

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
(ФГБУ «ВНИИМС»)

СОГЛАСОВАНО
Заместитель директора по
производственной метрологии
ФГБУ «ВНИИМС»



А.Е. Коломин

«01» февраля 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
Уровнемеры микроволновые MGS

Методика поверки
МП 208-088-2024

г. Москва
2024

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения.....	3
2 Перечень операций поверки средства измерений	3
3 Требования к условиям проведения поверки.....	3
4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку	3
5 Метрологические и технические требования к средствам поверки	4
6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки.....	5
7 Внешний осмотр средства измерений	5
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	5
9 Проверка программного обеспечения средства измерений	6
10 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	6
10.1 Первичная или периодическая поверка с полным или частичным демонтажем уровнемера.....	6
11 Оформление результатов поверки	9
Приложение А (рекомендуемое)	10

1. Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на уровнемеры микроволновые MGS (далее - уровнемеры), и устанавливаемые методы и средства их первичной и периодической поверки.

1.2 Реализация данной методики обеспечивает метрологическую прослеживаемость уровнемеров к Государственному первичному эталону единицы длины (уровня) ГЭТ 2-2021, в соответствии с ГПС для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов, согласно Приказу Росстандарта от 30.12.2019 № 3459. Реализован метод прямых измерений и непосредственного сличения с рабочими эталонами.

2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 1 – Операции, выполняемые при поверке

Операции поверки	Номер пункта методики	Вид поверки	
		первичная	периодическая
Внешний осмотр		Да	Да
Опробование		Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям: - поверка в лабораторных условиях (полный демонтаж) - поверка без демонтажа или с частичным демонтажем		Да	Да
		Нет	Да

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки в лабораторных условиях при полном демонтаже уровнемеров должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха и поверочной среды (при поверке на установке с непосредственным изменением уровня от 15 до 25 жидкости), °C
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа от 84,0 до 106,7

При проведении поверки без демонтажа в условиях эксплуатации должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха и поверочной среды, °C от 5 до 35
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 90
- атмосферное давление, кПа от 84,0 до 106,7

Внешние электрические и магнитные поля (кроме земного), вибрация, тряска и удары, влияющие на работу составных частей уровнемеров, отсутствуют.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки и обработке результатов измерений допускаются лица, имеющие соответствующую квалификацию, изучившие эксплуатационную документацию на уровнемер, на средства поверки и оборудование, а также прошедшие инструктаж по технике безопасности в установленном порядке.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки должны использоваться следующие средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
3	Средство измерений параметров окружающей среды с диапазоном измерений температуры от минус 20 до плюс 60 °С, погрешность $\pm 0,3$ °С, диапазон измерений относительной влажности от 0 до 98 %, погрешность ± 2 % и ± 3 %, диапазон измерений атмосферного давления от 700 до 1100 гПа, погрешность $\pm 2,5$ гПа	Термогигрометр ИВА-6 мод. ИВА-6Н-Д (рег. № 46434-11)
10.1	Дальномер 2-го разряда согласно приказу Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3459 с диапазоном измерений соответствующим диапазону измерений поверяемого уровнемера и пределами абсолютной погрешности не превышающими 1/3 от основной погрешности поверяемого уровнемера Или Рабочий эталон 2-го или 3-го разряда согласно Государственной поверочной схеме (ГПС) (часть 1), утверждённой приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3459 (установка поверочная уровнемерная с непосредственным изменением уровня жидкости) с диапазоном измерений соответствующим диапазону измерений поверяемого уровнемера и пределами абсолютной погрешности не превышающими 1/3 от основной погрешности поверяемого уровнемера	Дальномер лазерный Leica Disto D510 (рег. № 74357-19) Стенды для поверки и калибровки средств измерений уровня ЭЛИМЕТРО СПУ (рег. № 56506-14)
10.2	Рабочий эталон 2-го, или 3-го разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 г. №3459 (рулетка измерительная с грузом/без груза), с диапазоном измерений соответствующим диапазону измерений поверяемого уровнемера и пределами абсолютной погрешности не превышающими 1/3 от основной погрешности поверяемого уровнемера	Рулетка измерительная металлическая Р50Н2Г (рег. № 60606-15)
8.3, 10.1, 10.2	Средство измерений силы постоянного тока с диапазоном измерений постоянного тока от 4 до 20 мА, с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений силы тока не превышающими значений, рассчитываемых по формуле 3 настоящей методики	Калибратор процессов многофункциональный FLUKE-726 (рег. № 52221-12)
Вспомогательные средства		
HART модем		
Металлический отражатель электромагнитной волны		
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

6.1 Перед началом поверки и в процессе ее проведения необходимо выполнять требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на поверяемое средство измерений.

6.2 При проведении поверки должны соблюдаться требования ГОСТ 12.3.019 и требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации применяемых средств поверки.

6.3 При проведении поверки на объекте в условиях эксплуатации необходимо выполнять требования охраны труда и правила техники безопасности проведения работ в соответствии с действующими на объекте документами.

ВНИМАНИЕ! Поверяемое средство измерений при проведении работ во взрывоопасной зоне резервуаров-хранилищ нефтепродуктов должно быть подключено к схеме проверки через соответствующий барьер (блок) искрозащиты.

7 Внешний осмотр средства измерений

Внешний осмотр проводят визуально.

При внешнем осмотре необходимо установить соответствие уровнемера следующим требованиям:

- должны отсутствовать механические повреждения на уровнемере, препятствующие его применению, нормальной работе или поверке;
- информация на маркировочной табличке уровнемера должна соответствовать требованиям документации изготовителя;
- внешний вид средства измерений соответствует описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- комплектность уровнемера должна соответствовать комплектности уровнемера указанной в документации изготовителя.

Результат внешнего осмотра считают положительным, если при его проведении было установлено соответствие поверяемого средства измерений вышеуказанным требованиям.

Уровнемер не соответствующий вышеуказанным требованиям к дальнейшим процедурам по методике поверки не допускается.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением первичной поверки выполняют следующие подготовительные работы:

Если уровнемер поверяется на поверочной установке с непосредственным изменением уровня жидкости или имитацией уровня, то его монтаж производится в соответствии с руководством по эксплуатации установки.

Если уровнемеры поверяют при помощи лазерного дальномера и вспомогательного отражательного щита, то уровнемеры должны быть установлены в рабочее положение с соблюдением указаний руководства по эксплуатации на них.

8.2 Перед проведением периодической поверки выполняют следующие подготовительные работы:

При поверке с полным демонтажем необходимо:

- демонтировать уровнемер с резервуара;
- провести подготовку, руководствуясь п. 8.1 данной методики.

При поверке без демонтажа в условиях эксплуатации необходимо:

- остановить технологический процесс и обеспечить перекачку контролируемой среды из одной емкости в другую;
- произвести отстой контролируемой среды в емкости не менее 2 ч.

8.3 Работоспособность уровнемера проверяют, изменяя уровень жидкости в уровнемерной установке, либо перемещая вдоль волновода металлический отражатель, от нижнего предельного значения до верхнего диапазона измерений уровнемера. Результат

считают положительным, если наблюдается изменение выходного измерительного сигнала уровнемера.

В каждом из случаев опробования показания уровня, считываемые по показывающему устройству, либо по цифровому выходу (или значения уровня, передаваемые по аналоговому токовому выходу 4-20 мА) должны равномерно увеличиваться и уменьшаться в зависимости от направления перемещения жидкости. Данную операцию проводят на всем диапазоне измерений поверяемого уровнемера.

Результат опробования считается положительным, если при увеличении (уменьшении) уровня показания уровнемера изменялись соответствующим образом.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

В рамках процедуры проверки программного обеспечения необходимо согласно эксплуатационной документации вывести на показывающее устройство идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения средства измерений, после чего сравнить его с приведённым в паспорте.

Результат проверки программного обеспечения считается положительным, если идентификационное наименование программного обеспечения, выводимое на показывающее устройство и указанное в паспорте уровнемера, идентичны и соответствуют значениям CQCY, а номер версии соответствует значению 5XX.6XX*, где символы X - номер версии программного обеспечения для общей комбинации от 0 до 9, от A до Z.

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

10.1 Первичная или периодическая поверка с полным или частичным демонтажем уровнемера

Первичная поверка или периодическая поверка с полным демонтажем выполняется одним из следующих способов.

10.1.1 Определение основной приведенной погрешности измерений уровня уровнемером при помощи уровнемерной установки, либо вспомогательного металлического отражателя и эталонного лазерного дальномера.

10.1.1.1 Основную приведенную погрешность определяют при прямом и обратном ходу, т.е. при повышении или понижении уровня жидкости.

В процессе поверки эталонное значение уровня устанавливают на требуемое значение. После этого одновременно снимаются показания поверяемого уровнемера и эталона.

Число измерений на каждой поверяемой отметке должно быть не менее трех.

За результат измерений в каждой поверяемой точке принимают среднее арифметическое значение результатов измерений, определяемое по формуле:

$$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n}, \quad (1)$$

где H_i – значение уровня по цифровым показаниям уровнемера, мм,

n – число измерений.

10.1.1.2 Основную приведенную погрешность измерения уровня в каждой поверяемой точке определяют по формуле:

$$\gamma_H = \frac{\bar{H} - H_z}{H_{max} - H_{min}} \cdot 100\% \quad (2)$$

где H_z – значение уровня, измеренное с помощью эталона, мм;

H_{min} , H_{max} – минимальное и максимальное значение диапазона измерений уровня уровнемером, мм.

10.1.1.3 Результаты поверки по цифровому выходу считаются положительными, если значения основной приведенной к диапазону измерений погрешности в любой точке не превышают значений, указанных в таблице 3 п.1.

Таблица 3 – Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерений уровня

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой основной приведенной к диапазону измерений погрешности измерений уровня контролируемой (измеряемой) среды для цифровых кодированных выходных сигналов, %	$\pm 0,1$ но не менее 6 мм
Пределы допускаемой основной приведённой к диапазону измерений погрешности преобразования измеренного значения уровня контролируемой (измеряемой) среды в аналоговый унифицированный токовый выходной сигнал (4 – 20) мА, %	$\pm 0,05$

10.1.1.4 При поверке уровнемеров по токовому выходному сигналу (4-20 мА), значение измеряемого уровнемером уровня вычисляют по формуле:

$$\bar{H} = C + H_{max} - \frac{(H_{max} - H_{min})}{I_{max} - I_{min}} \cdot (\bar{I} - I_{min}), \quad (3)$$

где

I_{max}, I_{min} – соответствующие значения силы тока диапазона выходного сигнала уровнемера;

C – подстроечный коэффициент (постоянная сдвига начала отсчета), мм

\bar{I} – среднее арифметическое значение результатов измерений силы тока в каждой поверяемой точке, определяемое по формуле:

$$\bar{I} = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n} \quad (4)$$

где I_i – значение токового выходного сигнала с уровнемера, измеренное средством поверки, в мА.

Далее значение основной приведенной погрешности в каждой точке определяют по формуле 2.

10.1.1.5 При снятии показаний по токовому выходу уровнемера пределы допускаемой погрешности измерений уровня $\gamma H_{доп}$ рассчитываются по формуле 5:

$$\gamma H_{доп} = \sqrt{\gamma_{доп}^2 + \gamma^2} \quad (5)$$

где $\gamma_{доп}$ – пределы допускаемой основной приведенной к диапазону измерений погрешности измерений уровня, % из таблицы 3 п.1;

γ – пределы допускаемой приведенной к диапазону измерений погрешности преобразования значения уровня в стандартный токовый выходной сигнал, из таблицы 3 п.2.

10.1.1.6 Результаты поверки уровнемеров по токовому выходному сигналу считаются положительными, если значения приведенной погрешности в любой точке не превышают нормируемого значения $\gamma H_{доп}$, определяемого по формуле 5 по данным таблицы 3.

10.2 При периодической поверке без демонтажа

Проводят измерение уровня при исходном уровне жидкости в мере вместимости. Измерение уровня осуществляют при помощи рулетки измерительной с грузом. Если имеется возможность заполнения/опорожнения меры вместимости до определенных уровней, значение которых однозначно определены, например, конструкцией резервуара, проходящих трубопроводов или технологическим процессом, то поверку можно проводить по данным уровням.

Порядок поверки следующий.

Уровнемеры подготавливают к поверке согласно п. 8 настоящей методики.

Включить поверяемый преобразователь уровня и зафиксировать на нем нулевую контрольную точку, опустить эталонную измерительную рулетку через измерительный люк меры вместимости и по ее шкале зафиксировать высоту поверхности раздела «жидкость - газовое пространство» (далее – высота газового пространства).

Поправку ΔH_0 , мм, определяют по формуле:

$$\Delta H_0 = H_0^{\text{п}} - H_0^3 \quad (6)$$

где $H_0^{\text{п}}$ - показания проверяемого преобразователя уровня, мм,

H_0^3 - показание эталонного средства измерений уровня, мм.

Примечание - При применении эталонной измерительной рулетки за значение H_0^3 , мм, принять среднее арифметическое значение результатов измерений уровня, вычисляемое по формуле:

$$H_3 = H_6 \cdot [1 + \alpha_{\text{ст}} \cdot (T_{\text{В}}^{\Gamma} - T_{\text{В}}^{\text{п}})] - \frac{\sum_{i=1}^m H_{ji}^{\Gamma}}{m} \cdot [1 - \alpha_s \cdot (20 - T_{\text{В}}^{\Gamma})], \quad (7)$$

где H_6 — базовая высота резервуара, значение которой определить по протоколу поверки резервуара, мм;

$\alpha_{\text{ст}}$ - температурный коэффициент линейного расширения материала стенки резервуара, значение которого принимают равным $12,5 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ для стали и $10 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ для бетона;

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

$T_{\text{В}}^{\text{п}}$ - температура воздуха при поверке резервуара, значение которой определить по протоколу поверки резервуара, $^\circ\text{C}$;

$T_{\text{В}}^{\Gamma}$ - температура воздуха при измерении высоты газового пространства, $^\circ\text{C}$;

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

m - число измерений высоты газового пространства, принимаемое не менее пяти. Повышают уровень жидкости до контрольной отметки, устанавливаемой по эталонной измерительной ленте, затем уровень жидкости понижают до каждой контрольной отметки, снимают показания средств измерений и результаты, полученные с эталонной измерительной рулетки вносят в протокол поверки преобразователя.

Уровень жидкости H_y , мм, измеренный преобразователем в j -той контрольной отметке, с учетом поправки, определяют по формуле:

$$H_y = H_{\text{пу}j} - \Delta H_0. \quad (8)$$

где $H_{\text{пу}j}$ — показание поверяемого уровнемера, мм;

ΔH_0 — поправка на несоответствие показаний поверяемого преобразователя и эталонной измерительной рулетки, найденная по формуле (6).

Высоту газового пространства в каждой контрольной точке при каждом измерении, определить в следующей последовательности:

- эталонную измерительную рулетку, опустить через измерительный люк меры вместимости ниже поверхности жидкости на глубину около 1000 мм;

- первый отсчет (верхний) взять по шкале измерительной рулетки. При этом, для облегчения измерений и расчетов 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 и взять отсчет по шкале ленты (нижний отсчет) с точностью до 1 мм.

Для более точного измерения уровня поверхность ленты измерительной рулетки необходимо натереть пастой, чувствительной к хранимому продукту.

Измерить высоту газового пространства в каждой контрольной точке не менее пяти раз.

Уровень жидкости в каждой контрольной точке H_3 , мм, вычислить по формуле:

$$H_3 = H_6 \cdot [1 + \alpha_{ст} \cdot (T_B^I - T_B^II)] - \frac{\sum_{i=1}^m H_{ji}^I}{m} \cdot [1 - \alpha_s \cdot (20 - T_B^I)] \quad (9)$$

Определение основной приведенной погрешности измерений уровня производят по формуле (2).

При использовании миллиамперметра для измерения выходного токового сигнала уровнемера (4-20 мА), значение измеряемого средством измерений уровня вычисляют по формуле (3).

Результаты поверки считают положительными, если основная приведенная погрешность измерений уровня по цифровому выходу или показывающему устройству в любой точке не превышает нормируемого значения в соответствии с таблицей 3, а по токовому выходу значений $\gamma H_{доп}$, определяемых по формуле 5 по данным таблицы 3.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляются протоколом поверки, рекомендуемая форма которого приведена в Приложении А.

11.2 Сведения о результатах поверки уровнемеров передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком проведения поверки средств измерений, предусмотренным действующим законодательством РФ в области обеспечения единства измерений.

11.3 Положительные результаты поверок оформляются записью в паспорте на уровнемер. Знак поверки наносится в паспорт уровнемера.

По заявлению владельца средств измерений или лица, предоставившего их на поверку, на положительные результаты поверки выдается свидетельство о поверке по установленной форме, соответствующей действующему законодательству РФ в области обеспечения единства измерений.

11.4 При отрицательных результатах поверки уровнемер к применению не допускается.

По заявлению владельца средств измерений или лица, предоставившего их на поверку, на отрицательные результаты поверки выдается извещение о непригодности к применению средства измерений в соответствии с действующим законодательством РФ в области обеспечения единства измерений.

Начальник отдела 208
ФГБУ «ВНИИМС»

Б.А. Иполитов

Научный сотрудник отдела 208
ФГБУ «ВНИИМС»

Д.Ю. Семенюк

Приложение А
(рекомендуемое)

Протокол поверки уровнемера микроволнового MGS _____

Заводской номер: _____

Диапазон измерений уровня, мм: _____

Место проведения поверки _____

Методика поверки _____

Условия поверки _____

Средства поверки _____
(наименование, тип, заводской номер)

Результаты поверки

A.1 Внешний осмотр: _____

A.2 Опробование:

A.2.1 Подтверждение соответствия программного обеспечения

Получены идентификационные данные ПО (см. таблицу A.1).

Таблица A.1.

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	
Номер версии (идентификационный номер) ПО	

A.2.2 Проверка функционирования _____

3 Определение погрешности измерений уровня (см. таблицу A.2).

Таблица A.2.

По цифровому выходу							
		Прямой ход			Обратный ход		
Точка	$H_{эт}, \text{мм}$	$H_y, \text{мм}$	$\gamma_H, \%$	$\gamma_{доп}, \%$	$H_y, \text{мм}$	$\gamma_H, \%$	$\gamma_{доп}, \%$
H_1							
H_2							
H_3							
H_4							
H_5							

Аналоговый токовый выход 4-20 мА											
		Прямой ход					Обратный ход				
Точка	$H_{эт}, \text{мм}$	$I_i, \text{мА}$	$\bar{I}_y, \text{мА}$	$I_p, \text{мм}$	$\gamma_y, \%$	$\gamma_{у доп}', \%$	$I_i, \text{мА}$	$\bar{I}_y, \text{мА}$	$I_p, \text{мм}$	$\gamma_y, \%$	$\gamma_{у доп}', \%$
H_1											
H_2											
H_3											
H_4											
H_5											

Результат поверки: _____

Поверитель _____ / _____ /
(подпись)