

СОГЛАСОВАНО
Главный метролог
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



В.А. Лапшинов

«26» мая 2026 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Уровнемеры радиоволновые УЛМ-Р

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-746-2025

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки (далее – методика) распространяется на уровнемеры радиоволновые УЛМ-Р (далее – уровнемеры, поверяемые СИ) и устанавливает процедуру первичной и периодической поверки уровнемеров.

Первичной поверке подлежит каждый экземпляр уровнемеров.

Периодической поверке подлежит каждый эксплуатируемый экземпляр через установленные межповерочные интервалы, а также экземпляры, повторно вводимые в эксплуатацию в их жизненном цикле, включая случаи длительного хранения или изменения конфигурации с обновлением данных, установленных для применения в паспорте уровнемера.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице А.1 приложения А настоящей методики.

1.3 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы уровня (длины) в соответствии с государственной поверочной схемой (далее – ГПС), утверждённой приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (далее – Росстандарт) от 30 декабря 2019 г. № 3459, подтверждающей прослеживаемость к государственному первичному эталону единицы длины ГЭТ 2-2021 и государственному первичному специальному эталону единицы длины ГЭТ 199-2024.

1.4 Метрологические характеристики уровнемеров определяют методом прямых измерений и методом непосредственного сличения.

2 Перечень операций поверки

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции поверки	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 (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям:			
– определение метрологических характеристик	Да	Да	10.1
– подтверждение соответствия метрологическим требованиям	Да	Да	10.2

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки уровнемеров должны соблюдаться следующие климатические условия:

- температура окружающего воздуха от плюс 15 °С до плюс 25 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа.

3.2 Требования к напряжению питания и нагрузке выходных сигналов уровнемера:

- рабочий диапазон напряжения питания постоянного тока от 18 до 36 В;
- стандартное (базовое) напряжение питания постоянного тока (24±2,4) В;
- сопротивление нагрузки в цепи аналогового выхода (от 4 до 20 мА) для обеспечения работы цифрового протокола HART не менее 250 Ом.

Примечание – При проведении поверки внешние условия должны удовлетворять требованиям, приведённым в эксплуатационной документации (далее – ЭД) на применяемые средства поверки (эталоны, вспомогательное оборудование). Приоритет имеют более строгие требования из указанных в 3.1 или в ЭД на средства поверки.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки уровнемеров допускаются специалисты, аккредитованные в установленном порядке на право поверки средств измерений данного вида, имеющие необходимую квалификацию и опыт, изучившие настоящую методику поверки, эксплуатационную документацию на поверяемые уровнемеры и применяемые средства поверки, а также прошедшие инструктаж по технике безопасности.

4.2 Для проведения поверки достаточно одного поверителя.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки необходимо применять основные и вспомогательные средства поверки, указанные в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Сведения о средствах поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 8.1 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью не более ±0,3 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 0 до 80 % с погрешностью не более ±3 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106 кПа с абсолютной погрешностью не более ±0,5 кПа	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 М 5Д, рег. № 71394-18
	Средства измерений интервалов времени в диапазонах: от 0 до 3 ч, с дискретностью измеряемых интервалов времени 0,1 с	Секундомер электронный Интеграл С-01 рег. № 44154-16

Продолжение таблицы 2

1	2	3
п. 8.2 Опробование п. 10 Определение метрологических характеристик	Рабочие эталоны 1-го разряда в соответствии с частью 1 ГПС для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов, утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3459: – с диапазоном воспроизведения и измерения единицы уровня (расстояния), обеспечивающим (непосредственно или в совокупности с другими применяемыми эталонными средствами поверки) охват необходимых контрольных точек по п. 10.1.1 настоящей методики во всём диапазоне измерений, установленном для применения в ЭД поверяемого уровнемера; – отношение погрешностей эталона и поверяемого уровнемера не более 1/3.	Стенд для поверки и калибровки средств измерений уровня ЭЛМЕТРО СПУ (мод. ЭЛМЕТРО СПУ-А-30), рег. № 56506-14 (далее – уровнемерный стенд)
	Рабочие эталоны 1-го разряда в соответствии с частью 2 ГПС для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов, утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3459: – с диапазоном измерений расстояний, обеспечивающим (непосредственно или в совокупности с другими применяемыми эталонными средствами поверки) охват необходимых контрольных точек по п. 10.1.1 настоящей методики во всём диапазоне измерений, установленном для применения в ЭД поверяемого уровнемера; – пределы допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm(15 + 6 \cdot L)$ мкм, где L – измеряемое расстояние, м.	Система лазерная координатно-измерительная Leica Absolute Tracker AT403, рег. № 72307-18 (далее – электронное дальномерное средство измерений, дальномер)
	Рабочие эталоны 2-го разряда в соответствии с частью 2 ГПС для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов, утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3459: – с диапазоном измерений расстояний, обеспечивающим (непосредственно или в совокупности с другими применяемыми эталонными средствами поверки) охват необходимых контрольных точек по п. 10.1.1 настоящей методики во всём диапазоне измерений, установленном для применения в ЭД поверяемого уровнемера; – пределы допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm(0,4...5) + (1...10) \cdot 10^{-6} \cdot L$ мм, где L – измеряемое расстояние, мм.	Тахеометр электронный Leica TS60 I, рег. № 90318-23 (далее – электронное дальномерное средство измерений, дальномер)

Продолжение таблицы 2

1	2	3
п. 8.2 Опробование п. 10 Определение метрологических характеристик	Рабочие эталоны 2-го разряда или выше в соответствии с ГПС для средств измерений силы постоянного тока, утвержденной приказом Росстандарта от 1 октября 2018 г. № 2091, с диапазоном измерений от 3 до 21 мА и с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерения силы тока, не превышающими значений, рассчитанных по формуле ¹⁾ .	Мультиметр 3458А, рег. № 25900-03 Калибратор-измеритель унифицированных сигналов эталонный ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000 (индекс А), рег. № 85582-22 (далее – миллиамперметр)
п. 8.2 Опробование п. 9 Проверка программного обеспечения средства измерений п. 10 Определение метрологических характеристик	Источники питания постоянного тока с выходным напряжением от 18 до 36 В, обеспечивающие стабильность выходного напряжения в пределах $\pm 1\%$	Источник питания постоянного тока GPR-76030D, рег. № 55898-13
	Портативное устройство для обмена данными, диагностики, считывания и визуализации измерений от уровнемеров через цифровой протокол HART.	HART-коммуникатор (375 Field Communicator)
	Магазин сопротивлений (или нагрузочный резистор). Сопротивление не менее 250 Ом.	Магазин сопротивления P4831, рег. № 6332-77
	Персональный компьютер (далее – ПК) с установленным программным обеспечением для обмена данными, диагностики, считывания и визуализации результатов измерений, передаваемых уровнемерами по цифровым интерфейсам через преобразователи и адаптеры (модемы). Минимальные технические требования к ПК и операционной системе для применения внешнего ПО приведены в ЭД на уровнемеры	Персональный компьютер
		Преобразователь MOXA USB/RS-485, серии 1100 (uPort-1150i) HART-модем (адаптер) ЭЛМЕТРО-808М USB-HART/RS-485 Внешнее программное обеспечение для операционной системы Windows: «УЛМ Конфигуратор» ²⁾ (далее – внешнее ПО)
п. 10 Определение метрологических характеристик	Средства измерений длины: – в диапазоне не менее габаритных размеров щита-отражателя (для контроля габаритных размеров щита); – с диапазоном измерений, обеспечивающим контроль расположения маркировочных целей в пределах зоны действия измерительного луча уровнемера (для разметки и контроля расположения маркировочных целей на щите-отражателе) – с абсолютной погрешностью не более ± 1 мм	Рулетка измерительная металлическая торговой марки «Калиброн» Р5УЗД, рег. № 71665-18 Штангенциркуль ШЦ, рег. № 72189-18
	Щит-отражатель вспомогательный, закреплённый на основании, обеспечивающем его перемещение вдоль оси измерения, предназначенный для имитации отражающей поверхности продукта. Требования к щиту-отражателю приведены в п. 10.1.5.	

Продолжение таблицы 2

1	2	3
1) Формула расчета пределов допускаемой абсолютной погрешности измерений силы тока, применяемого при поверке средства измерений силы тока, мкА: $\Delta I_{\text{доп}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{0,25}{100} \cdot 16000 \quad , \quad (1)$ Для пересчёта этой погрешности из единиц уровня (мм) в силу тока (мкА) используют формулу: $\Delta I_{\text{доп}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\Delta_I \cdot 16000}{Dy} \quad , \quad (2)$ где Δ_I – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня для аналогового выходного сигнала (от 4 до 20 мА), мм, определяемые по формуле (11) или (12) настоящей методики в зависимости от настройки аналогового выхода уровнемера (по измеряемому расстоянию или по уровню продукта от дна резервуара); Dy – диапазон уровня, преобразованный в токовый выходной сигнал (разность между максимальным и минимальным значениями границ диапазона измерений, установленных для применения поверяемого уровнемера и приведённых в его ЭД (паспорте), соответствующих токовому выходному сигналу 4 мА и 20 мА). В зависимости от настройки аналогового выхода: Dy^L, мм – по измеряемому расстоянию; Dy^U, мм – по уровню продукта от дна резервуара. Dy используется для пересчёта нормируемой приведённой погрешности преобразования в абсолютные единицы уровня (мм) при оценке суммарной погрешности измерений уровня по токовому выходу в соответствии с формулами (11) – (13) настоящей методики. 2) Внешнее программное обеспечение, указанное в таблице, является общедоступным и доступно для загрузки с официального сайта изготовителя, либо предоставляется изготовителем или его официальными представителями по запросу. Примечания 1 Допускается использовать другие портативные устройства, HART-модемы (адаптеры), преобразователи интерфейса RS-485, поддерживающие коммуникацию с уровнемерами по протоколам HART или Modbus RTU для обмена данными, диагностики, считывания и отображения результатов измерений. 2 Измерения электронными дальномерными средствами должны проводиться в режиме, обеспечивающем точность, требуемую по ГПС. Если точность без отражателей недостаточна, применяются отражатели (световозвращающие цели). При использовании отражателей их постоянные поправки (при наличии) должны учитываться в результатах измерений в соответствии с ЭД на применяемое средство. 3 Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в настоящей таблице.		

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Все операции поверки, предусмотренные настоящей методикой, являются экологически безопасными и не требуют проведения специальных мероприятий по охране окружающей среды.

6.2 При проведении поверки необходимо строго соблюдать требования техники безопасности, изложенные в ЭД на применяемые средства поверки и поверяемые уровнемеры, а также правила по технике безопасности, действующие на месте проведения поверки.

6.3 Работы по соединению устройств должны выполняться до подключения к сети питания. Во избежание несчастного случая и для предупреждения повреждения средств поверки и уровнемеров необходимо обеспечить выполнение следующих требований:

- присоединения средств поверки и уровнемеров следует выполнять при отключенных входах и выходах (отсутствии напряжения на разъемах);
- поверяемые СИ должны быть заземлены. Подключение заземления выполняется через клемму внешнего заземления на корпусе уровнемера.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 Осмотр проводят визуально.

7.2 При внешнем осмотре устанавливают соответствие уровнемеров следующим требованиям:

- внешний вид и комплектность должны соответствовать описанию типа на уровнемеры и ЭД на уровнемеры;
- маркировка на корпусе уровнемера (заводской номер, обозначение) должна быть четкой, разборчивой и соответствовать данным, указанным в ЭД на уровнемеры;
- отсутствие механических повреждений корпуса и антенны уровнемера, а также присоединительных элементов для проводников;
- электрические контакты разъемов и соединений должны быть чистыми, без повреждений и коррозии, препятствующих проведению поверки;
- идентификационная информация и заводской номер на корпусе должны быть четкими, легко читаемыми и соответствовать данным в ЭД на уровнемер.

7.3 Результат внешнего осмотра считают положительным, если уровнемер соответствует всем требованиям, изложенным в 7.2. В этом случае переходят к дальнейшим операциям поверки согласно таблице 1.

Если уровнемер не соответствует хотя бы одному из требований по 7.2, проведение поверки прекращают. Владельца уровнемера уведомляют о выявленных несоответствиях. Результаты оформляют в соответствии с разделом 11.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

8.1.1 Перед проведением поверки проверяют условия в месте ее проведения с помощью средств поверки, указанных в таблице 2, на соответствие требованиям, установленным в 3.1.

8.1.2 Результаты контроля условий поверки должны соответствовать требованиям, установленным в 3.1, и регистрируются в протоколе поверки. При несоответствии условий поверку не проводят до их приведения в норму.

8.1.3 Уровнемеры должны быть выдержаны в месте проведения поверки в условиях окружающей среды, указанных в 3.1, не менее:

– 3 ч – при разности температур воздуха в помещении и температуры места, откуда были доставлены поверяемые уровнемеры, более 10 °С;

– 1 ч – при разности температур от 1 °С до 10 °С.

При разнице указанных температур менее 1 °С выдержка не требуется.

8.2 Опробование

Опробование проводят с целью проверки работоспособности уровнемера, подтверждения правильности обмена данными по цифровым протоколам HART и Modbus RTU (интерфейс RS-485), а также функционирования аналогового выходного сигнала от 4 до 20 мА.

8.2.1 Подготовка к опробованию

Перед проведением опробования поверяемые уровнемеры и средства поверки должны быть подготовлены к работе, проверены в полном объеме в соответствии с их ЭД.

8.2.1.1 Уровнемер подготавливают к опробованию в следующей последовательности:

Устанавливают уровнемер на монтажное основание таким образом, чтобы антенна уровнемера была ориентирована в направлении имитатора поверхности измеряемой (контролируемой) среды (щита-отражателя), в соответствии с ЭД на уровнемеры.

Подключают к электрическим интерфейсам уровнемера в соответствии с ЭД средства для снятия показаний (далее – регистрирующие устройства):

- преобразователь интерфейса RS-485 с ПК и внешним ПО для передачи и отображения цифровых данных по протоколу Modbus RTU;
- HART-коммуникатор и (или) HART-адаптер/модем с ПК и внешним ПО для передачи и отображения цифровых данных по протоколу HART;
- миллиамперметр к токовой петле аналогового выхода (от 4 до 20 мА) для получения значений силы постоянного тока.

П р и м е ч а н и е – Для обеспечения работы цифрового протокола HART в цепь аналогового выхода при необходимости (в зависимости от подключаемого HART-устройства) может быть включен нагрузочный резистор сопротивлением не менее 250 Ом в соответствии с ЭД на уровнемеры.

Подают напряжение питания постоянного тока от источника питания на уровнемер и регистрирующие устройства.

На ПК запускают внешнее ПО, проверяют наличие связи с уровнемером по протоколам Modbus RTU и (или) HART, отсутствие ошибок обмена в соответствии с ЭД на уровнемеры.

8.2.2 Проверка наличия и устойчивости связи с уровнемером

Проверяют наличие и устойчивость связи с уровнемером:

- по цифровому интерфейсу RS-485 (протокол Modbus RTU) с помощью ПК и внешнего ПО;
- по цифровому протоколу HART с помощью HART-коммуникатора или HART-адаптера / модема с ПК и внешним ПО.

Связь считается установленной, если внешнее программное обеспечение или HART-коммуникатор успешно считывают параметры конфигурации уровнемера. Ошибки обмена данными отсутствуют.

8.2.3 Сверка диапазона измерений, установленного для применения, с данными, указанными в ЭД

С помощью внешнего ПО или HART-коммуникатора считывают установленные в уровнемере минимальное и максимальное значения границ диапазона измерений, а также значения границ уровня, соответствующие токовому сигналу 4 мА и 20 мА. Считанные значения сверяют с данными, указанными в ЭД поверяемого уровнемера.

8.2.4 Проверка работоспособности измерения уровня

8.2.4.1 Устанавливают расстояние от уровнемера до имитатора поверхности (щита-отражателя) в любом интервале в пределах минимального и максимального значений границ диапазона измерений. Затем изменяют расстояние (увеличивают и уменьшают) в пределах выбранного интервала.

8.2.4.2 В процессе изменения расстояния во внешнем ПО или HART-коммуникаторе наблюдают цифровые значения измеряемого уровня, визуально контролируя, что показания изменяются без скачков, зависаний и пропаданий связи, а также в соответствующем направлении (увеличиваются при увеличении расстояния и уменьшаются при его уменьшении).

8.2.4.3 Одновременно контролируют значение выходного токового сигнала (от 4 до 20 мА) по миллиамперметру, которое также должно изменяться линейно в соответствующем направлении.

8.2.5 Результаты опробования считают положительными, если одновременно выполнены следующие условия:

- при изменении расстояния показания во внешнем ПО изменяются без скачков, зависаний и пропаданий связи;
- выходной токовый сигнал (от 4 до 20 мА) изменяется линейно в соответствующем направлении;
- связь по цифровым протоколам HART и Modbus RTU устойчива, ошибок обмена нет;
- установленный диапазон измерений и настройки токового выхода соответствуют данным, указанным в ЭД поверяемого уровнемера;
- в процессе опробования не возникало сбоев питания, самопроизвольных отключений.

Если перечисленные требования не выполняются, уровнемер признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят. Результаты оформляют в соответствии с разделом 11.

Примечание – Допускается проводить опробование уровнемеров одновременно с определением метрологических характеристик. При этом этапы опробования должны быть выполнены в полном объеме перед началом измерений для определения метрологических характеристик.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Проверка программного обеспечения заключается в идентификации метрологически значимой части встроенного (внутреннего) ПО поверяемых уровнемеров и подтверждении соответствия его идентификационных данных (номера версии внутреннего ПО «ULM») требованиям, установленным в таблице 3.

9.2 Идентификацию внутреннего ПО «ULM» проводят через пользовательские интерфейсы HART-устройств или внешнего ПО.

9.2.1 При использовании HART-устройств:

- подключают HART-устройство к токовой цепи аналогового выхода от 4 до 20 мА уровнемера;
- входят в меню HART-устройства и считывают номер версии ПО в соответствии с руководством по эксплуатации на применяемое устройство.

9.2.2 При использовании внешнего ПО:

- подключают уровнемер к ПК в соответствии с ЭД на уровнемеры;
 - запускают внешнее ПО;
 - переходят во вкладку «Диагностика» в диалоговом окне внешнего ПО.
- Номер версии ПО отображается в строке «ПО ULM».

Примечания

1 Значения служебной части номера версии внутреннего ПО «ULM» не идентифицируют метрологически значимую часть ПО и при проверке не контролируются.

2 Для целей поверки допустимо использование любого из интерфейсов (HART или внешнее ПО), обеспечивающего считывание номера версии ПО. Отсутствие отображения наименования внутреннего ПО «ULM» в интерфейсе HART-устройства, при условии наличия версии идентификационного номера метрологически значимой части внутреннего ПО, не является препятствием для проведения проверки.

9.3 Результат проверки считают положительным, если считанный идентификационный номер метрологически значимой части внутреннего ПО «ULM» соответствует значению, указанному в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 – Идентификационные данные внутреннего ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	ULM
Номер версии (идентификационный номер) ПО	01.xxx.xxx ^{1), 2)}
¹⁾ Цифровое значение «01» идентификационный номер метрологически значимой части внутреннего ПО. ²⁾ Переменные «xxx» – цифровое значение от «000» до «999» и представляют собой идентификатор версии служебной части внутреннего ПО и не идентифицируют метрологически значимую часть ПО.	

9.4 Если считанный идентификационный номер метрологически значимой части внутреннего ПО «ULM» не соответствует значению, указанному в таблице 3, уровнемер признают непригодным к применению. Дальнейшие операции поверки не проводят. Результаты поверки оформляют в соответствии с разделом 11.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение основной погрешности измерений уровня

10.1.1 Определение основной погрешности измерений уровня проводится не менее чем в пяти контрольных точках, равномерно распределённых по всему диапазону измерений: $L_{\min} + \text{Доп}$; $(0,2 - 0,3) \cdot \Delta L + L_{\min}$; $(0,4 - 0,6) \cdot \Delta L + L_{\min}$; $(0,7 - 0,8) \cdot \Delta L + L_{\min}$, $L_{\max} - \text{Доп}$, где: $L_{\min}$ и $L_{\max}$ – минимальное и максимальное значения границ диапазона измерений, установленные для применения уровнемера и указанные в ЭД поверяемого уровнемера;

ΔL – разность между максимальным и минимальным значениями границ диапазона измерений, мм;

$\text{Доп} = 100$ мм – допускаемое отклонение для крайних точек диапазона измерений.

Число измерений на каждой точке должно быть не менее двух.

П р и м е ч а н и я

1 В процессе поверки допускается снятие цифрового сигнала по одному из протоколов: HART или Modbus RTU (интерфейс RS-485).

2 Если диапазон преобразования уровня в токовый сигнал не совпадает с диапазоном измерений по цифровому выходу, проверку аналогового выхода проводят в контрольных точках, попадающих в диапазон преобразования, а также дополнительно устанавливают отражатель вблизи границ, соответствующих току 4 мА и 20 мА в соответствии с данными, указанными в ЭД поверяемого уровнемера.

10.1.2 Выбор метода поверки осуществляется исходя из наличия средств поверки и соотношения максимального значения диапазона измерений поверяемого уровнемера ($L_{\max}$) с максимальным значением диапазона воспроизведения единицы уровня применяемым уровнемерным стендом (при его наличии):

- при наличии уровнемерного стенда и если $L_{\max}$ не превышает максимальное значение диапазона воспроизведения единицы уровня этим стендом – поверку проводят на уровнемерном стенде по 10.1.4;
- при отсутствии уровнемерного стенда или если $L_{\max}$ превышает максимальное значение диапазона воспроизведения единицы уровня имеющегося стенда – поверку проводят одним из следующих методов:

- а) с использованием электронного дальномерного средства измерений и имитатора поверхности (щита-отражателя) во всём диапазоне измерений уровнемера – по 10.1.5;
- б) комбинированным методом (при наличии уровнемерного стенда): в диапазоне от $L_{\min}$ до максимального значения диапазона воспроизведения единицы уровня стендом – по 10.1.4, в диапазоне свыше указанного значения до $L_{\max}$ – с использованием электронного дальномерного средства измерений и имитатора поверхности (щита-отражателя) – по 10.1.5.

Погрешность средств поверки, от которых осуществляется передача единицы, должна быть не менее чем в три раза меньше предела допускаемой абсолютной погрешности поверяемого уровнемера.

10.1.3 При снятии показаний в контрольных точках с регистрирующих устройств фиксируются:

- значения расстояния от начала отсчета уровнемера до имитатора поверхности продукта L_j^{yp} , мм, полученные по цифровому выходному сигналу (по протоколам Modbus RTU (интерфейс RS-485) или HART) с помощью внешнего ПО или HART-коммуникатора, подключенного к токовой цепи аналогового выхода, в соответствии с ЭД на уровнемеры;
- значения силы постоянного тока от 4 до 20 мА, полученные по аналоговому выходному сигналу на миллиамперметре I_j^{yp} , мА.

10.1.4 Поверка с использованием уровнемерного стенда

10.1.4.1 Устанавливают поверяемый уровнемер на неподвижное основание стенда в соответствии с ЭД на уровнемеры и уровнемерного стенда. Плоскость установочного фланца уровнемера должна быть перпендикулярна линейной части стенда, а ось антенны направлена вдоль направления перемещения щита-отражателя, установленного на подвижном основании стенда.

10.1.4.2 Подключают средства измерений и регистрации в соответствии с ЭД на уровнемеры.

10.1.4.3 С помощью подвижного основания стенда устанавливают щит-отражатель стенда в нулевой контрольной точке ($j = 0$), выбранной произвольно в диапазоне от $0,4 \cdot \Delta L$ до $0,7 \cdot \Delta L$ и не совпадающей с контрольными точками по 10.1.1. Измеряют расстояние поверяемым СИ – L_0^{yp} , мм, и эталонным СИ – L_0^3 , мм. Вычисляют поправку ΔL_0 , мм, на несоответствие показаний между точкой отсчета поверяемого СИ и нулевой точкой эталонного СИ по формуле

$$\Delta L_0 = L_0^{yp} - L_0^3, \quad (3)$$

где:

- L_0^{yp} – значение расстояния в нулевой контрольной точке, измеренное уровнемером по цифровому выходному сигналу, мм;
- L_0^3 – значение расстояния в нулевой контрольной точке по показаниям эталонного средства, мм.

Полученная поправка учитывается при расчете погрешности во всех контрольных точках.

10.1.4.4 Последовательно устанавливают щит-отражатель стенда в каждую контрольную точку в соответствии с 10.1.1.

10.1.4.5 В каждой j -ой контрольной точке одновременно регистрируют по 10.1.3 – L_j^{yp} , мм, I_j^{yp} , мА, и $\bar{L}_j^{эт}$ – измеренное значение по показаниям эталонного СИ, мм.

10.1.4.6 Полученные значения измерений используют для вычисления погрешностей измерений в соответствии с 10.1.6. Эталонные значения расстояний $\bar{L}_j^{эт}$, мм, полученные по показаниям уровнемерного стенда в каждой j -ой контрольной точке, подставляют в формулы (3), (5), (11) и (12).

10.1.5 Поверка с использованием электронного дальномерного средства измерений и щита-отражателя

10.1.5.1 Устанавливают уровнемер на основание с оснасткой для крепления и подключают к средствам регистрации в соответствии с ЭД на уровнемеры. Позади уровнемера, по направлению его измерительного луча, на расстоянии, не создающем помех для визирования маркировочных целей щита-отражателя, устанавливают электронное дальномерное средство на трегере с винтом принудительного центрирования, закреплённом на штативе или стойке. Ось визирования дальномера и измерительный луч уровнемера должны быть выставлены в горизонт и совпадать по направлению.

10.1.5.2 Щит-отражатель должен быть закреплён на основании, обеспечивающем его перемещение вдоль оси измерения, без люфтов, с возможностью корректировки его положения относительно дальномера и уровнемера для обеспечения перпендикулярности плоскости имитации. При необходимости применения отражателей (световозвращающих целей) конструкция щита-отражателя должна обеспечивать возможность их размещения в местах расположения маркировочных целей. Габаритные размеры щита (длина и ширина), контролируемые с помощью средства измерений длины, должны обеспечивать полное перекрытие зоны действия измерительного луча, диаметр D , мм, которого рассчитывается по формуле

$$D = 2 \cdot L \cdot \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (4)$$

где: L – расстояние от поверяемого уровнемера до щита-отражателя, мм;

$\theta = 2^\circ$ – ширина измерительного луча поверяемого уровнемера.

Примечание – Если конструкция рабочего места не позволяет одновременно установить уровнемер и электронное дальномерное средство с обеспечением беспрепятственного визирования маркировочных целей щита-отражателя (например, в стеснённых условиях или при комбинированном методе с использованием уровнемерного стенда, когда каркас оснастки для установки уровнемера на неподвижном основании перекрывает ось визирования дальномера), допускается их поочерёдное размещение на измерительной позиции. При этом основание или место установки должно иметь направляющие и фиксаторы, гарантирующие точное возвращение каждого из них в исходное положение после снятия и повторной установки.

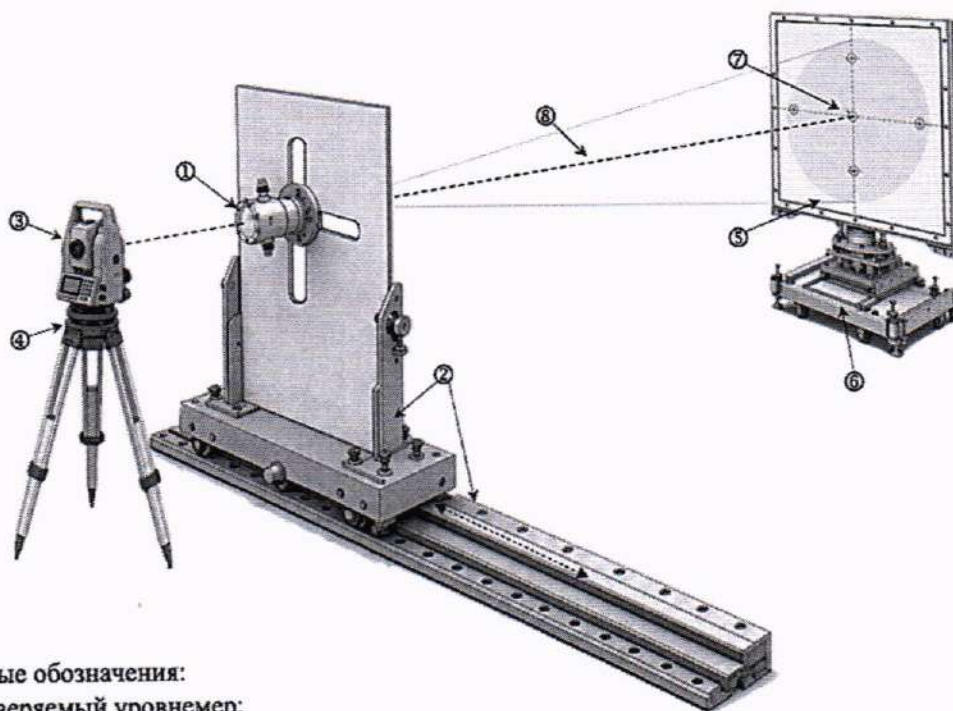
Примеры реализации:

- место установки уровнемера (основание с оснасткой для крепления) оснащается линейными направляющими, обеспечивающими перемещение оснастки с уровнемером в сторону, перпендикулярную оси измерения, и её возврат в исходное положение (см. рисунок 1);
- при комбинированном методе используется неподвижное основание уровнемерного стенда с посадочными фиксаторами, обеспечивающими возврат основания с уровнемером в исходное положение без нарушения его ориентации (при наличии такой заводской конструктивной возможности стенда).

10.1.5.3 Для контроля положения и обеспечения перпендикулярности плоскости щита-отражателя относительно оси визирования дальномера на щит-отражатель с помощью средства измерений длины наносят четыре маркировочные цели. Цели располагают по краям в зоне действия измерительного луча диаметром D попарно симметрично относительно контролируемой точки визирования, в которую направлен луч дальномера при измерении: одна пара – по горизонтали, вторая – по вертикали. С помощью дальномера последовательно измеряют расстояния до каждой из четырёх целей. Корректировку положения щита рекомендуется проводить последовательно по вертикальной и горизонтальной осям до тех пор, пока расстояния в каждой паре (левая-правая и верхняя-нижняя) не станут равными в пределах допуска $\pm 1,0$ мм. По свойству равнобедренного треугольника это позволяет считать плоскость щита перпендикулярной оси визирования дальномера с точностью, достаточной для проведения поверки.

Примечания

- 1 При использовании отражателей (световозвращающих целей) их установка на маркировочные цели и контроль правильности позиционирования выполняются в соответствии с ЭД на применяемые отражатели и электронное дальномерное средство.
- 2 После завершения позиционирования щита-отражателя и регистрации эталонных значений расстояний световозвращающие элементы, способные создавать помехи для измерений поверяемым СИ (например, контактные призмы), удаляются с поверхности щита перед проведением измерений.



Условные обозначения:

- ① – поверяемый уровень;
- ② – основание для установки уровня с направляющей, обеспечивающей перемещение уровня в сторону и его возврат в исходное положение;
- ④ – трегер с винтом принудительного центрирования, закреплённый на штативе или стойке;
- ⑤ – щит-отражатель;
- ⑥ – подвижное основание щита-отражателя;
- ⑦ – направление измерительного луча уровня;
- ⑧ – направление визирования электронного дальномерного средства измерений.

Рисунок 1 – Структурная схема рабочего места с использованием электронного дальномерного средства измерений и основания с оснасткой для крепления уровня, оснащённого линейными направляющими

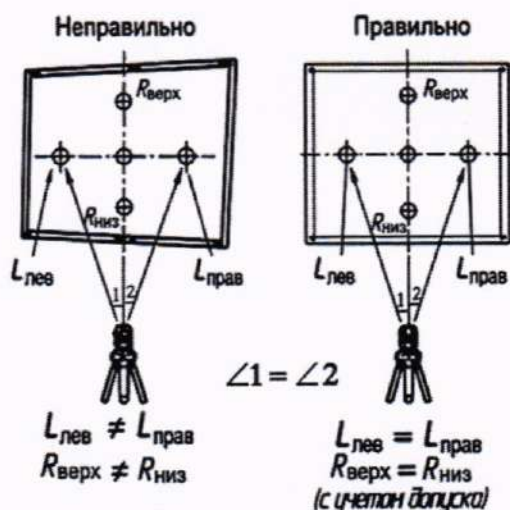


Рисунок 2 – Геометрический принцип обеспечения перпендикулярности щита-отражателя относительно оси визирования дальномера

10.1.5.4 Устанавливают щит-отражатель на подвижном основании в нулевой контрольной точке, выбранной в соответствии с 10.1.4.3. Проводят позиционирование щита-отражателя в соответствии с 10.1.5.3. После фиксации положения щита считывают и регистрируют эталонное значение расстояния L_0^3 , мм, по показаниям дальномера. Включают уровнемер в работу и снимают показания L_0^{yp} , мм. Вычисляют поправку ΔL_0 , мм, по формуле (3).

10.1.5.5 С помощью электронного дальномерного средства измерений с учётом поправки ΔL_0 , мм, устанавливают щит-отражатель на подвижном основании в первую контрольную точку в соответствии с 10.1.1. Проводят позиционирование щита-отражателя в соответствии с 10.1.5.3. После фиксации положения щита считывают и регистрируют эталонное значение расстояния $\bar{L}_j^{эт}$, мм, по показаниям дальномера. В контрольной точке одновременно регистрируют по 10.1.3 – L_j^{yp} , мм и I_j^{yp} , мА.

10.1.5.6 Повторяют операции, начиная с установки щита-отражателя в контрольную точку, для всех контрольных точек в порядке увеличения расстояния.

10.1.5.7 Полученные значения измерений используют для вычисления погрешностей измерений в соответствии с 10.1.6. Эталонные значения расстояний $\bar{L}_j^{эт}$, мм, полученные электронным дальномерным средством измерений в каждой j -ой контрольной точке, подставляют в формулы (5), (11) и (12).

10.1.6 Вычисление погрешности измерений

10.1.6.1 Для каждой j -ой контрольной точки вычисляют абсолютную погрешность измерений уровня по цифровому выходному сигналу Δ_j , мм, по формуле

$$\Delta_j = L_j^{yp} - \bar{L}_j^{эт} - \Delta L_0 \quad (5)$$

10.1.6.2 Для определения погрешности преобразования измеренного значения в аналоговый токовый выходной сигнал (от 4 до 20 мА) в каждой j -ой контрольной точке определяют расчетное значение силы постоянного тока I_{3j} , мА, соответствующее значению расстояния L_j^{yp} , мм, полученному от уровнемера по цифровому интерфейсу.

При настройке аналогового выхода уровнемера по измеренному расстоянию:

$$I_{3j} = 4 + \frac{Da}{Dy^L} \cdot (L_j^{yp} - L_{4mA}) \quad , \quad (6)$$

где: $Da = 16 \text{ мА}$ – разность между максимальным (20 мА) и минимальным (4 мА) значениями токового выходного сигнала, с которой связана разность Dy , мм между максимальным и минимальным значениями границ диапазона измерения уровня, преобразованного в токовый выходной сигнал;

$$Dy^L = L_{20mA} - L_{4mA} \quad ; \quad (7)$$

L_{4mA}, L_{20mA} – значения расстояния, соответствующие токовому выходному сигналу 4 мА и 20 мА, установленные для применения поверяемого уровнемера и приведённые в его ЭД (паспорте), мм;

При настройке аналогового выхода уровнемера по уровню продукта от дна резервуара:

$$I_{3j} = 4 + \frac{Da}{Dy^U} \cdot (U_0 - L_j^{yp} - U_{4mA}) \quad , \quad (8)$$

$$\text{где:} \quad Dy^U = U_{20mA} - U_{4mA} \quad ; \quad (9)$$

U_{4mA}, U_{20mA} – значения уровня продукта от дна, соответствующие токовому выходному сигналу 4 мА и 20 мА, установленные для применения поверяемого уровнемера и приведённые в его ЭД (паспорте), мм;

U_0 – базовая высота установки уровнемера (расстояние от уровнемера до дна резервуара), мм.

Примечание – При проверке уровнемера для параметра U_{4mA} , мм, устанавливается нулевое (минимальное) значение уровня, соответствующее максимальному измеряемому расстоянию L_{max} , мм; для параметра U_{20mA} , мм, устанавливается максимальное значение уровня, соответствующее разнице между U_0 и L_{min} , мм; для параметра U_0 , мм, устанавливается значение, равное L_{max} , мм.

10.1.6.3 Приведённую погрешность преобразования измеренного значения уровня в аналоговый унифицированный токовый выходной сигнал, $\gamma_{j(I)}^{yp}$, %, в каждой j -ой точке вычисляют по формуле

$$\gamma_{j(I)}^{yp} = \frac{I_j^{yp} - I_{3j}}{Da} \cdot 100 \quad (10)$$

В качестве итогового значения погрешности преобразования $|\gamma_{j(I)}^{yp}|$, %, принимают максимальное по модулю значение из всех вычисленных $\gamma_{j(I)}^{yp}$, %.

10.1.6.4 Абсолютную погрешность измерений уровня по токовому выходному сигналу $\Delta_{j(I)}$, мм, для каждой контрольной точки рассчитывают:

При настройке аналогового выхода уровнемера по измеренному расстоянию:

$$\Delta_{j(I)} = \frac{L_{20mA} - L_{4mA}}{Da} \cdot (I_j^{yp} - 4) + L_{4mA} - (\bar{L}_j^{эт} + \Delta L_0) \quad (11)$$

При настройке аналогового выхода уровнемера по уровню продукта от дна резервуара:

$$\Delta_{j(I)} = U_0 - U_{4mA} - \frac{U_{20mA} - U_{4mA}}{Da} \cdot (I_j^{yp} - 4) - (\bar{L}_j^{эт} + \Delta L_0) \quad (12)$$

10.1.6.5 Полученные значения $\Delta_{j(I)}$, мм, сравнивают с суммарной погрешностью и должны удовлетворять условию:

$$|\Delta_{j(I)}| \leq |\Delta_{\text{ц}} + \Delta_{\text{ток}}|, \quad (13)$$

где:

$\Delta_{\text{ц}}$ – предел допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня по цифровому выходному сигналу, мм;

$$\Delta_{\text{ток}} = 0,0025 \cdot D_y.$$

10.2 Подтверждение соответствия метрологическим требованиям

Результаты поверки считают положительными, а поверяемые уровнемеры соответствующими метрологическим требованиям и годными к применению, если:

- значения абсолютной погрешности измерений уровня по цифровому выходному сигналу Δ_j , мм, рассчитанные по формуле (5), в контрольных точках находятся в пределах, указанных в таблице А.1 приложения А;
- максимальное по модулю значение приведённой погрешности преобразования измеренного значения уровня в аналоговый унифицированный токовый выходной сигнал $\gamma_{j(I)}^{\text{уп}}$, %, из всех вычисленных по формуле (10) в контрольных точках, не превышает 0,25 % от D_a ;
- значения абсолютной погрешности измерений уровня по токовому выходному сигналу $\Delta_{j(I)}$, мм, в контрольных точках, рассчитанные по формуле (11) или (12), не превышают допустимого предела суммарной погрешности, определяемого по условию (13).

В противном случае поверяемые уровнемеры признают непригодными к применению. Владельца средства измерений уведомляют о выявленных несоответствиях. Результаты оформляют в соответствии с разделом 11.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Сведения о результатах поверки средства измерений передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений (далее – ФИФ ОЕИ).

11.2 При положительных результатах поверки средство измерений признаётся годным к применению. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, оформляется свидетельство о поверке и (или) в паспорт уровнемера вносится запись о проведённой поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки. Нанесение знака поверки на средство измерений конструкцией не предусмотрено. Пломбирование средства измерений не производится.

11.3 При отрицательных результатах поверки средство измерений признаётся непригодным и не допускается к дальнейшему применению. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, оформляется извещение о непригодности в соответствии с действующим законодательством. Сведения об отрицательных результатах передаются в ФИФ ОЕИ.

11.4 Ведение протокола поверки осуществляется в соответствии с действующими нормативными документами и внутренними правилами организации, проводящей поверку. Дополнительные требования к оформлению протокола поверки не предъявляются.

Ведущий инженер по метрологии
ЛОЕИ ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»
« 26 » мая 2026 г.

О. В. Санаева

Ведущий инженер по метрологии
ЛОЕИ ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»
« 26 » мая 2026 г.

П. А Гриценко

Приложение А
(обязательное)

Метрологические характеристики средства измерений

Т а б л и ц а А.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений уровня ¹⁾ , мм ²⁾	от 600 до 40000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня для цифровых кодированных выходных сигналов, мм: – модификация УЛМ-Р-3 – модификация УЛМ-Р-5	± 3 ± 5
Диапазон преобразований уровня в токовый выходной сигнал, мА ³⁾	от 4 до 20
Пределы допускаемой приведённой погрешности преобразования измеренного значения уровня в аналоговый унифицированный токовый выходной сигнал, % от D_a ⁴⁾	$\pm 0,25$

¹⁾ Расстояния от базовой плоскости антенны уровнемера до поверхности измеряемой (контролируемой) среды.

²⁾ Указан максимально возможный диапазон измерений. Фактические минимальное и максимальное значения границ диапазона измерений, установленные для применения конкретного уровнемера (в пределах разницы между максимальным и минимальным значениями границ максимально возможного диапазона измерений), приведены в ЭД (паспорте) поверяемого уровнемера.

³⁾ Диапазон преобразований уровня в токовый выходной сигнал устанавливается независимо от диапазона измерений уровня. Фактические минимальное и максимальное значения границ уровня, соответствующие токовому выходному сигналу 4 мА и 20 мА, должны находиться в пределах границ диапазона измерений уровня, установленного для применения, а также могут совпадать с его минимальным и максимальным значениями границ, и приведены в ЭД (паспорте) поверяемого уровнемера.

⁴⁾ D_a – разность между максимальным и минимальным значениями токового выходного сигнала, мА, которой соответствует D_u – разность между максимальным и минимальным значениями уровня, мм, установленными для применения конкретного уровнемера и приведёнными в паспорте.
Определение D_u – по п. 10.1.6.2 настоящей методики.

П р и м е ч а н и е – При снятии результатов измерений по токовому выходному сигналу пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня определяются как алгебраическая сумма предела допускаемой абсолютной погрешности цифрового кодированного выходного сигнала и приведённого к абсолютному виду предела допускаемой приведённой погрешности преобразования в токовый выходной сигнал.