

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора по
производственной метрологии
ФГУП «ВНИИМС»



Н.В. Иванникова

« » мая 2018 г.

**Государственная система обеспечения единства измерений
Уровнемеры ультразвуковые SITRANS LU**

**Методика поверки
МП 208-031-2018**

**г. Москва
2018**

СОДЕРЖАНИЕ

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Область применения | 3 |
| 2. | Нормативные ссылки | 3 |
| 3. | Термины, определения и обозначения | 3 |
| 4. | Операции поверки | 3 |
| 5. | Средства поверки..... | 4 |
| 6. | Требования безопасности и требования к квалификации поверителей..... | 4 |
| 7. | Условия поверки..... | 4 |
| 8. | Подготовка к поверке..... | 5 |
| 9. | Проведение поверки..... | 6 |
| 9.1 | Внешний осмотр | 6 |
| 9.2 | Опробование..... | 6 |
| 9.3 | Определение метрологических характеристик..... | 7 |
| 10. | Оформление результатов поверки | 10 |
| | Приложение А..... | 12 |

1. Область применения

Настоящая методика распространяется на уровнемеры ультразвуковые SITRANS LU (далее – уровнемеры), изготавливаемые фирмой «Siemens AG», Германия, на производственных площадках «Siemens Canada Limited», Канада и «Siemens Sensors and Communication Limited», Китай, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

Интервал между поверками – 2 год.

2. Нормативные ссылки

В настоящей методике использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 28725-90 Приборы для измерения уровня жидкостей и сыпучих материалов. Общие технические требования и методы испытаний

ГОСТ 8.321-2013 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Уровнемеры промышленного применения. Методика поверки

ГОСТ 8.477-82 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений уровня жидкости

ГОСТ 12.0.004-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

Приказ Минпромторга России №1815 от 02 июля 2015 года «Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке»

Р 50.2.077-2014 ГСИ. Испытания средств измерений в целях утверждения типа. Проверка защиты программного обеспечения

РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения

Примечание — При пользовании настоящей методикой целесообразно проверить действие ссылочных нормативных документов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3. Термины, определения и обозначения

В настоящей методике применены термины по ГОСТ 8.321 и РМГ 29

4. Операции поверки

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

Таблица 1 — Операции, выполняемые при поверке

| Операции поверки | Пункт | Вид поверки | |
|---|-------|-------------|---------------|
| | | первичная | периодическая |
| Внешний осмотр | 9.1 | Да | Да |
| Опробование: | 9.2 | | |
| - идентификация программного обеспечения | 9.2.1 | Да | Да |
| - проверка функционирования уровнемера | 9.2.2 | Да | Да |
| Определение метрологических характеристик: | 9.3 | | |
| - поверка в лабораторных условиях (полный демонтаж) | 9.3.1 | Да | Да |
| - поверка без демонтажа | 9.3.2 | Нет | Да |

5. Средства поверки

При проведении поверки применяются следующие эталонные средства измерений:

- установки уровнемерные 2-го разряда по ГОСТ 8.477-82 с непосредственным изменением уровня жидкости или имитатором уровня с диапазоном измерений равным диапазону поверяемого уровнемера и пределами допускаемой погрешности в соотношении 1/3 к поверяемому уровнемеру;
- дальномер лазерный GLM 50 Professional (регистрационный номер 50858-12);
- рулетка измерительная металлическая с грузом по ГОСТ 7502-98 класса точности 2 с диапазоном измерений равным диапазону поверяемого уровнемера, погрешностью $\pm(0,3+0,15(L-1))$ мм, где L – число полных и не полных метров в отрезке;
- миллиамперметр с диапазоном измерений постоянного тока от 4 до 20 мА, с пределами допускаемой абсолютной погрешности ± 15 мкА;

Допускается применение других средств поверки с характеристиками, отвечающими вышеуказанным требованиям.

Все средства поверки должны иметь действующие свидетельства о поверке или свидетельства об аттестации в качестве эталона.

6. Требования безопасности и требования к квалификации поверителей

При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на средства поверки и поверяемого уровнемера. Лица, проводящие поверку должны пройти инструктаж по технике безопасности согласно ГОСТ 12.0.004.

Все работы по монтажу и демонтажу уровнемеров уровня выполняют при неработающей поверочной установке. Перед монтажом должна быть проверена исправность заземления, разъемных соединений, кабелей связи и питания.

Конструкция соединительных элементов уровнемеров уровня и поверочной установки должна обеспечивать надежность крепления уровнемера и фиксацию его положения в течение всего цикла поверки.

Поверку должны осуществлять специалисты организаций, аккредитованных на право поверки, изучившие эксплуатационную документацию на поверяемый уровнемер и инструкцию по технике безопасности. К проведению измерений при поверке и обработке результатов измерений допускают лиц, аттестованных в качестве поверителей, и изучивших настоящую методику, а также специально обученных лиц, работающих под руководством поверителей.

7. Условия поверки

При проведении поверки в лабораторных условиях (при полном демонтаже) уровнемера должны быть соблюдены следующие условия:

| | |
|--|------------------|
| - температура окружающего воздуха и поверочной среды (при поверке на установке с непосредственным изменением уровня жидкости), °С | от 15 до 25 |
| -относительная влажность воздуха, % | от 30 до 80 |
| -атмосферное давление, кПа | от 84,0 до 106,7 |
| -разность температур окружающего воздуха и поверочной среды (при поверке на установке с непосредственным изменением уровня жидкости), не более, °С | 5 |

Температура вдоль пути распространения звуковых колебаний должна быть постоянной. В помещении не должно быть сквозняков и сильных конвекционных воздушных потоков.

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 80 |
| -атмосферное давление, кПа | от 84,0 до 106,7 |

Должны отсутствовать источники вибрации, магнитных и электрических полей, влияющие на работу уровнемера.

8. Подготовка к поверке

8.1 Перед проведением первичной поверки выполняют следующие подготовительные работы:

Если уровнемер поверяется на поверочной установке с непосредственным изменением уровня жидкости (рис. 1) или на поверочной установке с имитатором уровня, то его монтаж производится в соответствии с руководством по эксплуатации установки.

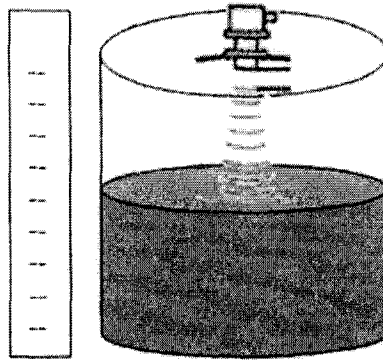


Рисунок 1 - Поверка уровнемера на поверочной установке с непосредственным изменением уровня жидкости

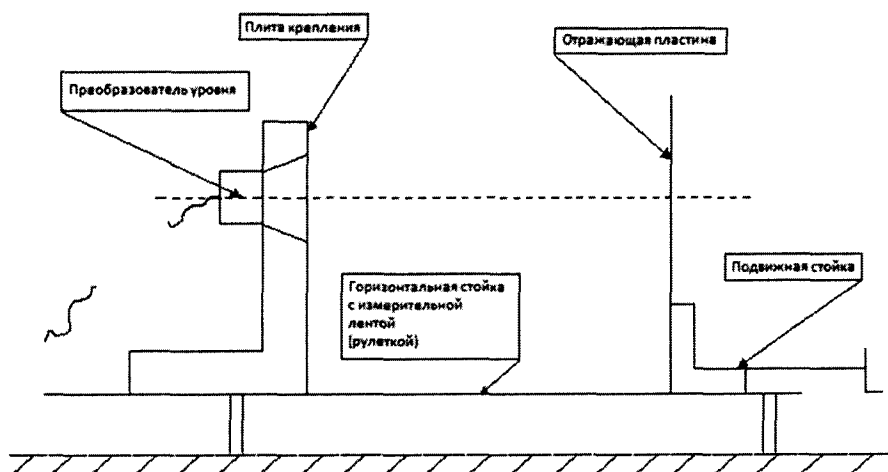


Рисунок 2 - Поверка уровнемера с помощью лазерного дальномера и отражающей поверхности

Если уровнемер поверяется с помощью лазерного дальномера, то его монтируют на специальной подставке (рис. 2). В качестве имитатора поверхности измеряемой среды,

должна использоваться отражающая поверхность, выполненная из металла (стали, дюраля или латуни), либо дерева размером не менее 800x800 мм. Угол между плоскостью отражающей поверхности и осью излучения уровнемера должен быть $90 \pm 2^\circ$.

Перед проведением работ по поверке выдержать уровнемер во включенном состоянии при номинальном напряжении в течение 1 часа. Проверить установленные параметры согласно эксплуатационной документации.

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 с помощью рулетки с грузом необходимо:

- остановить технологический процесс в резервуарном парке и обеспечить перекачку измеряемой жидкости из одной емкости в другую;
- произвести отстой измеряемой жидкости в емкости не менее 2 ч.

9. Проведение поверки

9.1 Внешний осмотр

Внешний осмотр проводится визуально.

При внешнем осмотре необходимо установить соответствие уровнемера следующим требованиям.

- комплектность уровнемера должна соответствовать требованиям эксплуатационной документации фирмы-изготовителя;
- должны отсутствовать механические повреждения и дефекты, влияющие на правильность функционирования и метрологические характеристики уровнемера, а также препятствующие проведению поверки.

9.2 Опробование

9.2.1. Идентификация программного обеспечения (ПО).

Результат считают положительным, если идентификационные данные (номер версии ПО), появляющиеся на показывающем устройстве уровнемера при включении последнего, соответствует указанным в таблице 2.

Таблица 2 - Идентификационные данные программного обеспечения

| | |
|---|---|
| Идентификационные данные (признаки) | |
| Идентификационное наименование ПО | LU150/LU180 |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО | FW Version 9.12 или выше Revision 1.31.20 или выше HW Version 1.00.00-00 или выше |
| Цифровой идентификатор ПО | LU1X0 FFT |

9.2.2. Проверка функционирования уровнемера.

При опробовании проверяется функционирование уровнемера. Для этого увеличивается и уменьшается расстояние между уровнемером и отражающей поверхностью, имитирующей уровень, либо при изменении уровня жидкости, при поверке на поверочной установке с непосредственным изменением уровня жидкости. Результат считают положительным если, при этом значения уровня выводимые на показывающее устройство уровнемера, либо передаваемые по цифровому протоколу HART на экран монитора подключенного компьютера, либо значения токового выхода 4-20 мА равномерно увеличиваются и уменьшаются в зависимости от направления перемещения жидкости, отражающей поверхности. Данную операцию проводят на всем диапазоне измерений поверяемого уровнемера.

9.3 Определение метрологических характеристик

9.3.1 При первичной поверке и при периодической поверке с полным демонтажем

9.3.1.1 Определение основной приведенной погрешности измерений уровня уровнемером осуществляется с помощью уровнемерной установки, либо имитатора уровня и эталонного лазерного дальномера.

Основная приведенная погрешность определяется при повышении или понижении уровня жидкости (или путем перемещения имитатора уровня вдоль оси распространения ультразвукового сигнала).

Определение основной приведенной погрешности измерений уровня проводится следующим образом. Задается пять проверяемых точек, равномерно распределенных по всему диапазону измерений уровня:

$$H_n; 0,25H_n; 0,5H_n; 0,75H_n; H_n,$$

где H_n , H_n – значение нижнего и верхнего пределов диапазона измерений уровня поверяемого уровнемера согласно эксплуатационной документации.

Основная приведенная погрешность определяется при прямом и обратном ходе, т.е. при повышении или понижении уровня жидкости (или путем перемещении имитатора уровня вдоль оси распространения ультразвукового сигнала).

В процессе поверки жидкость (имитатор уровня) устанавливается на требуемое значение уровня. После этого одновременно снимаются показания испытываемого уровнемера и эталона.

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

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

$$\overline{H}_j = \frac{\sum_{i=1}^n H_{ij}}{n}, \quad (1)$$

где H_{ij} – i -тое значение уровня измеренное уровнемером в j -той точке (отображаемое на экране показывающего устройства уровнемера), мм;

n – число измерений.

Основную приведенную погрешность измерений уровня в каждой испытываемой точке определяют по формуле:

$$\gamma = \frac{\overline{H}_j - H_{эj}}{H_{\max}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $H_{эj}$ – значение уровня, измеренное с помощью эталона в j -той точке, мм;

H_{\max} – верхнее значение диапазона измерений уровня уровнемером, мм.

Уровень считается выдержавшим испытание, если значение приведенной погрешности измерений уровня, выраженной по отношению к верхнему пределу диапазона измерений уровня, не превышает значений $\pm 0,25\%$.

9.3.1.2 Определение дополнительной приведенной погрешности преобразования значения уровня в стандартный токовый выходной сигнал производится при использовании миллиамперметра для измерения выходного токового сигнала уровнемера (4-20 мА).

Уровень жидкости в уровнемерной установке или имитатор уровня устанавливается поочередно в пяти равномерно распределенных точках на всем диапазоне измерений уровнемера. При этом измеряется эталонное значение уровня в миллиметрах. Далее определяется расчетное значение токового сигнала соответствующего данной точке:

- при настройке уровнемера в режим измерения дистанции по формуле:

$$I_p = 20 - \frac{(H_{max} - H_э) \times 16}{(H_{max} - H_{min})}, \quad (3)$$

где

H_{min} , H_{max} – минимальное и максимальное значение диапазона измерений уровня (значение в миллиметрах точек уровнемера настроенных на выходные сигналы 4 мА и 20 мА соответственно), мм;

- при настройке уровнемера в режим измерения уровня по формуле:

$$I_p = 4 + \frac{(H_э - H_{min}) \times 16}{(H_{max} - H_{min})}, \quad (4)$$

По миллиамперметру снимается значение по токовому выходу уровнемера соответствующее текущей точке уровня I_i не менее 3-х значений и по формуле 5 определяется среднее значение тока для данной точки.

$$\bar{I}_y = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n}, \quad (5)$$

где

I_i – значение токового выходного сигнала уровнемера измеренное миллиамперметром, в мА.

Определение дополнительной приведенной погрешности преобразования значения уровня в стандартный токовый выходной сигнал производится по формуле:

$$\gamma_y = \frac{(\bar{I}_y - I_p)}{16} \cdot 100\% \quad (6)$$

Для ускорения процесса, данное испытание допускается проводить во время выполнения испытаний по п. 4.4 данной программы.

Уровень считается выдержавшим испытание, если значение приведенной погрешности преобразования значения уровня в стандартный токовый выходной сигнал, выраженной по отношению к диапазону выходного токового сигнала, не превышает значений $\pm 0,25\%$.

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

Допускается проводить периодическую поверку уровнемеров уровня 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.

Порядок поверки следующий.

Уровнемер подготавливаются к поверке согласно п. 8 настоящей методики.

Включить поверяемый уровнемер 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).

Поправка ΔH_0 , мм, определяется по формуле:

$$\Delta H_0 = H_0^n - H_0^3 \quad (7)$$

где H_0^n - показания проверяемого уровнемера, 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:

$$H_3 = H_6 \cdot [1 + \alpha_{ст} \cdot (T_B^Г - T_B^П)] - \frac{\sum_{i=1}^m H_{ji}^Г}{m} \cdot [1 + \alpha_s \cdot (20 - T_B^Г)] \quad (8)$$

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

$$H_y = H_{пуj} - \Delta H_0 \quad (9)$$

где $H_{пуj}$ - показание поверяемого уровнемера, мм

ΔH_0 - поправка на несоответствие показаний поверяемого уровнемера и эталонной измерительной рулетки, найденная по формуле (7).

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 $H_э$, мм, вычислить по формуле:

$$H_э = H_б \cdot [1 + \alpha_{ст} \cdot (T_B^\Gamma - T_B^\Pi)] - \frac{\sum_{i=1}^m H_{ji}^\Gamma}{m} \cdot [1 + \alpha_s \cdot (20 - T_B^\Gamma)] \quad (10)$$

Определение основной приведенной погрешности измерений уровня производится по формуле 2.

При использовании выходного токового сигнала уровнемера (4-20 мА), значение измеряемого уровня вычисляют по формуле 6.

Результаты поверки считаются положительными, если значение приведенной погрешности измерений уровня, выраженной по отношению к верхнему пределу диапазона измерений уровня, не превышает значений $\pm 0,25$;

если значение приведенной погрешности преобразования значения уровня в стандартный токовый выходной сигнал, выраженной по отношению к диапазону выходного токового сигнала, не превышает значений $\pm 0,25$.

10. Оформление результатов поверки

10.1. Результаты поверки оформляют протоколом поверки, рекомендуемая форма которого приведена в Приложении А.

10.2. Положительные результаты первичной/периодической поверки оформляют свидетельством о поверке на уровнемер в соответствии с Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 №1815. Знак поверки наносится в паспорт и (или) на свидетельство о поверке, а также на лицевую пластиковую панель корпуса уровнемера.

10.3. При отрицательных результатах первичной поверки уровнемер считают непригодным к применению и в эксплуатацию не допускают.

При отрицательных результатах периодической поверки уровнемер считают непригодным к применению и оформляют извещение о непригодности уровнемера с указанием причин в соответствии с Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 №1815.

Начальник отдела 208
ФГУП «ВНИИМС»



Б.А. Иполитов

Инженер отдела 208
ФГУП «ВНИИМС»



Д.Ю. Семенюк

Приложение А

Протокол поверки (рекомендуемая форма)

Уровнемер ультразвуковой SITRANS LU _____

Заводской номер уровнемера _____

Дата поверки _____

Диапазон измерений уровня _____

Средства поверки _____
(Наименование средства поверки, заводской номер и погрешность, сведения о поверке)

Условия проведения поверки:

Температура окружающего воздуха _____

Относительная влажность воздуха _____

Атмосферное давление _____

Результаты поверки

1 Внешний осмотр: _____

2 Опробование:

2.1 Идентификация программного обеспечения (ПО).

Получены идентификационные данные ПО уровнемеров уровня (см. таблицу 1).

Таблица 1.

| Идентификационные данные (признаки) | Значение |
|---|----------|
| Идентификационное наименование ПО | |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО | |
| Цифровой идентификатор ПО | |

2.2 Проверка функционирования уровнемера _____

3 Определение погрешности измерений уровня (прямой ход / обратный ход)

| точка | $H_э$, мм | H_i , мм | \bar{H} , мм | γ , % | I_i , мА | H_i , мм | \bar{H} , мм | γ , % |
|------------|------------|------------|----------------|--------------|------------|------------|----------------|--------------|
| H_n | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| $0,25 H_э$ | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| $0,5 H_э$ | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| $0,75 H_э$ | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| $H_э$ | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| Аналоговый токовый выход 4-20 мА | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|------------------|------------|----------------|--------------|------------------|------------|----------------|
| Точка | H_s , мм | Прямой ход | | | | Обратный ход | | | |
| | | I_i , мА | \bar{I}_y , мА | I_p , мА | γ_y , % | I_i , мА | \bar{I}_y , мА | I_p , мА | γ_y , % |
| <i>Hн</i> | | | | | | | | | |
| ... | | | | | | | | | |
| ... | | | | | | | | | |
| ... | | | | | | | | | |
| <i>Hв</i> | | | | | | | | | |

Результат поверки: пригоден/ не пригоден

Поверитель _____ / _____
(подпись)