



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ – РОСТЕСТ»
(ФБУ «НИЦ ПМ – РОСТЕСТ»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора

А.Д. Меньшиков

三

марта 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

УРОВНEMЕРЫ SMART-L 210

Методика поверки

PT-МП-298-449-2025

г. Москва
2025 г.

1 Общие положения

Настоящая методика распространяется на уровнемеры SMART-L 210 (далее по тексту – уровнемеры) и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы длины в соответствии с государственной поверочной схемой, утверждённой приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3459, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону единицы длины – метра ГЭТ 2-2021; и передача единицы силы электрического тока в соответствии с государственной поверочной схемой, утверждённой приказом Росстандарта от 01.10.2018 № 2091, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону единицы силы постоянного электрического тока ГЭТ 4-91.

В настоящей методике поверки при определении метрологических характеристик реализуется метод прямых измерений при использовании эталонной уровнемерной установки (далее по тексту – ЭУ) и метод непосредственного сличения при использовании эталонной рулетки, эталонного уровнемера и ленты измерительной.

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

Таблица – 1 Метрологические характеристики уровнемера

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня (расстояния) в диапазоне от 0,03 до 10 м включ. в зависимости от кода погрешности А, мм	
A1	±2,0
A2	±3,1
A3	±4,0
A4	±8,0
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня (расстояния) в диапазоне от св. 10 до 30 м в зависимости от кода погрешности А, %	
A1	±0,020
A2	±0,031
A3	±0,040
A4	±0,080
Пределы допускаемой основной приведённой к диапазону измерений погрешности преобразования измеренного значения уровня контролируемой (измеряемой) среды в аналоговый токовый выходной сигнал, %	±0,03

2 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – 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	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8
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 средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды: от 15 °C до 25 °C
- с применением эталонной установки от 5 °C до 30 °C
- на месте эксплуатации уровнемера от 20 % до 80 %
- относительная влажность от 84 до 106,7 кПа
- атмосферное давление

Измеряемая среда при проведении поверки с применением эталонной уровнемерной установки – вода питьевая по ГОСТ Р 51232-98.

Считывание показаний проводить после стабилизации сигнала.

3.2 При поверке уровнемеров с применением ЭУ и при поверке на месте эксплуатации должны соблюдаться следующие условия:

- уровнемер не должен устанавливаться над втекающим в резервуар потоком. Во время измерений жидкость должна быть без колебаний. Считывание показаний уровнемера необходимо проводить после выдержки в течение времени, достаточном для исключения влияния возмущений поверхности жидкости на результат измерений;
- в резервуаре не должно быть избыточного давления и разрежения;
- изменение уровня должно быть плавным, без перехода за проверяемую отметку.

3.3 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

3.3.1 при поверке с применением ЭУ:

- эталонные и вспомогательные средства измерений и поверяемый уровнемер подготовить к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них и выдержать в условиях поверки не менее 1 ч;

- поверяемый уровнемер установить и закрепить на ЭУ;

3.3.2 при поверке на месте эксплуатации с применением эталонного уровнемера:

- подготовить эталонный уровнемер в соответствии с эксплуатационной документацией и установить на резервуар;

3.3.3 при поверке на месте эксплуатации с применением эталонной рулетки измерительной с грузом:

- протереть шкалу рулетки насухо;

- нанести слой бензочувствительной или водочувствительной пасты на участок шкалы эталонной рулетки, в пределах которого будет находиться контрольная отметка.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, достигшие 18 лет, имеющие навыки и профессиональные знания, необходимые для выполнения работ в соответствии с областью аккредитации, а также в соответствии с требованиями нормативных документов в установленном порядке, изучившие настоящую методику, руководство по эксплуатации уровнемеров, эксплуатационные документы на используемые при поверке эталоны, средства измерений и вспомогательное оборудование и прошедшие инструктаж по охране труда и противопожарной безопасности.

4.2 Требования к количеству специалистов в целях обеспечения безопасности работ и возможности выполнения процедур поверки отсутствуют.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

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

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
		3
п. 8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 5 °C до 30 °C с пределами допускаемой абсолютной погрешности °C; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне измерений от 20 % до 90 % с пределами допускаемой абсолютной погрешности; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106,7 кПа с пределами допускаемой абсолютной погрешности ±0,5 кПа;	Термогигрометр UNITESS THB 1 рег. № 70481-18 Барометр-анероид БАММ-1 рег. № 5738-76

Продолжение таблицы 3

	2	3
п. 8.2 Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений) п. 9 проверка программного обеспечения средства измерений п. 10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Рабочие эталоны единицы длины и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2-го разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 31.12.2019 № 3459, с диапазоном измерений длины, соответствующим диапазону измерений поверяемого уровнемера ¹⁾ Рабочие эталоны 3 разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2840 с диапазоном измерений длины, соответствующим диапазону измерений поверяемого уровнемера ¹⁾ Средства измерений силы постоянного тока в диапазоне измерений от 0 до 24 мА, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2-го разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 01.10.2018 № 2091	Стенд для поверки и калибровки средств измерений уровня ЭЛМЕТРО СПУ ²⁾ , рег. № 56506-14 Рулетка измерительная металлическая ²⁾ D80, рег. № 21096-12 Уровнемер микроволновый ²⁾ Micropilot S, рег. № 17672-02 Государственный рабочий эталон единицы длины 3 разряда 3.1.ZTT.0066.2023 (лента измерительная)
	Полевой коммуникатор	Коммуникатор Hart 375HR1EKLUG

¹⁾ Пределы допускаемой абсолютной погрешности эталона должны быть как минимум в три раза меньше, чем погрешность СИ на поверяемом диапазоне.

²⁾ Средства измерений должны быть поверены в качестве эталонов

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 необходимо соблюдать:

- общие правила техники безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.003-91 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;
- «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», утвержденные Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 года № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;

Специалисты, осуществляющие поверку, должны соблюдать требования правил техники безопасности, приведенных в эксплуатационной документации на уровнемеры, эталоны, средства измерений и вспомогательное оборудование.

Уровнемеры должны быть заземлены в соответствии с руководством по эксплуатации.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При проведении внешнего осмотра проверить:

- соответствие внешнего вида уровнемера и маркировки описанию и изображениям, приведённым в описании типа;

- отсутствие механических повреждений корпуса и электронного блока (клеммного блока, кабельного ввода), волновода.

7.2 Результат внешнего осмотра считать положительным, если выполнены все требования п. 7.1

7.3 Результат внешнего осмотра считать отрицательным, если не выполняется хотя бы одно из требований, перечисленных в п. 7.1.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

Перед проведением поверки необходимо измерить температуру окружающего воздуха, относительную влажность воздуха, атмосферное давление на месте поверки уровнемера. В конце поверки измерить температуру окружающего воздуха. Результаты измерений внести в протокол поверки.

8.2 Опробование

Для проведения опробования необходимо проверить работоспособность уровнемера. Для этого при проведении поверки с применением ЭУ изменить уровень на установке в диапазоне измерений поверяемого уровнемера. При проведении поверки на месте эксплуатации определить значение уровня в резервуаре с помощью поверяемого уровнемера и с помощью эталонного СИ, используемого при поверке.

Результат опробования считать положительным, если показания поверяемого уровнемера изменяются соответственно заданным значениям уровня.

Опробование допускается совмещать с п. 10.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

Для проверки идентификационных данных программного обеспечения (далее по тексту – ПО) в модуле настройки и индикации уровнемера выбрать раздел «Расширенная настройка», войти в подраздел «Информация». При этом на модуле индикации и настройки отобразится информация о типе волновода, серийный номер, дата изготовления, версия ПО. Считать идентификационные данные ПО. Версию ПО возможно считать при помощи HART-коммуникатора.

Результат проверки считать положительным, если номер версии ПО, считанный с модуля настройки и индикации, не ниже VIP-210.XX, где X – числовые значения от 0 до 9. Если данное требование не выполняется, результат проверки считать отрицательным. Дальнейшая поверка прекращается.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Для определения метрологических характеристик уровнемера поверку проводить не менее чем в трёх точках, равномерно распределённых по всему рабочему (поверяемому) диапазону измерений, соответствующих нижнему, верхнему и среднему значениям

диапазона измерений при повышении и понижении уровня. Число наблюдений в каждой из поверяемых точек при измерении уровня равно одному. Допускается увеличить число наблюдений в поверяемых точках до трёх, принимая при этом среднеарифметическое значение результатов наблюдений за достоверное значение в данной точке.

10.1 Определение погрешности измерений уровня (расстояния) при поверке уровнемера с применением эталонной уровнемерной установки.

Для проведения поверки на ЭУ зафиксировать нулевую контрольную отметку для ЭУ и установить нулевую контрольную отметку на поверяемом уровнемере. Для этого войти в меню «Расширенные настройки», «Сервис», «Смещение уровня». Настроить смещение уровня на величину поправки. Поправку на несоответствие показаний уровнемера и ЭУ в контрольной отметке Δ_0 , мм, рассчитать по формуле

$$\Delta_0 = X_0 - H_0, \quad (1)$$

где X_0 – значение, измеренное уровнемером в контрольной отметке, мм;

H_0 – зафиксированное в контрольной отметке значение уровня на ЭУ, мм.

Для проведения измерений повысить уровень до каждой поверяемой точки, устанавливаемой по эталонной установке, затем уровень понизить до каждой поверяемой точки и одновременно снять показания в каждой точке с поверяемого уровнемера и эталонной установки. Зафиксировать значения в протоколе.

Определить в каждой поверяемой точке в диапазоне значений до 10 м включительно значение абсолютной погрешности Δ_i , мм, по формуле

$$\Delta_i = X_i - H_i, \quad (2)$$

где X_i – значение уровня, измеренное уровнемером в i -й поверяемой точке диапазона измерений, мм;

H_i – значение уровня, заданное по эталонной установке в i -й поверяемой точке диапазона измерений, мм.

Для диапазона измерений выше 10 м определить значение относительной погрешности δ_i , %, по формуле

$$\delta_i = \frac{X_i - H_i}{H_i} \cdot 100, \quad (3)$$

За погрешность поверяемого уровнемера принять наибольшее значение.

10.2 Определение погрешности измерений уровня (расстояния) при поверке уровнемера на месте его эксплуатации с применением эталонной измерительной рулетки с грузом (только для жидкостей).

Проверку проводить при исходном уровне жидкости в резервуаре. Если имеется возможность заполнения/опорожнения резервуара до уровней, значения которых однозначно определены конструкцией резервуара или технологическим процессом, то проверка может проводиться по данным уровням, при этом значения уровня должны соответствовать нижнему, верхнему и среднему значениям диапазона измерений поверяемого уровнемера и количество задаваемых уровней (поворяемых точек j) должно быть не менее трёх. Заполнение/опорожнение резервуара в процессе измерений не допускается.

Уровень жидкости в резервуаре в поверяемой точке определить по результатам измерений базовой высоты резервуара и высоты поверхности раздела «жидкость – газовое пространство» (далее по тексту – высота газового пространства).

При поверке выполнить следующие действия:

10.2.1 Опустить эталонную измерительную рулетку через измерительный люк резервуара и по её шкале зафиксировать высоту газового пространства. В зависимости от точки измерений базовой высоты допускается фиксировать значение по риске или фланцу измерительного люка.

Уровень жидкости в нулевой контрольной отметке H_0 определить вычитанием из значения базовой высоты резервуара значения высоты газового пространства.

Включить поверяемый уровнемер и зафиксировать на нём нулевую контрольную отметку (настройкой смещения уровня на величину поправки).

Поправку на несоответствие показаний поверяемого уровнемера и эталонной рулетки в нулевой контрольной отметке ΔH_0 , мм, определить по формуле

$$\Delta H_0 = H_0^{\Pi} - H_0^{\vartheta}, \quad (4)$$

где H_0^{ϑ} – показания проверяемого уровнемера, мм,

H_0^{Π} – показания эталонной рулетки, мм.

За значение H_0^{ϑ} , мм, принять среднее арифметическое значение результатов измерений уровня, вычисляемое по формуле

$$H_0^{\vartheta} = H_6 \cdot [1 + \alpha_{ct} \cdot (T_B^{\Gamma} - T_B^{\Pi})] - \frac{\sum_{i=1}^m (H_0^{\Gamma})_i}{m} [1 - \alpha_s (20 - T_B^{\Gamma})], \quad (5)$$

где H_6 – базовая высота резервуара, значение которой принять по протоколу поверки резервуара, мм;

α_{ct} – температурный коэффициент линейного расширения материала стенки резервуара, $1/^\circ\text{C}$ (для стали $12,5 \cdot 10^{-6}$ и для бетона $10 \cdot 10^{-6}$);

T_B^{Γ} – температура воздуха при измерении высоты газового пространства, $^\circ\text{C}$;

T_B^{Π} – температура воздуха при поверке резервуара, значение которой принять по протоколу поверки резервуара, $^\circ\text{C}$;

$H_0^{\Gamma}_i$ – высота газового пространства при i -том измерении, мм;

α_s – температурный коэффициент линейного расширения материала ленты эталонной измерительной рулетки, $1/^\circ\text{C}$, ($12,5 \cdot 10^{-6}$ для стали и $23 \cdot 10^{-6}$ для алюминия);

m – число измерений высоты газового пространства – не менее двух.

10.2.2 Уровень жидкости последовательно понизить (или повысить) до каждой поверяемой точки, фиксируя показания поверяемого уровнемера и результаты, полученные с помощью эталонной измерительной рулетки в протоколе поверки.

Уровень жидкости H_{yj} , мм, измеренный уровнемером в j -той поверяемой точке, с учётом поправки, определить по формуле

$$H_{yj} = H_{\Pi yj} - \Delta H_0, \quad (6)$$

где $H_{\Pi yj}$ – показание поверяемого уровнемера, мм;

ΔH_0 – поправка на несоответствие показаний поверяемого уровнемера и эталонной рулетки, найденная по формуле (4).

Уровень жидкости, измеренный эталонной рулеткой H_j^3 , мм, в j -той поверяемой точке определить по результатам измерений базовой высоты резервуара и высоты газового пространства.

Измерение высоты газового пространства в j -й поверяемой точке проводить не менее двух раз. Уровень жидкости в каждой j -й поверяемой точке H_j^3 , мм, вычислить по формуле

$$H_j^3 = H_6 \cdot [1 + \alpha_{ct}(T_B^\Gamma - T_B^\Pi)] - \frac{\sum_{i=1}^m (H_j^\Gamma)_i}{m} [1 - \alpha_s(20 - T_B^\Gamma)], \quad (7)$$

где условные обозначения величин приведены в формуле (5);

j - номер поверяемой точки.

Результаты вычислений H_{yj} и H_j^3 внести в протокол поверки.

Рекомендации при определении высоты газового пространства в j -й контрольной отметке при i -м измерении $(H_j^\Gamma)_i$, мм:

- эталонную измерительную рулетку, опустить через измерительный люк резервуара ниже поверхности уровня жидкости;
- первый отсчёт (верхний) взять по шкале измерительной рулетки. При этом, для облегчения измерений и расчётов рекомендуется совмещать отметку целых значений метра на шкале ленты измерительной эталонной рулетки с верхним краем измерительного люка;
- измерительную рулетку поднять (строго вверх без смещения в стороны) до появления над верхним краем измерительного люка смоченной части ленты рулетки и взять отсчёт по шкале ленты рулетки (нижний отсчет) с точностью до 1 мм.
- разброс значений при определении высоты газового пространства не должен превышать 3 мм. Если разброс значений превышает 3 мм, то необходимо провести дополнительную серию измерений высоты газового пространства и принять в расчётах среднее арифметическое значение всех измерений.

10.2.3 Абсолютную погрешность уровнемера в j -й контрольной отметке (в диапазоне значений до 10 м включительно) Δ_j , мм, определить по формуле

$$\Delta_j = H_{yj} - H_{\exists j}, \quad (8)$$

где H_{yj} - показание поверяемого уровнемера с учётом поправки, мм;

$H_{\exists j}$ - показание эталонной рулетки с учётом поправки, мм.

Для диапазона измерений свыше 10 м определить значение относительной погрешности δ_j , %, по формуле

$$\delta_j = \frac{H_{yj} - H_{\exists j}}{H_{\exists j}} \cdot 100, \quad (9)$$

За погрешность поверяемого уровнемера принять наибольшее значение.

10.3 Определение погрешности измерений уровня (расстояния) при поверке уровнемера на месте его эксплуатации с применением эталонного уровнемера.

Провести поверку при исходном уровне жидкости в резервуаре. Если имеется возможность заполнения/опорожнения резервуара до уровней, значения которых

однозначно определены конструкцией резервуара или технологическим процессом, то поверка может проводиться по данным уровням, при этом значения уровня должны соответствовать нижнему, верхнему и среднему значениям диапазона измерений поверяемого уровнемера и количество задаваемых уровней (проверяемых точек i) должно быть не менее трёх. Заполнение/опорожнение резервуара в процессе измерений не допускается.

При поверке необходимо:

- на эталонном уровнемере зафиксировать нулевую контрольную отметку;
- установить нулевую контрольную отметку на поверяемом уровнемере. Для этого войти в меню «Расширенные настройки», «Сервис», «Смещение уровня». Настроить смещение уровня на величину поправки. Поправку на несоответствие показаний уровнемера и эталонного уровнемера в контрольной отметке $\Delta 0$, мм, рассчитать по формуле (1);
- зафиксировать на поверяемом уровнемере показания в проверяемых точках;
- зафиксировать на эталонном уровнемере показания в проверяемых точках.

Определить для диапазона измерений до 10 м включительно значение абсолютной погрешности уровнемера Δ_i , мм, по формуле (2) или для диапазона измерений выше 10 м по формуле (3). При этом значение H_i – значение уровня, измеренное эталонным уровнемером в i -ой поверяемой точке диапазона измерений, мм.

10.4 При поверке уровнемера по токовому выходному сигналу необходимо на эталонном СИ задать значение уровня в i -той поверяемой точке, которому соответствует значение тока $I_{\text{расч}}$, мА, вычисляемое по формуле

$$I_{\text{расч}} = \frac{16}{H_{\max} - H_{\min}} \cdot (H_i - H_{\min}) + 4 \quad (10)$$

где H_{\max} – максимальное значение диапазона измерений уровня, мм;

H_{\min} – минимальное значение диапазона измерений уровня, мм;

H_i – значение уровня по эталонному СИ в каждой поверяемой точке, мм.

Затем считать значение тока на поверяемом уровнемере и вычислить приведённую погрешность преобразования измеренного значения уровня в токовый выходной сигнал γ , %, по формуле

$$\gamma = \frac{I_i - I_{\text{расч}}}{16}, \quad (11)$$

где I_i – значения тока, считанные с поверяемого уровнемера, мА;

$I_{\text{расч}}$ – значения тока, соответствующие значениям расстояний, задаваемых на эталонном СИ, мА.

10.5 Определение погрешности преобразования измеренного значения уровня в аналоговый токовый выходной сигнал.

Подключить эталонное СИ силы тока в контур питания уровнемера согласно схеме подключения, указанной в руководстве по эксплуатации. Задать в режиме «Симуляция» не менее трёх токовых значений в произвольном порядке. Считать значения тока, измеренные эталонным СИ силы тока.

Вычислить приведённую погрешность преобразования измеренного значения уровня в токовый выходной сигнал γ , %, по формуле

$$\gamma = \frac{I_3 - I_{изм}}{16} \cdot 100, \quad (12)$$

где I_3 – заданное на поверяемом уровнемере значение тока, мА;
 $I_{изм}$ – измеренное эталонным СИ силы тока значение тока, мА.

10.6 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.

Результат подтверждения соответствия уровнемера метрологическим требованиям считать положительным, если метрологические характеристики, определённые в п. 10, не превышают значений, указанных в таблице 1.

Результат подтверждения соответствия метрологическим требованиям считать отрицательным, если метрологические характеристики уровнемера превышают допускаемые значения, указанные в таблице 1.

12 Оформление результатов поверки

Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком проведения поверки средств измерений, предусмотренным действующим законодательством РФ.

По результатам поверки должны быть оформлены протоколы произвольной формы. В протоколе необходимо отразить результаты поверки по всем соответствующим пунктам настоящей методики поверки.

При положительных результатах поверки по заявлению владельца СИ или лица, представившего его на поверку, выдаётся свидетельство о поверке, оформленное в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами, и/или в паспорт вносится запись о проведенной поверке или адрес ссылки на электронную версию свидетельства о поверке в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

При отрицательных результатах поверки средство измерений к применению не допускается. На данное средство измерений оформляется извещение о непригодности.

Заместитель начальника лаборатории № 449

Беликов И.В.

Начальник лаборатории № 449

Беда В.И.