

СОГЛАСОВАНО

Заместитель руководителя ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»



В.А. Лапшинов

« 20 » октября 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Уровнемеры микроимпульсные AVANTEK 7100

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-652/07-2023

г. Чехов, 2023 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на уровнемеры микроимпульсные AVANTEK 7100 (далее – уровнемеры), используемые в качестве рабочих средств измерений и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

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

1.3 Реализация данной методики обеспечивает метрологическую прослеживаемость уровнемеров к Государственному первичному эталону единицы длины (уровня) – метра ГЭТ 2-2021, в соответствии с Государственной поверочной схемой (далее – ГПС) для средств измерений (далее – СИ) уровня жидкости и сыпучих материалов, согласно Приказу Росстандарта от 30.12.2019 № 3459.

1.4 На основании письменного заявления владельца уровнемера или лица, представившего уровнемер на поверку, оформленного в произвольной форме, допускается проведение поверки уровнемера только по цифровому индикатору или цифровому выходному сигналу с обязательным указанием объема проведенной поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – ФИФОЕИ).

1.5 Уровнемеры до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежат первичной поверке, в процессе эксплуатации – периодической поверке.

1.6 Метрологические характеристики уровнемера определяют методом прямых измерений или методом непосредственного сличения с рабочими эталонами.

2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Обязательность проведения операции при поверке		Номер пункта методики поверки
	первичной*)	периодической	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	7
Контроль условий поверки	да	да	8.1
Подготовка к поверке и опробование СИ	да	да	8
Проверка программного обеспечения СИ	да	да	9

Окончание таблицы 1

Наименование операции	Обязательность проведения операции при поверке		Номер пункта методики поверки
	первичной ¹⁾	периодической	
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям: – определение основной абсолютной погрешности измерений уровня ²⁾ и уровня ²⁾ раздела жидких сред по цифровому индикатору или цифровому выходному сигналу: – при полном демонтаже СИ с применением эталонной установки – без демонтажа СИ на месте эксплуатации: – с применением эталонного уровнемера – с применением рулетки измерительной с грузом – определение основной приведенной погрешности воспроизведения токового выходного сигнала от 4 до 20 мА – определение вариации показаний измерений уровня ²⁾ и уровня ²⁾ раздела жидких сред	-	-	10.1
	да	да	10.1.1
	нет	да	10.1.2.1
	нет	да	10.1.2.2
	да	да	10.2
	да	нет	10.3
Оформление результатов поверки	да	да	11
¹⁾ До ввода в эксплуатацию и после ремонта; ²⁾ Расстояние от начала отсчета уровнемера до измеряемой (контролируемой) поверхности продукта (среды).			

2.2. Определение метрологических характеристик уровнемера при первичной поверке проводят при полном демонтаже уровнемера, при периодической поверке – при полном демонтаже, или без демонтажа на месте эксплуатации.

2.3. Определение абсолютной погрешности измерений уровня (расстояния до поверхности продукта) по цифровому сигналу без демонтажа на месте эксплуатации проводят с помощью эталонного уровнемера или рулетки измерительной. Определение абсолютной погрешности измерений уровня раздела жидких сред (расстояния до границы раздела жидкостей) без демонтажа на месте эксплуатации проводят с помощью рулетки измерительной.

2.4. Определение метрологических характеристик уровнемеров, предназначенные для сыпучих материалов проводят только при полном демонтаже.

2.5 При получении отрицательного результата в процессе выполнения любой из операций поверки, поверку приостанавливают до устранения недостатков, выявленных при проведении поверки. После устранения недостатков, вызвавших отрицательный результат, поверку продолжают.

2.6 При невозможности устранения недостатков, уровнемер признают непригодным к применению и эксплуатации по назначению. На уровнемер оформляют извещение о непригодности в соответствии с Порядком проведения поверки, установленным нормативно-правовыми актами в области обеспечения единства измерений.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки в лаборатории соблюдают следующие условия:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| – температура окружающего воздуха, °С | от 10 до 30 |
| – относительная влажность воздуха, % | не более 80 |
| – атмосферное давление, кПа | от 84,0 до 106,7 |

3.2 В помещении не должно быть сквозняков и сильных конвекционных воздушных потоков. Вибрация, тряска, удары, магнитные поля (кроме магнитного поля Земли), влияющие на работу уровнемера должны отсутствовать.

Примечание – при поверке уровнемеров с применением эталонной установки и поверке на месте эксплуатации должны соблюдаться следующие условия:

- считывание показаний уровнемера проводят после выдержки в течение времени, достаточном для исключения влияния возмущений на результат измерений;
- изменение уровня должно быть плавным.

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

- | | |
|--|------------------|
| – температура окружающего воздуха и поверочной среды, °С | от 5 до 35 |
| – относительная влажность воздуха, % | не более 80 |
| – атмосферное давление, кПа | от 84,0 до 106,7 |

Примечание – при поверке уровнемеров по месту эксплуатации должны также соблюдаться следующие условия:

- среда, где установлены уровнемеры, соответствует требованиям эксплуатационной документации на уровнемеры, и измеряемый продукт допускает разгерметизацию меры вместимости;
- измеряемый продукт не является токсичным, опасным и кипящим при атмосферном давлении и температуре окружающей среды, в мере вместимости отсутствует избыточное давление;
- перемешивающее устройство в резервуаре (при его наличии) отключено;
- поверхность измеряемого продукта должна быть спокойной;

3.4 При поверке электрическое питание уровнемера осуществлять напряжением, соответствующим диапазону напряжений питаний, указанному в его эксплуатационной документации.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, ознакомившиеся с настоящей методикой поверки и с эксплуатационной документацией на уровнемеры и средства поверки и работающие в организации, аккредитованной на право проведения поверки средств измерений.

4.2 Поверители обязаны иметь профессиональную подготовку и опыт работы с уровнемерами, а также обязаны знать требования настоящей методики и прошедшие инструктаж по технике безопасности в установленном порядке.

4.3 Для проведения поверки уровнемера достаточно одного поверителя.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.п. 7 – 10	<p>Средство измерений температуры окружающей среды с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ °С</p> <p>Средство измерений относительной влажности окружающей среды с пределами допускаемой абсолютной погрешности ± 3 %</p> <p>Средство измерений атмосферного давления с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ кПа</p>	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 М 5-Д (регистрационный № 71394-18 в ФИФОЕИ)
п.п. 10.1.1, 10.3	<p>Уровнемерная установка: верхний предел диапазона измерений не менее верхнего предела диапазона измерений поверяемого уровнемера, пределы допускаемой абсолютной погрешности не менее чем в три раза меньше, чем у поверяемого уровнемера (Рабочий эталон 1-го разряда из Части 1 ГПС для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов, согласно Приказу Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3459)</p>	Стенд для поверки и калибровки средств измерений уровня, модификация ЭЛМЕТРО СПУ (регистрационный № 56506-14 в ФИФОЕИ)
п.п. 10.1.1, 10.3	<p>Средство измерений длины: верхний предел диапазона измерений не менее верхнего предела диапазона измерений поверяемого уровнемера, пределы допускаемой абсолютной погрешности не менее чем в три раза меньше, чем у поверяемого уровнемера (Рабочий эталон единицы длины 3 разряда из Части 2 ГПС для средств измерений длины и длин волн, согласно Приказу Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2840)</p>	Лента измерительная 3 разряда
п. 10.1.2.1	<p>Эталонный уровнемер: с диапазоном измерений от 0,8 до 30 м, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ± 1 мм (Рабочий эталон 2-го разряда из Части 1 ГПС для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов, согласно Приказу Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3459)</p>	Уровнемер радарный Rosemount 5900S (регистрационный № 50131-12 в ФИФОЕИ)

Окончание таблицы 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.п. 10.1.1, 10.1.2.2, 10.3	Рулетка измерительная металлическая по ГОСТ 7502–98: диапазон измерений не менее диапазона измерений поверяемого уровнемера, класс точности 2 (Рабочий эталон 2-го разряда из Части 1 ГПС для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов, согласно Приказу Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3459)	Рулетка измерительная металлическая Р50Н2Г (регистрационный № 60606-15 в ФИФОЕИ)
п. 10.2	Средство измерений силы постоянного тока в диапазоне от 4 до 20 мА, пределы допускаемой приведенной погрешности $\pm 7,5$ мкА (Рабочий эталон 2-го разряда в соответствии ГПС СИ силы постоянного тока, согласно Приказу Росстандарта от 01.10.2018 г. № 2091)	Мультиметр 3458А (регистрационный № 25900-03 в ФИФОЕИ)
п. 10	HART- коммуникатор или преобразователь цифрового сигнала по интерфейсу RS485 с персональным компьютером (далее – ПЭВМ) с установленным программным обеспечением.	–
<p>Примечания</p> <p>1. Допускается использование средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.</p> <p>2. Средства измерений, применяемые при поверке, должны быть зарегистрированы в ФИФОЕИ, утвержденного типа, поверены в соответствии с порядком, утвержденным законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений, и допущены к применению.</p> <p>3. Эталоны единиц величин, применяемые при поверке, должны быть аттестованы в соответствии с порядком, утвержденным законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений и утверждены приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.</p>		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться требования:

- правил технической эксплуатации электроустановок потребителей;
- правил безопасности при эксплуатации средств поверки и уровнемера, приведенных в их эксплуатационных документах;
- инструкций по охране труда;
- 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;
- монтаж электрических соединений проводят в соответствии с ГОСТ 12.3.032-84 и «Правилами устройства электроустановок» (раздел VII).

ВНИМАНИЕ! Уровнемер при проведении работ во взрывоопасной зоне резервуаров-хранилищ нефтепродуктов должен быть подключен к схеме проверки через соответствующий барьер (блок) искрозащиты.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре проверяют:

- внешний вид и комплектность уровнемера;
- отсутствие механических повреждений уровнемера, препятствующих применению уровнемера;
- четкость надписей и обозначений.

7.2 Результаты поверки по п. 7 считают положительными, если:

- внешний вид и комплектность уровнемера соответствуют описанию типа и эксплуатационным документам уровнемера;
- механические повреждения, препятствующие применению уровнемера, отсутствуют;
- отсутствуют дефекты, препятствующие чтению надписей, маркировки с таблички на корпусе уровнемера.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

Перед проведением работ средство измерений и средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них и в условиях, приведённых п. 3.

8.2 Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные операции:

- изучают эксплуатационные документы уровнемера и средств поверки, настоящую методику поверки;
- средства поверки и уровнемер подготавливают к работе в соответствии с эксплуатационными документами;
- к выходному каналу уровнемера подключают калибратор;
- контролируют фактические условия поверки в соответствии с п. 8.1 поверки.
- перед определением метрологических характеристик необходима выдержка уровнемера не менее 10 мин при включенном напряжении питания.
- при поверке с применением эталонной установки:
 - уровнемер подготавливают к работе и при необходимости перед проведением поверки осуществляется настройка (в т.ч. проводится корректировка нулевой отметки уровнемера) в соответствии с технической документацией на них;
 - уровнемер устанавливают и крепят на установке;
 - средства измерений и уровнемер выдерживают в условиях, указанных п. 3, не менее двух часов.

Примечание - Допускается сокращение времени выдержки до 15 минут если уровнемер до начала поверки находился с эталонами в одном помещении, удовлетворяющем условиям проведения поверки.

- при поверке на месте эксплуатации с применением рулетки измерительной с грузом:
 - проверяют исправность рулетки;
 - протирают шкалу рулетки насухо;
 - наносят слой бензочувствительной / водочувствительной пасты (при необходимости) на участок шкалы рулетки измерительной, в пределах которого будет находиться контрольная отметка.
- при поверке на месте эксплуатации с применением эталонного уровнемера:
 - подготавливают эталонный уровнемер в соответствии с эксплуатационной документацией и устанавливают на резервуар;
 - проводят корректировку нулевой отметки согласно эксплуатационной документации на уровнемер.

8.3 При опробовании проверяют работоспособность уровнемера.

Установить и подключить уровнемер к средствам измерений и оборудованию в соответствии с эксплуатационными документами. Подать на уровнемер электропитание.

Опробование проводить на уровнемерной установке (в лабораторных условиях симитировать изменение уровня или уровня раздела сред) или на объекте эксплуатации (изменяя уровень или уровень раздела сред), при этом показания уровнемера должны изменяться при повышении (увеличении) или понижении (уменьшении) расстояния от начала отсчёта уровнемера в пределах возможных диапазонах до поверхности продукта или имитатора уровня. Показания уровнемера при этом должны изменяться соответствующим образом.

Примечание - Опробование допускается совмещать с проверкой метрологических характеристик уровнемера.

8.4 Результаты поверки по п. 8 считают положительными при выполнении требований, изложенных в п.п. 8.1 – 8.3.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 В качестве идентификатора программного обеспечения средства измерений (далее - ПО) принимается идентификационный номер ПО.

Методика проверки идентификационного номера ПО уровнемера заключается в установлении номера версии ПО прибора, который можно определить при помощи инструментов настройки, например, HART-коммуникатора, цифрового индикатора (при его наличии) или преобразователя интерфейса RS485 с ПЭВМ (с установленным внешним программным обеспечением).

Фиксируют идентификационный номер версии ПО уровнемера в соответствии с эксплуатационной документацией.

При наличии индикатора версия ПО отображается на дисплее индикатора в меню «Информация о системе» → «Версия ПО».

9.2 Результаты поверки по п. 9 считают положительными, если идентификационный номер версии ПО уровнемера соответствуют значению (в части идентификации метрологически значимой части ПО), указанному в описании типа уровнемера.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение основной абсолютной погрешности измерений уровня (расстояния до поверхности продукта) и уровня раздела жидких сред (расстояния до границы раздела жидкостей) по цифровому индикатору или цифровому выходному сигналу

При проверке метрологических характеристик уровнемера значения уровня (т. е. расстояния от начала отсчета уровнемера до измеряемой (контролируемой) поверхности продукта (среды) или имитатора поверхности, или границы раздела жидких сред), считываются с устройства, поддерживающего соответствующие протоколы или с индикатора (при его наличии).

10.1.1 Определение абсолютной погрешности измерений уровня (расстояния до поверхности продукта) и уровня раздела жидких сред (расстояния до границы раздела жидкостей) по цифровому индикатору или цифровому выходному сигналу при полном демонтаже.

10.1.1.1 Определение основной абсолютной погрешности измерений уровня (расстояния до поверхности продукта) или уровня раздела жидких сред (расстояния до границы раздела жидкостей) проводят по всему диапазону измерений уровнемера, соответствующему его исполнению и условиям эксплуатации, (информация о диапазоне измерения указана в паспорте уровнемера, так же информацию о диапазоне измерений уровнемера можно считать из памяти электронного преобразователя уровнемера по цифровому протоколу с помощью полевого коммуникатора проводной связи с протоколами передачи данных HART и/или цифрового сигнала по интерфейсу RS-485).

10.1.1.2 Основная абсолютная погрешность измерений уровня или уровня границы раздела жидких сред определяется при прямом и обратном ходе, т.е. при повышении (увеличении) или понижении (уменьшении) расстояния от начала отсчёта уровнемера (нулевой точки) до поверхности продукта или имитатора уровня.

10.1.1.3 Определение абсолютной погрешности измерений расстояния до поверхности продукта (уровня) по цифровому индикатору или цифровому выходному сигналу проводят в пяти контрольных точках ($j = 1, 2, 3, 4, 5$), соответствующих 0, 25, 50, 75, 100 % (для уровнемеров со стержневым и тросовым чувствительным элементом (далее – ЧЭ)) или 0–5, 20–25, 45–50, 75–80, 95–100 % (для уровнемеров с коаксиальным ЧЭ) диапазона измерений в соответствии с п. 10.1.1.1. Для уровнемеров, длина чувствительного элемента которых не позволяет провести проверку в точках контроля 75 %, 50 % и 25 %, проверку проводить в возможных промежуточных точках диапазона измерений.

Примечание – Допускается отклонение выбранной точки на ± 100 мм относительно рассчитанного значения. Соответственно для точки L_{\min} допускается отклонение на +100 мм, а для точки L_{\max} на –100 мм. (где L_{\max} , L_{\min} – максимальное и минимальное значения диапазона измерений уровня соответственно, мм.).

10.1.1.4 Определение абсолютной погрешности измерений уровня раздела жидких сред (расстояния до границы раздела жидкостей) по цифровому индикатору или цифровому выходному сигналу проводят в пяти контрольных точках ($j = 1, 2, 3, 4, 5$), соответствующих 0–5, 20–25, 45–50, 75–80, 95–100 % диапазона измерений в соответствии с п. 10.1.1.1. Для уровнемеров, длина чувствительного элемента которых не позволяет провести проверку в точках контроля 20–25, 45–50, 75–80, %, проверку проводить в возможных промежуточных точках диапазона измерений. Для уровнемера с коаксиальным ЧЭ первая контрольная точка задается в отверстии ЧЭ на расстоянии не менее 100 мм от первого отверстия ЧЭ находящегося предельно близко к началу отсчёта уровнемера (нулевой точки), остальные контрольные точки определяются равномерно в диапазоне от значения первой контрольной до максимального значения диапазона измерения.

10.1.1.5 При работе на установке, задающей уровень имитационным способом, уровнемер со стержневым и тросовым ЧЭ устанавливают на установку в соответствии с эксплуатационной документацией на уровнемер и установку, при этом совмещают начало отсчёта уровнемера с началом отсчёта установки или корректируют значение задаваемого установкой уровня на значение разности начал отсчёта уровнемера (нулевой точки) и установки. При определении погрешности измерений уровня границы раздела сред устанавливают дополнительный имитатор уровня на расстоянии не менее 100 мм до контрольных точек от нулевой точки внутри диапазона измерений.

10.1.1.6 При проверке уровнемера с коаксиальным ЧЭ в качестве имитатора уровня используют металлический штифт (далее – замыкатель), устанавливаемый в отверстия коаксиального ЧЭ до касания с внутренним стержнем, при этом штифт должен соприкасаться с наружной трубой. При определении погрешности измерений уровня границы раздела сред имитационным способом устанавливают дополнительный замыкатель в отверстия коаксиального ЧЭ на расстоянии не менее 100 мм до контрольных точек от нулевой точки внутри диапазона измерений.

10.1.1.7 При работе на установке, задающей уровень до поверхности продукта или имитатора поверхности, уровнемеры устанавливают в соответствии с эксплуатационной документацией на установку. Необходимые по п. 10.1.1.3 контрольные точки устанавливают изменением уровня до поверхности продукта или имитатора поверхности. При определении погрешности измерений уровня границы раздела сред выполняют в соответствии с эксплуатационной документацией на установку, необходимые по п. 10.1.1.4 контрольные точки устанавливают изменением уровня раздела сред, где толщина слоя верхнего продукта должна быть не менее 100 мм. Расстояние между поверхностью продукта и началом отсчёта уровнемера определяют с помощью рулетки с грузом.

10.1.1.8 В нулевой контрольной точке ($j = 0$), значение уровня (расстояния до поверхности продукта) или уровня раздела жидких сред (расстояния до границы раздела жидкостей) в которой выбирается произвольно внутри диапазона измерений и не должно соответствовать значениям в других контрольных точках, определяют поправку на несоответствие показаний уровнемера и средства поверки.

10.1.1.9 Поправку на несоответствие показаний уровнемера и средства поверки ΔL_0 , мм, вычисляют по формуле (1).

$$\Delta L_0 = L_0 - L_0^3, \quad (1)$$

где L_0 – значение уровня / уровня раздела сред (расстояния), измеренное уровнемером в нулевой контрольной точке;

L_0^3 – значение уровня / уровня раздела сред (расстояния) по показаниям средства поверки в нулевой контрольной точке, мм.

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

10.1.1.11 За результат измерений в каждой поверяемой точке принимается среднее арифметическое значение результатов измерений, определяемое по формуле (2).

$$L_j = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} \quad (2)$$

где L_i – значение уровня / уровня раздела сред, передаваемое уровнемером на экран подключенного устройства, либо отображаемое на встроенном цифровом индикаторе, мм;

n – число измерений.

10.1.1.12 В каждой j -ой контрольной точке вычисляют абсолютную погрешность Δ_j , мм, по формуле (3).

$$\Delta_j = L_j - L_j^3 - \Delta L_0, \quad (3)$$

где L_j – значение уровня / уровня раздела сред (расстояния) по показаниям уровнемера в j -ой контрольной точке, мм;

L_j^3 – значение уровня / уровня раздела сред (расстояния) по показаниям средства поверки в j -ой контрольной точке, мм.

10.1.1.13 Результаты поверки по п. 10.1.1 считают положительными, если значение абсолютной погрешности по цифровому индикатору или цифровому выходному сигналу в каждой контрольной точке не выходит за пределы, указанные в Приложение А.

10.1.2 Определение абсолютной погрешности измерений уровня (расстояния до поверхности жидкости) и уровня раздела жидких сред (расстояния до границы раздела жидкостей) по цифровому индикатору или цифровому выходному сигналу без демонтажа на месте эксплуатации

10.1.2.1 Определение абсолютной погрешности измерений уровня (расстояния до поверхности жидкости) по цифровому индикатору или цифровому выходному сигналу с помощью эталонного уровнемера

10.1.2.1.1 Определение абсолютной погрешности измерений уровня (расстояния до поверхности жидкости) по цифровому сигналу проводят в двух контрольных точках, расположенных в диапазоне от 0,8 м до L_{max} , с разницей не менее трех метров.

10.1.2.1.2 Рассчитывают смещение между нулевой точкой поверяемого уровнемера и нулевой точкой средства поверки ΔL_0 , мм, по формуле (1).

10.1.2.1.3 В каждой j -ой контрольной точке вычисляют абсолютную погрешность Δ_j , мм, по формуле (3).

10.1.2.1.4 Результаты поверки по п. 10.1.2.1 считают положительными, если значение погрешности в каждой контрольной точке не выходит за пределы, указанные в Приложение А.

10.1.2.2 Определение абсолютной погрешности измерений уровня (расстояния до поверхности жидкости) и уровня раздела жидких сред (расстояния до границы раздела жидкостей) с помощью рулетки измерительной

10.1.2.2.1 Определение абсолютной погрешности измерений уровня (расстояния до поверхности жидкости) и уровня раздела жидких сред (расстояния до границы раздела жидкостей) проводят в двух контрольных точках ($j = 1, 2$), расположенных в диапазоне от L_{min} до L_{max} , с разницей не менее трех метров.

10.1.2.2.2 В нулевой контрольной точке ($j = 0$), отличной от контрольных точек ($j = 1, 2$) и расположенной в диапазоне от L_{min} до L_{max} , определяют поправку на несоответствие показаний уровнемера и рулетки.

10.1.2.2.3 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня (расстояния до поверхности жидкости) и уровня раздела жидких сред (расстояния до границы раздела жидкостей) для уровнемера в каждой контрольной точке должны быть не менее чем в три раза больше пределов отклонения общей длины шкалы ленты рулетки измерительной.

10.1.2.2.4 В каждой контрольной точке фиксируют значение уровня, измеренное уровнемером, и не менее пяти раз определяют расстояние до поверхности жидкости или границы раздела жидкостей с помощью рулетки следующим образом:

- на участок шкалы рулетки до 1000 мм наносят слой пасты;
- рулетку опускают через измерительный люк резервуара ниже поверхности жидкости на глубину не более 1000 мм;
- фиксируют показания рулетки по верхнему краю измерительного люка или до риски направляющей планки (верхнее показание);
- поднимают рулетку строго вверх без смещения в стороны до появления над верхним краем измерительного люка смоченной части рулетки и фиксируют показания рулетки (нижнее показание);
- расстояние до поверхности жидкости определяют вычитанием нижнего показания рулетки из верхнего;

– определяют среднее арифметическое значение расстояния до поверхности жидкости или раздела жидкостей L_j^p , мм, по формуле (4).

$$\bar{L}_j^p = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n L_{ji}^p \cdot (1 - \alpha_s \cdot (20 - t_b)), \quad (1)$$

- где
- n – количество измерений расстояния до поверхности жидкости или раздела жидкостей с помощью рулетки (не менее 5);
 - L_{ji}^p – значение расстояния до поверхности жидкости или границы раздела жидкостей, измеренное с помощью рулетки при i -ом измерении в j -ой контрольной точке, мм;
 - α_s – температурный коэффициент линейного расширения рулетки, $1/^\circ\text{C}$;
 - t_b – температура воздуха при измерении высоты газового пространства, $^\circ\text{C}$.

10.1.2.2.5 В каждой контрольной точке рассчитывают расстояния до поверхности жидкости или границы раздела жидкостей, измеренное уровнемером, L_j^y , мм, по формуле (5).

$$L_j^y = L_{\max} - H_j^y, \quad (2)$$

- где
- L_{\max} – значение расстояния от уровнемера до точки, принятой за начало отсчета уровня жидкости или уровня раздела жидкости, мм.
 - H_j^y – значение уровня, измеренное уровнемером, мм.

10.1.2.2.6 В нулевой контрольной точке ($j = 0$) вычисляют поправку на несоответствие показаний уровнемера и рулетки ΔL_0 , мм, по формуле (6).

$$\Delta L_0 = L_0^y - \bar{L}_0^p, \quad (3)$$

- где
- L_0^y – значение расстояния до поверхности жидкости или уровня раздела жидкости, измеренное уровнемером в нулевой контрольной точке мм;
 - \bar{L}_0^p – среднее арифметическое значение расстояния до поверхности жидкости или границы раздела жидкости, измеренное рулеткой в нулевой контрольной точке, мм.

10.1.2.2.7 В каждой контрольной точке (кроме нулевой) вычисляют абсолютную погрешность Δ_j , %, по формуле (7).

$$\Delta_j = L_j^y - \bar{L}_j^p - \Delta L_0. \quad (4)$$

10.1.2.2.8 Результаты поверки по 10.1.2.2 считают положительными, если значение погрешности в каждой контрольной точке не выходит за пределы, указанные в Приложение А.

10.2 Определение основной приведенной погрешности воспроизведения токового выходного сигнала от 4 до 20 мА

Примечание - Определение основной приведенной погрешности воспроизведения выходного токового сигнала от 4 до 20 мА допускается не проводить в соответствии с п. 1.4.

10.2.1.1 Определение основной приведенной погрешности воспроизведения выходного токового сигнала от 4 до 20 мА проводят в одновременно с определением абсолютной погрешности измерений уровня (расстояния до поверхности продукта) или уровня раздела жидких сред (расстояния до границы раздела жидкостей), в тех же контрольных точках.

10.2.1.2 К выходному токовому каналу уровнемера подключают мультиметр (калибратор), установленный в режим измерений токовых сигналов.

10.2.1.3 В каждой контрольной точке вычисляют:

– значение силы постоянного тока на выходном токовом канале уровнемера I_{y_j} , мА, соответствующее измеренному уровнемером расстоянию до поверхности продукта (уровня) или расстояния до границы раздела жидкостей (уровня раздела сред), по формуле (8).

$$I_{y_j} = \frac{16}{(L_{20} - L_4)} \cdot (L_j - L_4) + 4, \quad (8)$$

где L_{20} – значение уровня / уровня раздела сред (расстояния), соответствующее выходному сигналу уровнемера 20 мА, мм;

L_4 – значение уровня / уровня раздела сред (расстояния), соответствующее выходному сигналу уровнемера 4 мА, мм;

L_j – значение уровня / уровня раздела сред (расстояния) по цифровому индикатору или цифровому выходному сигналу уровнемера, мм.

– основную приведенную погрешность γ_{I_j} , %, по формуле (9).

$$\gamma_{I_j} = \frac{I_{y_j} - I_{эT_j}}{16} \cdot 100, \quad (9)$$

где I_{y_j} – значение токового сигнала в j -ой контрольной точке, воспроизводимое уровнемером, мА;

$I_{эT_j}$ – значение токового сигнала в j -ой контрольной точке, измеренное мультиметром (калибратором), мА.

10.2.1.4 Абсолютную погрешность измерений уровня (расстояния до поверхности продукта) или уровня раздела жидких сред (расстояния до границы раздела жидкостей) по токовому выходному сигналу $\Delta_{L_{4-20}}$, мм, вычисляют по формуле (10).

$$\Delta_{L_{4-20}} = \Delta_L + \frac{\gamma_I}{100} \cdot (L_{\max} - L_{\min}), \quad (10)$$

- где Δ_L – абсолютная погрешность измерений уровня (расстояния до поверхности продукта) или уровня раздела жидких сред (расстояния до границы раздела жидкостей) по показаниям цифрового индикатора или цифрового выходного сигнала, мм;
- γ_I – приведенная погрешность воспроизведения выходного токового сигнала от 4 до 20 мА, % диапазона воспроизведения;
- L_{\max} ,
 L_{\min} – максимальное и минимальное значения диапазона уровня (расстояния до поверхности продукта) или уровня раздела жидких сред (расстояния до границы раздела жидкостей) соответственно, мм.

10.2.1.5 Результаты поверки по п. 10.2 считают положительными, если значение погрешности в каждой контрольной точке не выходит за пределы, указанные в Приложение А.

10.3 Определение вариации показаний измерений уровня (расстояния до поверхности продукта) и уровня раздела жидких сред (расстояния до границы раздела жидкостей)

10.3.1.1 Определение вариации измерений уровня и уровня раздела сред определяется в точках контроля допустимой абсолютной погрешности вычитанием значений допустимой абсолютной погрешности в точке контроля при подходе к измеряемой величине со стороны больших и меньших значений.

10.3.1.2 Значение вариации измерений уровня и уровня раздела сред βL_a определяют в трех контрольных точках ($j = 1, 2, 3$), соответствующих 25, 50, 75 % (для уровнемеров со стержневым и тросовым ЧЭ) или 20–25, 45–50, 75–80 % (для уровнемеров с коаксиальным ЧЭ) диапазона измерений при подходе к измеряемой величине со стороны больших и меньших значений. для цифрового выходного сигнала или по цифровому индикатору по формуле (11).

$$\beta L_a = |\Delta L^+ - \Delta L^-| \quad (11)$$

- где ΔL^+ – значение допустимой абсолютной погрешности в точке контроля при подходе к измеряемой величине со стороны больших значений;
- ΔL^- – значение допустимой абсолютной погрешности в точке контроля при подходе к измеряемой величине со стороны меньших значений.

10.3.1.1 Результаты испытаний по п. 10.3 считают положительными, если вариация показаний измерений уровня (расстояния до поверхности продукта) и уровня раздела жидких сред (расстояния до границы раздела жидкостей) не превышает значений допустимой абсолютной погрешности измерений уровня или уровня раздела сред, указанные в Приложение А.

11 Оформление результатов поверки

11.1 При проведении поверки оформляют протокол результатов поверки в свободной форме.

11.2 При положительных результатах поверки уровнемер признают пригодным к применению. Сведения о положительных результатах поверки передают в ФИФОЕИ.

11.3 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдают свидетельство о поверке, на которое наносят знак поверки, а также указывается объем поверки.

11.4 При отрицательных результатах поверки уровнемер признают непригодным к применению. Сведения об отрицательных результатах поверки передают в ФИФОЕИ. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдают извещение о непригодности с указанием основных причин.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
к МП-652/07-2023
(обязательное)

Метрологические требования, которые должны быть подтверждены в результате поверки

Таблица А.1 - Метрологические требования, которые должны быть подтверждены в результате поверки

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений уровня ¹⁾ м ^{2),3)}	от 0,02 до 29,99
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня ¹⁾ по цифровому индикатору или цифровому выходному сигналу, Δ , для моделей: - AVANTEK 7101 ⁴⁾ , мм - AVANTEK 7102 ⁴⁾ , мм - AVANTEK 7103, AVANTEK 7104 ⁴⁾ , мм	$\pm 5, \pm 10;$ $\pm 2^5), \pm 3;$ $\pm 2^5), \pm 3, \pm 5, \pm 10$
Диапазон измерений уровня ¹⁾ раздела жидких сред, м ^{2),3)}	от 0,12 до 29,89
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня ¹⁾ раздела жидких сред ⁷⁾ по цифровому индикатору или цифровому выходному сигналу, Δ , для моделей: - AVANTEK 7101 ⁴⁾ , мм - AVANTEK 7102 ⁴⁾ , мм - AVANTEK 7103, AVANTEK 7104 ⁴⁾ , мм	$\pm 5, \pm 10;$ $\pm 3, \pm 5;$ $\pm 3, \pm 5, \pm 10$
Пределы допускаемой основной приведённой погрешности воспроизведения выходного токового сигнала от 4 до 20 мА, % от диапазона воспроизведения ⁶⁾	$\pm 0,03$
Вариация показаний измерений уровня ¹⁾ и уровня ¹⁾ раздела жидких сред	$\leq \Delta$
<p>¹⁾ Расстояние от начала отсчета уровнемера до измеряемой (контролируемой) поверхности продукта (среды). ²⁾ Указан максимальный диапазон измерений, фактический диапазон измерений указывается в паспорте. ³⁾ В процессе эксплуатации диапазон измерений может быть перенастроен в пределах максимального диапазона измерений с внесением информации в паспорт. ⁴⁾ Фактические значения указывается в паспорте. ⁵⁾ За исключением уровнемеров с коаксиальным зондом. ⁶⁾ При использовании токового выходного сигнала погрешность воспроизведения токового сигнала от 4 до 20 мА приводится к абсолютному виду и алгебраически суммируется с погрешностью измерений уровня¹⁾, погрешностью измерений уровня¹⁾ раздела жидких сред. ⁷⁾ При толщине слоя верхнего продукта не менее 100 мм.</p> <p>Примечания: При поверке уровнемера на месте эксплуатации пределы допускаемой абсолютной погрешности составляют ± 3 мм, но не менее значений, указанных в таблице.</p>	