

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог

ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



Лапшинов В. А.

« 1 » декабря 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Уровнемеры радиоволновые УЛМ-11А1-Т

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-745-2025

Москва
2025

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки (далее – методика) распространяется на уровнемеры радиоволновые УЛМ-11А1-Т (далее – уровнемеры, поверяемое СИ), и устанавливает процедуру первичной и периодической поверки уровнемеров.

Первичной поверке подлежит каждый экземпляр уровнемеров.

Периодической поверке подлежит каждый эксплуатируемый экземпляр через установленные межповерочные интервалы, а также экземпляры, повторно вводимые в эксплуатацию после:

- длительного хранения;
- изменения конфигурации, установленной для применения.

При этом диапазоны измерений поверяемых уровнемеров должны находиться в пределах нижней и верхней границ, указанных в таблице А.1 приложения А. Фактические значения диапазонов измерений, установленные для применения, приведены в паспорте конкретного экземпляра.

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

1.3 Реализация данной методики обеспечивает метрологическую прослеживаемость уровнемеров к Государственному первичному эталону единицы длины (уровня) ГЭТ 2-2021, в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (далее – Росстандарт) № 3459 от 30 декабря 2019 г.

1.4 Метрологические характеристики уровнемеров определяют методом прямых измерений и методом непосредственного сличения с рабочими эталонами.

2 Перечень операций поверки

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

Т а б л и ц а 1 – Перечень операций поверки.

Наименование операции	Обязательность выполнения операции поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.1
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям:			
	– поверка в лабораторных условиях	Да	Да
– поверка без демонтажа на месте эксплуатации	Нет	Да	10.2

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки уровнемеров в лабораторных условиях (при полном демонтаже) должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды от плюс 20 °С до плюс 25 °С;
- относительная влажность воздуха от 30 % до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа.

3.2 Требования к напряжению питания и нагрузке выходных сигналов уровнемера:

- рабочий диапазон напряжения питания постоянного тока от 18 до 36 В;
- стандартное (базовое) напряжение питания постоянного тока 24 В;
- сопротивление нагрузки в цепи аналогового выхода (4-20 мА) для обеспечения работы цифрового протокола HART: не менее 250 Ом.

Перед проведением поверки поверяемые уровнемеры и средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с их ЭД и выдержаны не менее одного часа при постоянной температуре в условиях, приведенных в п. 3.1 настоящей методики.

Примечание – Допускается сокращение времени выдержки до 15 минут при условии, что уровнемеры до начала поверки находились с эталонами в одном помещении, удовлетворяющем условиям проведения поверки.

3.3 Требования к имитатору поверхности продукта.

При проведении поверки в лабораторных условиях в качестве имитатора поверхности продукта используется вспомогательное средство поверки – труба с поршнем, имитирующим отражающую поверхность. Требования к вспомогательному средству (далее – устройство для поверки уровнемеров или имитатор поверхности продукта) указаны в приложении Б.

3.4 При проведении поверки без демонтажа (в условиях эксплуатации) должны соблюдаться следующие условия:

- требования к напряжению питания и нагрузке выходных сигналов уровнемера (по п. 3.2);
- уровнемеры должны быть установлены на резервуарах, оснащенных трубой (в соответствии с требованиями, указанными в эксплуатационной документации на уровнемеры);
- температура окружающего воздуха и поверочной среды должна находиться в диапазоне от минус 5 °С до плюс 40 °С и соответствовать условиям эксплуатации средств поверки;
- относительная влажность воздуха должна быть не более 95 %, а атмосферное давление должно соответствовать условиям эксплуатации уровнемера и средств поверки;
- отсутствие осадков и ветра, препятствующих проведению поверки;
- параметры и свойства жидкости в резервуаре соответствуют требованиям эксплуатационных документов уровнемера;
- обеспечивается возможность изменения уровня жидкости в резервуаре;
- жидкость в резервуаре не является токсичной и кипящей при атмосферном давлении и температуре окружающей среды;
- в резервуаре отсутствует избыточное давление, допускается разгерметизация резервуара;
- перемешивающее устройство в резервуаре (при его наличии) должно быть отключено;
- поверхность жидкости в резервуаре должна быть спокойной.

Примечание – При проведении поверки в лабораторных условиях и условиях эксплуатации внешние условия должны соответствовать требованиям, установленным в эксплуатационной документации на средства поверки (эталон).

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки уровнемеров допускаются специалисты организации, аккредитованной в установленном порядке на право проведения поверки средств измерений данного вида, имеющие необходимую квалификацию и опыт, ознакомленные с настоящей методикой, эксплуатационной документацией (далее – ЭД) на поверяемые СИ и применяемые средства поверки, прошедшие инструктаж по технике безопасности. Для проведения поверки достаточно одного поверителя.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки необходимо применять основные и вспомогательные средства поверки, указанные в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Сведения о средствах поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки	Пример возможного средства поверки с указанием наименования, заводского обозначения, а при наличии – обозначения типа, модификации
1	2	3
п. 8.1	<p>Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от плюс 20 °С до плюс 25 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности: $\pm 0,3$ °С;</p> <p>Средства измерений относительной влажности окружающей среды в диапазон измерений от 30 % до 80 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности: ± 3 %;</p> <p>Средства измерений атмосферного давления в диапазоне измерений от 84 до 106 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности: $\pm 0,5$ кПа</p>	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 М 5Д, рег. № 71394-18
п. 8.2, п. 10.1	<p>Рабочие эталоны единицы длины 3-го разряда в соответствии с частью 2 Государственной поверочной схемы (далее – ГПС) для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 мм и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденной приказом Росстандарта № 2840 от 29 декабря 2018 г. Диапазон измерений должен соответствовать диапазону измерений поверяемого уровнемера но и включать дополнительную длину устройства для поверки уровнемеров.</p> <p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности не должны превышать 1/3 от предела допускаемой основной погрешности поверяемого уровнемера.</p>	Лента измерительная эталонная рег. № 3.7.АГХ.0002.2021
п. 10.2	<p>Рабочие эталоны 2-го разряда в соответствии с частью 1 ГПС, для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов, утвержденной приказом Росстандарта № 3459 от 30 декабря 2019 г., с диапазоном измерений, соответствующим диапазону измерений поверяемого уровнемера и пределами допускаемой абсолютной погрешности, не превышающими 1/3 от предела допускаемой основной погрешности поверяемого уровнемера</p>	Рулетка измерительные металлические типа Р, мод. Р100У2Г, рег. № 51171-12

Продолжение таблицы 2

1	2	3
п. 8.2, п. 10.1	Средства измерений для измерений длины на плоскости, с диапазоном поля зрения, не менее 8 мм. Видимое увеличение не менее 10 крат.	Микроскоп отсчетный МПБ-2 рег. № 1120-57
п. 8.2, пп. 10.1 – 10.2	Рабочие эталоны 2-го разряда в соответствии с ГПС для средств измерений силы постоянного тока, утвержденной приказом Росстандарта № 2091 от 1 октября 2018 г., с диапазоном измерений от 4 до 20 мА и с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерения силы тока, не превышающими значений, рассчитанных по формуле ⁽¹⁾ (далее – миллиамперметр).	Мультиметр 3458А, рег. № 77012-19 Калибратор многофункциональный и коммуникатор BEAMEX MC6, рег. № 52489-13
п. 10.2	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от минус 5 °С до плюс 40 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности: ±0,3 °С.	Термометр лабораторный электронный ЛТ-300, рег. № 61806-15
п. 8.2, пп. 10.1 – 10.2	Источники питания постоянного тока. Выходное напряжение питания постоянного тока в пределах от 18 до 36 В	Источник питания постоянного тока GPR-76030D, рег. № 55898-13
п. 8.2, пп. 10.1 – 10.2, раздел 9	Портативное устройство для обмена данными, диагностики, считывания и визуализации измерений от уровнемеров через цифровой протокол HART.	HART-коммуникатор (375 Field Communicator)
	Магазин сопротивлений (или нагрузочный резистор). Сопротивление: не менее 250 Ом.	Магазин сопротивления P4831, рег. № 6332-77
	Средство измерений времени с емкостью шкалы времени не менее 30 минут, цена деления шкалы 0,2 с	Секундомер электронный «Интеграл С-01», рег. № 44154-20
	Персональный компьютер (далее – ПК) с установленным специализированным программным обеспечением (далее – внешнее ПО) для обмена данными, диагностики, считывания и визуализации результатов измерений, передаваемых уровнемерами по цифровым интерфейсам через преобразователи и адаптеры (модемы). Минимальные технические требования к ПК и операционной системе для применения внешнего ПО приведены в ЭД на уровнемеры.	Персональный компьютер Преобразователь MOXA USB/RS-485, серии 1100 (uPort-1150i) HART-модем (адаптер) ЭЛМЕТРО-808M USB-HART/RS-485 Внешнее программное обеспечение для операционной системы Windows: «УЛИМ Конфигуратор» ⁽²⁾
п. 8.2, п. 10.1	Для поверки используется труба с жидкостью (в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на уровнемеры) или труба с имитатором уровня (вспомогательное средство для поверки). Требования к вспомогательному средству приведены в приложении Б. Внутренний диаметр трубы должен быть не более 210 мм. Длина трубы должна быть не менее диапазона измерений поверяемого уровнемера. При использовании имитатора уровня длина трубы, помимо поверяемого диапазона измерений, должна включать дополнительную длину вне этого диапазона, необходимую для размещения отражателя (поршня) вспомогательного средства.	

Окончание таблицы 2

1	2	3
п. 10.2	Индикаторная паста предназначена для определения уровня жидких сред в резервуарах и чувствительна к контакту с измеряемым продуктом.	
<p>(1) Формула расчета пределов допускаемой абсолютной погрешности измерений силы тока, применяемого при поверке средства измерений силы тока, мкА:</p> $\Delta I_{\text{доп}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\gamma_{\text{доп}}}{100} \cdot 16000 \quad \text{или} \quad \Delta I_{\text{доп}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\Delta I \cdot 16000}{D_A}$ <p>где $\gamma_{\text{доп}}$ – пределы допускаемой основной приведенной погрешности преобразования уровня в токовый выходной сигнал, % ($\gamma_{\text{доп}} = 0,25$ %); ΔI – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня для аналогового выходного сигнала (4 – 20) мА, мм, определяемые по формуле (10) настоящей методики; D_A – диапазон преобразования уровня в токовый сигнал (разность значений уровня или расстояния, соответствующих току 20 мА и 4 мА согласно паспортным данным конкретного уровнемера), мм.</p> <p>(2) Внешнее программное обеспечение, указанное в таблице, является общедоступным и доступно для загрузки с официального сайта изготовителя.</p> <p>Примечания</p> <p>1 Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице 2.</p> <p>2 Для взаимодействия с уровнемерами, поддерживающими протоколы HART или Modbus RTU, используется внешнее программное обеспечение. Указанное в таблице внешнее ПО предоставляет возможность визуализации измерительных данных, диагностики и корректировки неметрологических параметров. Доступ к метрологически значимым коэффициентам (поверочным и калибровочным) защищен архитектурой самих протоколов связи и встроенным ПО уровнемеров, что исключает их случайное или несанкционированное изменение в процессе эксплуатации и поверки.</p> <p>3 Допускается применение иных портативных устройств, HART-модемов (адаптеров), преобразователей интерфейса RS-485, поддерживающих коммуникацию с уровнемерами по протоколам HART или Modbus RTU для обмена данными, диагностики, считывания и визуализации результатов измерений.</p>		

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Все операции поверки, предусмотренные настоящей методикой, экологически безопасны. При их выполнении проведение специальных защитных мероприятий по охране окружающей среды не требуется.

6.2 При проведении поверки должны соблюдаться требования безопасности, установленные в ЭД, правила безопасной эксплуатации эталонных средств измерений, а также требования к работе со средствами поверки и поверяемыми средствами измерений.

6.3 Монтаж электрических соединений проводится в соответствии с ЭД.

6.4 Работы по соединению устройств должны выполняться до подключения к сети питания.

Во избежание несчастного случая и для предупреждения повреждения средств поверки и уровнемеров необходимо обеспечить выполнение следующих требований:

- присоединения средств поверки и уровнемеров следует выполнять при отключенных входах и выходах (отсутствии напряжения на разъемах);
- запрещается работать со средствами поверки и уровнемерами в условиях температуры и влажности, выходящих за допустимые значения, а также при наличии в воздухе взрывоопасных веществ;
- запрещается работать со средствами поверки и уровнемерами в случае обнаружения их повреждения.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 Осмотр проводят визуально.

7.2 При внешнем осмотре устанавливают соответствие уровнемеров следующим требованиям:

- внешний вид и комплектность должны соответствовать описанию типа на уровнемеры и эксплуатационной документации;
- отсутствие механических повреждений и дефектов, влияющих на метрологические и технические характеристики, безопасность персонала или проведение поверки;
- контакты разъемов и соединений должны быть чистыми, без повреждений и коррозии;
- наличие пломбирочной наклейки, ограничивающей доступ к электронным компонентам и предотвращающей несанкционированное вмешательство;
- идентификационная информация и заводской номер на корпусе должны быть четкими, легко читаемыми и соответствовать данным в ЭД.

7.3 Результат внешнего осмотра считают положительным, если уровнемер соответствует всем требованиям, изложенным в п. 7.2. В этом случае переходят к дальнейшим операциям поверки. Если уровнемер не соответствует хотя бы одному из требований п. 7.2, проведение поверки прекращают. Владельца уровнемера уведомляют о выявленных несоответствиях.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

Перед проведением поверки выполняют следующие операции:

- проверяют условия в месте проведения поверки на соответствие требованиям, установленным в разделе 3 настоящей методики. Результаты проверки регистрируют в протоколе поверки.

8.2 Опробование

8.2.1 Проверку работоспособности уровнемеров проводят в следующей последовательности:

8.2.1.1 Лабораторное опробование (с устройством для поверки уровнемеров)

а) Подготовка устройства для поверки (имитатора поверхности продукта).

Подготовка включает:

- проверку соответствия устройства требованиям приложения Б:
 - техническим характеристикам (п. Б.3);
 - конструктивным требованиям (п. Б.2);
- визуальный контроль состояния рабочих поверхностей и подвижных элементов;
- установку поршня в начальное положение (ближе к поверяемому уровнемеру).

б) Подключение оборудования и средств регистрации показаний:

Проводники подключают к клеммной колодке уровнемера в соответствии со схемой, приведенной в ЭД. Обеспечивают надежность контактов, фиксацию разъемов и целостность соединений.

Примечания

1 В качестве средств регистрации используют: преобразователь интерфейса RS-485 с ПК и внешнее ПО для считывания цифровых сигналов по протоколу Modbus RTU; либо HART-адаптер / модем / коммуникатор (далее – HART-устройство) с токовой петлей аналогового выхода от 4 до 20 мА; миллиамперметр.

2 Все параметры нагрузки, требования к проводникам и особенности подключения приведены в соответствующих разделах ЭД на уровнемеры.

в) Конфигурирование уровнемеров:

1. Настройка связи с регистрирующими устройствами

1.1 Настройка интерфейсов связи:

- подают (включают) питание на уровнемер и регистрирующие устройства.
- подключают уровнемер к ПК через преобразователь USB/RS-485 (для считывания цифровых сигналов по интерфейсу RS-485);
- для проводного интерфейса промышленной связи RS-485 (Modbus RTU):
 - устанавливают адрес прибора с помощью DIP-переключателей (в диапазоне от 1 до 255);
 - используя пользовательский интерфейс ПО на ПК, проверяют и при необходимости устанавливают параметры связи (скорость передачи, четность, биты данных), указанные в ЭД на уровнемер.
- для цифрового выходного сигнала с поддержкой цифрового протокола HART:
 - подключают HART-устройство к токовой цепи аналогового выхода от 4 до 20 мА;
 - работоспособность связи проверяют с помощью пользовательского интерфейса HART-устройства в соответствии с его руководством по эксплуатации.

1.2 Проверка работоспособности связи:

- для проводного интерфейса промышленной связи RS-485 (Modbus RTU):
 - подтверждают установление связи путем выполнения автопоиска устройства с помощью пользовательского интерфейса ПО на ПК.
 - проверяют корректность передачи данных путем считывания нескольких параметров в соответствии с ЭД на уровнемеры.
- для цифрового выходного сигнала с поддержкой цифрового протокола HART:
 - убеждаются, что в цепи аналогового сигнала (от 4 до 20 мА) присутствует нагрузка сопротивлением согласно ЭД.
 - используя меню HART-устройства, выполняют опрос уровнемера для установления связи.
 - подтверждают корректность связи путем считывания параметров (например, диапазон измерений).

2. Проверка соответствия конфигурации паспортным данным

- 2.1 Путем считывания параметров (установленного для применения диапазона измерений) с помощью пользовательского интерфейса внешнего ПО на ПК и (или) HART-устройства (в соответствии с его руководством по эксплуатации) проверяют соответствие конфигурации поверяемого уровнемера паспортным данным.
- 2.2 Считанные параметры сверяют с паспортными данными конкретного экземпляра уровнемера.

г) Проверка реакции уровнемеров на изменение положения отражателя:

- перемещают поршень имитатора поверхности продукта в произвольное положение от уровнемера вглубь трубы.
- одновременно наблюдают за показаниями:
 - в пользовательском интерфейсе внешнего ПО на ПК и (или) HART-устройства в соответствии с его руководством по эксплуатации (для цифрового выхода);
 - на миллиамперметре (для аналогового выхода от 4 до 20 мА).
- критериями исправной работы являются:
 - изменение цифровых показаний уровня (для цифрового выхода) и сигнала в виде силы тока (для аналогового выхода) при движении поршня;
 - стабильность связи с регистрирующими устройствами (отсутствие сбоев связи).

8.2.1.2 Опробование на месте эксплуатации (с эмуляцией)

а) Выполняют операции по п. 8.2.1.1, б) и в).

б) Активируют режим эмуляции во внешнем ПО (вкладка "Диагностика" → "Эмуляция сигнала"). Последовательно устанавливают не менее трех значений уровня (эмулируемых сигналов), равномерно распределенных в диапазоне от 4 до 20 мА (например, соответствующие уровням: минимальному, среднему и максимальному в рабочем диапазоне измерений).

Контролируют реакцию уровнемера, которая должна проявляться в следующем:

- при каждом изменении эмулируемого значения уровня показания миллиамперметра изменяются соответственно;
- направление изменения силы тока на миллиамперметре соответствует направлению изменения заданного значения уровня (увеличение уровня приводит к увеличению силы тока, и наоборот);
- отсутствуют скачки значения тока или обрыв цепи.

в) Деактивируют режим эмуляции во внешнем ПО и убеждаются, что уровнемер возвращается в рабочий режим согласно инструкции в ЭД.

г) Критериями исправной работы являются:

- наблюдается предсказуемая пропорциональная реакция выходного аналогового сигнала на изменения эмулируемых значений уровня;
- отсутствуют сбои связи с регистрирующими устройствами в процессе эмуляции;
- обеспечивается корректный автоматический возврат в рабочий режим после деактивации эмуляции.

Примечание – Допускается проводить опробование уровнемеров одновременно с определением метрологических характеристик. При этом этапы опробования должны быть выполнены в полном объеме перед началом измерений для определения метрологических характеристик.

8.3 Результаты подготовки к поверке и опробования считают положительными, если:

- соблюдены требования к условиям проведения поверки согласно разделу 3 и ЭД на уровнемеры и средства поверки;
- соблюдены все критерии исправной работы поверяемого уровнемера, установленные в пп. 8.2.1.1 или 8.2.1.2, а также выполнены следующие условия:
 - подтверждена работоспособность всех интерфейсов связи (Modbus RTU, HART, аналоговый выход от 4 до 20 мА);
 - конфигурация поверяемых СИ соответствует паспортным данным.

В этом случае переходят к дальнейшим операциям поверки.

Если уровнемер не соответствует хотя бы одному из требований п. 8.3, проведение поверки прекращают. Владельца уровнемера уведомляют о выявленных несоответствиях.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Проверка программного обеспечения заключается в идентификации метрологически значимой части встроенного (внутреннего) ПО поверяемых уровнемеров и подтверждении соответствия его идентификационных данных (номера версии внутреннего ПО «ULM») требованиям, установленным в таблице 3.

9.2 Идентификацию внутреннего ПО «ULM» проводят через пользовательские интерфейсы HART-устройств и (или) внешнего ПО «УЛМ Конфигуратор».

9.2.1 При использовании HART-устройств:

- подключают HART-устройство к токовой цепи аналогового выхода от 4 до 20 мА уровнемеров;
- входят в меню HART-устройства и считывают номер версии ПО в соответствии с руководством по эксплуатации на применяемое устройство.

9.2.2 При использовании внешнего ПО «УЛМ Конфигуратор»:

- подключают уровнемер к ПК;
- запускают программное обеспечение «УЛМ Конфигуратор»;
- переходят на вкладку «Диагностика».

Номер версии ПО отображается в строке «ПО ULM».

Примечания

1 Значения служебной части номера версии внутреннего ПО «ULM» не идентифицируют метрологически значимую часть ПО и при проверке не контролируются.

2 Для целей поверки допустимо использование любого из интерфейсов (HART или внешнее ПО), обеспечивающего считывание номера версии ПО. Отсутствие отображения наименования внутреннего ПО «ULM» в интерфейсе HART-устройства, при условии наличия версии идентификационного номера метрологически значимой части внутреннего ПО, не является препятствием для проведения проверки.

9.3 Результат проверки считают положительным, если считанный идентификационный номер метрологически значимой части внутреннего ПО «ULM» соответствует значению, указанному в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 – Идентификационные данные внутреннего ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	ULM
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	01.xxx.xxx ^{1), 2)}
¹⁾ Цифровое значение «01» идентификационный номер метрологически значимой части внутреннего ПО. ²⁾ Переменные «xxx» – цифровое значение от «000» до «999» и представляют собой идентификатор версии служебной части внутреннего ПО и не идентифицируют метрологически значимую часть ПО.	

9.4 Если считанный идентификационный номер метрологически значимой части внутреннего ПО «ULM» не соответствует значению, указанному в таблице 3, уровень признают непригодным к применению. Дальнейшие операции поверки не проводят. Результаты поверки оформляют в соответствии с разделом 11.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Поверка в лабораторных условиях

Определение основной погрешности измерений уровня проводят при прямом ходе (от минимального уровня к максимальному) в контрольных точках, равномерно распределенных по диапазону измерений с использованием вспомогательного средства для поверки уровнемеров (имитатора поверхности продукта), соответствующего требованиям приложения Б.

10.1.1 Подготовка к проведению измерений:

а) Подготавливают имитатор поверхности продукта к проведению поверки в соответствии с п. Б.4 приложения Б.

б) Определяют и регистрируют базовые геометрические параметры имитатора по п. Б.5.1 приложения Б:

$L_{уст}$ – действительное значение полной длины имитатора (от монтажной плоскости фланца до риски указателя измерительного узла), мм;

$L_{им}$ – действительное значение длины отражателя (поршня) от точки крепления измерительного полотна до его рабочей поверхности, обращенной к уровнемеру, мм.

в) Рассчитывают базовое расстояние $\Delta_{баз}$, мм (фиксированную геометрическую константу установки) по формуле (1):

$$\Delta_{баз} = L_{уст} - L_{им} \quad (1)$$

г) Определяют и регистрируют для каждой контрольной точки (j) массу груза $m_{груз(j)}$, необходимую для создания требуемого паспортного усилия натяжения полотна применяемого эталонного средства измерений, в соответствии с методикой, изложенной в п. Б.4.6 приложения Б.

- д) Устанавливают поверяемый уровнемер на фланец имитатора (устройства для проверки) в соответствии с ЭД на уровнемеры.
 е) Подключают средства измерений и регистрации в соответствии с п. 8.2.1.1.

10.1.2 Количество контрольных точек определяется диапазоном измерений, указанным в паспорте при условии (2):

- для диапазонов $(L_{\max} - L_{\min}) \leq 5000$ мм используют 3 точки: j_0, j_2, j_4 ;
 – для диапазонов $(L_{\max} - L_{\min}) > 5000$ мм используют 5 точек: j_0, j_1, j_2, j_3, j_4 . (2)

где L_{\min} – нижний предел диапазона измерений уровнемера, мм;
 L_{\max} – верхний предел диапазона измерений уровнемера, мм.

10.1.3 Номинальные значения расстояния ($\bar{L}_j^{\text{НОМ}}$) для контрольных точек задаются по следующим условиям (3):

$$\begin{aligned} j_0 &= L_{\min} + L_{\text{откл}} \\ j_1 &= L_{\min} + 0,25 \cdot (L_{\max} - L_{\min}) \pm L_{\text{откл}} \\ j_2 &= L_{\min} + 0,5 \cdot (L_{\max} - L_{\min}) \pm L_{\text{откл}} \\ j_3 &= L_{\min} + 0,75 \cdot (L_{\max} - L_{\min}) \pm L_{\text{откл}} \\ j_4 &= L_{\max} - L_{\text{откл}} \end{aligned} \quad (3)$$

где $L_{\text{откл}}$ – предельно допустимое отклонение действительного расстояния до рабочей поверхности отражателя (поршня) $\bar{L}_j^{\text{ДР}}$ от его номинального расчетного значения для данной контрольной точки $\bar{L}_j^{\text{НОМ}}$.
 Значение $L_{\text{откл}}$ составляет 100 мм для точек j_0 и j_4 (для обеспечения проверки границ диапазона измерений с возможностью выполнения дополнительных отверстий).
 Для точек j_1, j_2, j_3 отклонение определяется возможностью позиционирования поршня с фиксацией штоком через ближайшие парные технологические отверстия в трубе имитатора, согласно методике п. Б.2.1 приложения Б.

10.1.4 Порядок проведения измерений

- а) Перемещают отражатель (поршень) в зону первой контрольной точки j_0 и фиксируют его с помощью штока через соответствующие парные отверстия в трубе имитатора (см. п. Б.2.1 приложения Б). Фиксацию поршня, поджатие его к штоку и последующую проверку перпендикулярности оси штока выполняют в соответствии с процедурой, описанной в п. Б.4.5, приложение Б.
 б) Через контрольное отверстие визуально контролируют положение поршня, убеждаясь в совмещении продольной осевой риски на его поверхности с контрольными метками на трубе (см. п. Б.2.2 приложения Б). Это обеспечивает правильное положение точки крепления измерительного полотна и его ориентацию строго вдоль нижней образующей трубы. При необходимости корректируют ориентацию поршня.
 в) На подвижную платформу измерительного узла устанавливают груз массой $m_{\text{груз}}(j_0)$, определенной для данной точки в ходе подготовки имитатора, см. п. 10.1.1, г), и обеспечивают требуемое паспортное натяжение измерительного полотна эталонного средства измерений.
 г) Убеждаются, что для контрольной точки выполняется условие (4):

$$|\bar{L}_j^{\text{ДР}} - \bar{L}_j^{\text{НОМ}}| \leq L_{\text{откл}} \quad (4)$$

где $\bar{L}_j^{\text{ДР}}$ – действительное расстояние до рабочей поверхности отражателя (поршня), вычисляется по формуле (5), мм;

- д) После стабилизации (не менее 30 с) одновременно регистрируют следующие показания в контрольной точке:

$\bar{L}_j^{\text{ЭР}}$ – расстояние по показаниям эталонного средства измерений (по риску указателя), мм.
В случае несовпадения риски с делением шкалы для определения доли деления применяют метод с использованием микроскопа отсчетного в соответствии с п. Б.5.1 приложения Б;

$L_j^{\text{УР}}$ – значение расстояния от базовой плоскости уровнемера до поверхности продукта, считанное с уровнемера по цифровым кодированным выходным сигналам (по протоколам связи Modbus RTU (RS-485) и HART, полученное с помощью пользовательского интерфейса внешнего ПО на ПК и HART-устройства, подключенного к токовой цепи аналогового выхода от 4 до 20 мА (в соответствии с его руководством по эксплуатации и ЭД на уровнемеры)), мм;

$I_j^{\text{УР}}$ – значение силы тока, измеренное миллиамперметром в цепи аналогового токового выхода (от 4 до 20 мА), мА.

е) Последовательно повторяют операции по а) – д) для всех остальных контрольных точек в порядке увеличения расстояния от уровнемера (прямой ход).

10.1.5 Для каждой j -ой контрольной точки рассчитывают действительное значение расстояния (эталонное значение, имитируемое расстоянием до поверхности продукта) $\bar{L}_j^{\text{ДР}}$ по формуле (5):

$$\bar{L}_j^{\text{ДР}} = \Delta_{\text{баз}} - \bar{L}_j^{\text{ЭР}} \quad (5)$$

где $\bar{L}_j^{\text{ЭР}}$ – отсчет по эталонной ленте (рулетке) в данной точке.

10.1.6 Для каждой j -ой контрольной точки вычисляют по формуле (6) абсолютную погрешность измерений Δ_j , мм, по цифровому выходному сигналу.

$$\Delta_j = L_j^{\text{УР}} - \bar{L}_j^{\text{ДР}} \quad (6)$$

10.1.7 Для определения погрешности преобразования измеренного значения расстояния в аналоговый токовый выходной сигнал (от 4 до 20 мА) в каждой j -ой контрольной точке выполняют следующие действия:

а) Определяют расчетное значение тока $I_{\text{э}j}$, мА, соответствующее значению расстояния $L_j^{\text{УР}}$ (мм), полученному от уровнемера по цифровому интерфейсу в j -ой контрольной точке. Расчет проводится в соответствии с параметрами настройки аналогового выхода, установленными для применения и приведенными в паспорте конкретного экземпляра уровнемера.

– при настройке аналогового выхода по измеренному расстоянию, расчетное значение тока определяют по формуле:

$$I_{\text{э}j}^L = 4 + \frac{16}{L_{20\text{мА}} - L_{4\text{мА}}} \cdot (L_j^{\text{УР}} - L_{4\text{мА}}) \quad (7)$$

где $L_j^{\text{УР}}$ – значение расстояния, полученное от уровнемера по цифровому интерфейсу в j -ой контрольной точке, мм;

$L_{4\text{мА}}, L_{20\text{мА}}$ – значения расстояния, соответствующие току 4 мА и 20 мА согласно паспортным данным конкретного уровнемера, мм.

– при настройке аналогового выхода по уровню продукта от дна резервуара, расчетное значение тока определяют по формуле:

$$I_{\text{э}j}^U = 4 + \frac{16}{U_{20\text{мА}} - U_{4\text{мА}}} \cdot (U_0 - L_j^{\text{УР}} - U_{4\text{мА}}) \quad (8)$$

где U_0 – базовая высота установки уровнемера (расстояние от уровнемера до дна резервуара), мм;
 $U_{4\text{мА}}, U_{20\text{мА}}$ – значения уровня продукта от дна, соответствующие току 4 мА и 20 мА согласно паспортным данным конкретного уровнемера, мм.

Примечания

- 1) При поверке уровнемера в лабораторных условиях с использованием имитатора, для параметра $U_{4\text{мА}}$ устанавливается нулевое (минимальное) значение уровня, соответствующее максимальному измеряемому уровнемером расстоянию L_{max} , мм; для параметра $U_{20\text{мА}}$ устанавливается максимальное значение уровня, соответствующее разнице между значениями параметра U_0 и минимальным измеряемым уровнемером расстоянием L_{min} , мм; для параметра U_0 устанавливается значение равное максимальному измеряемому уровнемером расстоянию L_{max} . Значения L_{min} и L_{max} , указаны в паспорте на уровнемер.
- 2) Если диапазон, в пределах которого осуществляется преобразование измеренного значения уровня в аналоговый токовый сигнал (от 4 до 20 мА), не совпадает с диапазоном измерений уровня по цифровым кодированным выходным сигналам, то проверку аналогового выхода проводят в контрольных точках, попадающих в диапазон преобразования, а также дополнительно устанавливают отражатель (поршень) вблизи верхней и нижней границ, соответствующих току 4 мА и 20 мА. При этом отражатель фиксируется в положениях, ближайших к требуемым границам, которые могут быть обеспечены конструкцией имитатора поверхности продукта (фиксация штоком через ближайшие парные технологические отверстия).
- б) Вычисляют приведённую к диапазону изменений выходного тока погрешность преобразования в j -ой точке по формуле:

$$\gamma_{j(l)}^{\text{УР}} = \frac{(I_j^{\text{УР}} - I_{\text{э}j})}{16} \cdot 100 \quad (9)$$

где $I_{\text{э}j}$ – расчетное значение тока, которое определяют по формуле (7) или (8) в соответствии с настройкой аналогового выхода, приведенной в паспорте конкретного уровнемера, мА;

- в) В качестве итогового значения погрешности преобразования $\gamma_{(l)}^{\text{УР}}$, %, принимают максимальное по модулю значение из всех вычисленных $\gamma_{j(l)}^{\text{УР}}$.

10.1.8 При снятии результатов измерений по токовому (аналоговому) выходному сигналу погрешность измерений уровня $\Delta_{j(l)}$, мм, для каждой j -ой контрольной точки должна удовлетворять условию:

$$|\Delta_{j(l)}| \leq \sqrt{(\Delta_{\text{ц}})^2 + (\Delta_{\text{ток}})^2} \quad (10)$$

где $\Delta_{j(l)}$ – абсолютная погрешность измерений уровня по токовому выходному сигналу в j -ой точке, рассчитываемая по формулам:
 – при настройке аналогового выхода по измеренному расстоянию, мм:

$$\Delta_{j(1)}^L = \frac{L_{20\text{мА}} - L_{4\text{мА}}}{16} \cdot (I_j^{\text{ур}} - 4) + L_{4\text{мА}} - \bar{L}_j^{\text{ДР}} \quad (11)$$

– при настройке аналогового выхода по уровню продукта от дна резервуара, мм:

$$\Delta_{j(1)}^U = U_0 - U_{4\text{мА}} - \left(\frac{U_{20\text{мА}} - U_{4\text{мА}}}{16} \right) \cdot (I_j^{\text{ур}} - 4) - \bar{L}_j^{\text{ДР}} \quad (12)$$

- $\Delta_{\text{ц}}$ – значение по модулю, мм, соответствующее пределу допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня по цифровому кодированному выходному сигналу, в соответствии с таблицей А.1, приложения А;
- $\Delta_{\text{ток}}$ – абсолютное значение, мм, полученное пересчетом предела допускаемой основной приведенной погрешности преобразования ($\pm 0,25\%$) в единицы длины и рассчитываемое по формуле:

$$\Delta_{\text{ток}} = 0,0025 \cdot D_A \quad (13)$$

где D_A – диапазон преобразования (разность значений уровня или расстояния, соответствующих току 20 мА и 4 мА согласно паспортным данным конкретного уровнемера), мм.

10.1.9 Результаты поверки по п. 10.1 считают положительными, а поверяемые уровнемеры соответствующими метрологическим требованиям, если полученные по формулам (6) и (9) значения во всех контрольных точках не превышают соответствующих пределов погрешностей, указанных в таблице А.1 приложения А, абсолютные значения погрешности измерений уровня по токовому выходному сигналу, рассчитанные по формуле (11) или (12), не превышают допустимого предела, определяемого по формуле (10).

10.2 Поверка без демонтажа на месте эксплуатации

10.2.1 Поверка проводится на смонтированном и находящемся в эксплуатации средстве измерений. При этом должны быть соблюдены условия, указанные в п. 3.4 настоящей методики.

10.2.2 Подготовка к проведению измерений

- Выполняют подготовительные операции согласно пп. 8.1 и 8.2.1.2.
- Подключают средства измерений и регистрации показаний согласно п. 8.2.1.1 и подготавливают эталонное средство измерений.

10.2.3 Определение контрольных точек

Определение абсолютной погрешности измерений уровня по цифровому выходному сигналу и погрешности преобразования значения уровня в токовый выходной сигнал проводят путем сравнения с показаниями эталонного средства измерений (рулетки измерительной с грузом) в условиях эксплуатации.

Измерения выполняют в трех контрольных точках:

- нулевой точке j_0 для определения поправки;
- двух контрольных точках j_1 и j_2 для оценки погрешности, расположенных в рабочем диапазоне от минимального (L_{min}) до максимального (L_{max}) уровня.

В нулевой контрольной точке j_0 , значение уровня в которой выбирается произвольно внутри диапазона измерений и не должно соответствовать значениям в других контрольных точках, определяют поправку на несоответствие показаний поверяемого уровнемера и эталонного средства измерений.

Минимальная разность уровней ΔL_{min} , мм, между соседними контрольными точками должна быть не менее 500 мм.

Путем контролируемого заполнения или опорожнения резервуара. Уровень продукта последовательно доводят до значений, соответствующих точкам j_1 и j_2 . После каждого изменения уровня необходимо обеспечить стабилизацию поверхности продукта перед проведением измерений.

Примечания

1 Допускается проводить поверку на заранее заданных уровнях, однозначно определенных конструкцией резервуара или технологическим процессом, при условии, что количество таких уровней составляет не менее трех и разности между ними удовлетворяют требованиям, указанным выше для ΔL_{\min} .

2 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня уровнемера в каждой контрольной точке должны быть не менее чем в три раза больше пределов отклонения общей длины шкалы ленты эталонного средства.

10.2.4 Порядок проведения измерений

Проводят измерение уровня при исходном уровне жидкости в мере вместимости для этого необходимо включить поверяемый уровнемер и зафиксировать на нем нулевую контрольную точку (j_0), опустить эталонную измерительную рулетку через измерительный люк меры вместимости и по ее шкале зафиксировать высоту поверхности раздела «жидкость – газовое пространство» (далее – высота газового пространства).

Определяют поправку ΔL_0 , мм, на сдвиг начала отсчета уровнемера и эталонного средства по формуле (14).

$$\Delta L_0 = L_0^{yp} - \bar{L}_0^{zp} \quad (14)$$

где L_0^{yp} – значение уровня, измеренное уровнемером в нулевой контрольной точке, мм;
 \bar{L}_0^{zp} – среднее арифметическое значение уровня, измеренное рулеткой в нулевой контрольной точке, мм.

В каждой контрольной точке j выполняют не менее пяти измерений с помощью эталонной рулетки, одновременно регистрируя показания уровнемера (для цифрового сигнала L_j^{yp} , мм, по протоколам связи Modbus RTU (RS-485) и (или) HART, полученное с помощью пользовательского интерфейса внешнего ПО на ПК и (или) HART-устройства, подключенного к токовой цепи аналогового выхода от 4 до 20 мА (в соответствии с его руководством по эксплуатации и ЭД на уровнемеры), а также значение выходного токового сигнала I_j^{yp} , мА, для измерений уровня с помощью миллиамперметра, подключенного к токовой цепи).

Процедура измерения уровня рулеткой:

- эталонную измерительную рулетку опускают через измерительный люк резервуара (меры вместимости) ниже поверхности продукта на глубину, не превышающую значение L_{pl} , мм, (рекомендуемая глубина 1000 мм);
- фиксируют показания по шкале измерительной рулетки по верхнему краю измерительного люка (верхний отсчет – L_{vi}). При этом, для облегчения измерений и расчетов рекомендуется совмещать отметку целых значений метра на шкале ленты измерительной эталонной рулетки с верхним краем измерительного люка;
- поднимают эталонное СИ строго вверх без смещения в стороны до появления над верхним краем измерительного люка смоченной части рулетки и фиксируют показания рулетки (нижний отсчет – L_{ni}) с точностью до 1 мм.
- значение расстояния до продукта (уровня), для i -го измерения (L_{ji}^{zp} , мм) вычисляют как:

$$L_{ji}^{zp} = L_{vi} - L_{ni} \quad (15)$$

Примечание – Для более точного измерения уровня поверхность ленты измерительной рулетки (на участок шкалы рулетки длиной – L_{pl} , мм) необходимо нанести слой пасты, чувствительной к измеряемому продукту.

10.2.5 Расчет действительного значения уровня по эталонной рулетке

Для каждой контрольной точки j вычисляют среднее арифметическое значение расстояния до продукта (уровня) $\bar{L}_j^{\text{эп}}$, мм, по формуле (21), учитывающей температурное расширение ленты.

$$\bar{L}_j^{\text{эп}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n L_{ji}^{\text{эп}} \cdot (1 - \alpha_s \cdot (20 - T_B^\Gamma)) \quad (16)$$

где n – количество измерений расстояния до продукта (уровня) с помощью рулетки (не менее 5);

$L_{ji}^{\text{эп}}$ – значение расстояния до продукта (уровня), измеренное с помощью рулетки при i -ом измерении в j -ой контрольной точке, мм;

α_s – температурный коэффициент линейного расширения материала ленты эталонного средства измерений. Его значение принимают равным:

$12,5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ – для стали;

$23 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ – для алюминия.

П р и м е ч а н и е – Допускается принимать значение α_s по паспортным данным рулетки;

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

10.2.6 Расчет абсолютной погрешности по цифровому выходу

Для контрольных точек j_1 и j_2 абсолютную погрешность Δ_j , мм вычисляют по формуле (17).

$$\Delta_j = L_j^{\text{yp}} - \bar{L}_j^{\text{эп}} - \Delta L_0 \quad (17)$$

где L_j^{yp} – значение уровня, полученное от уровнемера по цифровому интерфейсу (Modbus RTU или HART), мм;

$\bar{L}_j^{\text{эп}}$ – среднее арифметическое значение расстояния до продукта (уровня), вычисляемое по формуле (21), мм.

10.2.7 Расчет погрешности преобразования уровня в аналоговый токовый сигнал (от 4 до 20 мА)

Погрешность определяют для точек j_1 и j_2 , в которых одновременно регистрировались показания уровнемера по цифровому интерфейсу (L_j^{yp}) и значение выходного тока (I_j^{yp}).

- 1) Определяют расчетное (эталонное) значение тока I_{3j} , мА, соответствующее значению уровня L_j^{yp} , по формулам (7) или (8) в соответствии с настройкой аналогового выхода, приведенной в паспорте конкретного уровнемера.
- 2) Вычисляют приведенную к диапазону изменений выходного тока погрешность преобразования уровня в ток в j -ой точке, $\gamma_{j(I)}^{\text{yp}}$, %, по формуле (9).
- 3) В качестве результата определения основной приведенной погрешности преобразования на месте эксплуатации принимают максимальное по модулю значение $\gamma_{j(I)}^{\text{yp}}$.

П р и м е ч а н и е – При поверке на месте эксплуатации необходимо оценивать нормируемые значения погрешностей исходя из условий окружающей среды с учетом дополнительной погрешности преобразования значения уровня в токовый выходной сигнал, вызванной отклонением температуры окружающей среды в рабочем диапазоне температур от нормальной температуры измерений, указанных в таблице А.1.

Если условия окружающей среды ($T_{\text{экс}}$, °С) в месте проведения поверки выходит за пределы нормального диапазона измерений (от плюс 20 °С до плюс 25 °С), рассчитывают допустимый предел суммарной приведенной погрешности преобразования уровня в токовый сигнал с учетом квадратического суммирования основной и дополнительной температурной погрешностей по формуле (18).

$$y_{\Sigma}^{\text{доп}} = \pm \left(\sqrt{(0,25)^2 + \left(0,05 \cdot \frac{\Delta T}{10}\right)^2} \right) \quad (18)$$

где ΔT – величина отклонения температуры окружающей среды от ближайшей границы нормального диапазона измерений (плюс 20 °С или плюс 25 °С), взятая по абсолютному значению, °С.

10.2.8 При снятии результатов измерений по токовому (аналоговому) выходному сигналу абсолютная погрешность измерений уровня $\Delta_{j(1)}$, мм, рассчитываемая по формуле (11) или (12) в зависимости от настройки аналогового выхода, для каждой j-ой контрольной точки должна удовлетворять условию (10).

П р и м е ч а н и е – При поверке на месте эксплуатации нормируемые значения погрешностей оценивают с учетом условий окружающей среды. При проверке условия (10) $\Delta_{\text{ток}}$ рассчитывают по формуле:

$$\Delta_{\text{ток}} = \frac{|y_{\Sigma}^{\text{доп}}|}{100} \cdot D_A \quad (19)$$

где D_A – имеет то же значение, что и в формуле (13).

10.2.9 Результаты поверки по п. 10.2 считают положительными, а поверяемые уровнемеры соответствующими метрологическим требованиям, если во всех контрольных точках:

- абсолютная погрешность измерений уровня, рассчитанная по формуле (17), не превышает ± 3 мм;
- приведенная погрешность преобразования, рассчитанная по формуле (9), не превышает $\pm 0,25$ % в диапазоне нормальной температуры измерений; при отклонении температуры от этого диапазона – пределов, рассчитанных по формуле (18);
- абсолютная погрешность измерений уровня по токовому выходному сигналу, рассчитанная по формуле (11) или (12), не превышает допустимого предела, определяемого по формуле (10).

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляются в порядке, установленном законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений.

11.2 Результаты первичной или периодической поверки подтверждаются внесением сведений в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений (далее – ФИФ ОЕИ).

11.3 Результаты поверки оформляются протоколом, составленным в произвольной форме, с учетом требований предусмотренных действующим законодательством РФ в области обеспечения единства измерений.

11.4 В случае положительных результатов первичной и (или) периодической поверки СИ признается годным к применению. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке, на которое наносится знак поверки. Конструкция СИ не предусматривает нанесение знака поверки на средство измерений.

11.5 В случае отрицательных результатов поверки средство измерений признается непригодным к применению. Сведения об отрицательных результатах передаются в ФИФ ОЕИ. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности.

Приложение А
(обязательное)

Метрологические характеристики средства измерений

Т а б л и ц а А.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений уровня ¹⁾ , мм ²⁾	от 1000 до 30000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня для цифровых кодированных выходных сигналов, мм	±3
Диапазон преобразований уровня в токовый выходной сигнал, мА ³⁾	от 4 до 20
Пределы допускаемой основной приведенной к диапазону изменений выходного тока погрешности преобразования измеренного значения уровня в аналоговый унифицированный токовый выходной сигнал (от 4 до 20 мА), %	±0,25
Пределы допускаемой дополнительной приведенной к диапазону изменений выходного тока погрешности преобразования измеренного значения уровня в аналоговый унифицированный токовый выходной сигнал (от 4 до 20 мА) на каждые 10 °С изменения температуры окружающего воздуха (среды) от нормальной температуры измерений (от +20 °С до +25 °С) до предельных значений рабочего диапазона температур окружающего воздуха (среды), %	±0,05
<p>¹⁾ Расстояния от начала отсчёта уровнемера до поверхности измеряемой (контролируемой) среды.</p> <p>²⁾ Указан максимальный диапазон измерений. Фактические нижний и верхний пределы диапазона измерений, установленные для конкретного уровнемера (в пределах максимального диапазона) либо совпадающие с максимальным диапазоном измерений, указываются в его паспорте.</p> <p>³⁾ Диапазон преобразований уровня в токовый выходной сигнал устанавливается независимо от диапазона измерений уровня. Фактические значения нижнего и верхнего пределов уровня, соответствующие значению токового выходного сигнала 4 мА и 20 мА, должны находиться в пределах диапазона измерений уровня, установленного для конкретного уровнемера, а также могут совпадать с его нижним и верхним пределами, и указываются в его паспорте.</p> <p>П р и м е ч а н и е – При снятии результатов измерений по токовому выходному сигналу, приведенная погрешность преобразования измеренного значения уровня в токовый выходной сигнал приводится к абсолютному виду и суммируется квадратически с погрешностью цифрового кодированного выходного сигнала.</p>	

Приложение Б (обязательное)

Требования к вспомогательному средству поверки (имитатору поверхности продукта)

Б.1 Общие положения (описание устройства)

Вспомогательное средство (устройство для поверки) предназначено для имитации поверхности продукта при поверке уровнемеров радиоволновых УЛМ-11А1-Т и должно соответствовать максимальному диапазону измерений поверяемого уровнемера (указанному в его паспорте) и включает:

- Труба ДУ200 – основание для перемещения отражателя;
- Отражатель (поршень) – имитирует поверхность продукта;
- Средства перемещения – обеспечивает движение отражателя;
- Измерительный узел – обеспечивает установку, фиксацию и натяжение эталонного средства измерений, а также фиксацию измеренных значений положения отражателя при его перемещении.

Вспомогательное средство представляет собой трубу с поршнем. Труба является сборной конструкцией, состоящей из секций различной номинальной длины в диапазоне от 0,5 до 3,5 м (с рекомендуемым шагом 0,5 м) для обеспечения гибкости при сборке трубы требуемой общей длины. Фактическая длина секций может незначительно отличаться от номинальной из-за толщины соединительных фланцев и особенностей сборки. Секции соединяются между собой фланцевым соединением. Длина собранной трубы должна быть не менее максимального диапазона измерений поверяемого уровнемера (указанного в его паспорте), увеличенного на конструктивный запас, включающий длину поршня. Для уровнемеров с диапазоном измерений менее 2 м допускается использование одной секции трубы длиной от 3 до 3,5 м. Собранная труба устанавливается на специальные подставки.

Внутри трубы устанавливается цилиндрический поршень длиной не менее 250 мм. Рабочие поверхности поршня должны быть гладкими и ровными. Разность между внутренним диаметром трубы и наружным диаметром поршня должна составлять не более 2 мм.

Для перемещения поршня используется веревка, закрепленная на нем. На поршне предусмотрено крепление для фиксации конца измерительного полотна эталонного средства измерений. Полотно эталонного средства измерений располагается вдоль внутренней нижней поверхности трубы – от точки крепления на поршне до измерительного узла. При поверке поршень перемещается строго в направлении от поверяемого уровнемера, который закреплен на фланце с одной стороны трубы, при этом обеспечивается постоянное натяжение эталонного средства.

Контроль положения поршня осуществляется через контрольные отверстия диаметром 50 мм, расположенные в шахматном порядке с шагом 30 см (см. п. Б.2.1). На участках трубы (в зонах, соответствующих положениям поршня в контрольных точках) выполнены дополнительные отверстия для установки фиксирующего штока (прута). Шток, вставленный в отверстия, служит упором для поршня, предотвращая его смещение во время операций по натяжению полотна и проведению поверки в точках диапазона измерений.

Показания снимаются по риску на указателе измерительного узла.

Конструктивная схема вспомогательного средства для поверки уровнемеров представлена на рисунке Б.1

Т а б л и ц а Б.1 – Операции контроля технических характеристик и конструктивных требований к вспомогательному средству

Наименование операции	Номер пункта приложения Б, в соответствии с которым выполняется операция контроля
1 Конструктивные требования к вспомогательному средству для поверки уровнемеров	Б.2
2 Контроль габаритных размеров и действительных значений длины элементов конструкции вспомогательного средства для поверки уровнемеров	Б.5.1 – Б.5.2
3 Контроль параметров отражателя (перпендикулярность и плоскостность торцов)	Б.5.2
4 Контроль параметров фиксирующего штока	Б.5.7
5 Контроль параллельности рабочей поверхности металлической трубы	Б.5.3
6 Определение базового расстояния от риски на указателе до рабочей поверхности отражателя (поршня)	Б.5.1, Б.5.4
7 Проверка динамики хода отражателя (поршня) в трубе	Б.5.5
8 Контроль и обеспечение требуемого натяжения полотна измерительной ленты	Б.5.6

Б.2 Конструктивные требования к вспомогательному средству

Б.2.1 Труба

Материал: электропроводящий (сталь, алюминий).

Конструкция и габаритные размеры: конструкция трубы – сборная, состоит из секций, соединяемых фланцами. Секции изготавливаются с контрольными отверстиями, расположенными с заданным шагом. При сборке общей трубы необходимо обеспечить совмещение отверстий соседних секций для сохранения общего шага расположения отверстий. Общая длина собранной трубы должна соответствовать требованиям согласно таблице Б.2. Для определения метрологических характеристик ключевым параметром является действительное значение полной длины имитатора ($L_{уст}$), которое определяется экспериментально по п. Б.5.1 как расстояние от монтажной плоскости фланца (где устанавливается поверяемый уровнемер) до риски на указателе измерительного узла. Внутренняя поверхность трубы должна обеспечивать свободное и беспрепятственное перемещение отражателя (поршня). Для этого поверхность должна быть выполнена ровной и гладкой, без дефектов, препятствующих скольжению поршня.

Требования к фланцам: фланцы должны быть изготовлены из того же материала, что и трубы, и обеспечивать жесткую фиксацию секций без перекосов. Фланцы должны плотно прилегать друг к другу и не иметь зазоров, деформаций или неровностей, препятствующих герметичности соединения.

Сборка общей трубы: секции трубы соединяются фланцевым соединением с элементами крепежа (болты, гайки, шайбы).

Монтаж: труба устанавливается на регулируемые опоры с шагом не более 2 м для компенсации возможных неровностей основания и обеспечения горизонтальности трубы.

Примечания

- 1 Для сборки фланцевых соединений секций трубы должен использоваться соответствующий гаечный ключевой инструмент (накидные, торцевые ключи), позволяющий равномерно затягивать крепежные болты без перекоса фланцев.
- 2 Для регулировки высоты опор может потребоваться инструмент (гаечные ключи, воротки), соответствующий конструктиву регулировочных механизмов.

- 3 Защита отверстий: все технологические отверстия в трубе, не используемые в текущий момент для проведения операций (позиционирование поршня, контроль натяжения), должны быть закрыты заглушками или защитными крышками. Это предотвращает попадание внутрь трубы пыли, посторонних предметов.

Отверстия для фиксации и контроля положения отражателя (поршня):

– контрольные отверстия:

Диаметр: 50 мм.

Расположение: в два ряда по противоположным образующим трубы в шахматном порядке, см. рисунок Б.2.

Шаг вдоль одной образующей: (600 ± 10) мм (расстояние между центрами отверстий в одном ряду).

Смещение между рядами: (300 ± 5) мм (отверстия на противоположных образующих смещены вдоль оси трубы на половину шага) – от первого отверстие на одной образующей трубы, следующее – на противоположной образующей на расстоянии (300 ± 5) мм от первого, третье – на той же образующей, что и первое, на расстоянии (600 ± 10) мм, и далее эта последовательность повторяется по всей длине трубы.

Назначение: визуальный контроль положения поршня, а также доступ для проведения операций по контролю натяжения измерительного полотна.

– дополнительные отверстия для фиксации поршня: для фиксации поршня в требуемых точках в процессе натяжения измерительного полотна и проведения поверки используются фиксирующие штоки (пруты). Принцип выполнения отверстий:

1 Определение места фиксации: определяется требуемое положение поршня (в соответствии с п. 10.1.3 настоящей методики). Место фиксации должно находиться в зоне, отстоящей не более чем на $L_{откл}$ от номинального значения.

2 Обеспечение парных отверстий (прохода для штока):

– если в месте фиксации уже имеется контрольное отверстие (диаметр 50 мм), то на противоположной стороне трубы, напротив его, выполняется ответное отверстие (рекомендуемый диаметр не более 7 мм).

– если в месте фиксации отсутствует основное отверстие, выполняются два отверстия (рекомендуемый диаметр не более 7 мм), расположенные напротив друг друга.

– парные фиксационные отверстия, предназначенные для прохода штока, должны быть выполнены таким образом, чтобы ось штока была строго перпендикулярна продольной оси трубы. Это обеспечивает упор для поршня и исключает его перекося, см. рисунок Б.3.

3 Контроль перпендикулярности (принцип): проверка перпендикулярности оси штока относительно оси трубы осуществляется с помощью угольника, прикладываемого к выступающим концам штока с обеих сторон трубы, вставленного в отверстия, и к образующей трубы. Проверку необходимо проводить в условиях, имитирующих рабочее положение, – при поджатом к штоку поршне (когда шток в отверстиях занимает своё окончательное положение под нагрузкой). Критерием соответствия является отсутствие видимого просвета (зазора) между штоком и поверхностью угольника по всей длине контакта, либо величина зазора, не превышающая 0,5 мм.

4 Проверка перед измерениями: при каждом выставлении поршня в очередную контрольную точку, после его фиксации штоком и поджатия (когда поршень прижат к штоку, а шток – к краям отверстий), обязательно провести контроль перпендикулярности в соответствии с принципами, изложенными в предыдущем пункте. Именно под нагрузкой (усилием поджатия поршня) шток занимает своё рабочее положение в отверстиях. Выполнение критерия (зазор не более 0,5 мм) гарантирует, что контактирующая со штоком плоская поверхность поршня (торец) ориентирована правильно, независимо от зазора между поршнем и внутренним диаметром трубы. Использование пары отверстий, дающей зазор, превышающий 0,5 мм, не допускается.

- 5 Диаметр выполняемых отверстий должен обеспечивать свободное прохождение фиксирующего штока (рекомендуемый диаметр штока от 6,0 до 6,5 мм) с минимальным зазором.



Рисунок Б.3 – Общий вид фиксации поршня

Примечание – Расчет координат для выполнения отверстий для точек j_0 и j_4 :
Номинальное расстояние от монтажной плоскости фланца (где устанавливается уровнемер) до осей парных фиксационных отверстий для штока рассчитывают по формуле (Б.1):

$$L_{\text{отв}} = \bar{L}_j^{\text{ном}} + L_{\text{им}} + \frac{D_{\text{отв}}}{2} \quad (\text{Б.1})$$

- где $L_{\text{отв}}$ – расчетное номинальное расстояние от монтажного фланца до оси парных отверстий для штока, мм;
 $\bar{L}_j^{\text{ном}}$ – номинальное значение уровня для точки j_0 или j_4 по условиям (3) п. 10.1.3 настоящей методики, мм;
 $L_{\text{им}}$ – действительное значение длины отражателя (поршня) от точки крепления эталонного средства измерений до рабочей поверхности поршня, обращенной к уровнемеру, мм (см. п. Б.5.1);
 $D_{\text{отв}}$ – диаметр дополнительных отверстий для штока, мм.

Фактические отверстия для штока должны быть выполнены в зоне, отстоящей не более чем на $L_{\text{откл}} = 100$ мм (согласно п. 10.1.3 настоящей методики), от расчетного значения $L_{\text{отв}}$. Для этого рекомендуется, чтобы ось отверстий находилась в диапазоне для $j_0 = L_{\text{отв}} + 100$ мм и $j_4 = L_{\text{отв}} - 100$ мм, при этом окончательное допускаемое отклонение положения поршня проверяется по условию $|\bar{L}_j^{\text{др}} - \bar{L}_j^{\text{ном}}| \leq 100$ мм.

Б.2.2 Отражатель (поршень)

Материал: древесина твердых пород или иной электроизоляционный материал, обеспечивающий стабильность геометрических размеров в условиях проведения поверки.

Требования к поверхности:

- боковая (цилиндрическая) поверхность поршня должна быть гладкой для обеспечения плавного перемещения внутри трубы;
- торцевая рабочая поверхность поршня (сторона, обращенная к поверяемому СИ) должна быть гладкой и ровной.

Требования к габаритным размерам: согласно таблице Б.2

Крепление измерительного полотна эталонного средства:

- расположено в нижней части поршня с обеспечением надежной фиксации, см. рисунок Б.7, б);
- конец измерительного полотна эталонного средства должен быть плотно прижат к торцевой поверхности поршня.

Контроль положения и ориентации:

- для обеспечения продольного направления измерительного полотна по нижней внутренней образующей трубы на боковой поверхности поршня рекомендуется нанести продольную осевую риску (контрольную маркировку). Маркировку следует расположить на таком участке поверхности, чтобы она была видна оператору через контрольные отверстия в трубе при установленном рабочем положении поршня;
- правильность ориентации поршня в рабочем положении (при которой точка крепления полотна находится внизу) контролируется визуальным совмещением данной риски с контрольными метками на краях отверстий в трубе;
- если в процессе перемещения поршень проворачивается (прокручивается) вокруг своей оси, его правильную ориентацию восстанавливают. Для этого через отверстия диаметром 50 мм совмещают контрольную риску на боковой поверхности поршня с контрольными метками на краях отверстий в трубе. Для коррекции углового положения деревянного поршня допускается использование ручного инструмента с наконечником из материала, обладающего повышенным сцеплением, но не абразивными свойствами (например, резина, полиуретан, ластик).



Рисунок Б.4 – Вид отражателя (поршень) с узлом крепления измерительного полотна эталонного средства

Б.2.3 Средства предварительного позиционирования отражателя (поршня)

Средства предназначены для предварительного ручного перемещения поршня в зону контрольных точек – от уровня в сторону измерительного узла.

Состав:

- капроновая веревка (трос) достаточной прочности и длины для ручного перемещения поршня по всему диапазону измерений. Длина троса должна превышать длину трубы не менее чем на 1,5 – 2 м;
- узел или зажим для крепления веревки к поршню.

Принцип работы и требования:

- веревка (трос) крепится к поршню и выводится через торец трубы со стороны измерительного узла.
- перемещение поршня осуществляется вручную за свободный конец веревки в сторону, противоположную от уровня (к измерительному узлу).
- после подвода поршня в требуемую зону (напротив соответствующих отверстий) и его фиксации с помощью фиксирующего штока (п. Б.2.6), см. рисунок Б.3, веревка ослабляется и может быть убрана в сторону, чтобы не мешать проведению измерений.

Требования:

- обеспечение плавного, ручного перемещения поршня без рывков.
- минимальное трение веревки в точках контакта с конструкцией.
- после фиксации поршня штоком веревка не должна создавать усилий, смещающих поршень.

Б.2.4 Измерительный узел

Назначение и общие требования: измерительный узел предназначен для крепления, натяжения и снятия показаний с эталонного средства измерений. Его конструкция и монтаж должны обеспечивать точное и воспроизводимое положение измерительного полотна строго вдоль внутренней нижней образующей трубы (в положении «6 часов») без перекосов.

Элементы измерительного узла (состав):

- эталонное средство измерений (в соответствии с таблицей 3 настоящей ПИ);
- оптическое устройство (указатель с риской на прозрачной основе) для считывания результатов измерений (снимаются совмещением риски указателя со значениями шкалы эталонного средства измерений);
- узел натяжения полотна эталонного средства измерений, включающий:
- комплект грузов известной массы для размещения на платформе, давление которых создает требуемое усилие натяжения.
- механизм для натяжения полотна и его последующей фиксации в выбранном положении.
- кронштейн крепления узла к торцу трубы.

Требования:

- эталонное средство измерений должно быть уложено и натянуто по внутренней нижней образующей трубы для исключения собственного провисания (натяжение полотна должно создаваться в соответствии с паспортными данными (эксплуатационной документацией) применяемого конкретного эталонного средства измерений и контролироваться по процедуре, описанной в п. Б.5.6, а его выбранное положение – надежно фиксироваться.
- положение отражателя (поршня) контролируется при каждом измерении через контрольные отверстия.

Конструктивные и монтажные требования к кронштейну и установке:

- Точность монтажа: конструкция кронштейна и расположение монтажных отверстий должны обеспечивать его точную установку на фланец трубы. Отверстия для крепления в кронштейне должны совпадать с ответными отверстиями во фланце трубы.
- Исключение перекосов: при затяжке крепежа необходимо обеспечить равномерное прилегание кронштейна к фланцу по всей плоскости контакта, исключая перекосы узла.
- Обеспечение правильного направления полотна: смонтированный измерительный узел должен обеспечивать такое положение направляющих (или точки ввода/вывода) для измерительного полотна, чтобы полотно, будучи натянутым, располагалось строго по центру нижней внутренней образующей трубы (т.е. по её продольной оси в самой нижней точке). Для визуального контроля правильности положения узла допускается использовать отвес или уровень.

Общий вид измерительного узла представлен на рисунке Б.5

Б.2.5 Средства натяжения измерительного полотна эталонного средства измерений

Для контроля и настройки усилия натяжения эталонного средства измерений используется съемный измерительный комплект, включающий:

- электронный динамометр с соответствующим диапазоном измерения силы натяжения.
- набор эталонных грузов и грузов с известной массой, измеренных на весах.
- вспомогательные приспособления для временного крепления динамометра между поршнем и полотном ленты.

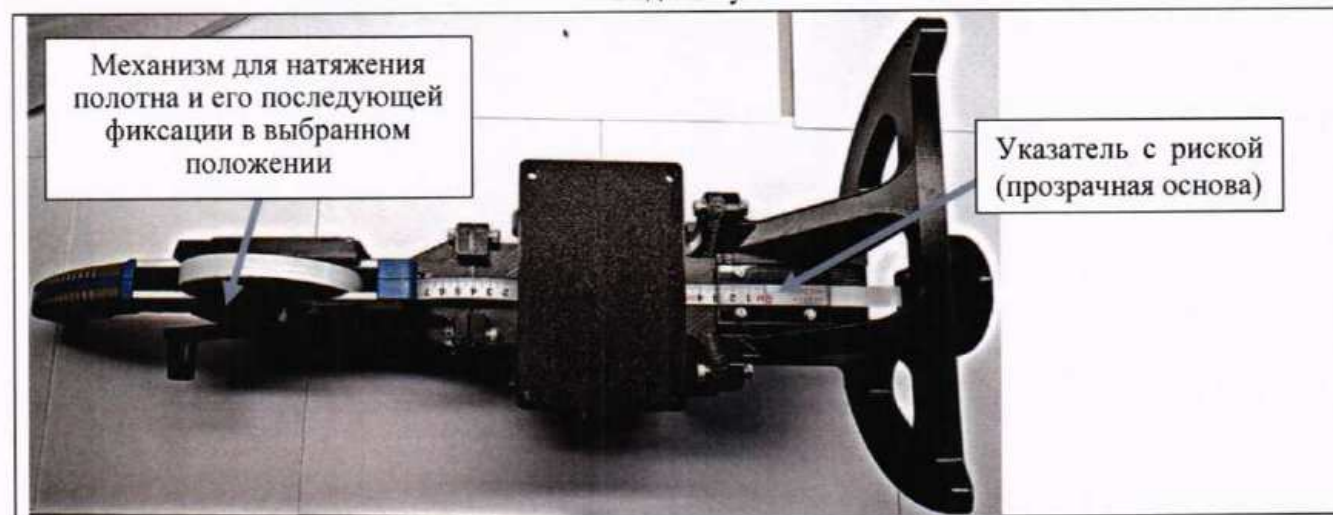
Подробная процедура контроль и обеспечение требуемого натяжения полотна измерительной ленты приведена в п. Б.5.6.



Вид смонтированного измерительного узла на трубе (показывает рабочее положение)



Вид сбоку



Вид сверху

Рисунок Б.5 – Общий вид крепления и устройства измерительного узла

Б.2.6 Средства фиксации поршня

Для фиксации поршня в заданных положениях используются фиксирующие штоки (пруты) из прочного материала (сталь). Шток должен обладать достаточной жесткостью, чтобы не прогибаться под воздействием усилий, возникающих при натяжении измерительного полотна и фиксации поршня. Диаметр штока выбирается исходя из диаметра фиксационных отверстий для обеспечения свободного прохождения с минимальным зазором.

Требования к геометрии и размерам штока:

Диаметр штока выбирается исходя из диаметра фиксационных отверстий (рекомендуемый диаметр от 6,0 до 6,5 мм) для обеспечения свободного прохождения с минимальным зазором.

Длина штока должна обеспечивать выступание его концов за наружную поверхность трубы не менее чем на 25 мм с каждой стороны после установки в парные отверстия (это необходимо для свободного приложения угольника при контроле перпендикулярности). Рекомендуемая длина штока рассчитывается по формуле:

$$L_{\text{штока}} \geq D_{\text{нар}} + 50 \text{ мм} \quad (\text{Б.2})$$

где $D_{\text{нар}}$ — наружный диаметр трубы имитатора.

Поверхность штока должна быть гладкой, без заусенцев.

Отклонение от прямолинейности штока не должно превышать 0,2 мм на всей длине.

Примечание — Допускается применение штоков квадратного сечения. В этом случае размеры штока (сторона квадрата) должны обеспечивать его свободное прохождение через фиксационные отверстия с минимальным зазором, аналогично требованиям для круглых штоков. Все требования к материалу, прямолинейности, длине и выступанию концов сохраняются в полном объеме.

Контроль прямолинейности осуществляется методом линейных отклонений в соответствии с п. Б.5.7.

Шток, вставленный в отверстия, служит упором для поршня, предотвращая его смещение во время операций по натяжению полотна и проведению измерений, см. рисунок Б.3.

Б.3 Технические требования

- 1) Требования к параллельности рабочей поверхности (горизонтальность) металлической трубы: согласно таблице Б.2;
- 2) Стыковка секций:
 - монтаж должен обеспечивать равномерное положение конструкции без локальных перекосов;
 - смещение в местах соединения секций должно быть минимизировано за счет точного позиционирования и регулировки;
 - для компенсации возможных отклонений применяются регулируемые опоры;
 - крепежные элементы должны обеспечивать жесткую фиксацию и исключение прогибов.

Т а б л и ц а Б.2 – Технические характеристики имитатора поверхности продукта

Наименование характеристики	Значение
Габаритные размеры – металлической трубы ДУ200: – длина ¹⁾ , мм	от 3000 до $\bar{L}_{\text{трубы}}^{\text{max}}$ 210
– внутренний диаметр ²⁾ , мм, не более	
– отражателя (поршень): – длина, мм	от 250 до 300
– наружный диаметр ²⁾ , мм	от 198 до 208
Допуск плоскостности и перпендикулярности торцов отражателя (поршня) относительно его продольной оси, мкм, не более	50

Окончание таблицы Б.2

Наименование характеристики	Значение
Параллельность рабочей поверхности металлической трубы, мм/м, не более	2
Номинальное усилие натяжения полотна эталонного средства измерений, Н	Устанавливается в соответствии с паспортными данными (эксплуатационной документацией) применяемого эталонного средства измерений.
Масса груза для создания требуемого натяжения, кг	Определяется экспериментально по п. Б.5.6 для каждого типа применяемого эталонного средства измерений.
<p>1) Длина трубы определяется паспортными данными поверяемого уровнемера и должна обеспечивать не только диапазон измерений уровнемера, но и включать дополнительную длину, необходимую для размещения отражателя (поршня) устройства (на конструктивный запас для движения поршня) или более:</p> $L_{\text{трубы}} \geq L_{\text{max}} + L_{\text{им}} $ <p>где: L_{max} – верхний предел диапазона измерений уровнемера, мм; $L_{\text{им}}$ – то же обозначение, что и в формуле (Б.1).</p> <p>2) Разность между внутренним диаметром трубы и наружным диаметром поршня должна составлять не более 2 мм.</p>	

Т а б л и ц а Б.3 – Средства контроля технических характеристик и требования к ним

Пункты операций, требующие применение средства контроля	Метрологические и технические требования к средствам контроля	Рекомендуемые средства контроля
пп. Б.5.1 – Б.5.2, Б.5.6	Рабочие эталоны единицы длины 3-го разряда в соответствии с частью 2 ГПС для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 мм и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденной приказом Росстандарта № 2840 от 29 декабря 2018 г. Диапазон измерений должен соответствовать диапазону измерений поверяемого уровнемера но и включать дополнительную длину вспомогательного средства. Пределы допускаемой абсолютной погрешности не должны превышать 1/3 от предела допускаемой основной погрешности поверяемого уровнемера.	Лента измерительная эталонная рег. № 3.7.АГХ. 0002.2021
	Рабочие эталоны 2-го разряда в соответствии с частью 1 ГПС, для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов, утвержденной приказом Росстандарта № 3459 от 30 декабря 2019 г., с диапазоном измерений, соответствующим диапазону измерений поверяемого уровнемера и пределами допускаемой абсолютной погрешности, не превышающими 1/3 от предела допускаемой основной погрешности поверяемого уровнемера	Рулетка измерительные металлические типа Р, рег. № 51171-12
	Средства измерений внутренних линейных размеров, диапазон измерений от 0 до 300 мм, дискретность отсчета 0,01 мм, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,05$ мм.	Штангенциркуль серий 500 модификации AOS ABSOLUTE Digimatic, рег. № 72366-18
	Средства измерений для измерений длины на плоскости, с диапазоном поля зрения, не менее 8 мм. Видимое увеличение не менее 10 крат.	Микроскоп отсчетный МПБ-2 рег. № 1120-57

Окончание таблицы Б.3

Пункты операций, требующие применение средства контроля	Метрологические и технические требования к средствам контроля	Рекомендуемые средства контроля
п. Б.5.2	Средства измерений углов и проверки перпендикулярности, с допуском перпендикулярности не более 6 мкм	Угольник поверочный 90° мод. УШ-400, рег. № 70560-18
	Средства для измерений плоскостности плоских поверхностей, длина не менее 200 мм, допуск плоскостности рабочих поверхностей не более 12 мкм.	Линейка поверочная ЛД, лекальная, ЛД-500 рег. № 76862-19
	Средства измерений величины зазоров, номинальная толщина 0,05 мм, с допускаемыми отклонениями не более 6 мкм.	Щупы торговой марки «Калиброн», набор № 2 рег. № 79706-20
п. Б.5.3	Средства проверки горизонтального и вертикального положения поверхности элементов конструкции, с допускаемыми отклонениями от параллельности рабочих поверхностей уровня, не более 0,25 мм.	Уровень строительный УС (мод. УС-I-2000 или УС-II-1000) рег. № 79208-20
п. Б.5.7	Средства измерений длины: линейка измерительная, рулетка или штангенциркуль с диапазоном измерений не менее длины штока (рекомендуется не менее 300 мм) и ценой деления не более 1 мм	Штангенциркуль серий 500 модификации AOS ABSOLUTE Digimatic, рег. № 72366-18
	Средства для измерений отклонений от прямолинейности, с рабочей поверхностью длиной не менее длины штока (рекомендуется не менее 300 мм), класс точности не ниже 2	Линейка поверочная ЛД, лекальная, ЛД-500 рег. № 76862-19
	Средства измерений величины зазоров, номинальная толщина 0,2 мм, с допускаемыми отклонениями не более 12 мкм.	Щупы торговой марки «Калиброн», набор № 2 рег. № 79706-20
пп. Б.5.1, Б.5.6	Средства измерений силы (динамометры), диапазон измерений в соответствии с паспортными данными (эксплуатационной документацией) применяемого эталонного средства измерений. С пределами допускаемой относительной погрешности динамометра не более $\pm 0,3\%$	Динамометры электронные АЦД, мод. АЦД/1Р-0,1/1И-0,5, рег. № 67638-17
	Средства для измерений массы, с пределом взвешивания до 10 кг и ценой деления 1 г.	Весы неавтоматического действия GP, мод. GP-100KS), рег. № 50583-12
	Средства воспроизведения массы	Гири классов точности M ₁ рег. № 52768-13
Вспомогательное оборудование		
п. Б.5.6	– стальной шток (прут) в соответствии с требованиями по п. Б.2.6; – постоянные грузы с известной массой, измеренные на весах; – приспособления (кронштейны) для крепления измерительного полотна эталонного средства.	
Примечание – Допускается использовать при контроле технических характеристик другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице Б.3.		

Б.4 Порядок сборки и подготовки имитатора поверхности продукта к поверке

Перед проведением поверки необходимо выполнить сборку имитатора в конфигурации, соответствующей паспортному диапазону измерений уровнемера (УЛМ-11А1-Т). Все работы должны проводиться на ровной, устойчивой площадке с соблюдением требований безопасности по п. Б.6.

Б.4.1 Подготовительные операции

- 1) Ознакомляются с паспортом поверяемого уровнемера и определяют его рабочий диапазон измерений уровня: нижний предел L_{\min} и верхний предел L_{\max} (в мм).
Рассчитывают требуемую минимальную общую длину собранной трубы имитатора по формуле (Б.3):

$$L_{\text{треб}} = L_{\max} + L_{\text{им}} + L_{\text{зап}} \quad (\text{Б.3})$$

где $L_{\text{им}}$ – длина отражателя (поршня), принимаемая равной 250 – 300 мм (фактическое значение должно быть уточнено измерением), мм;
 $L_{\text{зап}}$ – конструктивный запас (рекомендуется не менее 300 мм) для позиционирования поршня в крайних точках и размещения измерительного узла, мм;

- 2) Подбирают необходимое количество секций трубы ДУ200 с приваренными монтажными фланцами и комплект крепежных элементов (болты, гайки, шайбы) так, чтобы суммарная номинальная длина была не менее $L_{\text{треб}}$.
- 3) Проверяют комплектность и состояние всех компонентов: секции трубы, поршень, фиксирующие штоки, веревку (трос), измерительный узел, эталонное средство измерений, набор грузов, крепежные элементы для фланцев, инструмент.

Б.4.2 Сборка трубы и установка на опоры

- 1) Укладывают первую секцию трубы на две регулируемые опоры, расположенные у ее концов. Для сборных труб длиной более 3 м устанавливают дополнительные опоры с шагом не более 2 м.
- 2) Последовательно соединяют все секции трубы путем стягивания приваренных фланцев.
 - Совмещают фланцы соседних секций, обеспечивая совпадение монтажных отверстий и совмещение контрольных отверстий диаметром 50 мм для сохранения общего шахматного шага вдоль всей трубы (см. рисунок Б.2).
 - Устанавливают крепежные болты с шайбами и гайками во все отверстия фланцев.
 - Равномерно и последовательно, крестообразным методом, затягивают все болты. Рекомендуется использовать динамометрический ключ для обеспечения равномерного усилия и исключения перекоса фланцев.

Примечание – Затяжку выполняют в несколько проходов, увеличивая момент затяжки от прохода к проходу (например, первый проход – 30% от номинального момента, второй – 70%, финишный – 100%). Это обеспечивает плотное и равномерное прилегание фланцев по всему периметру.

- 3) После соединения всех секций визуально проверяют прямолинейность (соосность) собранной трубы. При заметном перекосе ослабляют крепеж соответствующего стыка, выравнивают секции и повторяют затяжку.
- 4) Собранный трубу устанавливают на все подготовленные опоры. С помощью строительного уровня (см. п. Б.5.3) регулируют высоту опор для обеспечения горизонтальности оси трубы (допускаемое отклонение – не более 2 мм на 1 м длины).
- 5) Проверяют, чтобы фланец торца трубы, предназначенный для установки уровнемера (базовая плоскость), был чистым, ровным и не имел механических повреждений.

Б.4.3 Предварительные измерения элементов установки и проверка геометрии трубы

На данном этапе выполняют контроль характеристик отдельных компонентов до их сборки в единую измерительную цепь.

1) Измерение и проверка отражателя (поршня):

- В соответствии с п. Б.5.1 (методом прямых измерений штангенциркулем) определяют:
 - Геометрическую длину поршня $L_{\text{поршня}}$;
 - Наружный диаметр поршня в нескольких сечениях.
- В соответствии с п. Б.5.2 проверяют перпендикулярность и плоскостность его рабочей поверхности.
- Измеряют или рассчитывают значение $L_{\text{им}}$ – эффективную длину поршня от рабочей поверхности до точки крепления полотна:

$$L_{\text{им}} = L_{\text{поршня}} + h_{\text{креп}} \quad (\text{Б.4})$$

где $h_{\text{креп}}$ – толщина (вылет) крепежного элемента на поршне для полотна (см. рисунок Б.7, б). Если крепление полотна находится вровень с торцом поршня, $h_{\text{креп}} = 0$, мм;

2) Контроль геометрии и состояния трубы:

- Штангенциркулем измеряют внутренний диаметр трубы в нескольких сечениях для подтверждения соответствия требованиям таблицы Б.2.
- С помощью строительного уровня (см. п. Б.5.3) окончательно регулируют опоры для обеспечения горизонтальности оси трубы (отклонение не более 2 мм/м).
- Визуально проверяют внутреннюю поверхность трубы через открытые торцы и контрольные отверстия на отсутствие заусенцев, деформаций и загрязнений, которые могут препятствовать свободному движению поршня.

Б.4.4 Определение полной длины имитатора ($L_{\text{уст}}$), базового расстояния ($\Delta_{\text{баз}}$) и калибровка натяжения полотна

На данном этапе определяют геометрическую константу установки и настраивают систему натяжения в конфигурации без поршня.

1) Монтаж крепежных элементов и измерительного узла:

- На торец трубы со стороны базовой плоскости монтируют и закрепляют крепежный элемент для фиксации нуля измерительного полотна (см. рисунок Б.7, а).
- На противоположном торце трубы окончательно закрепляют кронштейн измерительного узла и собирают механизм натяжения.
- Закрепляют корпус эталонного средства измерений в предназначенном для этого месте узла.

2) Прокладка полотна для калибровки:

- Начало (нулевую точку) измерительного полотна фиксируют на крепежном элементе базовой плоскости.
- Полотно эталонного средства измерений протягивают вдоль внутренней нижней образующей трубы и заводят его в механизм натяжения.
- На фланец трубы со стороны измерительного узла устанавливают защитный экран (щит) из ударопрочного материала в соответствии с требованием п. Б.6.2.

3) Определение массы груза для натяжения полотна при его полной длине:

- В соответствии с методикой, изложенной в п. Б.5.6 (за исключением операций, связанных с поршнем и фиксацией его в контрольных точках), определяют массу груза $m_{\text{груз}}$ (для $L_{\text{уст}}$), обеспечивающую паспортное усилие натяжения полотна при его полной длине.

4) Измерение полной длины $L_{\text{уст}}$:

- Используя определенную массу груза $m_{\text{груз}}$ (для $L_{\text{уст}}$), измерение полной длины имитатора проводят в соответствии с методикой п. Б.5.1.

5) Расчет базового расстояния $\Delta_{\text{баз}}$:

- Используя значение эффективной длины поршня $L_{\text{им}}$ (из п. Б.4.3), рассчитывают константу $\Delta_{\text{баз}}$ с методикой п. Б.5.1.
- Полученные значения $L_{\text{уст}}$ и $\Delta_{\text{баз}}$ регистрируют для использования в дальнейших расчетах при определении метрологических характеристик уровнемеров.

6) Демонтаж полотна с базовой плоскости и подготовка к установке поршня:

- После завершения измерений и регистрации данных ослабляют механизм фиксации узла натяжения и осторожно снимают груз с подвижной платформы.
- Аккуратно отсоединяют начало (нулевую точку) измерительного полотна от крепежного элемента на торце трубы (базовой плоскости).
- Полотно эталонного средства измерений сматывают в сторону измерительного узла, чтобы оно не мешало последующим операциям по установке и маркировке поршня.

Б.4.5 Установка отражателя, средств его перемещения и монтаж измерительной цепи в рабочую конфигурацию

1) Крепление средства перемещения и установка поршня:

- Надежно закрепляют конец капроновой веревки (троса) в нижней части поршня, в зоне узла крепления измерительного полотна.
- Через торец трубы со стороны базовой плоскости заводят поршень внутрь трубы. Поршень ориентируют так, чтобы узел крепления полотна и прикрепленная веревка находились строго внизу (в положении «6 часов»).
- Свободный конец веревки выводят наружу со стороны измерительного узла, протянув его через всю трубу.

2) Проверка плавности хода, динамики движения и маркировка элементов:

- Перемещение и контроль хода: плавно перемещают поршень (потягивая за веревку) от базовой плоскости по направлению к измерительному узлу по всему будущему рабочему диапазону. Визуально и тактильно контролируют плавность скольжения, отсутствие заеданий, вибраций, перекосов и посторонних шумов. Поршень должен двигаться свободно, без рывков.
- Нанесение контрольных меток на трубе: одновременно с контролем хода, для каждой пары противоположных контрольных отверстий (диаметром 50 мм), мимо которых проходит поршень, с помощью шаблона или вручную наносят четкие продольные метки на боковых краях отверстий. Метки наносят таким образом, чтобы при визуальном совмещении меток на противоположных сторонах отверстия (взгляд «на просвет») линия, их соединяющая, была строго горизонтальна и совпадала с положением узла крепления полотна на поршне (т.е. находилась внизу).
- Нанесение осевой риски на поршне: на боковую поверхность поршня наносят четкую продольную осевую риску. Рискю наносят, совмещая ее с нанесенными контрольными метками на трубе, когда поршень находится в рабочем положении (узел крепления внизу). Это обеспечивает, что при совпадении риски на поршне с метками на трубе (при взгляде через любое отверстие) узел крепления полотна гарантированно находится внизу по центру трубы.

Примечание – Если контрольные метки на трубе и осевая риска на поршне уже имеются и находятся в удовлетворительном состоянии, операцию по их нанесению не выполняют. Однако проверку плавности хода проводят в обязательном порядке.

- После завершения маркировки и проверки плавности хода (динамики движения) поршень вынимают из трубы для последующего крепления полотна эталонного средства измерений. Веревку оставляют закрепленной на поршне для использования на следующем этапе.

- 3) Крепление измерительного полотна к поршню и укладка его в рабочее положение:
- Конец измерительного полотна, который был временно смотан у измерительного узла (см. п. Б.4.4), разматывают и протягивают вдоль внутренней нижней образующей трубы от измерительного узла к базовой плоскости.
 - Начало (нулевую точку) измерительного полотна фиксируют на крепежном элементе поршня (см. рисунок Б.7, б). Убеждаются, что полотно надежно закреплено и прижато к поверхности поршня.
 - Через торец трубы со стороны базовой плоскости вводят поршень с прикрепленным полотном и верёвкой внутрь трубы. Поршень ориентируют так, чтобы узел крепления полотна находился строго внизу. Свободный конец веревки выводят наружу со стороны измерительного узла.
 - Фиксация поршня в первой контрольной точке: устанавливают фиксирующий шток в парные отверстия, соответствующие зоне первой контрольной точки (например, j_0). После установки убеждаются, что концы штока выступают за наружную поверхность трубы с обеих сторон не менее чем на 25 мм. Шток служит упором, предотвращающим смещение поршня во время операций по натяжению полотна и проведению измерений.
 - Потягивая за веревку со стороны измерительного узла, перемещают поршень к установленному штоку до упора, обеспечивая плотное поджатие поршня к штоку. Излишки измерительного полотна, образующиеся при перемещении поршня, вручную аккуратно сматывают в барабан (корпус) эталонного средства.
 - После поджатия поршня к штоку необходимо проверить перпендикулярность оси штока относительно оси трубы с помощью угольника в соответствии с п. 3 и п. 4 раздела Б.2.1. Угольник прикладывают к выступающим концам штока с обеих сторон трубы и к образующей трубы. Зазор между выступающими концами штока и поверхностью угольника не должен превышать 0,5 мм. Именно под нагрузкой (усилием поджатия поршня) шток занимает своё рабочее положение в отверстиях, и проверка должна проводиться в этом состоянии. Если зазор превышен, следует выбрать другую пару отверстий или провести корректировку положения.

Б.4.6 Определение нагрузочной массы для натяжения полотна в контрольных точках

- 1) Для каждой контрольной точки (j_0, j_1, \dots, j_n), последовательно выполняют следующие действия:
- Устанавливают и фиксируют поршень штоком в зоне соответствующей контрольной точки. Фиксацию поршня, поджатие его к штоку и проверку перпендикулярности оси штока выполняют в соответствии с процедурой, описанной в п. Б.4.5.
 - Определяют массу груза $m_{\text{груз}(j)}$, необходимую для создания паспортного усилия натяжения полотна, в соответствии с подробной методикой, изложенной в п. Б.5.6.
 - Полученное значение $m_{\text{груз}(j)}$ регистрируют для использования в дальнейших операциях при определении метрологических характеристик уровнемеров.
 - После определения массы для всех точек поршень возвращают в исходное положение, соответствующее первой контрольной точке (j_0), для начала проведения поверки.

Б.4.7 Контрольный осмотр, проверка и подтверждение соответствия имитатора поверхности продукта перед поверкой

Перед началом поверки выполняют заключительный осмотр и проверку собранного имитатора поверхности продукта для подтверждения его готовности, безопасности и соответствия установленным требованиям.

Б.4.7.1 Проведение контрольного осмотра и проверок

1) Проверка устойчивости и целостности конструкции:

- Убеждаются в устойчивости всей установки (трубы на опорах, измерительного узла). Конструкция не должна шататься или иметь недопустимых прогибов.
- Визуально проверяют надежность всех соединений (фланцев, крепежа, кронштейнов), отсутствие незакрепленных элементов.

- 2) Подтверждение регистрации базовых параметров и завершения подготовительных процедур:
 - Убеждаются, что определенные и рассчитанные значения $L_{уст}$, $L_{им}$ и $\Delta_{баз}$ зарегистрированы в соответствии с пп. Б.4.3 и Б.4.4.
 - Убеждаются, что выполнены все операции по определению нагрузочных масс для натяжения полотна в контрольных точках (п. Б.4.6).
- 3) Контроль наличия и состояния средств безопасности:
 - Проверяют наличие и надежность установки защитного экрана (щита) со стороны измерительного узла (требование п. Б.6.2).
 - Проверяют наличие и надежность соединения заземления металлической конструкции трубы.
- 4) Контроль технологических отверстий:
 - Убеждаются, что все неиспользуемые технологические и контрольные отверстия в трубе закрыты штатными заглушками.
Это предотвращает попадание внутрь трубы пыли, посторонних предметов.
- 5) Проверка состояния фиксирующего штока: выполняется контроль прямолинейности в соответствии с п. Б.5.7. При обнаружении изгиба, превышающего допуск (прохождение щупа 0,2 мм), шток подлежит замене.

Б.4.7.2 Финальная проверка работоспособности:

- В соответствии с п. Б.5.5 проверяют плавность хода поршня на всем рабочем диапазоне измерений, убеждаясь в отсутствии заеданий, рывков и вибраций.
- Визуально, через открытые для контроля отверстия, убеждаются в отсутствии внутри трубы посторонних предметов.

Б.4.7.3 Критерии соответствия и допуск к применению

Устройство для поверки (имитатор) допускается к применению для поверки уровнемеров УЛМ-11А1-Т только при выполнении следующих условий:

- Результаты всех операций контроля, перечисленных в таблице Б.1 (п. Б.5), подтверждают соответствие техническим и конструктивным требованиям настоящего приложения.
- Все измеренные параметры (габаритные размеры, плоскостность, перпендикулярность, параллельность) находятся в пределах допусков, указанных в таблице Б.2.
- Динамика хода отражателя (поршня) соответствует требованиям (отсутствие рывков, заеданий, вибраций), что подтверждено в ходе проверок по п. Б.5.5.
- Для каждой контрольной точки, в которой предполагается проведение измерений, выполнена проверка перпендикулярности штока в соответствии с п. 4 раздела Б.2.1, и зазор между выступающими концами штока и поверхностью угольника не превышает 0,5 мм.
- Имитатор поверхности продукта считают готовым и допущенным к проведению поверки только после успешного выполнения всех операций контрольного осмотра и удовлетворения указанным критериям соответствия.

П р и м е ч а н и е – В случае выявления любых несоответствий имитатор поверхности продукта не допускается к применению до полного устранения недостатков и повторного проведения всего комплекса контрольных операций.

Б.5 Методы контроля характеристик вспомогательного средства для поверки уровнемеров

Б.5.1 Проверка габаритных размеров и действительных значений длины элементов конструкции имитатора поверхности продукта

а) Общие требования к снятию показаний с эталонных средств измерений

При проведении измерений с использованием эталонных средств измерений линейных размеров должны соблюдаться следующие требования для обеспечения точности и достоверности результатов.

1 Подготовка к измерению:

- визуально убеждаются, что измерительное полотно (лента) эталонного средства не имеет механических повреждений (загибов, разрывов, деформаций), а шкала не стерта и четко различима;
- обеспечивают чистоту шкалы и контактных поверхностей. При необходимости произвести очистку сухой, чистой, безворсовой салфеткой;
- надежно закрепляют ленту в фиксирующем устройстве измерительного узла (см. п. Б.2.4) обеспечивая ее стабильное положение без смещений и провисаний на всем протяжении измеряемого участка.

2 Снятие отсчета и минимизация погрешности параллакса:

- расположить линию зрения (глаз) оператора строго перпендикулярно плоскости шкалы в точке отсчета для исключения погрешности параллакса.
- если риска указателя не совпадает с делением эталонного средства измерений, для определения доли деления применить метод с использованием микроскопа отсчетного.

Метод точного отсчета показаний эталонного средства с помощью микроскопа отсчетного.

Для точного снятия показаний эталонного средства измерений в случаях, когда риска указателя измерительного узла не совпадает с делением его шкалы, применяют метод с применением микроскопа отсчетного:

- наводят микроскоп отсчетный на участок шкалы эталонного средства в районе риски указателя.
- оценивают долю деления основной шкалы между риской указателя и ближайшим отчетным делением с помощью измерительной шкалы микроскопа. Измерение доли деления производят с точностью, соответствующей техническим характеристикам микроскопа.
- вычисляют показание как сумму значения ближайшего отчетного деления шкалы и измеренной доли. За базовое принимают то отчетное деление шкалы, значение которого меньше. Измеренную долю деления прибавляют к значению этого деления.

б) Определяют с помощью средств измерений следующие параметры имитатора поверхности продукта, см. рисунок Б.7:

$L_{уст}$ – действительное значение полной длины имитатора поверхности продукта (от торца фланца трубы, где монтируется уровнемер, до риски на указателе, по которой снимается отсчет эталонным средством измерений), мм;

$L_{им}$ – действительную длину отражателя (поршня) от точки крепления эталонного средства измерений до рабочей поверхности поршня, обращенной к уровнемеру, мм.

Проверку габаритных размеров проводят методом прямых измерений с помощью штангенциркуля и рулетки измерительной / ленты измерительной эталонной.

1) Измерение полной длины имитатора поверхности продукта ($L_{уст}$).

- с помощью кронштейна крепления (п. Б.2.4) закрепляют измерительный узел на торце трубы в рабочем положении, см. рисунок Б.6;
- начало измерительного полотна (точку отсчета) фиксируют на торце трубы со стороны уровнемера. Крепление выполняют таким образом, чтобы усилие натяжения со стороны

- измерительного узла не вызывало смещения точки отсчета относительно плоскости фланца, см. рисунок Б.7, а);
- измерительное полотно протягивают по внутренней нижней образующей трубы от торца (со стороны уровнера) до измерительного узла и заводят в механизм натяжения;
- обеспечивают требуемое натяжение полотна согласно паспортным данным эталонного средства и методике по п. Б.5.6;
- снимают отсчет по риску указателя; в случае ее несовпадения с делением шкалы эталонного средства измерений для определения доли деления применяют метод с использованием микроскопа отсчетного.

2) Измерение габаритных размеров элементов конструкции устройства.

С помощью штангенциркуля (измерения проводятся не менее трех раз для подтверждения стабильности результатов) определяют:

- внутренний диаметр трубы – в двух сечениях;
- диаметр поршня – в двух сечениях;
- длину поршня ($L_{им}$) по образующей – в двух точках в каждом из двух сечений (от точки крепления конца полотна эталонного средства на отражателе (поршне) до его рабочей поверхности, обращенной к уровнеру). Если конструкция крепления измерительного полотна не обеспечивает прижатие его конца к торцевой поверхности поршня, например используется кронштейн (или иной элемент крепления), приводящий к смещению конца полотна (нулевой точки отсчета измерительного полотна) относительно торца поршня, $L_{им}$ определяют как сумму геометрической длины поршня от его рабочей поверхности до противоположного торца и толщины данного конструктивного элемента (расстояния, на которое кронштейн отодвигает нулевую точку полотна от торца поршня), см. рисунок Б.7, б). Полученное значение используется в качестве $L_{им}$ во всех расчетах по методике поверки.

3) Критерий соответствия требованиям: полученные значения должны соответствовать требованиям таблицы Б.2.

Б.5.2 Проверка параметров отражателя (перпендикулярность и плоскостность торцов)

а) Порядок проведения измерений:

- Проверка перпендикулярности обоих торцов: плотно прижать угольник к боковой поверхности поршня; проверить зазор между угольником и каждым торцом (рабочим и тыльным) по всему периметру с помощью щупа толщиной 0,05 мм в восьми равномерно распределенных точках.
- Проверка плоскостности каждого торца: приложить лекальную линейку к торцевой поверхности; проверить зазор по двум взаимно перпендикулярным диагоналям с помощью щупа толщиной 0,05 мм; в каждом направлении контролировать не менее трех точек.

б) Критерии соответствия: щуп толщиной 0,05 мм не должен входить в зазор; максимальное отклонение – 50 мкм.

Б.5.3 Проверка параллельности (горизонтальности) трубы

а) Порядок проведения измерений: установить уровень на поверхность трубы и контролировать положение пузырька в продольном направлении.

Для труб длиной более 3 м дополнительно контролировать по двум боковым образующим.

Точки контроля в продольном направлении по образующей:

- для труб менее 3 м - по 1 точке в средней части;
- для труб от 3 до 6 м - минимум по 2 точкам;
- для труб более 6 м - равномерно по длине (с шагом 3 м).

б) Критерий соответствия: отклонение от горизонтали не более 2 мм на 1 м длины.

Б.5.4 Расчет базового расстояния ($\Delta_{\text{баз}}$)

Рассчитывают базовое расстояние по формуле (1) настоящей ПИ. Для расчета необходимо предварительно определить значения $L_{\text{им}}$ и $L_{\text{уст}}$ по п. Б.4.1.

Полученное значение ($\Delta_{\text{баз}}$, мм), является константой для имитатора поверхности продукта и используется в расчетах по настоящей ПИ, см. рисунок Б.8.

Б.5.5 Проверка динамики хода отражателя

- а) Порядок проведения: установить отражатель в начальное положение; плавно и равномерно перемещать его по всей длине трубы.
- б) Критерий соответствия: отсутствие вибраций, рывков и заеданий.

Б.5.6 Контроль и обеспечение требуемого натяжения полотна эталонного средства измерений

- а) Общий принцип: требуемое усилие натяжения полотна устанавливается и контролируется для каждой контрольной точки, указанной в методике поверки (п. 10.1.3 настоящей методики).

Примечание – Если в эксплуатационной документации на применяемое эталонное средство измерений регламентировано значение усилия натяжения с нормированными допусками для всего рабочего диапазона или его отдельных поддиапазонов, то допускается не определять массу груза для натяжения измерительного полотна эталонного средства ($m_{\text{груз}(j)}$) для каждой контрольной точки внутри соответствующего диапазона (или поддиапазона). Для каждого такого диапазона (поддиапазона) массу груза $m_{\text{груз}(j)}$ подбирают один раз, исходя из условия обеспечения требуемого усилия натяжения в пределах указанных допусков. Соответствие выбранной массы заданному допуску подтверждается проверкой в контрольных точках, соответствующих начальной и конечной позициям данного диапазона (поддиапазона).

Операции по контролю и обеспечению требуемого натяжения выполняются по общей схеме, представленной на рисунке Б.6.

б) Подготовка:

- отсоединяют конец измерительного полотна (поз. 6 на рисунке Б.6) от крепления на поршне (поз. 3 на рисунке Б.6).
 - устанавливают и закрепляют чувствительный элемент электронного динамометра (тензодатчик на растяжение, поз. 9 на рисунке Б.6) между точкой крепления на поршне и концом измерительного полотна. Электрические проводники от динамометра выводят через контрольные отверстия для подключения к электронному блоку (измерительной части динамометра, поз. 10 на рисунке Б.6).
- в) Определение требуемой массы груза для натяжения измерительного полотна эталонного средства в каждой контрольной точке:
 - для каждой контрольной точки выполните следующие операции:
 - 1) Ориентируют и устанавливают поршень: поршень (поз. 3 на рисунке Б.6) с подключенным динамометром (поз. 9, 10 на рисунке Б.6) устанавливают в положение контрольной точки. Правильность ориентации контролируют по совмещению продольной осевой риски на поршне с контрольными метками на трубе (поз. 14 на рисунке Б.6). После этого поршень фиксируют с помощью фиксирующего штока (поз. 5 на рисунке Б.6), вставляя его через ближайшие подходящие отверстия (поз. 4 на рисунке Б.6). Фиксацию поршня, поджатие его к штоку и проверку перпендикулярности оси штока выполняют в соответствии с процедурой, описанной в п. Б.4.5.
 - 2) Ослабляют механизм фиксации узла натяжения измерительного полотна (входит в состав поз. 8 на рисунке Б.6).

- 3) На подвижную платформу измерительного узла (поз. 7 на рисунке Б.6) размещают грузы известной массы, предварительно измеренные на весах и (или) эталонные грузы (воздействие массы условно показано стрелкой, поз. 12 на рисунке Б.6).
- 4) Плавным вращением рукоятки натягивают измерительное полотно эталонного средства (поз. 6 на рисунке Б.6) с помощью механизма (поз. 8 на рисунке Б.6), поднимая подвижную платформу с грузом (поз. 7 на рисунке Б.6) на высоту 10 мм от нижнего положения (поз. 13 на рисунке Б.6), и фиксируют ее положение фиксирующим механизмом.
- 5) Путем подбора массы груза и регулировки высоты платформы добиваются, чтобы показания электронного динамометра (поз. 10 на рисунке Б.6) соответствовали значению, указанному в паспорте (эксплуатационной документации) применяемого эталонного средства измерений в части требуемого усилия натяжения.
- 6) Фиксируют общую массу груза $m_{\text{груз}(j)}$, обеспечившую требуемое натяжение для конкретной точки. Полученные значения $m_{\text{груз}(j)}$ регистрируют для дальнейших операций.

– после завершения определения требуемой массы груза для натяжения измерительного полотна эталонного средства для всех контрольных точек снимают динамометр, надежно закрепляют конец полотна на поршне и возвращают поршень в исходное (начальное) положение.

г) Проведение поверки с использованием определенных масс $m_{\text{груз}(j)}$

Для каждой контрольной точки выполняют следующие операции:

- подготовка поршня и узла: выполняют шаг 1) пункта в) (полотно при этом уже закреплено на поршне, динамометр снят).
- приложение нагрузки и натяжение: на подвижную платформу помещают груз известной массы $m_{\text{груз}(j)}$, соответствующий данной контрольной точке. Плавным вращением рукоятки натягивают измерительное полотно, поднимая платформу с грузом на высоту 10 мм от нижнего положения, и фиксируют ее.
- снятие показаний: регистрируют показания поверяемого уровнемера, а показания эталонного средства измерений снимают с помощью оптического устройства – указателя с рискной на прозрачной основе (поз. 11 на рисунке Б.6), совмещая его риску с делениями шкалы.

Б.5.7 Проверка параметров фиксирующего штока

Порядок проведения измерений и контроля:

Проверка длины:

- с помощью средства измерений длины измеряют общую длину штока;
- полученное значение должно соответствовать требованию, установленному в п. Б.2.6 (обеспечение выступания концов штока за наружную поверхность трубы не менее чем на 25 мм с каждой стороны).

Проверка соответствия отверстиям:

- шток вставляют в подготовленные парные фиксационные отверстия трубы;
- убеждаются, что шток проходит через отверстия свободно, с минимальным зазором, без заеданий и необходимости приложения значительного усилия. Данная проверка подтверждает соответствие фактических размеров штока требованиям п. Б.2.6.

Проверка прямолинейности:

- шток укладывают на ровную поверхность;
- поверочную линейку прикладывают рабочей поверхностью к штоку вдоль всей его длины;
- визуально оценивают наличие просвета между линейкой и штоком по всей длине контакта;
- при обнаружении просвета или для документального подтверждения соответствия с помощью набора щупов измеряют величину зазора в местах наибольшего предполагаемого отклонения (не менее чем в трёх точках: у обоих концов и в средней части);

– измерения проводят при двух ориентациях штока: в исходном положении и после поворота вокруг своей оси на 90° для выявления изгиба в разных плоскостях.

Критерии соответствия: шток признаётся годным к применению при одновременном выполнении всех требований, установленных в п. Б.2.6.

Примечание – Если в процессе эксплуатации шток подвергался механическим воздействиям (падение, удар), его применение без повторной проверки прямолинейности в соответствии с настоящим пунктом не допускается. Обязательно проводить визуальный осмотр штока перед каждым использованием.

Б.6 Требования безопасности при работе со вспомогательным средством

При работе со вспомогательным средством (имитатором поверхности продукта) необходимо соблюдать следующие требования безопасности, направленные на минимизацию рисков травматизма и обеспечение безопасных условий труда.

Б.6.1 Общие требования к конструкции и монтажу

- а) Перед началом операций необходимо убедиться в устойчивости всей конструкции имитатора (трубы на опорах с измерительным узлом).
- б) Все доступные кромки и углы металлических деталей (фланцев, опор, платформы) должны быть притуплены или защищены.
- в) На элементах конструкции, представляющих потенциальную опасность, рекомендуется нанести предупреждающие знаки.
- г) Для обеспечения электробезопасности и условий, соответствующих эксплуатационной документации на уровнемер, металлическая конструкция имитатора (труба, фланец) должна быть надежно заземлена. Это также способствует снижению влияния статического электричества и электромагнитных помех на процесс измерений.

Б.6.2 Требования при проведении операций по натяжению полотна и работе с грузами

- а) На фланце трубы со стороны измерительного узла должен быть установлен защитный экран (щит) из ударопрочного материала (например, оргстекло), предотвращающий возможное травмирование оператора в случае обрыва полотна эталонного средства измерений.
- б) Все используемые грузы должны иметь гладкую поверхность без заусенцев.
- в) Перед размещением на платформе необходимо визуально проверять целостность грузов.
- г) Размещение и снятие грузов с платформы должно производиться плавно, без резких движений.
- д) Запрещается находиться в зоне возможного падения груза в процессе натяжения.
- е) Запрещается подкладывать руки или инструмент под подвижную платформу натяжного узла при наличии на ней нагрузки (грузов).
- ж) При натяжении полотна с помощью рукоятки необходимо избегать чрезмерных усилий и рывков.

Б.6.3 Требования при работе с элементами конструкции

- а) При сборке/разборке трубы из секций необходимо использовать средства индивидуальной защиты: защитные перчатки для рук и обувь со стальным носком (или иная, обеспечивающая защиту от падения тяжелых предметов).
- б) Подъем и переноску секций массой более 25 кг следует выполнять вдвоем, применяя безопасные методы работы (с прямой спиной, приседая, а не наклоняясь).
- в) Инструмент для монтажа должен быть исправным, его размеры должны соответствовать размерам крепежных элементов.

Б.6.4 Требования к эксплуатации и защите имитатора

- а) В процессе сборки, подготовки к поверке и в периоды между измерениями все открытые технологические отверстия в трубе должны быть закрыты заглушками.
- б) Запрещается оставлять имитатор поверхности продукта без присмотра с открытыми отверстиями, через которые внутрь трубы могут попасть посторонние предметы (инструмент, крепеж, пыль, мусор).
- в) Перед началом перемещения поршня или проведения измерений необходимо визуально убедиться через ближайшие открытые отверстия в отсутствии внутри трубы посторонних предметов, которые могут препятствовать свободному ходу поршня или повредить его поверхность.
- г) Во избежание механических повреждений и деформаций (изгибов) штоков категорически запрещается подвергать их ударным нагрузкам или использовать не по назначению. Хранение штоков должно осуществляться в специально отведенном месте (например, в инструментальном ящике, тубусе), исключая их свободное перекатывание, падение и контакт с тяжелыми предметами. Перед каждым применением необходимо проводить визуальный осмотр штока на отсутствие видимых искривлений и повреждений.

Б.6.5 Требования при проведении поверки

- а) Подключение и эксплуатация уровнемеров, электронного динамометра, ПК и другого измерительного оборудования должны производиться в соответствии с их руководствами по эксплуатации и общими правилами электробезопасности.
- б) Зона вокруг установки должна быть свободна от посторонних предметов, масляных пятен и всего, что может помешать безопасному перемещению оператора.

Примечание – Все работы должны выполняться обученным персоналом, ознакомленным с настоящими требованиями и инструкциями по охране труда.

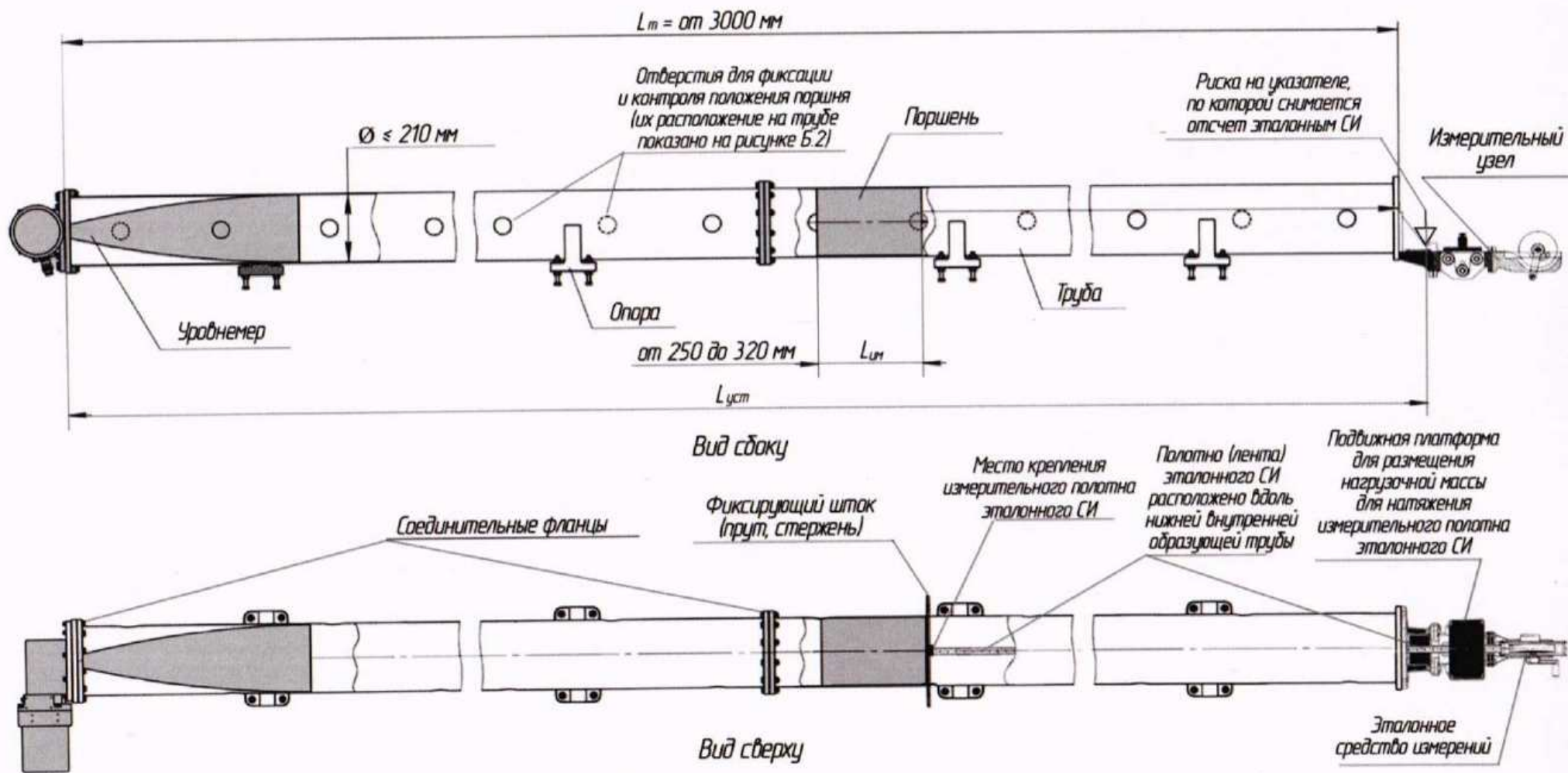


Рисунок Б.1 – Конструктивная схема имитатора поверхности продукта (общий вид с размерами и обозначениями)

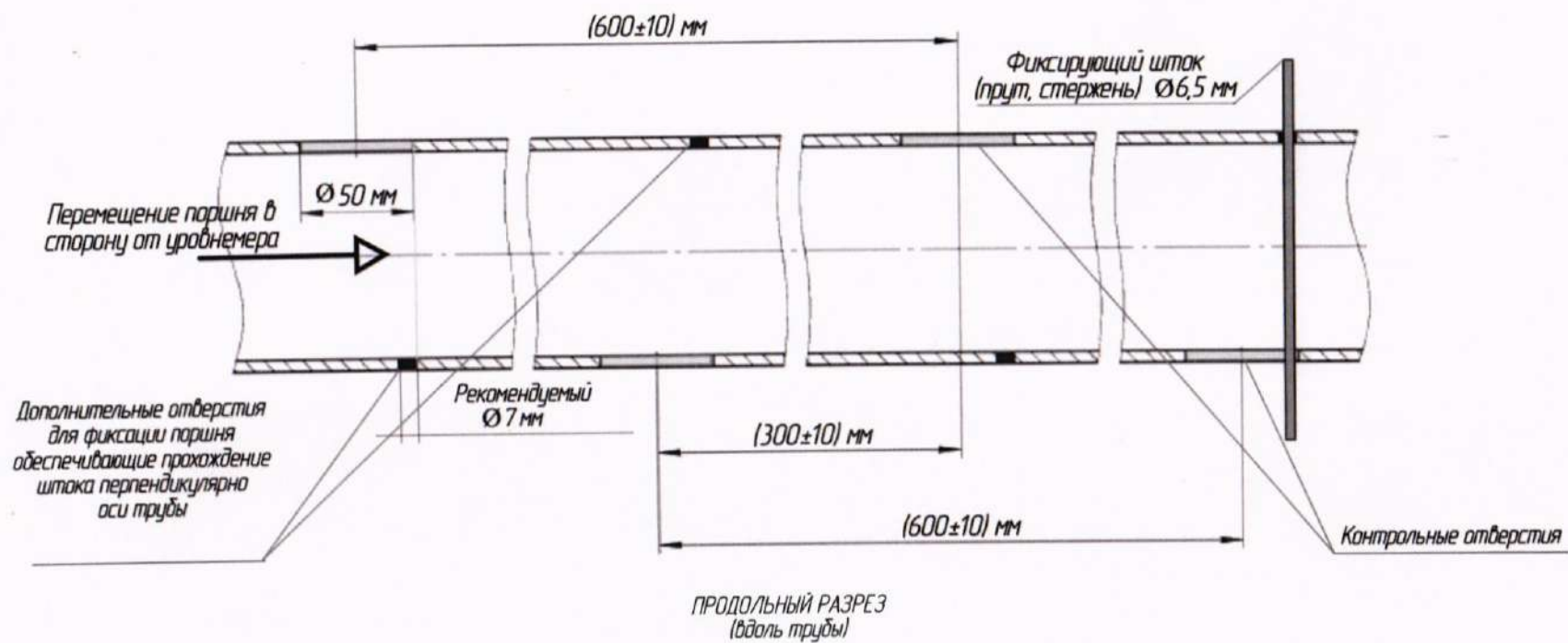
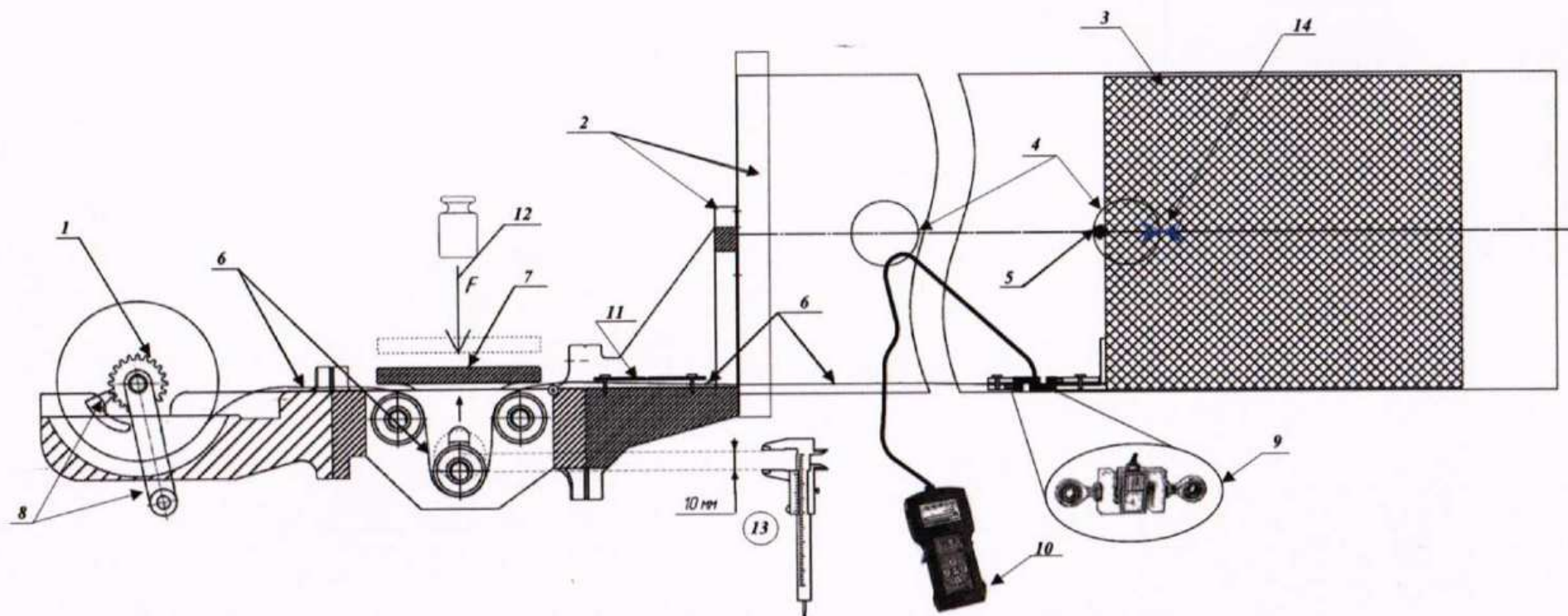
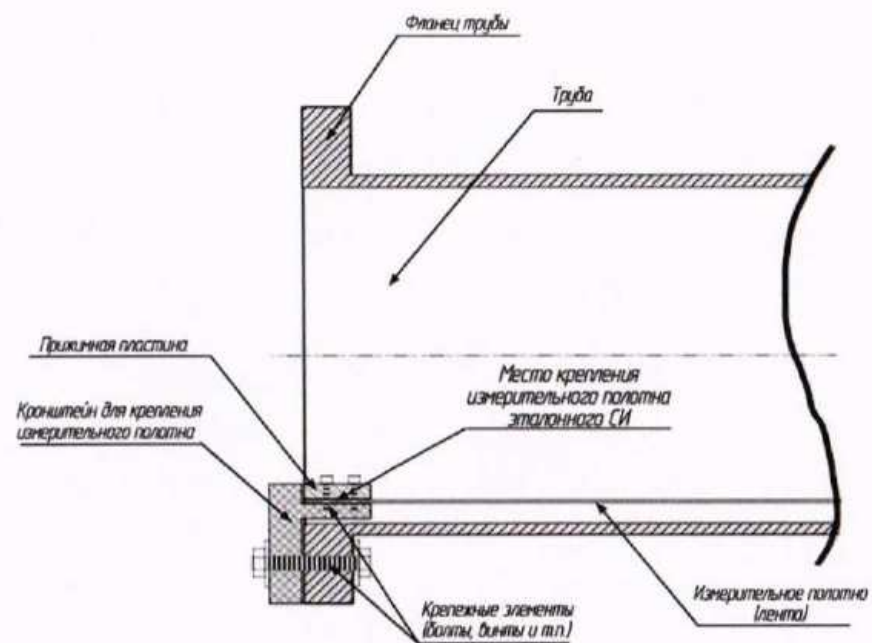


Рисунок Б.2 – Расположение отверстий в трубе для фиксации и контроля положения поршня

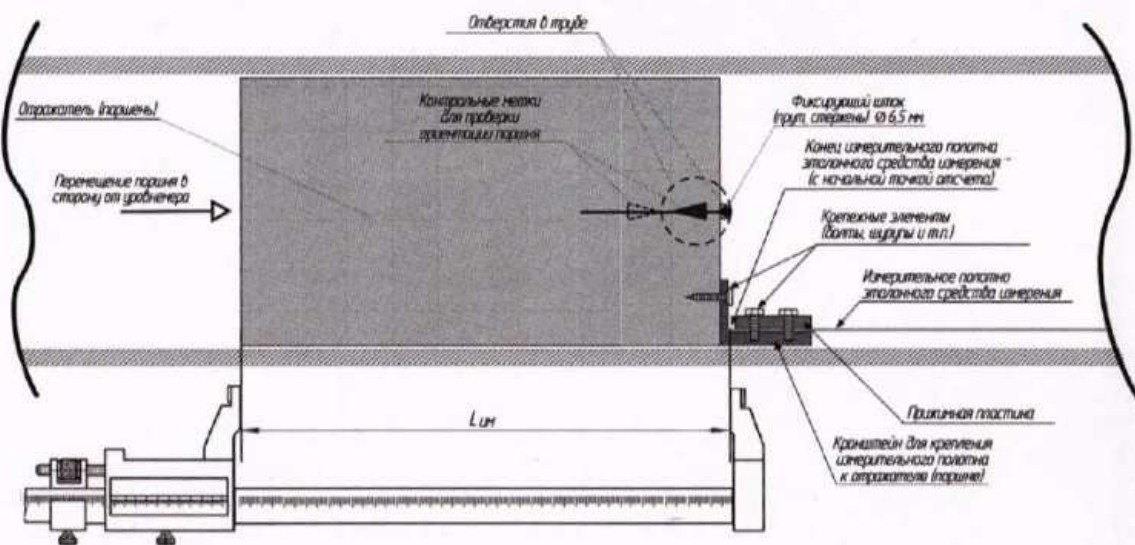


- | | |
|--|--|
| <p>1 – Эталонное средство измерений.</p> <p>2 – Труба с фланцем и кронштейном для крепления измерительного узла.</p> <p>3 – Отражатель (поршень).</p> <p>4 – Отверстия для фиксации и контроля положения поршня.</p> <p>5 – Фиксирующий шток (прут, стержень), вставленный в отверстия, служит упором для поршня.</p> <p>6 – Полотно (лента) эталонного средства измерений.</p> <p>7 – Подвижная платформа для размещения нагрузочной массы, создающей натяжение измерительного полотна.</p> | <p>8 – Механизм с рукояткой для натяжения и фиксации полотна.</p> <p>9 – Чувствительный элемент электронного динамометра (тензодатчик S-образный на растяжение).</p> <p>10 – Электронный блок (измерительная часть динамометра — индикатор).</p> <p>11 – Указатель с риской на прозрачной основе.</p> <p>12 – Воздействие массы груза на платформу для размещения нагрузки, создающей натяжение полотна эталонного средства измерений (указано стрелкой).</p> <p>13 – Подвижную платформу измерительного узла поднимают на высоту 10 мм от нижнего положения путем плавного натяжения полотна рукояткой (осуществляется механизмом 8).</p> <p>14 – Контрольные метки для проверки ориентации поршня.</p> |
|--|--|

Рисунок Б.6 – Структурная схема процесса определения и контроля для обеспечения натяжения полотна эталонного средства измерений

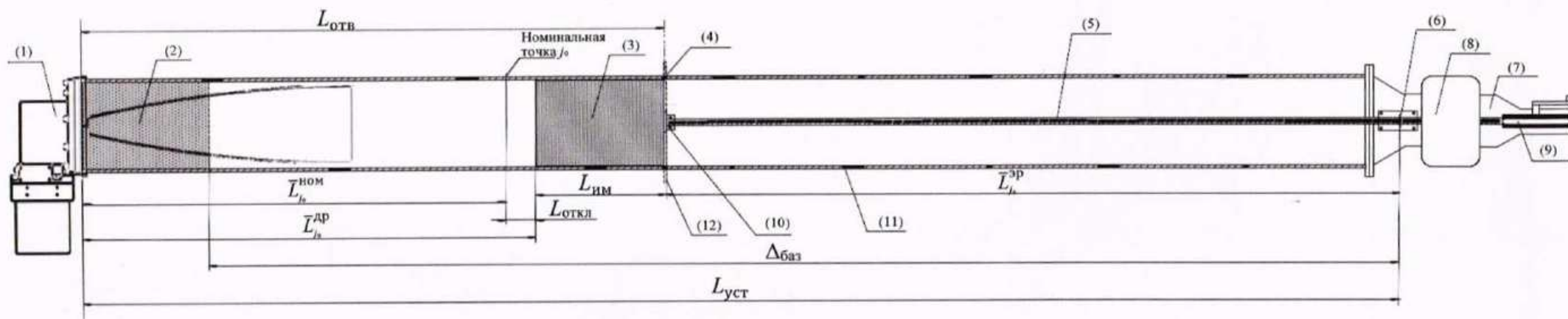


а)



б)

Рисунок Б.7 – Конструкция узлов:
 а) крепления измерительного полотна на торце трубы
 б) крепления измерительного полотна к отражателю (поршню)



где:

- $L_{уст}$ – действительное значение полной длины имитатора поверхности продукта: расстояние от базовой плоскости уровнемера (торца фланца трубы) до риски (6) на указателе, по которой снимается отсчет эталонным средством измерений.
- $L_{им}$ – действительное значение длины отражателя (поршня).
- $\Delta_{баз}$ – расчетное базовое расстояние. Фиксированная геометрическая константа, определяемая как разность конструктивного размера установки и длины поршня $L_{им}$.
- $\bar{L}_{j_0}^{ном}$ – номинальное значение уровня, соответствующее контрольной точке j_0 .
- $L_{откл}$ – допустимое отклонение (предел допуска) от номинального значения уровня в контрольной точке j_0 .
- $\bar{L}_{j_0}^{др}$ – действительное расстояние (уровень) от базовой плоскости уровнемера до рабочей поверхности отражателя (поршня) для контрольной точки j_0 .
- $\bar{L}_{j_0}^{эп}$ – расстояние, соответствующее контрольной точке j_0 , по показаниям эталонного средства измерений.
- $L_{отв}$ – расчетное расстояние (от базовой плоскости) для выполнения отверстий. Определяет положение оси парных отверстий под фиксирующий шток, используемых для фиксации поршня.

- | | |
|--|---|
| (1) – Площадка (торец фланца) для установки поверяемого уровнемера (базовая плоскость) | (7) – Измерительный узел. |
| (2) – Участок имитатора поверхности, длина которого равна действительной длине отражателя $L_{им}$ (используется для расчета $\Delta_{баз}$). | (8) – Подвижная платформа для размещения нагрузочной массы, создающей натяжение измерительного полотна. |
| (3) – Отражатель (поршень). | (9) – Эталонное средство измерений. |
| (4) – Дополнительные отверстия для фиксации положения поршня. | (10) – Крепление измерительного полотна к отражателю (поршню). |
| (5) – Измерительное полотно (лента) эталонного средства. | (11) – Отверстия в трубе для контроля положения поршня. |
| (6) – Указатель с риской на прозрачной основе для снятия отсчета. | (12) – Фиксирующий шток (прут, стержень), вставляемый в отверстие и служащий упором для поршня. |

Рисунок Б.8 – Схема измерений и определения параметров для контрольной точки (на примере определения метрологических характеристик в начальной контрольной точке)