диапазон измерений. Диапазон измерений конкретного уровнемера указывается в Руководстве по эксплуатации.</p>					

Таблица А.2 – Метрологические характеристики уровнемеров серии U модели FMU300

Характеристики	Значение				
	FMU300-A6	FMU300-A10	FMU300-A15	FMU300-A30	FMU300-A60
Исполнение уровнемера					
Диапазон измерений уровня, м ¹⁾	от 0,2 до 6	от 0,35 до 10	от 0,5 до 15	от 0,6 до 30	от 0,4 до 60
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня, %	$\pm(0,2+0,05 \cdot \frac{L_{max}}{L})^2$				
<p>Примечание – Введены следующие обозначения: L_{max} – максимальное значение диапазона измерений уровня, м; L – измеренное значение уровня, м.</p> <p>¹⁾ Указан максимальный диапазон измерений. Диапазон измерений конкретного уровнемера указывается в руководстве по эксплуатации;</p> <p>²⁾ Не менее 3,5 мм</p>					

Таблица А.3 – Метрологические характеристики уровнемеров серии М

Характеристики	Значение				
	FMU40	FMU41	FMU42	FMU43	FMU44
Модель электронного блока					
Диапазон измерений уровня, м ¹⁾ :	от 0,25 до 5	от 0,35 до 8	от 0,4 до 10	от 0,6 до 15	от 0,5 до 20
Пределы допускаемой погрешности измерений уровня:					
– абсолютной, в диапазоне от L_{min} до 2000 мм включительно, мм	4				
– относительной, в диапазоне свыше 2000 мм до L_{max} , %	±0,2				
– абсолютной, в диапазоне от L_{min} до 4000 мм включительно, мм	8				
– относительной, в диапазоне свыше 4000 мм до L_{max} , %	±0,2				
Примечание – Введены следующие обозначения: L_{max} – максимальное значение диапазона измерений уровня, м; L_{min} – минимальное значение диапазона измерений уровня, м					
¹⁾ Указан максимальный диапазон измерений. Диапазон измерений конкретного уровнемера указывается в Руководстве по эксплуатации.					

Таблица А.4 – Метрологические характеристики уровнемеров серии S (ультразвуковой преобразователь FDUxx с электронным блоком FMU9x)

Характеристики	Значение					
	FDU 90,91, FDU91F	FDU92	FDU93	FDU95 -x1xxx	FDU95 -x2xxx	FDU96
Модель электронного блока	FMU90, FMU95					
Диапазон измерений уровня, м:	от 0,3 до 10	от 0,4 до 20	от 0,6 до 25	от 0,7 до 45	от 0,9 до 45	от 1,6 до 70
Пределы допускаемой погрешности измерений уровня:						
– абсолютной, в диапазоне от L_{min} до 1750 мм включительно, мм	±3,5					
– относительной, в диапазоне свыше 1750 мм до L_{max} , %	±0,2					
Примечание – Введены следующие обозначения: L_{max} – максимальное значение диапазона измерений уровня, м; L_{min} – минимальное значение диапазона измерений уровня, м						