

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 магнитные МВ

Методика поверки
МП 208-057-2024

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	7
10 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	7
10.1 Первичная или периодическая поверка с полным или частичным демонтажем уровнемера.....	7
10.2 Периодическая поверка уровнемеров без демонтажа.....	9
11 Оформление результатов поверки	11
Приложение А (рекомендуемое).....	12

1. Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на уровнемеры магнитные МВ (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), °С
- 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, °С 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, 10.2	Рабочий эталон 2-го разряда согласно Государственной поверочной схеме (ГПС) (часть 1), утверждённой приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3459, (установка поверочная уровнемерная или 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	Установка поверочная уровнемерная СЕНС УП (рег. № 70845-18) или Рулетка измерительная металлическая Fisco мод. TS50/2 (рег. № 67910-17)
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		
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;
- информации на маркировочной табличке уровнемера должна отсутствовать требованиям документации изготовителя;
- 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 (рис. 1), то его монтаж производится в соответствии с руководством по эксплуатации установки.

Если уровнемер поверяется с помощью измерительной рулетки, то его монтируют на специальной подставке и вдоль уровнемера разворачивают ленту измерительной рулетки (рис. 3).

8.2 Перед проведением периодической поверки выполняют следующие подготовительные работы:

При поверке с полным демонтажем необходимо:

- демонтировать уровнемер с резервуара;
- провести поверку 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.

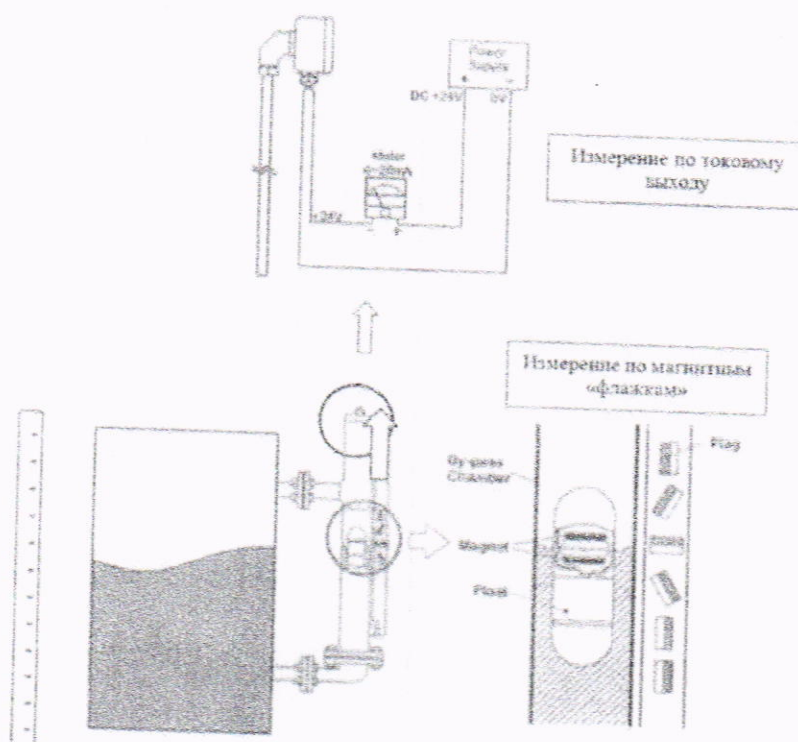


Рисунок 1 – Поверка уровнемера на поверочной установке с непосредственным изменением уровня жидкости

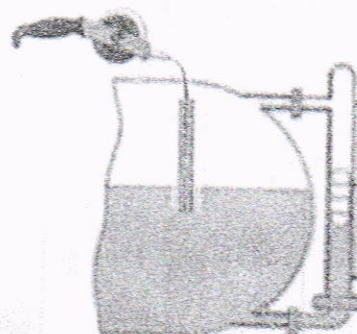


Рисунок 2 – Поверка уровнемера без демонтажа с помощью измерительной рулетки с грузом

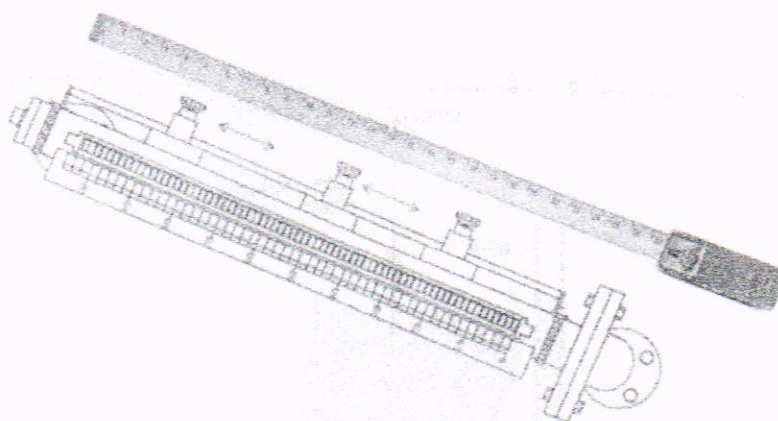


Рисунок 3 – Поверка уровнемера с помощью измерительной рулетки в лабораторных условиях

8.3 При опробовании уровнемера на поверочной установке с непосредственным изменением уровня жидкости, либо в условиях эксплуатации непосредственно на резервуаре убеждаются, что показания уровнемера изменяются при изменении уровня жидкости.

При опробовании уровнемера с помощью измерительной рулетки убеждаются, что показания уровнемера изменяются при перемещении магнитного поплавка или имитатора уровня вдоль чувствительного элемента.

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), либо по местному индикатору с магнитными роликами должны равномерно увеличиваться и уменьшаться в зависимости от направления перемещения жидкости, магнитного поплавка, или имитатора уровня. 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 приведенным 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 в зависимости от модификации СВУ или CBS номер версии не ниже 1.X, где символ X изменяется от 0 до 9.

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

10.1.1 Уровнемер подготавливают к поверке согласно п. 8 настоящей методики.

10.1.2 На первом этапе поверки поверяется погрешность измерений снятых по показывающему устройству, либо по цифровому выходу уровнемера в следующем порядке.

Задается пять испытываемых отметок, равномерно распределенных по всему диапазону измеряемых значений уровня. Основная абсолютная погрешности определяется при повышении и понижении уровня жидкости (или путем перемещения магнита/поплавка с магнитом внутри байпасной трубы) в последовательности, приведенной ниже:

- сперва повышается, а затем понижается уровень измеряемой среды в уровнемерной установке (либо перемещается магнит/поплавок с магнитом) до каждой поверяемой отметки, одновременно записывают значение уровня измеренное эталоном в этой точке и снимают показания уровня поверяемого уровнемера в зависимости от комплектации (по показывающему устройству, либо цифровому выходу в миллиметрах, либо в виде токового сигнала 4-20 мА, измеряемые миллиамперметром);

- результаты показаний уровнемера и эталона заносят в протокол, форма которого приведена в Приложении А настоящей методики.

Определение абсолютной погрешности измерений уровня по показывающему устройству, либо цифровому выходу производится так: значение уровня, измеренное поверяемым уровнемером в каждой поверяемой точке сравнивается со значениями, измеренными эталоном в этой точке.

Определяют значение действительной абсолютной погрешности измерений уровня ΔH по формуле:

$$\Delta H = H_y - H_э \quad (1)$$

где H_y – значение уровня, измеренное поверяемым уровнемером в точке, мм;

$H_э$ – значение уровня, измеренное эталоном в точке, мм.

Результаты поверки считаются положительными, если значения абсолютной погрешности измерений уровня не превышают значений, указанных в таблице 3.

Таблица 3 – Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерений уровня

Пределы допускаемой основной погрешности измерений уровня контролируемой (измеряемой) среды для цифровых кодированных выходных сигналов, - СВУ герконовый преобразователь (абсолютная) - CBS магнитострикционный преобразователь (абсолютная)	$\pm 5 \text{ мм}, \pm 10 \text{ мм}^{**}$ $\pm 3,5 \text{ мм}$
Пределы допускаемой основной приведённой к диапазону измерений погрешности преобразования измеренного значения уровня контролируемой (измеряемой) среды в аналоговый унифицированный токовый выходной сигнал (4 – 20) мА, %	$\pm 0,05$

** - в зависимости от шага герконовой цепи 5, 10 мм.

10.1.3 На втором этапе поверки и при условии наличия токового выходного сигнала определяется погрешность измерений уровня при использовании выходного токового сигнала. Порядок следующий.

Производится расчет пределов допускаемой погрешности измерений уровня при использовании выходного токового сигнала $\Delta H_{\text{доп}}$ по формуле (2):

$$\Delta H_{\text{доп}} = \sqrt{\Delta_{\text{доп}}^2 + \left(\frac{\gamma}{100} \times L\right)^2} \quad (2)$$

где $\Delta_{\text{доп}}$ – пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерений уровня, мм из таблицы 3;

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

L – диапазон измерений уровня уровнемером, мм, из паспорта на уровнемер.

Осуществляется выбор средства измерений силы тока с погрешностью, не превышающей ΔI_3 , которая определяется исходя из трехкратного запаса по точности по формуле 3:

$$\Delta I_3 = \frac{\Delta H_{\text{доп}} \cdot 16000}{3 \cdot L} \quad (3)$$

Значение ΔI_3 по формуле 3 получается в мкА.

Выбранное таким образом средство поверки применяется для снятия показаний уровнемера по токовому выходу. Снятие показаний токового выхода в каждой поверяемой точке осуществляют многократно, не менее трех раз. Для дальнейших расчетов используют среднее арифметическое значение силы тока \bar{I}_y .

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

Значение измеряемого уровнемером уровня в миллиметрах вычисляют по формуле:

$$H_y = \frac{L \cdot (\bar{I}_y - 4)}{16}, \quad (5)$$

где L – диапазон измерений уровня уровнемером, мм;

\bar{I}_y – среднее значение токового выходного сигнала с уровнемера измеренного средством измерений силы тока, в мА.

Далее значение основной абсолютной погрешности в каждой поверяемой точке определяется по формуле 1.

Результаты поверки при использовании информации токового выхода считаются положительными, если значение основной абсолютной погрешности измерений уровня ΔH при использовании токового выхода не превышает допустимых значений $\Delta H_{\text{доп}}$ определяемых по формуле 2.

10.1.4 Вариация показаний определяется как наибольшая разность показаний уровнемера в одной и той же поверяемой точке при прямом и обратном ходе и не должна превышать значений по модулю пределов допускаемой абсолютной погрешности указанных в таблице 3.

10.2 Периодическая поверка уровнемеров без демонтажа

Допускается проводить периодическую поверку уровнемеров без демонтажа на месте эксплуатации в случае выполнения следующих условий.

Если среда, где установлены уровнемеры, соответствует требованиям эксплуатационной документации на уровнемеры, и измеряемый продукт допускает разгерметизацию меры вместимости (продукт не является токсичным и кипящим при атмосферном давлении и температуре окружающей среды, в мере вместимости отсутствует избыточное давление), допускается проводить определение погрешности измерений уровня непосредственно на мере вместимости (без демонтажа уровнемера). При этом поверхность измеряемого продукта должна быть спокойной, перемешивающее устройство в резервуаре (при его наличии) отключено.

Проводят измерение уровня при исходном уровне жидкости в мере вместимости. Измерение уровня осуществляется с помощью 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 поверка может производиться по данным уровням.

При периодической поверке без демонтажа определение метрологических характеристик выполняют следующим образом.

Уровнемеры подготавливаются к поверке согласно п. 8 настоящей методики.

Включают поверяемый уровнемер и фиксируют на нем нулевую контрольную точку, опускают эталонную измерительную рулетку через измерительный люк меры вместимости (рис.2) и по ее шкале зафиксировать высоту поверхности раздела «жидкость – газовое пространство» (далее – высота газового пространства).

Поправка ΔH_0 , мм, определяется по формуле:

$$\Delta H_0 = H_0^{\text{П}} - H_0^{\text{Э}} \quad (6)$$

где $H_0^{\text{П}}$ – показания проверяемого уровнемера, мм,

$H_0^{\text{Э}}$ – показание эталонного средства измерений уровня, мм.

Примечание – При применении эталонной измерительной рулетки за значение $H_0^{\text{Э}}$, мм, принять среднее арифметическое значение результатов измерений уровня, вычисляемое по формуле:

$$H_0^3 = H_6 \cdot [1 + \alpha_{ст} \cdot (T_B^Г - T_B^П)] - \frac{\sum_{i=1}^m (H_0^Г)_i}{m} \cdot [1 + \alpha_s (20 - T_B^Г)] \quad (7)$$

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

$\alpha_{ст}$ – 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 эталонной измерительной ленты, 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;

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

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

$(H_0^Г)_i$ – 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 ленты вносят в протокол поверки уровнемера.

Уровень жидкости H_u , мм, измеренный уровнемером в j -той контрольной отметке, с учетом поправки, определяется по формуле:

$$H_u = H_{ПУj} - \Delta H_0 \quad (8)$$

где $H_{ПУj}$ – показание поверяемого уровнемера, мм

ΔH_0 – поправка на несоответствие показаний поверяемого уровнемера 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 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 рулетки необходимо натереть пастой.

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

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

$$H_3 = H_6 \cdot [1 + \alpha_{ст} \cdot (T_B^Г - T_B^П)] - \frac{\sum_{i=1}^m H_{ji}^Г}{m} \cdot [1 + \alpha_s (20 - T_B^Г)] \quad (7)$$

При использовании для считывания измерительной информации показывающего устройства, либо цифрового выхода уровнемера, либо с местного индикатора с магнитными роликами определение абсолютной погрешности измерений уровня производится по формуле (1). Результаты поверки, в этом случае, считаются положительными, если значение абсолютной погрешности измерений уровня не превышает значений указанных в таблице 3.

При использовании для считывания измерительной информации токового выхода уровнемера, определение абсолютной погрешности измерений уровня производится согласно п. 10.1.3 настоящей методики. Результаты поверки, в этом случае, считаются положительными, если значение абсолютной погрешности измерений уровня не превышает значений рассчитанных по формуле (2).

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.

Заместитель начальника отдела 208
ФГБУ «ВНИИМС»



А.М. Шаронов

Научный сотрудник отдела 208
ФГБУ «ВНИИМС»



Д.Ю. Семенюк

**Приложение А
(рекомендуемое)**

Протокол поверки уровнемера магнитного МВ _____

Заводской номер: _____

Модификация: _____

Диапазон измерений уровня, мм: _____

Место проведения поверки _____

Методика поверки _____

Условия поверки _____

Средства поверки _____
(наименование, тип, заводской номер)

Результаты поверки

1 Внешний осмотр: _____

2 Опробование:

2.1 Подтверждение соответствия программного обеспечения

Получены идентификационные данные ПО (см. таблицу 1).

Таблица 1.

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

2.2 Проверка функционирования _____

3 Определение абсолютной погрешности измерений уровня

По цифровому выходу/ показывающему устройству								
		Прямой ход			Обратный ход			
Точка	$H_{эт},$ мм	$H_y,$ мм	$\Delta H,$ мм	$\Delta_{доп},$ мм	$H_y,$ мм	$\Delta H,$ мм	$\Delta_{доп},$ мм	Вариация, мм
H_n								
...								
...								
...								
H_6								

Токовый выход 4-20 мА												
		Прямой ход					Обратный ход					
Точ ка	$H_{э\text{т}}$, мм	I_y , мА	\bar{I}_y , мА	H_y , мм	ΔH , мм	$\Delta H_{доп}$, м м	I_y , мА	\bar{I}_y , мА	H_y , мм	ΔH , мм	$\Delta H_{доп}$, мм	Вари ация, мм
H_n												
...												
...												
...												
H_6												

Результат поверки: _____

Поверитель _____ / _____ /
(подпись)