

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ»  
(ФГБУ «ВНИИМС»)**

**СОГЛАСОВАНО**

Заместитель директора

по производственной метрологии

А.Е. Коломин



« 12 »

12

2023 г.

**Государственная система обеспечения единства измерений  
РАСХОДОМЕРЫ-СЧЕТЧИКИ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ГЕЛИКОН РУЛ**

**Методика поверки  
МП 208-081-2023**

г. Москва  
2023 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ .....	3
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	3
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ .....	4
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ.....	4
6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	5
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ .....	6
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	6
9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ .....	7
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ .....	7
11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ .....	12
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	13
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	17
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	20

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящий документ распространяется на расходомеры-счетчики ультразвуковые Геликон РУЛ (далее – расходомеры), предназначенные для измерений объема и объемного расхода жидкости, и устанавливает объем, методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Реализация данной методики обеспечивает метрологическую прослеживаемость расходомеров к:

- Государственному первичному специальному эталону единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2019, в соответствии с ГПС для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, согласно Приказу Росстандарта от 26.09.2022 №2356, для средств измерений, поверка которых осуществляется на воде.

1.3 Методика описывает два метода поверки: проливной и имитационный (беспроливной). При первичной поверке расходомеров до DN 300 применять только проливной метод.

1.4 В методике поверки реализованы методы передачи единиц величин непосредственным сличением и методом косвенных измерений.

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки выполняются операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер раздела	Проведение операции при:	
		первичной поверки	периодической поверки
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	Да	Да

## 3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

Измеряемая среда – жидкость (вода) с параметрами:

– температура, °С от +15 до +25

– давление, МПа, не более 1,6

Окружающая среда – воздух с параметрами:

– температура, °С от +10 до +30

– относительная влажность, % от 30 до 80

– атмосферное давление, кПа от 84 до 107

Попадание воздуха в измерительный участок не допускается.

3.2 Допускается проводить поверку расходомеров на месте эксплуатации расходомеров при соблюдении требований к условиям эксплуатации средств поверки.



#### 4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки расходомеров допускают поверителей, изучивших настоящую методику поверки, руководство по эксплуатации на расходомеры, эксплуатационную документацию на средства поверки и вспомогательные технические средства, а также прошедших инструктаж по технике безопасности.

#### 5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

При проведении поверки применяют следующие средства измерений и вспомогательное оборудование, указанное в таблице 2.

Таблица 2 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 10.1.1 Определение относительной погрешности измерений объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости методом непосредственно го сличения	Рабочий эталон единиц объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости 1-го или 2-го разряда согласно ГПС (часть 1), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2023 №2356, диапазон измерений (воспроизведения) объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости эталона должен соответствовать диапазону поверочных расходов средства измерений. Пределы относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) рабочего эталон должны быть меньше пределов относительной погрешности средства измерений не менее чем в три раза.	Установки поверочные Эрмитаж, рег. №71416-18
	Рабочий эталон 2 разряда согласно ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.10.2018 № 2091, диапазон измерений $\pm 25$ мА	Калибраторы многофункциональн ые и коммуникаторы BEAMEX MC6 (-R), Рег. № 52489-13
Раздел 8 Раздел 9 Раздел 10	Измеритель влажности, температуры окружающего воздуха и атмосферного давления, диапазон измерений температуры от +10 до +30 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности: $\pm 0,5$ °С; диапазон измерений влажности от 30 до 80 % с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности $\pm 3$ %, диапазон измерений давления от 84 до 106 кПа с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ кПа	Термогигрометр ИВА-6 рег. №46434-11



Продолжение таблицы 2

Операции поверки требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 10.1.2 Определение относительной погрешности при измерении объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости методом косвенных измерений (имитационный метод)	Средство измерений согласно ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 №2360 с возможностью генерирования сигналов специальной формы (диапазон частоты от 4 до 6,5 Гц) и пределами допускаемой абсолютной погрешности установки частоты $\pm 3,5 \cdot 10^{-5}$ , пределами допускаемой абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала (размаха уровня напряжения $\pm(0,01 \cdot U + 1 \cdot 10^{-3})$ В, где U – установленный уровень напряжения (размах), В	Генераторы сигналов специальной формы АКИП3409/1А, АКИП3409/2А, АКИП3409/3А, Рег. № 75788-19
	Средства измерений наружных и внутренних линейных размеров деталей, а также для измерений глубин. Диапазон измерений: от 0 до 2000 мм. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений, $\pm 0,20$ мм.	Штангенциркуль INSIZE 1236 Рег. № 88402-23
	Средства измерений линейных размеров путем непосредственного сравнения со шкалой. Номинальная длина 10000 мм. Допускаемое отклонение действительной длины интервалов шкалы, мм: $\pm[0,30 + 0,15 \cdot (L-1)]$ где L – число полных и неполных метров в отрезке	Рулетка измерительная ПК2 Р5УЗП Рег. № 87228-22
	Средства измерений плоских углов контактным методом. Диапазон измерений углов: от 0 до 180°. Пределы допускаемой Абсолютной погрешности $\pm 0,5^\circ$ .	Угломер «Калиброн» Рег. № 83810-21
	Средства измерений толщины изделий из различных материалов. Диапазон измерений: от 0,6 до 50 мм, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений толщины по стали, мм $\pm(0,01 + 0,01 \cdot X)$ , где X - измеренное значение толщины, мм	Толщиномеры ультразвуковые УТ-111 Рег. № 66712-17
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице		

**6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ**

6.1 При проведении поверки соблюдают следующие требования (условия):

- правил техники безопасности, действующих на месте проведения поверки;
- правил безопасности при эксплуатации средств поверки и расходомера, приведенных в их эксплуатационных документах;



– правил по охране труда, действующих на месте проведения поверки.

6.2 К средствам поверки и расходомеру обеспечивают свободный доступ.

6.3 Освещенность должна обеспечивать отчетливую видимость средств поверки и расходомера, а также снятие показаний с них.

6.4 При появлении течи измеряемой среды и других ситуаций, нарушающих процесс проведения поверки, поверка должна быть прекращена или приостановлена до устранения неисправностей.

6.5 Монтаж и демонтаж электрических цепей средств поверки должно проводиться только при отключенном питании всех устройств.

6.6 Монтаж и демонтаж расходомеров должны производиться при отсутствии давления в измерительной линии.

## **7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

7.1.1 При внешнем осмотре устанавливают соответствие расходомера следующим требованиям:

– комплектность и маркировка расходомера должны соответствовать эксплуатационным документам;

– на расходомере не должно быть внешних механических повреждений и дефектов, препятствующих его применению;

– на расходомере должна быть возможность нанесения знака поверки в целях защиты от несанкционированного вмешательства.

7.1.2 Результат внешнего осмотра считают положительным, если комплектность и маркировка расходомера соответствует эксплуатационным документам, на расходомере отсутствуют внешние механические повреждения и дефекты, препятствующие его применению, на расходомере присутствует возможность нанесения знака поверки в целях защиты от несанкционированного вмешательства или отрицательным. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

## **8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

8.1 Подготовка к поверке

При подготовке к поверке выполняют следующие работы:

– проверка выполнения условий разделов 3, 4, 5 и 6 настоящего документа;

– подготовка к работе расходомера и средств поверки согласно их эксплуатационным документам;

– проверка герметичности соединений и узлов гидравлической системы рабочим давлением.

8.2 Опробование.

При опробовании определяют работоспособность расходомера.

8.2.1 При проливной поверке.

Опробование расходомера проводят путем увеличения или уменьшения расхода измеряемой среды, воспроизводимое поверочной установкой, в пределах диапазона измерений расходомера.

Результат поверки считается положительным, если в процессе опробования расходомер функционирует в штатном режиме и при увеличении или уменьшении расхода показания расходомера изменяются соответствующим образом.

8.2.2 При имитационной поверке.

Опробование расходомера проводят путем выполнения указаний п. 6.3. «Автоматическая проверка расходомера» РКЦП.407200.015РЭ.

Результат поверки считается положительным, если получили положительные заключения при прохождении всех этапов автоматической проверки.



## 9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Проверку ПО проводить с помощью персонального компьютера с установленным программным обеспечением «Helikon RUL Stream» доступного для скачивания на сайте производителя по ссылке <https://pk-helikon.ru/dokumentacziya-2-2/> или любого другого внешнего ПО (далее – внешняя программа), способного через пользовательский интерфейс подключаться к расходомеру в соответствии с пунктом 9.1 настоящей методики поверки.

9.1 Проверка ПО с помощью персонального компьютера с установленным программным обеспечением «Helikon RUL Stream» необходимо:

- подключить интерфейсный выход расходомера к персональному компьютеру с предустановленным внешним ПО в соответствии с руководством по эксплуатации расходомера;

- включить расходомер;

- инициализировать процесс обмена информацией персонального компьютера и расходомера;

- на экране персонального компьютера в окне внешней программы будут отражаться следующие идентификационные данные: идентификационное наименование ПО и номер версии (идентификационный номер) ПО.

9.2 Результат поверки считается положительным, если номер версий программного обеспечения (идентификационный номер) ПО соответствуют информации, указанной в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование внутреннего ПО	Helikon RUL
Номер версии (идентификационный номер) внутреннего ПО	012.00.XX.YY
Примечание: XX, YY - принимает значения набора арабских цифр от 01 до 99 и не относится к метрологически значимой части ПО	

## 10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение основной относительной погрешности измерений объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости методом непосредственного сличения или методом косвенных измерений (имитационный метод)

Определение основной относительной погрешности измерений объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости методом непосредственного сличения проводят путем сравнения измеренного объема или объемного расхода жидкости расходомером и поверочной установкой в соответствии с пунктом 10.1.1 (проливной метод) или имитационным методом в соответствии с пунктом 10.1.2.

10.1.1. Определение основной относительной погрешности измерений объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости методом непосредственного сличения.

10.1.1.1. Определение основной относительной погрешности измерений объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости методом непосредственного сличения по импульсно-частотному выходу.

Определение основной относительной погрешности расходомера при измерении объема или объемного расхода проводят на трех задаваемых значениях расхода:  $(0,01-0,03) \cdot Q_{\max}$ ,  $(0,2-0,4) \cdot Q_{\max}$ ,  $(0,5-0,7) \cdot Q_{\max}$ ,

где  $Q_{\max}$  – максимальное значение расхода поверяемого расходомера.

Примечания:



- для расходомеров с  $Dy \geq 300$  мм допускается проводить поверку расходомеров на расходах  $(0,01-0,03) \cdot Q_{max}$ ,  $(0,1-0,3) \cdot Q_{max}$ ,  $Q_{наиб}$

где

$Q_{наиб}$  – наибольшее значение расхода поверочной установки для типоразмера поверяемого расходомера.

При каждом значении объемного расхода жидкости выполняют не менее трех измерений. При каждом измерении обеспечивают время измерения не менее 30 секунд или набор не менее 5000 импульсов при использовании импульсно-частотного выхода расходомера.

Вычислить основную относительную погрешность измерений объемного расхода  $\delta_{Qi}$ , % или объема  $\delta_{Vi}$ , %, при  $i$ -ом измерении по формулам:

$$\delta_{Qi} = \frac{Q_i - Q_{эм}}{Q_{эм}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

$$\delta_{Vi} = \frac{V_i - V_{эм}}{V_{эм}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $Q_i$  – расход по расходомеру,  $м^3/ч$ ;  
 $Q_{эм}$  – расход по поверочной установке,  $м^3/ч$ ;  
 $V_i$  – объем по расходомеру,  $м^3$ ;  
 $V_{эм}$  – объем по поверочной установке,  $м^3$ .

Метрологические характеристики расходомеров при измерении объема жидкости в потоке по частотно-импульсному каналу принимают равными метрологическим характеристикам расходомеров при измерении объемного расхода жидкости по частотно-импульсному каналу.

10.1.1.2 Определение основной относительной погрешности измерений объемного расхода жидкости методом непосредственного сличения по аналоговому выходу расходомера.

Измерения проводить в точках расхода, указанных в п. 10.1.1.1

Измеренный объемный расход  $Q_{ai}$ ,  $м^3/ч$ , вычисляется по формуле 2:

$$Q_{ai} = \left[ \left( \frac{I_i - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} \right) \cdot (Q_{max} - Q_{min}) \right] + Q_{min}, \quad (3)$$

где  $I_i$  – ток, измеренный контроллером поверочной установки или при помощи рабочего эталона 2 разряда согласно ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.10.2018 № 2091, за время проведения измерения, мА;

$I_{min}$  – минимальное значение установленного диапазона токового выхода, соответствующее минимальному расходу поверяемого расходомера, мА;

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

$Q_{max}$  – максимальное значение расхода поверяемого расходомера, соответствующий значению тока 20 мА,  $м^3/ч$ ;

$Q_{min}$  – минимальное значение расхода поверяемого расходомера соответствующий значению тока 4 мА,  $м^3/ч$ .

Вычислить погрешность измерений объемного расхода  $\delta_{ai}$ , % при  $i$ -ом измерении по формуле 3:



$$\delta_{ai} = \frac{Q_{ai} - Q_{эти}}{Q_{эти}} \cdot 100 \% \quad (3)$$

Результаты поверки расходомера при измерении объема и объемного расхода считаются положительными, если полученные значения основной относительной погрешности измерений  $\delta$  и  $\delta_a$  определенные в каждом измерении не превышают пределов для соответствующей схемы зондирования потока, рассчитанных по формулам приведенным в таблице 4.

Таблица 4.

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении объемного расхода и объема жидкости в потоке при использовании индикатора, частотно-импульсного, и цифрового выходов при скорости потока от 0,035 до 10 м/с, $\delta$ %: - для расходомеров с однолучевой схемой зондирования потока - для расходомеров с двухлучевой схемой зондирования потока	$\pm (0,9 + 0,1/v)$ $\pm (0,7 + 0,1/v)$
Пределы допускаемой основной относительной погрешности расходомеров при измерении объемного расхода жидкости по аналоговому каналу, $\delta_a$ %	$\pm(\delta+0,2)$
Пределы допускаемой основной относительной погрешности расходомеров при измерении объемного расхода и объема жидкости при поверке имитационном методом при использовании индикатора, частотно-импульсного, и цифрового выходов, $\delta_i$ %	$\pm(\delta+0,2)$
Пределы допускаемой основной относительной погрешности расходомеров при измерении объемного расхода жидкости при поверке имитационном методом по аналоговому каналу, $\delta_{ai}$ %	$\pm(\delta_a+0,2)$
Примечания: $v$ – значение, численно равное скорости потока: $v = Q/(k \cdot DN^2)$ , м/с, где $Q$ – измеряемый объемный расход жидкости, м <sup>3</sup> /ч; $DN$ – номинальный диаметр, мм; $k$ – коэффициент $2,83 \cdot 10^{-3}$ , с/ч;	

10.1.2 Определение относительной погрешности при измерении объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости методом косвенных измерений (имитационный метод).

10.1.2.1. Определение параметров первичного измерительного преобразователя расхода (ИУ).

Параметры первичного преобразователя расхода определяют при первичной поверке, при выпуске из производства или при выполнении монтажа расходомера на участок действующего трубопровода на месте эксплуатации в соответствии с приложением А.

При определении параметров первичного преобразователя расхода в соответствии с инструкцией в приложении А:

- внутренний диаметр;
- расстояние между ультразвуковыми датчиками (далее – ПИВ);
- угол наклона оси акустического луча к оси трубопровода;
- смещение оси акустического луча;
- длина активной части акустического луча.

Результат определения вышеперечисленных параметров первичного преобразователя расхода вносят в программное обеспечение прибора с помощью внешней программы в режиме «Программирование» согласно руководству по эксплуатации.

Зафиксировать результат проверки работоспособности ИУ в протоколе поверки.



### 10.1.2.2. Проверка измерений расходомером скорости звука.

10.1.2.2.1 В ИУ расходомера, заглушенного с одной стороны, заливают дистиллированную воду. В воду помещают датчик температуры. Можно использовать кювету, в которую монтируют ПИВ с поверяемого расходомера, при этом в программу расходомера вводят значение D в соответствии с размерами кюветы. В кювету заливают дистиллированную воду, температуру воды контролируют датчиком температуры, смонтированным в полость кюветы. Размеры кюветы должны обеспечивать установку ПИВ на расстояние не менее 1,73 D. Для D > 500 мм допускается устанавливать датчики на расстояние D.

10.1.2.2.2 По показаниям расходомера фиксируют скорость звука в воде при данной температуре в кювете (м/с) и сравнивают с табличными значениями скорости звука воды Приложение А.

10.1.2.2.3 Определяют относительную погрешность измерений скорости звука по формуле 4:

$$\delta_{сз} = \frac{C_{изм} - C_{таб}}{C_{таб}} \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где

$C_{изм}$  – скорость звука по показаниям расходомера, м/с;

$C_{таб}$  – скорость звука по данным таблицы приложения А, м/с;

Результаты поверки расходомера при измерении скорости звука считаются положительными, если  $\delta_{сз} \leq \pm 0,05 \%$ .

10.1.2.3. Определение относительной погрешности при измерении объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости методом косвенных измерений.

10.1.2.3.1 Собрать схему подключения из Приложения В, включить расходомер и приборы из схемы в соответствии с ЭД.

10.1.2.3.2 Провести проверку установки показаний нуля, для этого установить режим измерения скорости потока измеряемой среды согласно руководству по эксплуатации, на дисплее (или по цифровому каналу) МО должна отображаться скорость потока измеряемой среды 0 м/с с отклонением не более 0,01 м/с. В случае превышения значения расходомер считается не прошедшим процедуру поверки.

10.1.2.3.3 Перейти в режим «Сервис» согласно руководству по эксплуатации. Далее установить прибор в режим «\*Р - измерение задержки».

Далее на генераторе сигналов последовательно имитируют значения задержки сигнала равные 14 мкс, 28 мкс, 70 мкс (что соответствует скоростям потока 2, 4, 10 м/с) подавая на МО сигнал непрерывной формы с характеристиками: уровень  $U_v=2,5$  В, уровень  $U_n=0$ , спад импульса=8,4 нс, 1 цикл, синхронизация по спаду сигнала, задержка 14 мкс, 28 мкс, 70 мкс, имитирующий задержку ультразвукового сигнала при прохождении через измеряемую среду. При каждом значении задержки проводят не менее 5 измерений. Время измерения не менее 30с. При каждом из режимов фиксируют показания расходомера по индикатору или с помощью внешней программы.

Примечание:

МО, при выпуске из производства, настраивается на работу с одним или двумя лучами. МО предварительно настроенный на работу с однолучевым участком, не увидит и не прочитает сигналы, поступающие по второму лучу. В случае если МО, настроенный на работу с двумя лучами не увидит одну из пар ПИВ (один из лучей), то зафиксируется ошибка функционирования в журнале событий расходомера и на ЖКИ расходомера, в последней позиции первой линии появится символ "R", а символы "I" и "+" будут поочередно выводиться на последней позиции второй строки. Двухлучевой МО, подключенный к ИУ с двумя рабочими лучами, усредняет значения расхода, получаемые по первому и второму лучу.



Подаваемый с генератора сигнал для однолучевого расходомера имитирует сигнал получаемый от одной пары ПИВ. Подаваемый с генератора сигнал для двухлучевого расходомера, имитирует усредненный сигнал от двух пар ПИВ.

Подаваемый с генератора сигнал расходомера, преобразовывается в выходные сигналы.

Определяют значение объемного расхода, заданное генератором по формуле 5:

$$Q_{и} = k \cdot v_i \cdot D^2, \quad (5)$$

где

$k$  – коэффициент  $2,83 \cdot 10^{-3}$  с/ч;

$v_i$  – скорость потока заданная генератором 2, 4, 10 м/с;

$D$  – внутренний диаметр трубопровода, мм, указанный в паспорте.

Определяют значение объемного расхода жидкости измеренное расходомером по формуле 6:

$$Q_p = k \cdot v_p \cdot D^2, \quad (6)$$

где

$k$  – коэффициент  $2,83 \cdot 10^{-3}$  с/ч;

$v_p$  – скорость потока измеренная расходомером, определяемая по формуле (7), м/с;

$D$  – внутренний диаметр трубопровода, мм, указанный в паспорте.

скорость потока жидкости, измеренная расходомером:

$$v_i = 0,14287 \cdot dt \quad (7)$$

где

$k_v$  – коэффициент  $0,14287 \cdot 10^6$  м/с<sup>2</sup>;

$dt$  – величина задержки ультразвукового сигнала измеренная расходомером, мкс;

10.1.2.3.4 Определяют относительную погрешность расходомера при вычислении расхода:

$$\delta_{иi} = \frac{Q_{pi} - Q_{иi}}{Q_{иi}} \cdot 100 \% \quad (8)$$

где

$Q_p$  – значение расхода по показаниям расходомера, м<sup>3</sup>/ч (рассчитанное по формуле 6);

$Q_{иi}$  – значение расхода, заданное генератором, м<sup>3</sup>/ч (рассчитанное по формуле 5);

Результаты поверки расходомера при измерении объема и объемного расхода считаются положительными, если выполняются требования всех подпунктов п. 10.1.2 и если полученные значения основной относительной погрешности измерений  $\delta_i$  определенные в каждом измерении не превышают пределов для соответствующей схемы зондирования потока, рассчитанных по формулам приведенным в таблице 4.

## 11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки оформляют протоколом поверки произвольной формы

11.2 Сведения о результатах поверки расходомера передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с приказом Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

11.3 При положительных результатах поверки расходомера по заявлению владельца средства измерений или лица, предоставившего средство измерений на поверку, выдается свидетельство о поверке, оформленное в соответствии с приказом Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», или делается соответствующая запись с нанесением знака поверки, заверяемая подписью поверителя в паспорте расходомера в разделе «Периодические поверки и поверки после ремонта».

11.4 При отрицательных результатах поверки, расходомер к эксплуатации не допускается. По заявлению владельца средства измерений или лица, предоставившего средство измерений на поверку, выдается извещение о непригодности, оформленное в соответствии с приказом Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке»

Начальник отдела 208  
ФГБУ «ВНИИМС»

Ведущий инженер  
отдела 208  
ФГБУ «ВНИИМС»



Б.А. Иполитов

Д.П. Ломакин



## Приложение А

## А.1. Определение линейно-угловых параметров

К линейно-угловым параметрам относятся:

- внутренний диаметр;
- расстояние между ПИВ;
- угол наклона оси акустического луча к оси трубопровода;
- смещение оси акустического луча;
- длина активной части акустического луча.

А.1.1. Определение среднего значения внутреннего диаметра ИУ выполнить одним из двух способов.

А.1.1.1 Среднее значение наружного диаметра ИУ определяется как среднее арифметическое результатов измерений наружного диаметра (или длины окружности по наружному диаметру) в двух сечениях, перпендикулярных оси ИУ. Положение сечений намечается на трубопроводе в соответствии с рис.1.

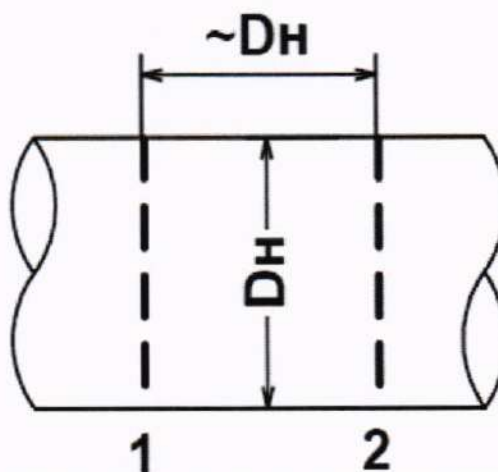


Рисунок А.1 - Положение сечений для размещения ПИВ на ИУ.

А.1.1.1.1. Определение среднего значения наружного диаметра ИУ путем измерения длины окружности по наружному диаметру.

Рулеткой выполняется опоясывание ИУ по три раза в каждом из выбранных сечений. Рассчитывается среднее значение длины окружности в сечениях 1 и 2, мм:

$$L_{окр\ cp1,2} = \text{Сумма}(L_{окр\ ij}) / 3 \quad (A.1)$$

где  $L_{окр\ cp1,2}$  – среднее значение длины окружности в 1 и 2 сечении, мм;

$L_{окр\ ij}$  – длина окружности при  $i$ -том измерении в  $j$ -том сечении, мм.

Рассчитывается среднее значение длины окружности ИУ  $L_{окр\ ср}$ , мм:

$$L_{окр\ ср} = (L_{окр\ cp1} + L_{окр\ cp2}) / 2 \quad (A.2)$$

Определяется среднее значение наружного диаметра ИУ  $D_{нар\ ср}$ , мм:

$$D_{нар\ ср} = L_{окр\ ср} / \pi \quad (A.3)$$

## А.1.1.1.2. Измерение толщины стенки ИУ

Толщиномером выполняются по три измерения толщины стенки ИУ в четырех точках, равномерно расположенных по окружности выбранных сечения по п.1.1.2.

Среднее значение толщины стенки в сечениях 1 и 2 рассчитывается по формуле, мм:

$$h_{ст\ cp1,2} = \text{Сумма}(h_{ст\ ij}) / 12 \quad (A.4)$$

где  $h_{ст\ cp1,2}$  – среднее значение толщины стенки ИУ в 1 и 2 сечении, мм;

$h_{ст\ ij}$  – толщина стенки ИУ при  $i$ -том измерении в  $j$ -том сечении, мм.

Рассчитывается среднее значение толщины стенки ИУ, мм:

$$h_{ст\ ср} = (h_{ст\ cp1} + h_{ст\ cp2}) / 2 \quad (A.5)$$

А.1.1.1.3. Рассчитывается среднее значение внутреннего диаметра ИУ  $D_{вн ср}$ , мм:

$$D_{вн ср} = D_{нар ср} - h_{ст ср} * 2 \quad (A.6)$$

Результаты измерений и вычислений заносятся в протокол.

А.1.1.2. Определение среднего значения внутреннего диаметра ИУ путем прямого измерения диаметра.

На ИУ в каждом из выбранных сечений отмечаются восемь точек, равномерно расположенных по окружности каждого сечения (рис.2).

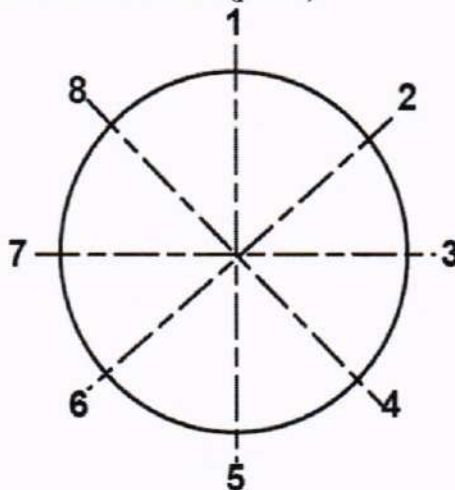


Рисунок А.2 - Положение точек на сечениях ИУ.

В плоскостях 1-5; 2-6; 3-7 и 4-8 каждого сечения выполняется по три измерения. Измерения проводят штангенциркулем или нутромером. Среднее значение внутреннего диаметра ИУ выполняется с каждого торца ИУ и рассчитывается по формуле, мм:

$$D_{вн ср1,2} = \text{Сумма}(D_{вн ij}) / 12 \quad (A.7)$$

где:  $D_{вн ср1,2}$  – среднее значение внутреннего диаметра ИУ в 1 и 2 сечениях, мм;

$D_{вн ij}$  – внутренний диаметр ИУ при  $i$ -том измерении в  $j$ -том сечении, мм.

Рассчитывается среднее значение внутреннего диаметра ИУ  $D_{вн ср}$ , мм:

$$D_{вн ср} = (D_{вн ср1} + D_{вн ср2}) / 2 \quad (A.8)$$

Результаты измерений и расчетов заносятся в протокол.

Сравнивают полученное среднее значение внутреннего диаметра с паспортным значением. Допускаемое относительное отклонение между ними составляет  $\pm 0,05\%$ . При большем отклонении в паспорт и в программу прибора заносится полученное значение диаметра.

А.1.2. Определение расстояния между ПИВ.

Для измерения расстояния между ПИВ используют штангу длиной  $L_{ш} \pm \Delta_{ш}$  (мм), где  $\Delta_{ш}$  не более 2 мм.

Один из двух ПИВ (для каждого луча) монтируют на трубопроводе.

А.1.2.1. Через отверстие держателя второго ПИВ пропускают штангу до упора в смонтированный ПИВ. С помощью штангенциркуля измеряют расстояние от свободного торца штанги до наружного торца держателя –  $l_{ш}$  (мм).

А.1.2.2. С помощью штангенциркуля с глубиномером измеряют расстояние от наружного торца держателя до посадочной плоскости для ПИВ –  $l_{д}$  (мм).

А.1.2.3. С помощью штангенциркуля измеряют отрезок длины ПИВ от посадочной плоскости до излучающей поверхности –  $l_{п}$  (мм).

А.1.2.4. С помощью штангенциркуля измеряют толщину прокладки ПИВ –  $h$  (мм).

Расстояние между ПИВ вычисляют по формуле, мм:

$$L_{пп} = L_{ш} - l_{ш} - l_{д} - l_{п} + h \quad (A.9)$$



Для двухлучевого исполнение рассчитывается среднее значение  $L_{пп\text{ ср}}$ , мм:

$$L_{пп\text{ ср}} = (L_{пп\ 1} + L_{пп\ 2}) / 2 \quad (\text{A.10})$$

Сравнивают полученное значение величины  $L_{пп}$  ( $L_{пп\text{ ср}}$ ) с паспортным значением. Допускаемое относительное отклонение между ними составляет  $\pm 0,05\%$ . При большем отклонении в паспорт и в программу прибора заносится полученное значение величины  $L_{пп}$ .

А.1.3. Определение угла наклона оси акустического канала (луча).

А.1.3.1. В гнезда ПИВ1 и ПИВ2 устанавливают монтажные втулки и штангу. При помощи угломера производят измерения угла наклона штанги относительно стенки ИУ. Измерение угла выполняют не менее 5 раз.

Вычисляют среднее значение угла  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_i \quad (\text{A.11})$$

Сравнивают полученное значение величины  $\alpha$  с паспортным значением. Допускаемое относительное отклонение между ними составляет  $\pm 0,05\%$ . При большем отклонении в паспорт и в программу прибора заносится полученное значение величины  $\alpha$ .

А.1.4. Определение смещения оси акустического луча

Смещение оси акустического луча определяют с помощью измерительной штанги и рулетки.

А.1.4.1. Штангу вставляют в отверстия держателей ПИВ, фиксируют ИУ на горизонтальном основании.

С помощью рулетки или штангенциркуля измеряют расстояния  $H1i$ ,  $h1i$ ,  $H2i$ ,  $h2i$  ( $h1$ ,  $h2$  - расстояния от внутренней поверхности ИУ до основания с разных сторон патрубка,  $i$  - номер луча). С помощью штангенциркуля измеряют диаметр штанги  $d_{шт}$  (мм).

Смещение оси акустического луча  $X$  вычисляют по формуле:

$$X = (H1 + H2 - 2h1 - d_{шт}) / 2 \quad (\text{A.12})$$

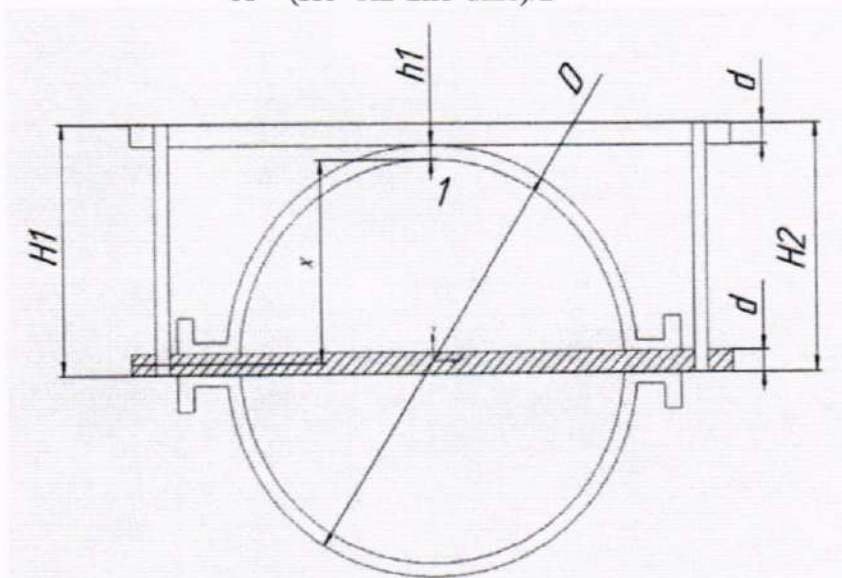


Рисунок А.3 - Измерения смещения оси акустического луча

А.1.5. Определение длины активной части акустического луча

А.1.5.1. При расположении ПИВ по хорде длину активной части акустического луча вычисляют по формуле:

$$L_a = \frac{\sqrt{D^2 - 4X^2}}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (\text{A.13})$$

где  $X$  - смещение оси акустического луча  $X$

При расположении ПИВ вдоль оси трубопровода длину активной части акустического луча определяют путём измерения расстояния между осями вводных патрубков.

А.1.5.2. При расположении ПИВ по диаметру длину активной части акустического луча вычисляют по формуле

$$L_a = \frac{D}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (\text{А.14})$$

Сравнивают полученное значение величины  $L_a$  с паспортным значением. Допускаемое относительное отклонение между ними составляет  $\pm 0,05\%$ . При большем отклонении в паспорт и в программу прибора заносится полученное значение величины  $L_a$ .



## Приложение Б

Таблица Б.1 – Зависимость скорости распространения в воде ультразвука от температуры воды

t, °C	C, м/с	t, °C	C, м/с	t, °C	C, м/с	t, °C	C, м/с	t, °C	C, м/с	t, °C	C, м/с
15,0	1465,910	16,7	1471,729	18,4	1477,29	20,1	1482,620	21,8	1487,705	23,5	1492,560
15,1	1466,259	16,8	1472,063	18,5	1477,617	20,2	1482,925	21,9	1487,997	23,6	1492,838
15,2	1466,608	16,9	1472,397	18,6	1477,936	20,3	1483,230	22,0	1488,288	23,7	1493,116
15,3	1466,955	17,0	1472,730	18,7	1478,254	20,4	1483,534	22,1	1488,578	23,8	1493,393
15,4	1467,302	17,1	1473,061	18,8	1478,571	20,5	1483,837	22,2	1488,868	23,9	1493,669
15,5	1467,648	17,2	1473,392	18,9	1478,887	20,6	1484,140	22,3	1489,157	24,0	1493,944
15,6	1467,993	17,3	1473,722	19,0	1479,203	20,7	1484,441	22,4	1489,445	24,1	1494,219
15,7	1468,337	17,4	1474,052	19,1	1479,518	20,8	1484,742	22,5	1489,732	24,2	1494,493
15,8	1468,680	17,5	1474,380	19,2	1479,832	20,9	1485,042	22,6	1490,018	24,3	1494,766
15,9	1469,022	17,6	1474,708	19,3	1480,145	21,0	1485,341	22,7	1490,304	24,4	1495,038
16,0	1469,364	17,7	1475,034	19,4	1480,457	21,1	1485,640	22,8	1490,588	24,5	1495,310
16,1	1469,704	17,8	1475,360	19,5	1480,769	21,2	1485,937	22,9	1490,872	24,6	1495,580
16,2	1470,044	17,9	1475,685	19,6	1481,079	21,3	1486,234	23,0	1491,155	24,7	1495,850
16,3	1470,383	18,0	1476,009	19,7	1481,389	21,4	1486,530	23,1	1491,438	24,8	1496,120
16,4	1470,721	18,1	1476,332	19,8	1481,698	21,5	1486,825	23,2	1491,719	24,9	1496,388
16,5	1471,058	18,2	1476,655	19,9	1482,006	21,6	1487,119	23,3	1492,000	25,0	1496,656
16,6	1471,394	18,3	1476,976	20,0	1482,313	21,7	1487,413	23,4	1492,280	25,1	1496,923

Продолжение таблицы Б.1

$t, ^\circ\text{O}$	$C, \text{ м/с}$	$t, ^\circ\text{O}$	$C, \text{ м/с}$	$t, ^\circ\text{C}$	$C, \text{ м/с}$	$t, ^\circ\text{C}$	$C, \text{ м/с}$
25,2	1497,189	27,2	1502,356	29,2	1507,231	31,2	1511,821
25,3	1497,455	27,3	1502,607	29,3	1507,467	31,3	1512,043
25,4	1497,719	27,4	1502,857	29,4	1507,702	31,4	1512,264
25,5	1497,983	27,5	1503,106	29,5	1507,937	31,5	1512,485
25,6	1498,247	27,6	1503,354	29,6	1508,171	31,6	1512,705
25,7	1498,509	27,7	1503,602	29,7	1508,404	31,7	1512,925
25,8	1498,771	27,8	1503,849	29,8	1508,637	31,8	1513,144
25,9	1499,032	27,9	1504,095	29,9	1508,869	31,9	1513,362
26,0	1499,292	28,0	1504,314	30,0	1509,100	32,0	1513,579
26,1	1499,551	28,1	1504,585	30,1	1509,331	32,1	1513,796
26,2	1499,810	28,2	1504,830	30,2	1509,561	32,2	1514,012
26,3	1500,068	28,3	1505,073	30,3	1509,790	32,3	1514,227
26,4	1500,325	28,4	1505,315	30,4	1510,018	32,4	1514,442
26,5	1500,582	28,5	1505,557	30,5	1510,246	32,5	1514,656
26,6	1500,837	28,6	1505,799	30,6	1510,473	32,6	1514,869
26,7	1501,092	28,7	1506,039	30,7	1510,699	32,7	1515,082
26,8	1501,347	28,8	1506,279	30,8	1510,925	32,8	1515,294
26,9	1501,600	28,9	1506,518	30,9	1511,150	32,9	1515,505
27,0	1501,853	29,0	1506,756	31,0	1511,374		
27,1	1502,105	29,1	1506,994	31,1	1511,598		

Данные заимствованы из монографии «Александров А.А., Трахтенгерц М. С. Теплофизические свойства воды при атмосферном давлении. - М.: Изд-во стандартов, 1977. - 100 с. - (Государственная служба стандартных справочных данных. Сер.: Монографии)».



## Приложение В

