



ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,  
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ»  
(ФБУ «РОСТЕСТ – МОСКВА»)

**УТВЕРЖДАЮ**

**Заместитель генерального директора**

**ФБУ «Ростест-Москва»**

**Е.В. Морин**

**«15» августа 2016 г.**



**Государственная система обеспечения единства измерений**

**Расходомеры-счётчики ультразвуковые ВОЛНА-М**

**Методика поверки  
РТ-МП-3390-449-2016**

**г. Москва  
2016**

## СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	3
2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ .....	3
3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ .....	3
4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.....	4
5 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ .....	4
6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ.....	4
7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ .....	19
ПРИЛОЖЕНИЕ А Зависимость скорости распространения звука в воде от температуры .....	20

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на расходомеры-счётчики ультразвуковые ВОЛНА-М, изготовленные ООО «НПО Волна», г. Москва, по ТУ 4213-001-49920686-2015 «Расходомеры-счётчики ультразвуковые ВОЛНА-М. Технические условия» и устанавливает объём и методы их первичной и периодической поверок.

1.2 Интервал между поверками – 4 года.

## 2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки расходомеров-счётчиков ультразвуковых ВОЛНА-М выполняются операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при:	
		первичной поверке	периодической поверке
1. Внешний осмотр	6.1	да	да
2. Проверка герметичности	6.2	да	да
3. Опробование	6.3	да	да
4. Проверка метрологических характеристик	6.4	да	да
5. Определение и измерение параметров трубопровода (УПР).	7	да	да

## 3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 Средства измерений, применяемые при поверке, указаны в таблице 2.

Таблица 2 - Средства измерений, применяемые при поверке

Номер пункта методики поверки	Наименование средств поверки, требуемые метрологические и технические характеристики
6.2, 6.3, 6.4	Установка для поверки расходомеров, диапазон воспроизводимого объёмного расхода должен соответствовать рабочему диапазону поверяемого расходомера, погрешность $\pm 0,25\%$
6.3, 6.4	Термометр стеклянный, 3 разряд по ГОСТ 8.317-78
6.3, 6.4	Миллиамперметр, диапазон измерений тока от 0 до 20 мА, погрешность $\pm 0,02\%$
6.3, 6.4	Частотомер, диапазон частот от 0 до 10000 Гц, погрешность $\pm 10^{-6}$
6.3, 6.4	Секундомер электронный, погрешность $\pm (9,6 \cdot 10^{-6} \cdot T_x + 0,01)$ с
6.4	Штангенциркуль, погрешность $\pm 0,15$ мм
6.4	Нутромер, погрешность $\pm 0,02$ мм
6.4	Толщиномер ультразвуковой, погрешность $\pm 0,1$ мм
6.4	Рулетка измерительная металлическая, класс точности 3 по ГОСТ 7502-98
Примечание – допускается применять другие эталонные СИ и вспомогательное оборудование, обеспечивающие определение метрологических характеристик с требуемой точностью.	

3.2 Средства поверки должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке.

#### 4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки должны выполняться следующие требования безопасности:

- к проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте и имеющие группу по технике электробезопасности не ниже второй;
- вся аппаратура, питающаяся от сети переменного тока, должна быть заземлена;
- все разъёмные соединения линий электропитания и линий связи должны быть исправны;
- соблюдать требования безопасности, указанные в технической документации на расходомеры, применяемые средства поверки и вспомогательное оборудование;
- поверитель должен соблюдать правила пожарной безопасности, действующие на предприятии.

#### 5 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки системы должны быть соблюдены следующие условия:

- относительная влажность окружающего воздуха от 30 % до 95 %;
- температура окружающей среды  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ;
- изменение температуры среды во время поверки не более  $1 ^\circ\text{C}$ ;
- подготавливают к работе поверяемый расходомер и средства поверки в соответствии с эксплуатационной документацией.

#### 6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

##### 6.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре комплекса проверяется:

- соответствие комплектности расходомера требованиям эксплуатационной документации;
- отсутствие механических повреждений, не позволяющих провести поверку;
- отсутствие дефектов, препятствующих чтению надписей, маркировки, индикатора.

Проверить соответствие идентификационных данных программного обеспечения (ПО) приведенных в таблице 3.

Для этого необходимо в меню расходомера считать номер версии.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	VOLNA_M
Номер версии (идентификационный номер) ПО	01.01.00

##### 6.2 Проверка герметичности

Проверка герметичности проводится только для исполнений с врезными преобразователи электроакустические (далее – ПЭП).

Герметичность проверяют давлением, создаваемым в полости отрезка трубопровода, превышающим рабочее давление измеряемой среды в 1,5 раза.

Результат считается положительным, если не наблюдается: каплепадения или течи воды, не наблюдается падение давления по манометру.

##### 6.3 Опробование

Опробование проводится при помощи поверочной установки. Расходомер устанавливается в измерительном канале поверочной установки и его аналоговые или

цифровые выходы подключаются к контроллеру установки или внешним измерительным приборам.

При поверке имитационным методом опробование провести по п. 6.4.2.

Настроить расходомер для работы с конкретной поверочной установкой. Так же провести настройку «нулевой» точки.

При опробовании задаются расходы при скорости потока (0,45...0,55) м/с.

Допускается совместить данный пункт с п. 6.4.

Результат считается положительным, если на индикаторе происходит изменение объемного расхода (объема). Д

#### 6.4 Проверка метрологических характеристик

Проверка метрологических характеристик может быть проведена имитационным методом или на расходомерной установке. Поверка проводится на жидкости.

Способ поверки выбирается из технических возможностей.

##### 6.4.1 Определение погрешности на расходомерной установке

Определение относительной погрешности измерений объемного расхода (объёма) провести на расходомерной установке при скорости потока (0,1...0,11); (0,45...0,55); (0,9...1,1); (4,5...5,5); (9...10) м/с. Для каждого значения расхода провести не менее трёх измерений. Время проведения одного измерения должно быть не менее 120 секунд.

Для расходомеров, предназначенных для установки на трубопроводы диаметром свыше Ду 150 мм, допустимо проводить испытания при скорости потока (0,1...0,11); (0,45...0,55); (0,9...1,1); (2,5...3); (4,5...5,5) м/с, а для расходомеров, предназначенных для установки на трубопроводы диаметром от Ду 400, допустимо проводить испытания при скорости потока (0,1...0,11); (0,45...0,55); (0,9...1,1); (1,5...2); (2,5...3) м/с.

Относительную погрешность измерений объемного расхода (объёма)  $\delta Q$ , %, рассчитать по формуле

$$\delta Q = \frac{Q - Q_0}{Q_0} \cdot 100 \quad (1)$$

где  $Q_0$  – расход (объём), заданный расходомерной установкой, м<sup>3</sup>/ч (м<sup>3</sup>);  
 $Q$  – расход (объём), измеренный расходомером, м<sup>3</sup>/ч (м<sup>3</sup>).

Результат считать положительным, если значения относительной погрешности измерений объемного расхода (объёма)  $\delta Q$  не превышают значений  $\pm(0,95+0,1/V)$  % для врезных ПЭП и  $\pm(2+0,1/V)$  % для накладных ПЭП

Примечание – Скорость потока  $V$ , м/с, в расход жидкости  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч, пересчитать по формуле

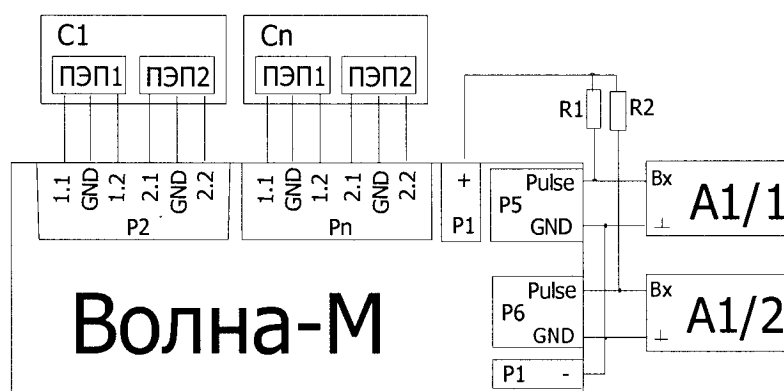
$$Q = \frac{3600 \cdot \pi \cdot V \cdot D^2}{4} \quad (2)$$

где  $D$  – внутренний диаметр трубопровода, м;  
 $\pi$  – число Пи.

#### 6.4.2 Поверка имитационным методом

##### 6.4.2.1 Определение погрешности в режиме измерения объемного расхода

6.4.2.1.1 Определение погрешности в режиме измерения объемного расхода проводят в соответствии с рисунком 1 в следующей последовательности.



ПЭП1, ПЭП2 - пьезопреобразователи  
C1...Cn - приспособление УТ012, КП-800 (кювета)  
A1/1/2 - частотомер электронно-счетный ЧЗ-64/1  
R1,R2 - сопротивления 1 кОм  $\pm$  20 %  
Примечание. В качестве кювет C1...Cn могут  
применяться поставляемые с расходомерами УПР,  
в этом случае параметры берутся из паспорта на УПР.

Рисунок 1 – Схема подключения для поверки имитационным методом

6.4.2.1.2 Поверка проводится на заполненном дистиллированной водой трубопроводе (УПР). Если поверка проводится без УПР, то используется кювета УТ-012 (КП-800), для которой берутся следующие параметры:

- «Количество лучей» – 1;
- «Длина акустической оси» – из паспорта кюветы;
- «Угол наклона 1-й пары ПЭП» – 45 градусов;
- «Шкала» – 70 м<sup>3</sup>/ч;
- «Внутренний диаметр» – 0,05 м;
- «Конфигурация УПР» – Z
- «Длина кабеля» – фактическая длина кабеля соединяющего УПР с электронным блоком (ВП), м;
- «Коэффициент коррекции» – 1,0.

6.4.2.1.3 Подключить прибор к компьютеру (через переходник mini-USB-B – USB-A), или через порт RS-485 (через переходник USB-RS485 или RS232-RS485).

Запустить приложение «Волна-М Настройка». Перевести прибор в режим настройки с помощью переключателя «Режим».

6.4.2.1.4 Для определения основной относительной погрешности расчетно-имитационным методом при первичной поверке определяются:

- длина внешней окружности;
- внутренний диаметр отрезка трубопровода;
- угол наклона ПЭП (в соответствии с РЭ).

6.4.2.1.5 Во вкладке «Основные параметры» выбирается тип измеряемой среды – «Вода». Температура измеряется на уровне установки ПЭП, с погрешностью не хуже 0,1 °С, По измеренной температуре определяется скорость звука С (приложение А) и вводится в поле ввода «Скорость звука». Подбор значения скорости звука также возможен путем ввода измеренной температуры в поле ввода «t среды» и нажатия кнопки «←» рядом с полем ввода.

В вкладке «Канал 1» вводятся параметры:

- «Внутренний диаметр»;
- «Количество лучей»;
- «Угол наклона 1-ой пары ПЭП»;
- «Угол наклона 2-ой пары ПЭП» (для многолучевых расходомеров);

- «Смещение акустической оси 1-ой пары ПЭП»;
- «Смещение акустической оси 2-ой пары ПЭП»;
- «Длина акустической оси 1»;
- «Длина акустической оси 2»;
- конфигурация УПР;
- полусумма длин соединительных кабелей между ВП и ПЭП.

6.4.2.1.6 Ввод длин акустических осей и нулевого значения  $\Delta t_0$  (для расходомеров-счетчиков без автокалибровки) для каждого луча возможен в автоматическом режиме, путем нажатия кнопки «Определение  $L_d$  и  $\Delta t_0$ » внизу вкладки (предварительно требуется определение скорости звука в УПР).

Операция повторяется для каждого канала (для многоканальных расходомеров-счетчиков) на вкладках «Канал 2» - «Канал n».

6.4.2.1.7 В вкладке «Выходы» для каждого канала назначается соответствующий ему универсальный выход, выбирается режим выхода «Импульсный», «Частотный».

Для каждого канала назначаются токовые выходы (при наличии) и вводятся минимальные и максимальные значения шкалы прибора.

6.4.2.1.8 Производится запись параметров путем выбора пункта «Сохранить настройки» в меню «Прибор».

Затем необходимо выйти из приложения .

6.4.2.1.9 Запустить приложение «Волна-М Поверка». В меню «Прибор» выбрать пункт «Считать настройки прибора». При этом появляется вкладка «Параметры канала n» с заполненными полями.

6.4.2.1.10 Выбирается условный диаметр  $D_u$  для данного УПР из выпадающего списка.

Далее последовательно выбираются текущие расчетные расходы  $Q_{расч}$ , м<sup>3</sup>/ч через трубу от  $0,05 \cdot Q_{max}$  до  $Q_{max}$ , м<sup>3</sup>/ч включительно и нажимается кнопка «Установить расход». При этом рассчитываются разницы времен, мкс, соответствующие каждому  $Q_{расч}$ , м<sup>3</sup>/ч, по формуле

$$\Delta t = t_{вверх} - t_{вниз} \quad (3)$$

где  $t_{вверх}$  – время в прямом направлении потока, мкс;  
 $t_{вниз}$  – время в обратном направлении потока, мкс;

Затем они записываются в прибор.

Для многоканального исполнения операция проводится для всех измерительных каналов.

6.4.2.1.11 Записывается измеренное значение расхода  $Q_{изм}$ , м<sup>3</sup>/ч по показанию индикатора.

6.4.2.1.12 Вычисляется основная относительная погрешность, %, по формуле

$$\delta_q = \frac{Q_{изм} - Q_{расч}}{Q_{расч}} \cdot 100 \quad (4)$$

Результаты считаются положительными, если значения  $\delta_q$  не превышают  $\pm(0,95+0,1/V)$  %.

6.4.2.2 Определение основной относительной погрешности ВП в режиме измерений объёма

6.4.2.2.1 Определение основной относительной погрешности при измерении объёма проводится в следующем порядке.

6.4.2.2.2 Проводится настройка прибора в соответствии с пп. 6.4.2.1.1 - 6.4.2.1.8. Дополнительно в вкладке «Выходы» для каждого канала устанавливается режим работы универсального выхода – «Импульсный», устанавливается вес импульса. На ВП кнопкой переключения режимов отображения включается режим индикации объема.

6.4.2.2.3 Частотомер переключается в режим счета импульсов (в соответствии с инструкцией по эксплуатации на частотомер);

6.4.2.2.4 В соответствии с п. 6.3.2.1.10 устанавливается заданный расход, запускается секундомер и счетчик импульсов на частотомере (в соответствии с РЭ на секундомер и частотомер), в случае, если секундомер и частотомер имеют только ручной пуск, то он производится одновременным нажатием на соответствующие кнопки, если и частотомер, и секундомер имеют внешний вход запуска/разрешения счета, то используется схема на рисунке 2, в момент изменения единицы младшего разряда индикатора, записываются показания индикатора: объема  $V_{нач}$ ,  $м^3$  и времени работы  $t_{нач}$ , ч;

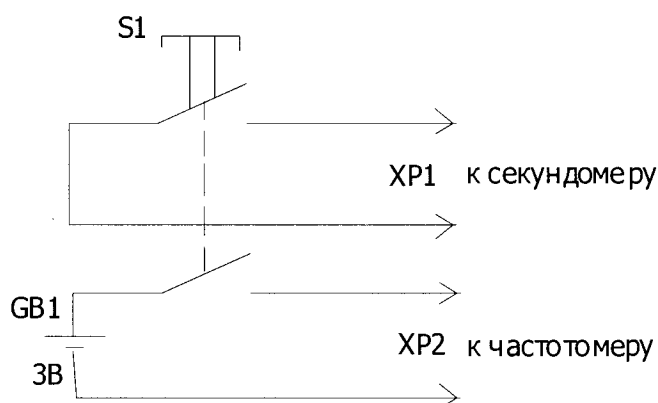


Рисунок 2 Подключение секундомера и частотомера с внешними входами запуска

6.4.2.2.5 Через время  $t$ , с, равное

$$t = 300 \cdot \frac{Q_{max}}{Q_{расч}} \quad (5)$$

но не менее 6 мин, секундомер и счетчик импульсов останавливаются, в момент изменения единицы младшего разряда.

6.4.2.2.6 Записываются показания индикатора  $V_{кон}$ ,  $м^3$ ,  $t_{кон}$ , ч,  $N$ , количество импульсов и показания секундомера  $t$ , с и определяется изменение объема за время  $t$  по формулам

$$V_{изм} = V_{кон} - V_{нач} \quad (6)$$

$$V_{имп} = N \cdot k \quad (7)$$

где  $V_{изм}$  – измеренный объем по индикатору,  $м^3$ ;  
 $V_{имп}$  – измеренный объем по импульсному выходу,  $м^3$ ;  
 $k$  – вес импульса записанный в приборе,  $м^3/имп$ .

Затем определяется расчетное значение объема  $V_{расч}$ ,  $м^3$  по формуле

$$V_{расч} = \frac{Q_{расч} \cdot t}{3600} \quad (8)$$



и определяются погрешности измерений объема по индикатору  $\delta_v$  и объема по импульсному выходу  $\delta_{vi}$  по формулам

$$\delta_v = \frac{V_{изм} - V_{расч}}{V_{расч}} \cdot 100 \quad (9)$$

$$\delta_{vi} = \frac{V_{изм} - V_{расч}}{V_{расч}} \cdot 100 \quad (10)$$

6.4.2.2.7 Результаты считаются положительными, если значения основной относительной погрешности измерений объема  $\delta_v$  и объема по импульсному выходу  $\delta_{vi}$  не превышают  $\pm(0,95+0,1/V)$  %.

6.4.2.3 Определение дополнительной относительной погрешности преобразования объемного расхода жидкости в выходной токовый сигнал при изменениях сопротивления нагрузки от 100 Ом до 2,5 кОм для сигнала (0...5) мА и от 100 Ом до 1 кОм для сигнала (4...20) мА

6.4.2.3.1 Определение погрешности дополнительной относительной погрешности преобразования объемного расхода жидкости в выходной токовый сигнал при изменениях сопротивления нагрузки от 100 Ом до 2,5 кОм для сигнала (0...5) мА и от 100 Ом до 1 кОм для сигнала (4...20) мА  $\delta_{qc}$ , %, проводят при помощи миллиамперметра, подключенного последовательно с сопротивлением от 100 до 1000 Ом, подключенного к токовому выходу соответствующего канала, и приложения «Волна-М Поверка».

6.4.2.3.2. Запустить приложение, в меню «Выходные сигналы» выбрать пункт «Токовые выходы». При этом появляется вкладка «Выходы канала n».

Выбирается условный диаметр Ду для данного УПР из выпадающего списка.

Далее последовательно выбираются текущие расходы  $Q_{расч}$  через трубу от  $0,05 \cdot Q_{max}$  до  $Q_{max}$  включительно и нажимается кнопка «Установить расход». При этом рассчитываются разницы времен, соответствующие каждому  $Q_{расч}$ ., и записываются в прибор. Через время, не меньшее 10 с, считывается значение выходного тока с миллиамперметра. Далее по формуле (11) рассчитывается измеренный расходомером расход

$$Q_{изм} = \left[ \left( \frac{I_{изм} - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} \right) \cdot (Q_{max} - Q_{min}) \right] + Q_{min} \quad (11)$$

где  $Q_{изм}$  – расход жидкости измеренный расходомером, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{max}$  – максимальный установленный для выхода расход, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{min}$  – минимальный установленный для выхода расход, м<sup>3</sup>/ч;

$I_{max}$  – максимальное значение установленного диапазона токового выхода, соответствующее максимальному расходу для данного выхода, мА;

$I_{min}$  – минимальное значение установленного диапазона токового выхода, соответствующее минимальному установленному расходу для данного, токового выхода, мА;

$I_{изм}$  – ток, измеренный миллиамперметром за время проведения измерения, мА.

Затем вычисляется дополнительная относительная погрешность токового выхода, %, по формуле

$$\delta_{qc} = \frac{Q_{изм} - Q_{расч}}{Q_{расч}} \cdot 100 \quad (12)$$

6.4.2.3.3 Результаты считаются положительными, если значения дополнительной относительной погрешности токового выхода не превышают  $\pm 0,1$  %.

6.4.2.4 Определение допускаемой дополнительной относительной погрешности преобразования объемного расхода жидкости в частотный выходной сигнал.

6.4.2.4.1 Определение допускаемой дополнительной относительной погрешности преобразования объемного расхода жидкости в частотный выходной сигнал  $\delta_{qf}$ , %, проводят при помощи частотомера-счѣтчика, подключенного в соответствии со схемой на рисунке 1 к универсальному выходу соответствующего канала, и приложения «Волна-М Поверка».

6.4.2.4.2 Запустить приложение, в меню «Выходные сигналы» выбрать пункт «Универсальные выходы». При этом появляется вкладка «Выходы канала n».

Режим универсального выхода для канала устанавливается как «Частотный». Установить верхнюю и нижнюю границы диапазона расходов и диапазон изменения частоты (от 0 до 20000 Гц).

Выбирается условный диаметр Ду для данного УПР из выпадающего списка.

6.4.2.4.3 Далее последовательно задаются текущие расходы  $Q_{расч}$  через трубу от  $0,05 \cdot Q_{max}$  до  $Q_{max}$  включительно и нажимается кнопка «Установить расход». При этом рассчитываются разницы времен, соответствующие каждому  $Q_{расч}$ , и записываются в прибор. Через время, не меньшее 10 с, считывается значение частоты с частотомера-счѣтчика. Далее по формуле (13) рассчитывается измеренный расходомером расход

$$Q_{изм} = \frac{F_{изм}}{F_{max}} \cdot Q_{max} \quad (13)$$

где  $Q_{изм}$  – расход жидкости измеренный расходомером, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{max}$  – максимальный расход для данного типа расходомера, м<sup>3</sup>/ч;

$F_{max}$  – максимальное значение установленного диапазона изменения частоты универсального выхода, соответствующее максимальному расходу для данного типа расходомера, Гц;

Затем вычисляется дополнительная относительная погрешность частотного выхода, %, по формуле

$$\delta_{qf} = \frac{Q_{изм} - Q_{расч}}{Q_{расч}} \cdot 100 \quad (14)$$

6.4.2.4.4 Результаты считаются положительными, если значения дополнительной относительной погрешности частотного выхода  $\delta_{qf}$  не превышает  $\pm 0,05$  %.

6.4.3 Поверка расходомера имитационным методом с накладными ПЭП.

6.4.3.1 Определение погрешности в режиме измерений расхода.

6.4.3.1.1 Определение основной относительной погрешности расходомера с накладными ПЭП проводится для каждого канала.

6.4.3.1.2 При определении основной относительной погрешности расходомера расчетно-имитационным методом, ПЭП устанавливаются на заглушенном с одной стороны прямолинейном отрезке трубы, заполненном водой. Длина трубы должна быть не менее 500 мм, с внутренним диаметром не менее 40 мм.

Затем, для данной трубы определяются:

- длина внешней окружности трубы;
- внутренний диаметр отрезка трубы;

- толщина стенки трубы (в соответствии с пп. РЭ);
- материал трубы;
- тип измеряемой среды;
- верхний предел измеряемого расхода для данной трубы.

6.4.3.1.3 Прибор переводится в режим программирования и измеренные параметры трубы вводятся в прибор.

6.4.3.1.4 ПЭП устанавливаются в соответствии с РЭ на трубу, на расстоянии, вычисленным, прилагаемым к расходомеру ПО;

6.4.3.1.5 Прибор подключается к компьютеру и настраивается его в соответствии с пп 6.4.2.1.3 - 6.4.2.1.8.

6.4.3.1.6 Проводится определение основной относительной погрешности в режиме измерения расхода в соответствии с пп. 6.4.2.1.9 - 6.4.2.1.12.

Результаты испытания считаются положительными, если значения погрешности измерения объема  $\delta_v$  для каждого расхода не превышает  $\pm(2+0,1/V) \%$ .

6.4.3.1.7 Проводится определение основной относительной погрешности в режиме измерений расхода в соответствии с п. 6.4.2.2.

Результаты испытания считаются положительными, если значения основной относительной погрешности измерений объема  $\delta_v$  и объема по импульсному выходу  $\delta_{vi}$  не более  $\pm(2+0,1/V) \%$ .

6.4.3.1.8 Проводится определение дополнительной относительной погрешности преобразования объемного расхода жидкости в выходной токовый сигнал при изменениях сопротивления нагрузки от 100 Ом до 2,5 кОм для сигнала (0...5) мА и от 100 Ом до 1 кОм для сигнала (4...20) мА в соответствии с п. 6.4.2.3.

6.4.3.1.9 Производится определение допустимой дополнительной относительной погрешности преобразования объемного расхода жидкости в частотный выходной сигнал в соответствии с п. 6.4.2.4.

## 7 Определение и измерение параметров УПР.

7.1 Измерение внутреннего диаметра УПР подготовленного на предприятии-изготовителе.

Внутренний диаметр корпуса УПР измерять нутромером по двум взаимноперпендикулярным направлениям I – I и II – II (DI и DII ) (рисунок 3) в сечении прохождения ультразвуковых импульсов между ПЭП. Точность измерений не хуже 0,05 мм.

По каждому из направлений корпуса выполнить не менее 3 измерений.

Вычислить среднеарифметическое значение внутреннего диаметра для УПР по формуле

$$D_{\text{внутр}} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i^I + \sum_{i=1}^n D_i^{II}}{2 \times n} \quad (15)$$

Проверить выполнение условие:

$$|D^{II} - D^I| \leq 0,01 \times D_{\text{внутр}}$$

Вычисленное значение  $D_{\text{внутр}}$  занести в протокол измерений.

7.2 Измерение внутреннего диаметра УПР изготовленного на трубопроводе проводить в соответствии с рисунком 2.

Очистить участок трубопровода на котором будут производиться измерения.

Рулеткой в сечениях I – I и II – II не менее 3 раз измерить длину окружности трубопровода и вычислить среднюю длину окружности  $L_H$  м, и среднее значение наружного диаметра  $D_H$  по формуле

$$D_H = \frac{L_H}{\pi} \quad (16)$$

Занести значение  $D_H$  в протокол измерений.

При помощи измерительной штанги с фиксатором и штангенциркуля измерить расстояния  $H^{11}$  и  $H^{12}$  не менее 3 раз и вычислить их средние значения. Определить суммарную толщину стенки трубопровода и отложений  $H_{nI}$  по формуле

$$H_{nI} = D_{нарI} - H^{11} + H^{12} \quad (17)$$

где  $D_{нарI}$  - наружный диаметр трубопровода в сечении I – I по формуле 16.  
Повторить измерения и вычислить  $H_{nII}$  по формуле

$$H_{nII} = D_{нарII} - H^{21} + H^{22} \quad (18)$$

где  $D_{нарII}$  - наружный диаметр трубопровода в сечении II – II по формуле 17

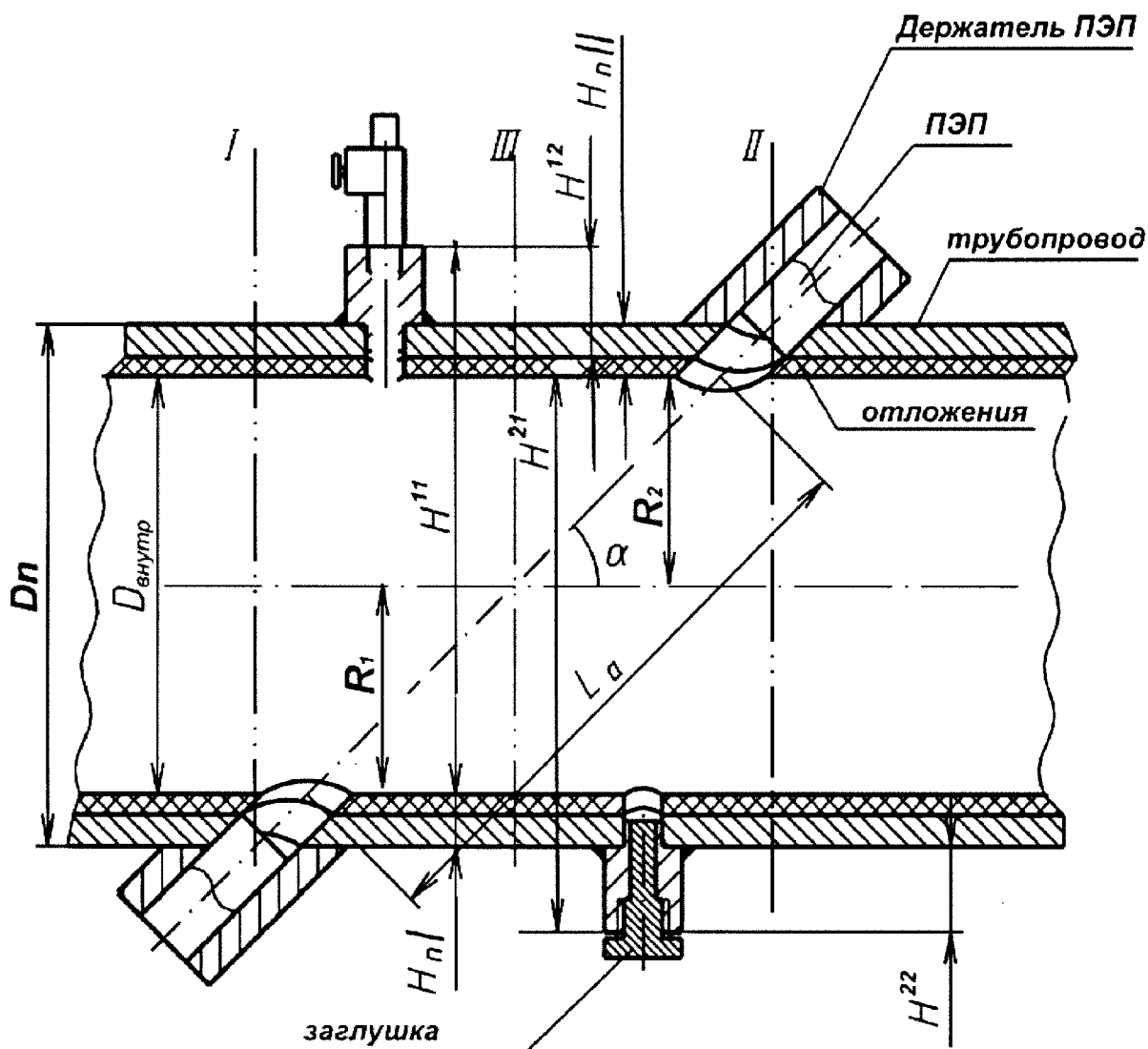


Рисунок 3

Среднее значение внутреннего диаметра трубопровода  $D_{\text{внутр}}$  в сечении III вычислить по формуле

$$D_{\text{внутр}} = \frac{(D_{\text{внутрI}} + D_{\text{внутрII}})}{2} \quad (19)$$

$$D_{\text{внутрI}} = D_{\text{нарI}} - H_{\text{нI}} \quad (20)$$

$$D_{\text{внутрII}} = D_{\text{нарII}} - H_{\text{нII}}$$

Рассчитанное значение  $D_{\text{внутр}}$  занести в протокол измерений.

7.3 Смещение оси акустического канала  $\chi$  относительно центральной оси трубопровода определить одним из способов:

- с помощью измерительных штанг равной длины и штангенциркуля в соответствии с рисунком 3.

- измерением длин дуг между центрами приваренных держателей в соответствии с рисунком 4.

Пропустить одну штангу через отверстия держателей ПЭП, обеспечивая скользящую посадку, а другую разместить на наружной поверхности УПР так, чтобы точка касания являлась центром штанги. Затем, закрепить концы штанг стяжками на равном расстоянии  $A$ . Измерить расстояние  $A$  штангенциркулем. Переместить внешнюю штангу на другую сторону УПР и, используя вышеуказанную методику измерить размер  $B$ . Смещение  $\chi$  с точностью не хуже 0,1 % Ду, вычислить по формуле

$$\chi = \frac{|(A - H_1) - (B - H_2)|}{2} \quad (21)$$

где  $H_1$  и  $H_2$  - толщина стенки УПР в точках соприкосновения со штангой, м.

Толщину стенки  $H$  измерить ультразвуковым толщиномером в 2-х противоположных точках сечения прохождения ультразвуковых импульсов между ПЭП. В каждой точке выполнить не менее 3 измерений.

Для двухлучевого УПР (рисунок 4б):

$$\chi = A - H \quad (22)$$

Проверить выполнение условий:

для однолучевого УПР:

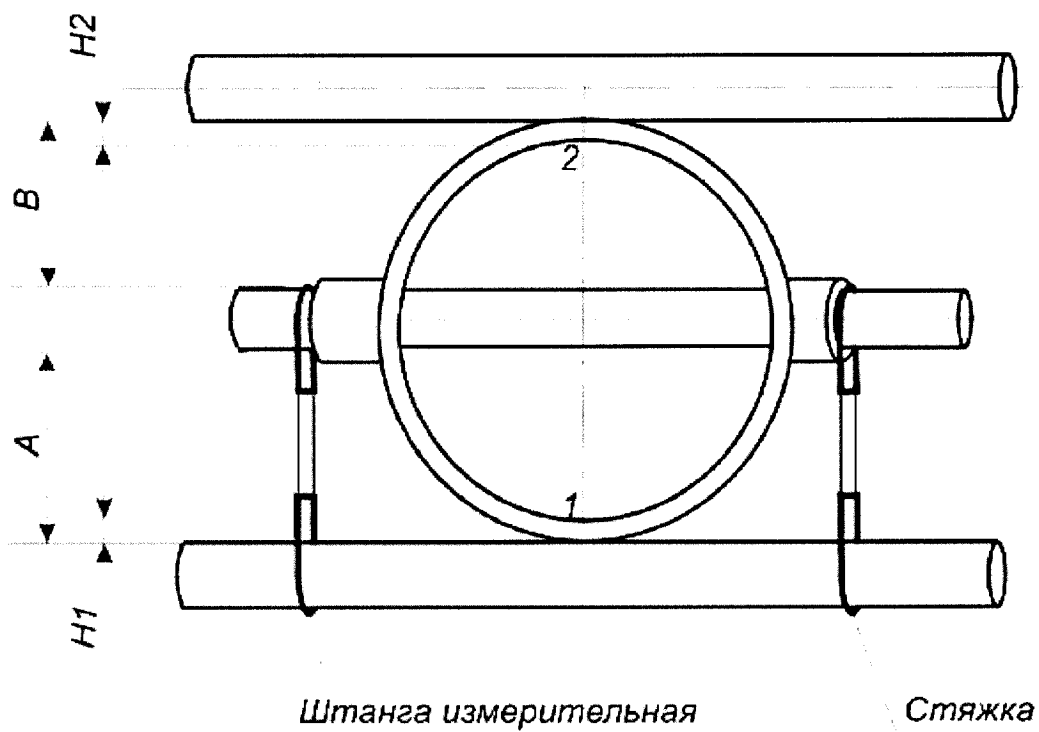
$$0.48 D_{\text{екр.упр}} \leq \chi' \leq 0.52 D_{\text{екр.упр}}, \text{ где } \chi' = \chi + \frac{D_{\text{екр.упр}}}{2}$$

Для двухлучевого УПР:

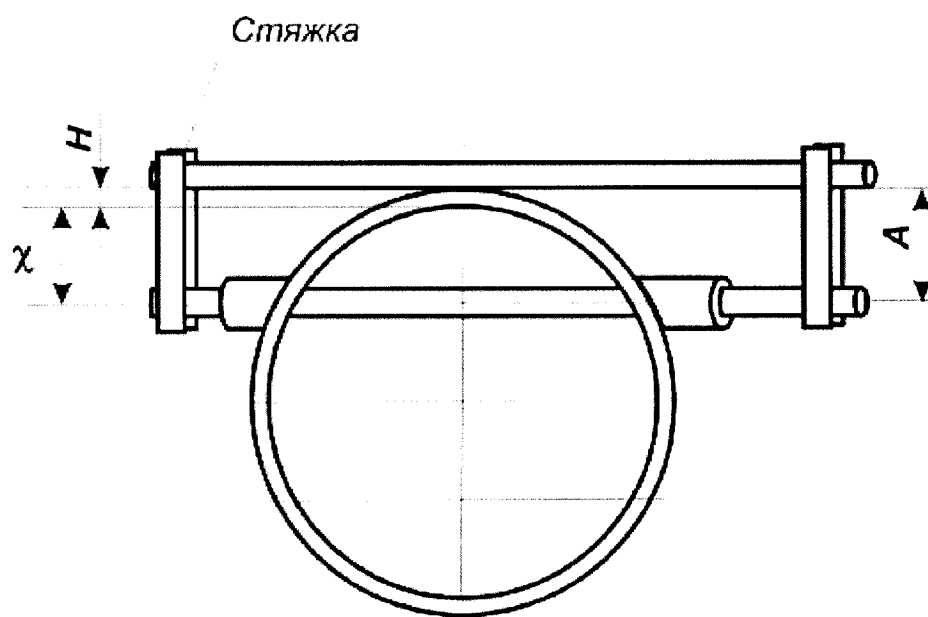
$$0.24 D_{\text{екр.упр}} \leq \chi \leq 0.26 D_{\text{екр.упр}}$$

$$0.48 \leq (L1/L2) \leq 0.52$$

Выполнение данных условий обеспечивает допускаемую основную относительную погрешности измерений объёма и объёмного расхода  $\pm(0,95+0,1/\sqrt{V})$  %.

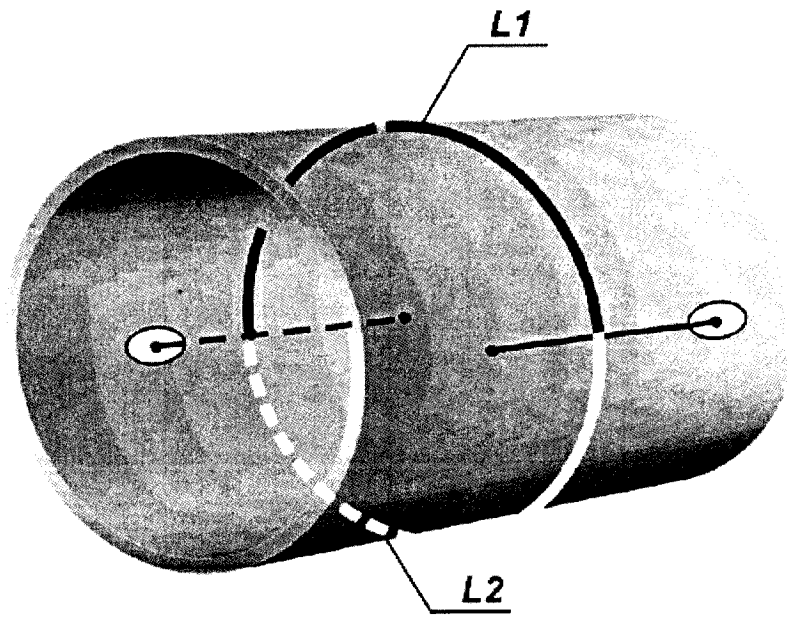


а)

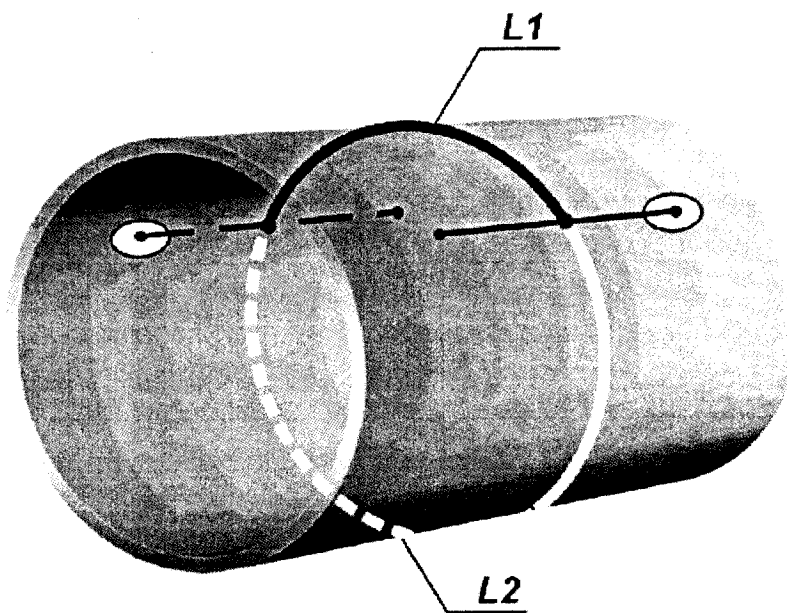


б)

Рисунок 4



a)



б)

Рисунок 5



7.4 Измерение угла наклона оси акустического канала  $\alpha$  проводить в соответствии с рисунком 4 с помощью угломера. Измерение угла провести не менее 3 раз с каждой стороны. Рассчитать средние значения  $\alpha^1$  и  $\alpha^2$ .

Проверить выполнение условий:

$$|\alpha_i^1 - \alpha^1| \leq 2' \quad \text{и} \quad |\alpha_i^2 - \alpha^2| \leq 2'$$

где  $i$  – номер измерения.

Угол наклона оси акустического канала  $\alpha$  вычислить по формуле

$$\alpha = (\alpha^1 + \alpha^2) / 2 \quad (23)$$

Результат вычисления  $\alpha$  заносят в протокол измерений.

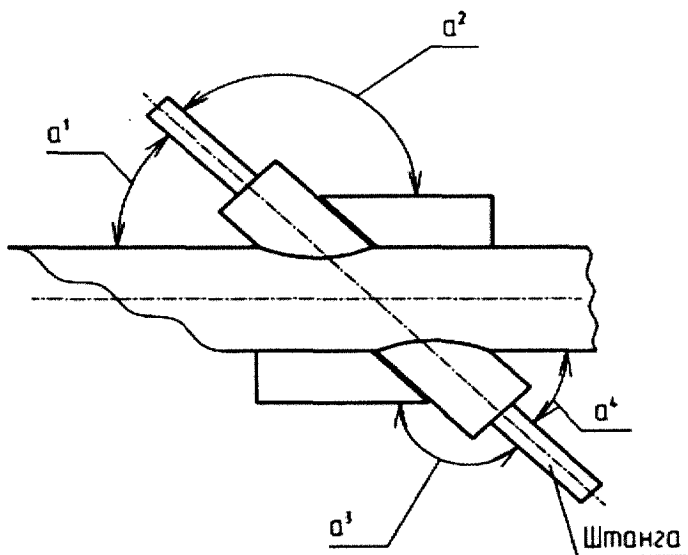


Рисунок 6

7.5 Измерение базового расстояния  $L_D$  между ПЭП.

7.5.1 Механический способ

Измерения проводят с помощью нутромера или штанги и штангенглубиномера, в соответствии с рисунком 6. Установить в один из держателей ПЭП1 и вставить измерительную штангу в противоположный держатель до упора в излучающую поверхность ПЭП1. Надеть фиксатор с прокладкой (которая будет использоваться при установке ПЭП2) на штангу и закрепить его в посадочном отверстии под ПЭП держателя.

Вытащить штангу и измерить расстояние  $L_{Ш}$  между ее торцом и торцом фиксатора.

Вычислить базовое расстояние между ПЭП по формуле

$$L_D = L_{Ш} - L_{ПЭП} \quad (23)$$

где  $L_{ПЭП}$  - расстояние между излучающим торцом ПЭП2 и его посадочным местом под держатель.

7.5.2 Электронный способ

Заполнить водой УПР или участок трубопровода с установленными ПЭП, так чтобы излучающие поверхности ПЭП полностью находились под водой. С помощью термометра с точностью не менее  $\pm 0,2$  °C определить температуру воды на уровне установки ПЭП,

подключить прибор к компьютеру и запустить приложение «Волна-М Поверка», в меню «Геометрия» выбрать пункт «Измерение расстояния между ПЭП», в открывшейся вкладке выбрать номер пары ПЭП, ввести измеренную температуру воды и запустить процедуру измерения расстояния кнопкой «Измерение».

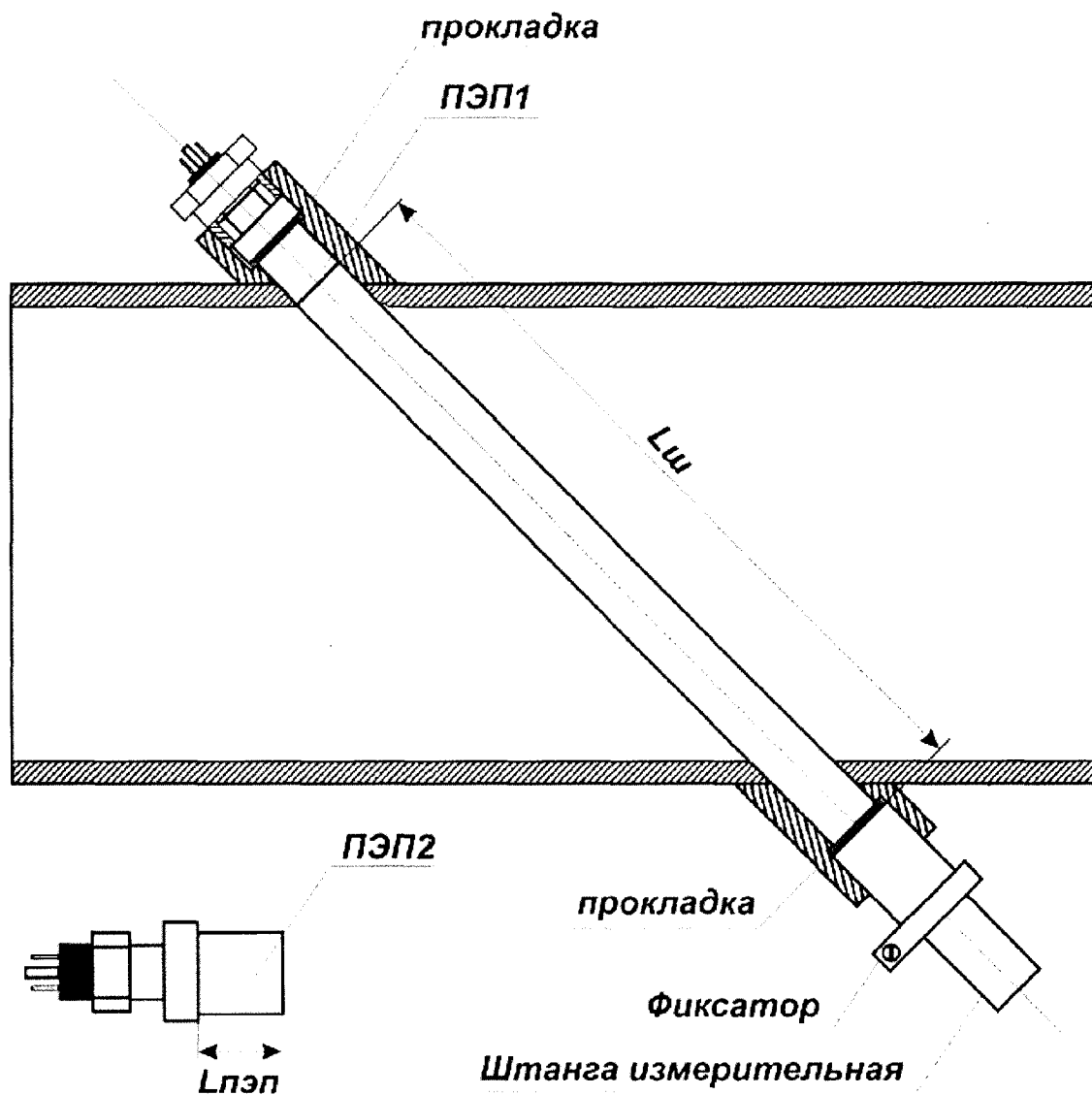


Рисунок 7

Вытащить штангу и измерить расстояние  $L_{ш}$  между ее торцом и торцом фиксатора.  
Вычислить базовое расстояние между ПЭП по формуле

$$L_{д} = L_{ш} - L_{пэп} \quad (24)$$

где  $L_{пэп}$  - расстояние между излучающим торцом ПЭП2 и его посадочным местом под держатель.

Значение  $L_{д}$  занести в протокол измерений.

## 8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Протокол поверки оформляют в произвольной форме.

8.2 Знак поверки наносят на свидетельство о поверке или паспорт и электронный блок в соответствии с рисунком 8.

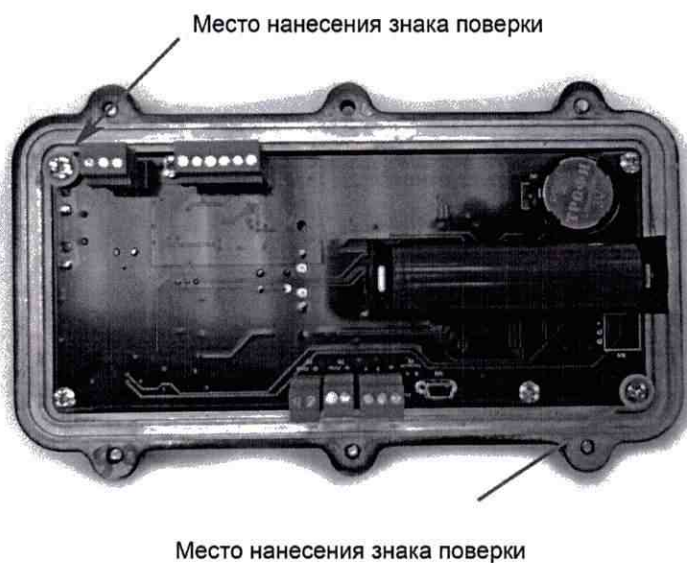


Рисунок 8– Места нанесения знака поверки

Разработали:

Начальник лаборатории № 449 ФБУ «Ростест – Москва»

Инженер по метрологии 1 категории  
лаборатории № 449 ФБУ «Ростест – Москва»

А.А. Сулин

И.В. Беликов

### ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Таблица А.1 – Значения термодинамической скорости распространения звука в нормальной, деаэрированной, дистиллированной воде (ГОСТ 6709-72) при температурах от 0° до 100° С и при атмосферном давлении (из ГСССД 190-2000 «Вода. Скорость звука при температурах от 0° до 100° С и давлениях от 0,101325 до 100 МПа»).

$t, ^\circ\text{C}$	$V(t), \text{ м/с}$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1402,39	1407,37	1412,23	1416,99	1421,63	1426,17	1430,60	1434,92	1439,14	1443,26
10	1447,28	1451,20	1455,03	1458,76	1462,40	1465,94	1469,40	1472,77	1476,05	1479,25
20	1482,36	1485,39	1488,33	1491,20	1493,99	1496,70	1499,34	1501,90	1504,39	1506,80
30	1509,14	1511,42	1513,62	1515,76	1517,82	1519,83	1521,76	1523,64	1525,45	1527,19
40	1528,88	1530,51	1532,07	1533,58	1535,03	1536,42	1537,76	1539,04	1540,27	1541,44
50	1542,57	1543,63	1544,65	1545,61	1546,53	1547,39	1548,21	1548,98	1549,70	1550,37
60	1551,00	1551,58	1552,11	1552,60	1553,04	1553,44	1553,80	1554,11	1554,39	1554,61
70	1554,80	1554,95	1555,06	1555,12	1555,15	1555,13	1555,08	1554,99	1554,86	1554,69
80	1554,49	1554,25	1553,97	1553,65	1553,30	1552,91	1552,49	1552,04	1551,55	1551,02
90	1550,46	1549,87	1549,24	1548,59	1547,89	1547,17	1546,42	1545,63	1544,81	1543,97
100	1543,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание – Значение скорости звука от температуры, не указанной в таблице, рассчитать методом линейной интерполяции по формуле

$$V(t) = V(t_0) + \frac{V(t_1) - V(t_0)}{t_1 - t_0} \times (t - t_0), \quad (\text{А.1})$$