

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФГУ «Ульяновский ЦСМ»
Марусин В.В.
« 2 » 2008 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

СЧЕТЧИКИ ЖИДКОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ

ПРАМЕР-510

Методика поверки

Часть 2

407251.002 МП2

г. Димитровград

Информационные данные

Разработана

ЗАО «Промсервис», РФ, 433502,
г. Димитровград Ульяновской
области, ул. 50 лет Октября, 112

Исполнитель:

Руководитель метрологической
службы

Яковенко А. Г.

Утверждена

ФГУ «Ульяновский ЦСМ»



Система менеджмента качества

ЗАО «Промсервис» сертифицирована

на соответствие требованиям

ISO 9001:2000 в системе аккредитации DAR.

Регистрационный № TGA-ZM-09-99-00-063-07

от 02.07.2007 г.

Содержание

Введение.....	4
1 Операции поверки.....	4
2 Средства поверки.....	6
3 Требование к квалификации поверителей.....	7
4 Требования безопасности.....	7
5 Условия поверки.....	7
6 Подготовка к поверке.....	8
7 Проведение поверки.....	8
8 Оформление результатов поверки.....	25
Приложение А (рекомендуемое) Протокол поверки.....	26

Введение

Настоящий документ распространяется на счетчики жидкости ультразвуковые ПРАМЕР-510 (далее - счетчики) с диаметрами условного прохода (Ду) измерительных участков (ИУ) или трубопровода от 100 до 2000 мм и устанавливает методику их первичной, периодической и внеочередной поверок косвенным способом (при косвенном способе градуировки).

Поверка выполняется в два этапа. Первый этап заключается в определении погрешностей блока электронного преобразования (БЭП) счетчика с использованием технологического ИУ Ду 100 мм. Второй этап - в определении погрешностей линейно-угловых измерений ИУ (трубопровода) и гидродинамического коэффициента.

Первичной поверке подвергают счетчики при выпуске из производства, периодической – счетчики, находящиеся в эксплуатации.

Внеочередной поверке в объеме периодической подвергают счетчики в соответствии с документом ПР 50.2.006-94 “ТСИ. Порядок проведения поверки средств измерений”.

Межповерочный интервал - 4 года.

1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	да	да
Проверка правильности задания (ввода) коэффициента преобразования по частотному выходу ¹⁾	7.2	да	да
Определение погрешностей БЭП: - при преобразовании объема в выходные электрические сигналы; - при преобразовании импульсного выходного сигнала БЭП в объем при представлении на индикаторе, измерении времени бесперебойной работы; ¹⁾ - при преобразовании частотного выходного сигнала в сигнал постоянного тока ²⁾	7.3.1	да	да
	7.3.2	да	да
	7.3.3	да	да

Продолжение таблицы 1

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Определение и измерение: - внутреннего диаметра ИУ (трубопровода); - расстояния между внутренними поверхностями пьезоэлектрических преобразователей (ПП); - угла наклона акустического канала; - смещение оси акустического канала относительно внутренней стенки ИУ (трубопровода); - длины активной части акустического канала; - гидродинамического коэффициента	7.4.1	да	да
	7.4.2	да	нет
	7.4.3	да	нет
	7.4.4	да	да ³⁾
	7.4.5	да	да ³⁾
	7.4.6	да	да ⁴⁾
Определение погрешности коэффициента преобразования	7.5	да	да ⁵⁾
Ввод градуировочных данных	7.6	да	да ⁵⁾
Проверка отсутствия сигнала на частотном выходе при нулевом значении расхода	7.7	да	да
Опробование	7.8	да	да
Примечание – Для сокращения времени и снижения трудоемкости поверки счетчиков целесообразно совмещать операции первичной поверки по п. 7.4 с процессами измерений и монтажа при изготовлении ИУ на трубопроводе, проводимыми монтажными организациями, с целью последующего использования полученных результатов и исключения необходимости в повторном проведении линейно-угловых измерений.			
¹⁾ Производится только для счетчиков модификаций с ЖКИ. ²⁾ Производится только для счетчиков модификаций с токовым выходом. ³⁾ Производится только при изменении внутреннего диаметра ИУ (трубопровода). ⁴⁾ Производится только при изменении диапазонов расхода и изменения температуры контролируемой жидкости. ⁵⁾ Производится только при изменении внутреннего диаметра ИУ (трубопровода), диапазонов контролируемого расхода и изменения температуры контролируемой жидкости.			

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки применяют средства поверки и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта документа по поверке	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
7.3	<p>Установка поверочная водомерная “ПРОМЕКС”, диапазон воспроизводимых расходов от 3 до 110 м³/ч, предел допускаемой относительной погрешности измерения объема $\pm 0,35$ %.</p> <p>Счетчик импульсов СИ-01, пределы измерений от 1 до 1000 с, относительные погрешности измерения времени $\pm 0,01$ %, счета импульсов – $\pm 1/N$, где N-число импульсов.</p> <p>Генератор сигналов специальной формы ГСС-10/1, частота выходного сигнала от 1 мГц до 10 МГц, погрешность $\pm (5 \cdot 10^{-7} \cdot f + 1 \text{ мГц})$.</p> <p>Вольтметр универсальный цифровой GDM-8245, диапазон измерения постоянного тока от 4 до 20 мА, погрешность измерения $\pm (0,2...0,3 \text{ \%} + 2 \text{ ед. мл. разряда})$.</p> <p>Термометр стеклянный ртутный, диапазон измерений от 0 до 50 °С, предел допускаемой погрешности $\pm 0,5$ °С.</p> <p>Барометр анероид М67, диапазон измеряемого атмосферного давления от 84 до 106 кПа, погрешность ± 2 кПа.</p> <p>Психрометр аспирационный МВ-4-2М, диапазон измерения относительной влажности воздуха от 10 до 100 %, погрешность ± 5 %.</p> <p>Источник питания постоянного тока Б5.30/3, выходное напряжение от 0 до 30 В, выходной ток от 0 до 3 А.</p> <p>Технологический ИУ Ду 100 мм.</p> <p>Резистор МЛТ-0,125 с допуском 5 %, номиналом 4,3 кОм.</p> <p>Транзистор КТ3153Е9.</p>
7.4	<p>Штангенциркуль ШЦ-III, диапазон измерения от 0 до 400 мм, погрешность $\pm 0,1$ мм.</p> <p>Рулетка, диапазон измерения от 1 до 10000 мм. Цена деления 1 мм.</p> <p>Угломер с нониусом 2-2, диапазон измерения внутренних углов от 40 до 180 °, погрешность 2’.</p> <p>Монтажный комплект ПСКД.07.0001.000.00.</p>
7.7	<p>Счетчик импульсов СИ-01, пределы измерений от 1 до 1000 с, относительные погрешности измерения времени $\pm 0,01$ %, счета импульсов – $\pm 1/N$, где N-число импульсов.</p>
7.8	<p>Средство измерений по п. 7.7.</p>

Допускается использование других средств измерений, не указанных в таблице 2, но обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых счетчиков с требуемой точностью.

2.2 Все средства поверки должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке (аттестации) или оттиски поверительных клейм.

3 Требование к квалификации поверителей

3.1 К проведению измерений при поверке и обработке результатов измерений допускаются лица, аттестованные в качестве поверителей и изучившие техническую документацию на счетчики и средства их поверки.

4 Требования безопасности

4.1 При подготовке к поверке и во время выполнения поверочных операций соблюдать требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на оборудование и средства измерений, а также в руководстве по эксплуатации счетчиков.

5 Условия поверки

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха $(20 \pm 10) ^\circ\text{C}$;
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 % (при температуре плюс $25 ^\circ\text{C}$);
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа;
- питание счетчика от сети переменного тока напряжением $(220 \pm 2) \text{ В}$ и частотой $(50 \pm 1) \text{ Гц}$;
- внешние электрические, магнитные поля, кроме земного, вибрация, тряска и удары, влияющие на работу счетчика, отсутствуют.

5.2 При проведении операций поверки на поверочной установке должны соблюдаться следующие условия:

- измеряемая среда – водопроводная вода при температуре $(20 \pm 10) ^\circ\text{C}$;
- наличие включений свободного газа (воздуха) и твердых примесей не допускается;
- длина прямолинейных участков трубопровода до и после ИУ не должна быть менее установленной в его эксплуатационной документации;
- отклонение плоскости пьезоэлектрических преобразователей (ПП) ИУ относительно горизонтальной плоскости должно быть не более $\pm 15^\circ$;
- при проведении поверки не допускается течи жидкости в резьбовых и сварных соединениях;
- давление жидкости в трубопроводе до 1,6 МПа;
- отклонение расхода от установленного значения в процессе измерения не должно превышать $\pm 2,5 \%$.

Примечание – Допускается проведение поверки в рабочих условиях эксплуатации счетчика при соблюдении требований к условиям эксплуатации поверочного оборудования.

6 Подготовка к поверке

6.1 Подготовка поверяемого счетчика и средств поверки должна производиться в соответствии с их эксплуатационной документацией.

6.2 Поверку счетчика производят при наличии его паспорта и руководства по эксплуатации.

6.3 После транспортирования при отрицательных температурах счетчик выдерживают при нормальных условиях окружающей среды (температура $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$, относительная влажность от 30 до 80 %) не менее 8 ч.

6.4 Перед началом поверки выполняют следующие подготовительные работы:

- проверяют сроки поверки всех средств поверки. Они не должны быть просроченными;
- включают средства измерений и прогревают их не менее 30 мин.

6.5 Перед вторым этапом первичной поверки определяют:

- материал трубопровода, продолжительность его эксплуатации, состояние внутренней поверхности и наличие доступа к ее исследованию;
- диапазоны изменения расхода, температуры, вязкость контролируемой жидкости.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При внешнем осмотре устанавливают соответствие счетчика следующим требованиям:

- соответствие комплектности и маркировки требованиям эксплуатационной документации;
- соответствие заводского номера номеру, приведенному в паспорте счетчика;
- отсутствие механических повреждений, влияющих на работу счетчика.

7.1.2 Счетчик, забракованный при внешнем осмотре, к дальнейшему проведению поверки не допускают.

7.2 Проверка правильности задания (ввода) коэффициента преобразования по частотному выходу

7.2.1 Проверку правильности задания (ввода) коэффициента преобразования по частотному выходу проводят для счетчиков модификаций с ЖКИ.

Подают питание на БЭП счетчика. В соответствии с руководством по эксплуатации на счетчик в пункте меню “Коэф. Преобр.” проверить правильность задания (ввода) коэффициента преобразования. Для счетчиков исполнения 02 проверить правильность задания (ввода) коэффициента преобразования для канала 1 и канала 2.

7.2.2 Результат поверки считают положительным, если коэффициент, отображаемый на ЖКИ БЭП, равен значению обратной величины коэффициента преобразования k_f , указанного в паспорте.

7.3 Определение погрешностей БЭП

7.3.1 Определение основных относительных погрешностей при преобразовании объема в выходные электрические сигналы

7.3.1.1 Определение основных относительных погрешностей выполняют проливным методом с использованием технологического ИУ Ду 100 мм.

Сохраняют градуировочную характеристику (файл настроек) поверяемого счетчика с помощью программного обеспечения “Камертон” в соответствии с документом “Инструкция по проведению косвенной градуировки счетчика жидкости ПРАМЕР-510”. Данная операция производится только при периодической поверке.

Производят запись параметров градуировочной характеристики технологического ИУ Ду 100 мм в память поверяемого БЭП следующим образом. Для счетчиков модификаций с ЖКИ отключают разъем RS-232 от платы модуля ЖКИ и подключают к интерфейсному разъему RS-232 на плате модуля ультразвукового канала (приложение Д руководства по эксплуатации). Производят запись параметров градуировочной характеристики технологического ИУ Ду 100 мм в соответствии с документом “Инструкция по проведению косвенной градуировки счетчика жидкости ПРАМЕР-510”.

Производят запись нулевого потока и проверку отсутствия сигнала на частотном выходе при нулевом значении расхода следующим образом. Устанавливают технологический ИУ Ду 100 мм в контур установки поверочной согласно эксплуатационной документации установки и счетчика. Подключают ИУ и БЭП согласно эксплуатационной документации счетчика. При открытой запорной арматуре участка установки до и после ИУ подают рабочее давление. Удаляют воздух из трубопровода на участке установки ИУ. Закрывают задвижку на выходе, затем на входе трубопровода с ИУ (установки ПП) и визуально убеждаются в отсутствии течи. Производят калибровку нуля в соответствии с п. 3.6 руководства по эксплуатации на счетчик. С помощью счетчика импульсов контролируют количество импульсов на контактах F1P+, F1P- за время 60 с. Для счетчиков исполнения 02 подключают ИУ к второму каналу БЭП согласно эксплуатационной документации счетчика. Производят калибровку нуля в соответствии с п. 3.6 руководства по эксплуатации на счетчик и счетчиком импульсов контролируют количество импульсов на контактах F2P+, F2P- за время 60 с. Результат контроля количества импульсов считают положительным, если за время 60 с число зафиксированных импульсов не более 5.

7.3.1.2 Определение основной относительной погрешности при преобразовании объема в выходной электрический сигнал на частотном выходе БЭП выполняют на значениях расхода 4 и 100 м³/ч. Точность задания расходов должна быть не хуже, чем $\pm 10\%$. Определение погрешностей проводят при прямом (по стрелке на ИУ) направлении потока измеряемой среды и начинают с расхода 100 м³/ч. С помощью счетчика импульсов контролируют количество импульсов на

контактах F1P+, F1P-. Для счетчиков исполнения 02 подключают ИУ к второму каналу БЭП согласно эксплуатационной документации счетчика и с помощью счетчика импульсов контролируют количество импульсов на контактах F2P+, F2P-.

Выполняют не менее трех измерений в каждой из указанных выше точек расхода. В процессе измерений контролируют:

- контролируемый объем, прошедший через ИУ;
- количество импульсов на частотном выходе БЭП. Количество импульсов должно быть не менее, чем значение, вычисленное по формуле:

$$N = \frac{1500}{\delta}, \quad (1)$$

где δ – предел допускаемой основной относительной погрешности при преобразовании объема в выходные электрические сигналы.

Для i -ого измерения на j -ом значении расхода определяют основные относительные погрешности при преобразовании объема в выходной электрический сигнал на частотном выходе БЭП $\delta_{i,j}^{VN_f}$ в % по формуле:

$$\delta_{i,j}^{VN_f} = 100 \cdot \frac{\frac{N_{i,j}^f}{k_f} - V_{i,j}^{\varnothing}}{V_{i,j}^{\varnothing}}, \quad (2)$$

где k_f – коэффициент преобразования расхода в частоту электрического сигнала на частотном выходе, имп/дм³;

$N_{i,j}^f$ – количество импульсов на частотном выходе БЭП, зарегистрированное счетчиком импульсов при прохождении через ИУ контролируемого объема $V_{i,j}^{\varnothing}$ в дм³ при i -ом измерении на j -ом значении расхода.

Коэффициент преобразования расхода в частоту электрического сигнала на частотном выходе определяется по формуле:

$$k_f = \frac{1000}{k}, \quad (3)$$

где k – вес калибровочного импульса для технологического ИУ Ду 100 мм, мл.

За основную относительную погрешность при преобразовании объема в выходной электрический сигнал на частотном выходе БЭП δ^{VN_f} принимают максимальное значение $\delta_{i,j}^{VN_f}$.

7.3.1.3 Определение основной относительной погрешности при преобразовании объема в выходной электрический сигнал на частотном взвешенном выходе БЭП выполняют следующим образом. Дополнительно в процессе измерений, указанных в 7.3.1.2, на значении расхода 100 м³/ч с помощью счетчика импульсов контролируют количество импульсов на частотном взвешенном выходе БЭП (на контактах Q1P+, Q1P- – для первого канала и Q2P+, Q2P- – для второго канала (для счетчиков исполнения 02)).

Количество импульсов на частотном взвешенном выходе БЭП должно быть не менее, чем значение, вычисленное по формуле (1).

Примечание – При условии синхронизации процессов измерений количества импульсов на частотном взвешенном выходе БЭП и количества импульсов с рабочего эталона отношение количества импульсов на частотном взвешенном выходе БЭП к количеству импульсов с рабочего эталона должно быть не менее 1/10.

Для расхода 100 м³/ч вычисляют среднее значение погрешности при преобразовании объема в выходной электрический сигнал на частотном выходе БЭП $\tilde{\delta}^V$ в % по формуле:

$$\tilde{\delta}^V = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \delta_i^{VN_f}, \quad (4)$$

где n – количество $\delta_i^{VN_f}$ на расходе 100 м³/ч.

Определяют среднее значение относительной погрешности при преобразовании объема в частоту сигнала на частотном взвешенном выходе БЭП γ_B^V в % на расходе 100 м³/ч по формуле:

$$\gamma_B^V = \frac{100}{m} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{K_P \cdot N_i^F - V_i^{\mathcal{O}}}{V_i^{\mathcal{O}}}, \quad (5)$$

где m – число измерений количества импульсов на частотном взвешенном выходе БЭП N_i^F , соответствующего прохождению контролируемого объема $V_i^{\mathcal{O}}$ на расходе 100 м³/ч.

Основную относительную погрешность при преобразовании объема в выходной электрический сигнал на частотном взвешенном выходе БЭП δ^{V_n} в % определяют по формуле:

$$\delta^{V_n} = \pm (|\delta^{VN_f}| + |\gamma_B^V - \tilde{\delta}^V|). \quad (6)$$

7.3.1.4 Результат поверки считают положительным, если основные относительные погрешности при преобразовании объема в выходные электрические сигналы на частотном δ^{VN_f} и частотном взвешенном δ^{V_n} выходах БЭП не превышают, %:

- для счетчиков исполнений 01, 02 – $\pm 1,5$;
- для счетчиков исполнения 03 – $\pm 1,0$.

7.3.1.5 Производят запись градуировочной характеристики поверяемого счетчика, сохраненной перед поверкой БЭП, в память БЭП с помощью программного обеспечения “Камертон” в соответствии с документом “Инструкция по проведению косвенной градуировки счетчика жидкости ПРАМЕР-510”. Данная операция производится только при периодической поверке.

Для счетчиков модификаций с ЖКИ отключают разъем RS-232 от платы модуля ультразвукового канала и подключают к разъему на плате модуля ЖКИ.

7.3.2 Определение относительных погрешностей при преобразовании импульсного выходного сигнала БЭП в объем при представлении на индикаторе, измерении времени бесперебойной работы

7.3.2.1 Определение относительной погрешности при преобразовании импульсного выходного сигнала БЭП в объем при представлении на индикаторе, при измерении времени бесперебойной работы проводят для счетчиков модификаций с ЖКИ.

Открывают крышку корпуса БЭП, если она не была открыта. Отключают шлейф модуля ЖКИ от разъема IDC16 для подключения модуля ЖКИ на плате модуля ультразвукового канала. Собирают схему в соответствии с рисунком 1.

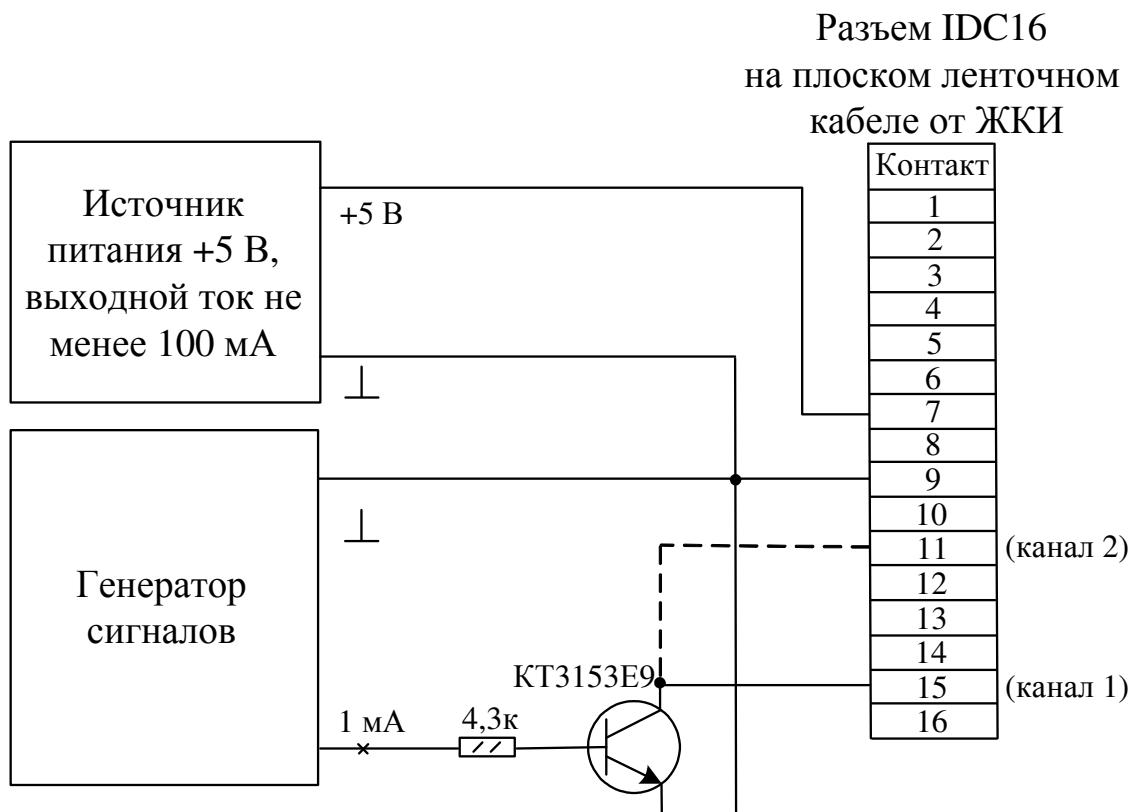


Схема подключения генератора сигналов при преобразовании импульсного выходного сигнала БЭП в объем при представлении на индикаторе, при определении относительной погрешности измерения времени бесперебойной работы канала 2 (для счетчиков исполнения 02 модификаций 02, 03) указана пунктиром

Рисунок 1

При нажатой кнопке ▼ на лицевой крышке корпуса БЭП подают питание на схему. Когда на ЖКИ появится сообщение “Режим поверки”, отпускают кнопку ▼. Подают с генератора сигналы прямоугольной формы TTL-уровня с частотой 1 кГц. Запускают счет нажатием кнопки ▼. Через 300 с набор измеренного объема V_H на ЖКИ остановится автоматически. Выход из режима поверки осуществляется отключением питания БЭП.

Относительную погрешность при преобразовании импульсного выходного сигнала БЭП в объем при представлении на индикаторе, при измерении времени бесперебойной работы δ , %, определяют по формуле:

$$\delta = \frac{V_H - V_3}{V_3} \cdot 100, \quad (7)$$

где V_H – значение объема на ЖКИ, измеренное за 300 с, м³;
 V_3 – значение объема, м³, рассчитанное по формуле:

$$V_3 = \frac{300}{k_f}, \quad (8)$$

где k_f – индивидуальный коэффициент преобразования расхода в частоту электрического сигнала на частотном выходе, имп/дм³ (паспортное значение поверяемого счетчика).

Подключают шлейф модуля ЖКИ к разъему IDC16 для подключения модуля

ЖКИ на плате модуля ультразвукового канала.

7.3.2.2 Результат поверки считают положительным, если относительная погрешность при преобразовании импульсного выходного сигнала БЭП в объем при представлении на индикаторе, при измерении времени бесперебойной работы не превышает $\pm 0,01$ %. При этом основные относительные погрешности при представлении объема на индикаторе не превышают значений, %:

- для счетчиков исполнений 01, 02 – $\pm 1,5$;
- для счетчиков исполнения 03 – $\pm 1,0$.

7.3.3 Определение относительной погрешности при преобразовании частотного выходного сигнала БЭП в сигнал постоянного тока

7.3.3.1 Определение относительной погрешности при преобразовании частотного выходного сигнала в сигнал постоянного тока выполняют для счетчиков модификаций с токовым выходом.

Открывают крышку корпуса БЭП, если она не была открыта. Отключают соединительный шлейф от разъема IDC16 модуля токового выхода. Собирают схему в соответствии с рисунком 2.



Рисунок 2

Вычисляют значения тока I_j^C в мА, соответствующие расходам $Q_1 = 4$ м³/ч и $Q_2 = 100$ м³/ч, по формуле:

$$I_j^C = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{Q_{\max} - Q_{\min}} \cdot (Q_j - Q_{\min}) + I_{\min}, \quad (9)$$

где I_{\max} – максимальное значение тока в мА на токовом выходе БЭП, соответствующее значению расхода 300 м³/ч;

I_{\min} – минимальное значение тока в мА на токовом выходе БЭП, соответствующее значению расхода 3 м³/ч.

Вычисляют значения частот f_j^c в Гц, соответствующие расходу $Q_1 = 4 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $Q_2 = 100 \text{ м}^3/\text{ч}$, по формуле:

$$f_j^c = \frac{Q_j \cdot k_f}{3,6}, \quad (10)$$

где k_f – коэффициент преобразования расхода в частоту электрического сигнала на частотном выходе поверяемого счетчика, имп/дм³ (паспортное значение).

Подают с генератора сигналы прямоугольной формы TTL-уровня с частотой, соответствующей расходу $Q_1 = 4 \text{ м}^3/\text{ч}$. Подключают к токовому выходу БЭП (контакты I+, I-) вольтметр в режиме измерения постоянного тока. После стабилизации показаний тока выполняют не менее пяти измерений за время не менее 60 с. Определяют среднее значение тока \bar{I}_j в мА на значении расхода $Q_1 = 4 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Подают с генератора сигналы прямоугольной формы TTL-уровня с частотой, соответствующей расходу $Q_2 = 100 \text{ м}^3/\text{ч}$. После стабилизации показаний тока выполняют не менее пяти измерений за время не менее 60 с. Определяют среднее значение тока \bar{I}_j в мА на значении расхода $Q_2 = 100 \text{ м}^3/\text{ч}$.

На j -ом значении расхода определяют погрешность при преобразовании расхода в токовый выходной сигнал δ_j^{OI} в % по формуле:

$$\delta_j^{OI} = 100 \cdot \left(\frac{\bar{I}_j - I_j^c}{I_j^c} \right), \quad (11)$$

где \bar{I}_j – среднее значение тока в мА на токовом выходе на j -ой точке расхода;
 I_j^c – значение тока в мА, рассчитанное по формуле (9).

Подключают соединительный шлейф к разъему IDC16 модуля токового выхода.

7.3.3.2 Результат поверки считают положительным, если относительная погрешность при преобразовании частотного выходного сигнала БЭП в сигнал постоянного тока не превышает $\pm 0,2 \%$. При этом основная относительная погрешность при преобразовании расхода в токовый выходной сигнал не превышает значений, %:

- для счетчиков исполнений 01, 02 – $\pm 1,5$;
- для счетчиков исполнения 03 – $\pm 1,0$.

7.4 Определение и измерение линейно-угловых параметров ИУ (трубопровода) и гидродинамического коэффициента

7.4.1 Измерение внутреннего диаметра ИУ (трубопровода)

7.4.1.1 Измерение внутреннего диаметра ИУ, изготовленного в заводских условиях, выполняют по следующей методике. Измеряют внутренний диаметр ИУ нутромером или штангенциркулем с погрешностью не более 0,1 мм. Измерения производят в двух перпендикулярных направлениях. Одно из направлений должно совпадать или быть параллельно плоскости, проходящей через ось патрубка ПП, параллельно оси ИУ. По каждому направлению выполняют не менее десяти измерений и определяют средние значения диаметров D_{\parallel} и D_{\perp} . Проверяют

выполнение условия:

$$|D_{\parallel} - D_{\perp}| \leq 0,01 \cdot D_{\perp}. \quad (12)$$

ИУ с Ду от 100 до 300 мм, не удовлетворяющий условию (12), к применению не допускается.

Определяют значение внутреннего диаметра ИУ D в м по формуле:

$$D = 0,5 \cdot (D_{\perp} + D_{\parallel}). \quad (13)$$

7.4.1.2 Измерение внутреннего диаметра ИУ, изготовленного на трубопроводе, выполняют по следующей методике. Измерения внутреннего диаметра участка трубопровода с учетом отложений производят в перпендикулярных направлениях в соответствии с рисунком 3.

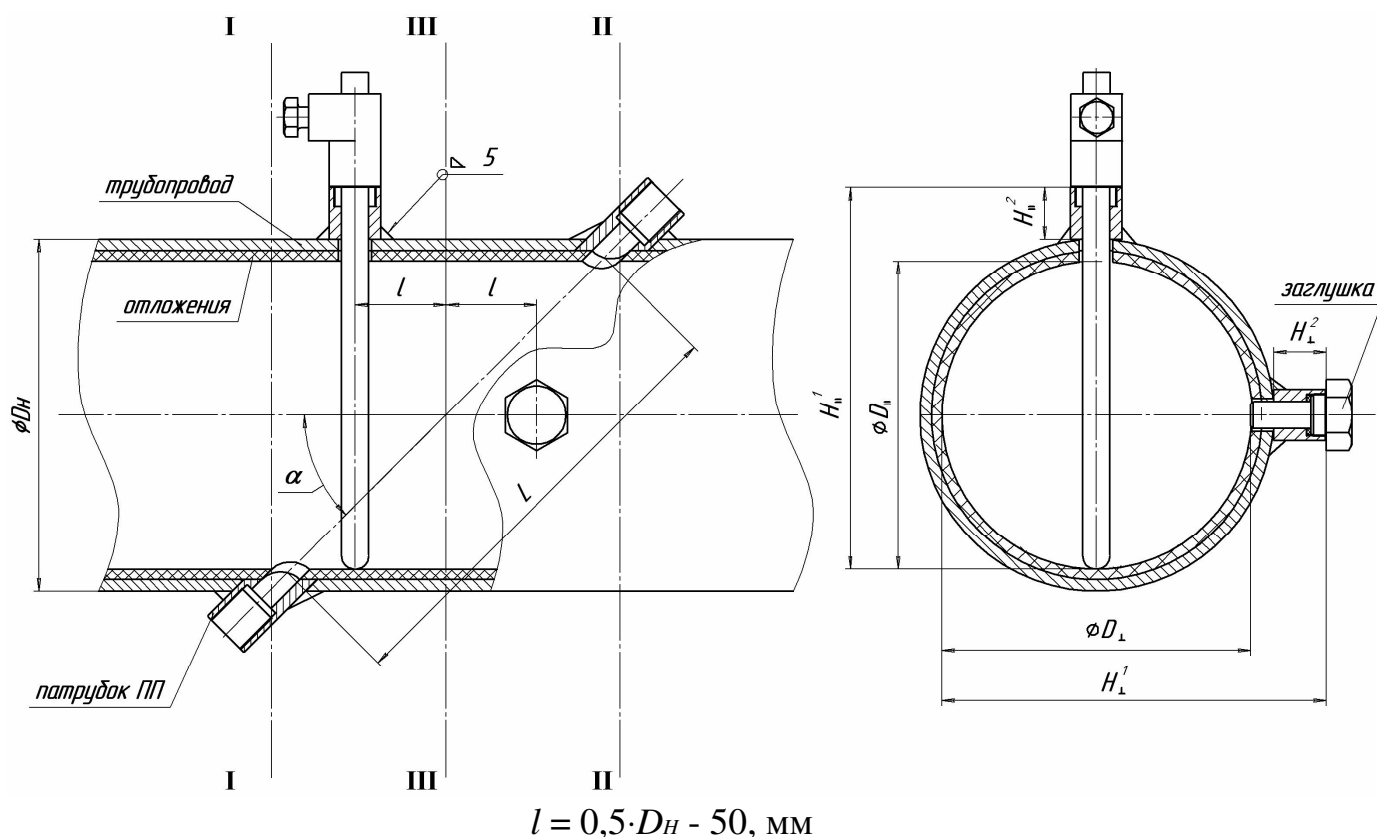


Рисунок 3

Рулеткой в сечениях I-I и II-II не менее десяти раз измеряют длину окружности трубопровода, предварительно очистив поверхность трубопровода в зоне измерения длины окружности.

Примечание – Данную операцию выполняют только при первичной проверке до установки монтажных патрубков для ПП на трубопроводе.

Вычисляют средние значения длины окружности L_{H1} и L_{H2} в м в сечениях I-I и II-II соответственно.

Вычисляют значения наружного диаметра D_{H1} и D_{H2} в м в сечениях I-I и II-II соответственно по формуле:

$$D_{H1(2)} = \frac{L_{H1(2)}}{3,1416}. \quad (14)$$

При помощи измерительной штанги и штангенциркуля или металлической линейки измеряют расстояния H_{\parallel}^1 и H_{\parallel}^2 . Измерения повторяют не менее десяти раз и

вычисляют средние значения. Определяют значение толщины стенки трубопровода с учетом отложений H_{n1} в м по формуле:

$$H_{n1} = D_{H1} - H_{\parallel}^1 + H_{\parallel}^2. \quad (15)$$

При помощи измерительной штанги и штангенциркуля или металлической линейки измеряют расстояния H_{\perp}^1 и H_{\perp}^2 . Измерения повторяют не менее десяти раз и вычисляют средние значения. Определяют значение толщины стенки трубопровода с учетом отложений H_{n2} в м по формуле:

$$H_{n2} = D_{H2} - H_{\perp}^1 + H_{\perp}^2. \quad (16)$$

Значение диаметра D_{\parallel} в м вычисляют по формуле:

$$D_{\parallel} = D_{H1} - 2 \cdot H_{n1}, \quad (17)$$

где D_{H1} – значение наружного диаметра в сечении I-I в м;

H_{n1} – значение толщины стенки трубопровода с учетом отложений в сечении I-I в м.

Значение диаметра D_{\perp} в м вычисляют по формуле:

$$D_{\perp} = D_{H2} - 2 \cdot H_{n2}, \quad (18)$$

где D_{H2} – значение наружного диаметра в сечении II- II в м;

H_{n2} – значение толщины стенки трубопровода с учетом отложений в сечении II- II в м.

Проверяют выполнение условия (12).

Трубопровод с Ду от 100 до 300 мм, не удовлетворяющий условию (12), к применению не допускается.

Для трубопровода с Ду от 400 до 2000 мм проверку выполнения условия (12) не проводят.

Определяют значение внутреннего диаметра трубопровода D в м по формуле (13).

7.4.2 Измерение расстояния между внутренними поверхностями ПП

7.4.2.1 Измерение расстояния между внутренними поверхностями ПП выполняют по следующей методике. Измерения расстояния L_0 между внутренними поверхностями ПП производят с помощью измерительной штанги, штангенциркуля и рулетки в соответствии с рисунком 4.

Устанавливают в один из патрубков ПП1, пропускают измерительную штангу в противоположный патрубок до упора в излучающую поверхность ПП1. Надевают фиксатор с прокладкой, которая будет использоваться при установке ПП2, на штангу и закрепляют его в посадочном отверстии под ПП патрубка. Вытаскивают штангу и измеряют расстояние $L_{ш}$ между ее торцом и торцом фиксатора. Выполняют не менее десяти измерений и определяют среднее значение $L_{ш}$.

Вычисляют расстояние между внутренними поверхностями ПП L_0 в м по формуле:

$$L_0 = L_{ш} - L_{ПП}, \quad (19)$$

где $L_{ш}$ – среднее расстояние между торцом штанги и торцом фиксатора в м;

$L_{ПП}$ – расстояние между излучающим торцом ПП2 и посадочным местом в м.

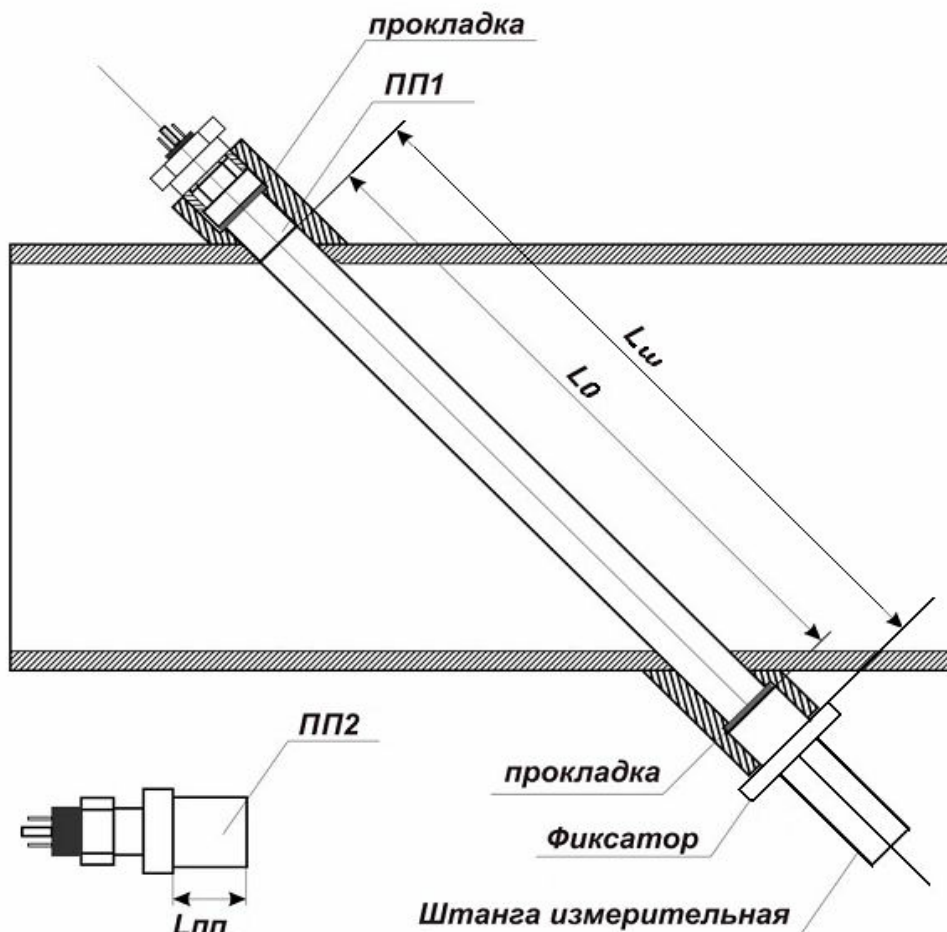


Рисунок 4

7.4.3 Измерение угла наклона оси акустического канала

7.4.3.1 Измерение угла наклона оси акустического канала к оси ИУ α (рисунок 3) измеряют с помощью штанги и угломера. Измерения производят не менее одиннадцати раз с двух сторон ИУ, предварительно установив штангу в патрубки для монтажа ПП.

Вычисляют среднее значение угла α в град по формуле:

$$\alpha = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \alpha_i, \quad (20)$$

где n – число измерений;

α_i – значение угла α при i -ом измерении.

В целях исключения случайной составляющей погрешности измерений проверяют выполнение условия:

$$\Delta_\alpha \geq \frac{4\overline{S}_\alpha}{n^2}, \quad (21)$$

где Δ_α – инструментальная погрешность угломера;

n – то же, что в формуле (20);

\overline{S}_α – среднеквадратическое отклонение результатов измерений, определяемое по формуле:

$$\bar{S}_\alpha = \sqrt{\frac{I}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha)^2}. \quad (22)$$

Если условие (21) не выполняется, проводят дополнительные измерения до тех пор, пока оно не будет выполнено.

7.4.4 Измерение смещения оси акустического канала относительно внутренней стенки ИУ (трубопровода)

7.4.4.1 Измерение смещения оси акустического канала χ относительно внутренней стенки ИУ (трубопровода) определяют с помощью двух измерительных штанг, штангенциркуля или металлической линейки в соответствии с рисунком 5.

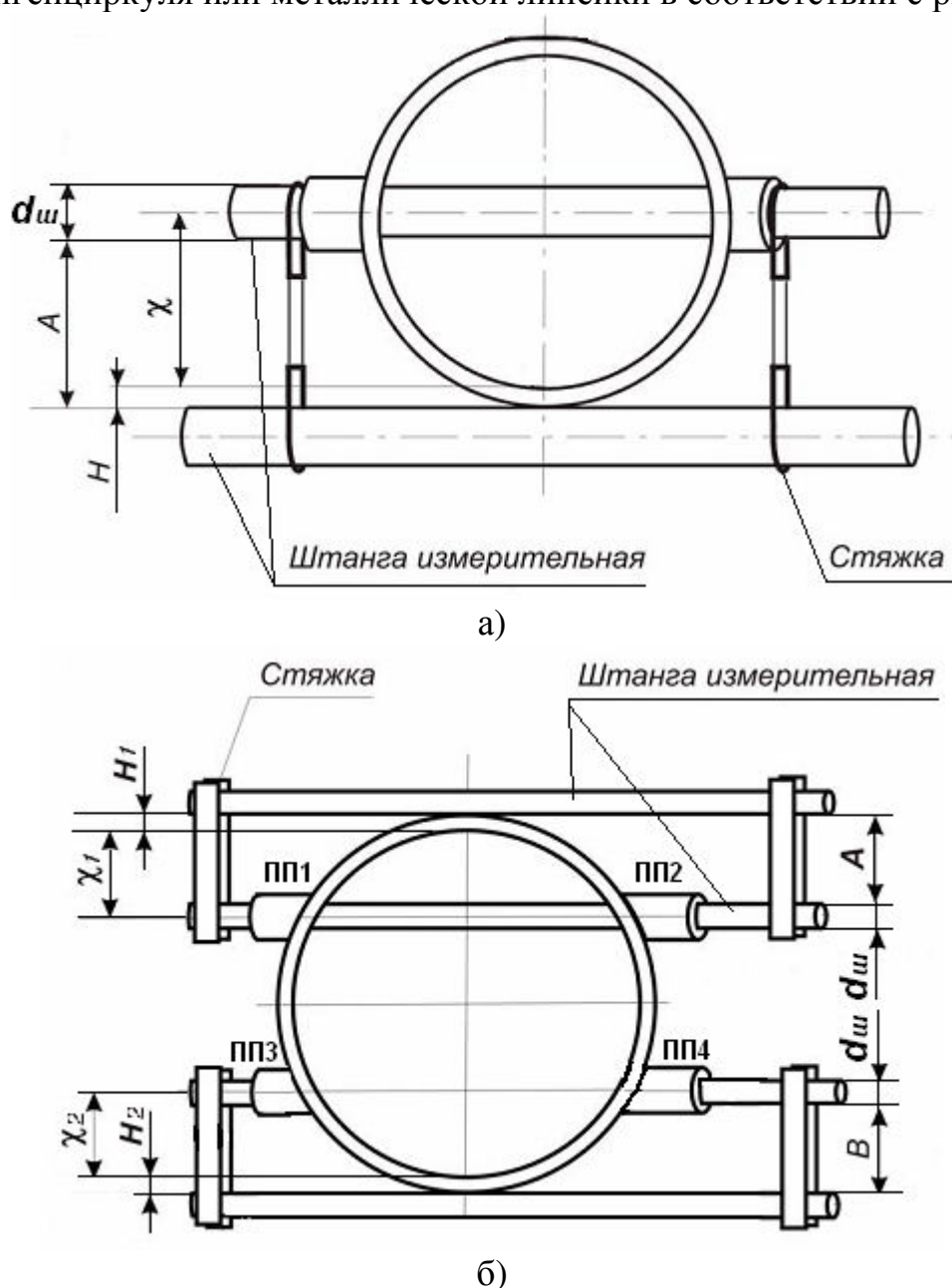


Рисунок 5 – Измерение смещения оси акустического канала χ относительно внутренней стенки трубопровода: а) - для счетчиков исполнений 01 и 02; б) - для счетчиков исполнения 03

Измерения смещения акустического канала для счетчиков исполнений 01 и 02 проводят в соответствии с рисунком 5 а по следующей методике. Пропускают одну штангу через монтажные патрубки ПП, обеспечивая скользящую посадку, а другую размещают на наружной поверхности трубы так, чтобы точка касания являлась центром штанги. Закрепляют концы штанг стяжками на равном расстоянии А. Измеряют расстояние А штангенциркулем. Производят не менее десяти измерений. С точностью не хуже 1% Ду, определяют смещение оси акустического канала χ относительно внутренней стенки трубопровода в м по формуле:

$$\chi = A - H + 0,5 \cdot d_{\text{ш}}, \quad (23)$$

где А – измеренное расстояние между штангами в м;

Н – толщина стенки трубопровода в м по результатам измерений методики 7.4.1.2;

$d_{\text{ш}}$ – диаметр штанги, пропущенной через монтажные патрубки ПП, в м.

Измерения смещения акустических каналов для счетчиков исполнения 03 проводят по следующей методике в соответствии с рисунком 5 б. Пропускают одну штангу через монтажные патрубки ПП1 и ПП2, обеспечивая скользящую посадку, а другую размещают на наружной поверхности трубы так, чтобы точка касания являлась центром штанги. Закрепляют концы штанг стяжками на равном расстоянии А. Измеряют расстояние А штангенциркулем. Производят не менее десяти измерений. С точностью не хуже 1% Ду, определяют смещение оси акустического канала χ_1 относительно внутренней стенки трубопровода в м по формуле:

$$\chi_1 = A - H_1 + 0,5 \cdot d_{\text{ш}}, \quad (24)$$

где А – измеренное расстояние между штангами в м;

H_1 – толщина стенки трубопровода в м по результатам измерений методики 7.4.1.2;

$d_{\text{ш}}$ – то же, что в формуле (23).

Перемещают внешнюю штангу на другую сторону трубопровода, вторую через монтажные патрубки ПП3 и ПП4, обеспечивая скользящую посадку. Закрепляют концы штанг стяжками на равном расстоянии В. Измеряют расстояние В штангенциркулем. Производят не менее десяти измерений. С точностью не хуже 1% Ду, определяют смещение оси акустического канала χ_2 относительно внутренней стенки трубопровода в м по формуле:

$$\chi_2 = B - H_2 + 0,5 \cdot d_{\text{ш}}, \quad (25)$$

где В – измеренное расстояние между штангами в м;

H_2 – толщина стенки трубопровода в м по результатам измерений методики 7.4.1.2;

$d_{\text{ш}}$ – то же, что в формуле (23).

Проверяют выполнение условия:

- для счетчиков исполнений 01 и 02 (однолучевая схема):

$$0,49D_{\perp} \leq \chi \leq 0,51D_{\perp}; \quad (26)$$

- для счетчиков исполнения 03 (двухлучевая схема):

$$0,24D_{\perp} \leq \chi_{1(2)} \leq 0,26D_{\perp}. \quad (27)$$

Трубопровод, не удовлетворяющий условию (26) для счетчиков исполнений 01, 02 и условию (27) – для счетчиков исполнения 03, к применению не допускается.

7.4.5 Определение длины активной части акустического канала

7.4.5.1 Определяют длину активной части акустического канала L в м (рисунок 3) по формуле:

$$L = \frac{2D_{||}}{D_{\perp} \sin \alpha} \sqrt{\chi(D_{\perp} - \chi)}, \quad (28)$$

где $D_{||}$, D_{\perp} – значения диаметра в м по результатам измерений методики 7.5.1;
 χ – смещение оси акустического канала относительно внутренней стенки ИУ (трубопровода) в м по результатам измерений методики 7.4.4;
 α – угол наклона оси акустического канала к оси ИУ в град по результатам измерений методики 7.4.3.

Проверяют выполнение условия:

$$L_0 - L \geq \frac{d}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (29)$$

где L_0 – расстояние между внутренними поверхностями ПП в м по результатам измерений методики 7.4.2;

d – диаметр излучающей поверхности ПП (паспортное значение на ПП) в м;

α – то же, что в формуле (28).

Если условие (29) не выполняется, то ИУ (трубопровод) к применению не допускается.

7.4.6 Определение гидродинамического коэффициента

7.4.6.1 Гидродинамический коэффициент m определяют по формуле:

$$m = \frac{m_{\max} + m_{\min}}{2}, \quad (30)$$

где m_{\max} – значение гидродинамического коэффициента, соответствующее максимальному значению числа Рейнольдса Re_{\max} ;

m_{\min} – значение гидродинамического коэффициента, соответствующее минимальному значению числа Рейнольдса Re_{\min} .

Числа Рейнольдса Re_{\max} и Re_{\min} определяют по формулам:

$$Re_{\max} = \frac{4 \cdot Q_{\max}}{3,1416 \cdot D \cdot \nu(t_{\max})}, \quad (31)$$

$$Re_{\min} = \frac{4 \cdot Q_{\min}}{3,1416 \cdot D \cdot \nu(t_{\min})}, \quad (32)$$

где Q_{\min} и Q_{\max} – наименьшее и наибольшее значения измеряемых расходов соответственно в м³/с;

D – внутренний диаметр ИУ (трубопровода) в м;

$\nu(t_{\min})$ и $\nu(t_{\max})$ – значения коэффициента кинематической вязкости при наименьшей t_{\min} и наибольшей t_{\max} температурах контролируемой среды соответственно в м²/с.

Значения температур t_{\min} и t_{\max} выбираются для конкретных условий эксплуатации счетчика. Значение коэффициента кинематической вязкости $\nu(t)$, соответствующее температуре воды в условиях эксплуатации счетчика, определяют

по данным таблицы 3. Измерение кинематической вязкости других жидкостей измеряется по отобранной пробе вискозиметром.

Таблица 3

t, °C	Кинематическая вязкость воды $\nu(t)$, $\times 10^{-6}$ м ² /с									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,793	1,732	1,675	1,621	1,569	1,520	1,474	1,429	1,387	1,347
10	1,308	1,272	1,237	1,203	1,171	1,1401	1,1107	1,0825	1,0554	1,0294
20	1,0045	0,9805	0,9574	0,9353	0,9139	0,8934	0,8736	0,8545	0,8361	0,8184
30	0,8012	0,7847	0,7687	0,7533	0,7383	0,7239	0,7099	0,6964	0,6833	0,6706
40	0,6583	0,6464	0,6348	0,6236	0,6127	0,6022	0,5919	0,5820	0,5723	0,5629
50	0,5537	0,5449	0,5362	0,5278	0,5196	0,5116	0,5039	0,4963	0,4890	0,4818
60	0,4748	0,4680	0,4613	0,4549	0,4485	0,4424	0,4363	0,4305	0,4247	0,4191
70	0,4137	0,4083	0,4031	0,3980	0,3930	0,3881	0,3833	0,3787	0,3741	0,3691
80	0,3653	0,3610	0,3568	0,3527	0,3487	0,3448	0,3410	0,3372	0,3335	0,3299
90	0,3264	0,3229	0,3195	0,3162	0,3129	0,3097	0,3065	0,3035	0,3004	0,2975
100	0,2945	0,2917	0,2889	0,2861	0,2834	0,2808	0,2782	0,2756	0,2731	0,2706
110	0,2682	0,2658	0,2635	0,2612	0,2589	0,2567	0,2545	0,2524	0,2503	0,2482
120	0,2462	0,2442	0,2422	0,2403	0,2384	0,2365	0,2347	0,2328	0,2311	0,2293
130	0,2276	0,2259	0,2242	0,2225	0,2209	0,2193	0,2177	0,2162	0,2147	0,2132
140	0,2117	0,2102	0,2088	0,2074	0,2060	0,2046	0,2033	0,2019	0,2006	0,1993
150	0,1981	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Значение гидродинамического коэффициента m_{max} определяют по формуле:

$$m_{max} = 1,01 + 0,38 \cdot \sqrt{\lambda}, \quad (33)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения.

Значение коэффициента гидравлического трения рассчитывают по формуле:

$$\lambda = 0,11 \cdot \sqrt[4]{\frac{68}{Re_{max}} + \frac{R_{III}}{D}}, \quad (34)$$

где Re_{max} – максимальное значение числа Рейнольдса;

R_{III} – значение эквивалентной шероховатости трубопровода в м в соответствии с таблицей 4;

D – внутренний диаметр трубопровода в м.

Таблица 4 – Значения эквивалентной шероховатости $R_{ш}$ по ГОСТ 8.586.1-2005

Вид труб и материал	Состояние внутренней поверхности трубопровода и условия эксплуатации	$R_{ш}, 10^{-3} \text{ м}$
Цельнотянутые трубы из латуни, меди, алюминия, пластмассы	Технически гладкая, без отложений	0,03
Трубы из нержавеющей стали	Новая	0,03
Цельнотянутые стальные: - холодноотянутые - горячетянутые - прокатные	Новая	0,03
		0,10
		0,10
Цельносварные стальные: - прямошовные - со спиральным швом	Новая	0,10
		0,10
Стальные трубы	С незначительным налетом ржавчины	0,15
	Ржавая	0,25
	Покрытая накипью	1,25
	Сильно покрытая накипью	2,00
	Битумизированная, новая	0,04
	Битумизированная, бывшая в эксплуатации	0,15
	Оцинкованная	0,13

Минимальное значение гидродинамического коэффициента m_{min} определяют с помощью графика, показанного на рисунке 6, по значению коэффициента гидравлического трения λ и числу Рейнольдса Re_{min} .

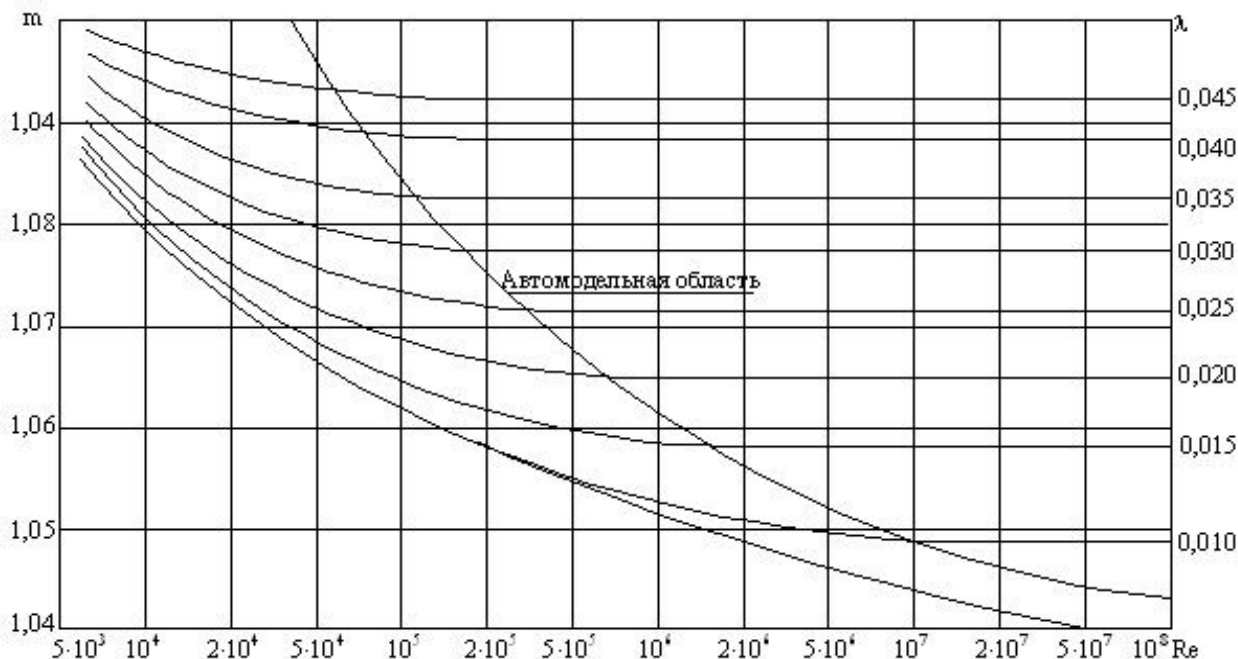


Рисунок 6

7.5 Определение погрешности коэффициента преобразования

7.5.1 Погрешность определения коэффициента преобразования δ_{kf} в % рассчитывают по формуле:

$$\delta_{kf} = \sqrt{\delta_l^2 + \delta_m^2}, \quad (35)$$

где δ_l – погрешность измерения линейно-угловых размеров ИУ (трубопровода) в %;

δ_m – погрешность определения гидродинамического коэффициента в %.

Погрешность измерения линейно-угловых размеров ИУ (трубопровода) δ_l в % определяют по формуле:

$$\delta_l = \pm 100 \cdot \sqrt{\left(\frac{8 \cdot \Delta D}{3D}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot \Delta L}{L}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot \Delta \alpha}{\alpha}\right)^2}, \quad (36)$$

где ΔD , ΔL , $\Delta \alpha$ – инструментальные погрешности средств измерений, используемые при измерениях внутреннего диаметра ИУ (трубопровода) D , длины активной части акустического канала L и угла наклона оси акустического канала к оси ИУ α в м и град соответственно.

Погрешность определения гидродинамического коэффициента δ_m в % определяют по формуле:

$$\delta_m = 100 \cdot \frac{m_{\max} - m_{\min}}{m_{\max} + m_{\min}}, \quad (37)$$

где m_{\max} , m_{\min} – максимальное и минимальное значения гидродинамического коэффициента по результатам методики 7.5.6.

7.5.2 Результат считают положительным, если погрешность определения коэффициента преобразования не превышает, %:

- в диапазоне расходов от Q_{\min} до Q_p – $\pm 2,0$;
- в диапазоне расходов от Q_p до Q_{\max} – $\pm 1,5$.

7.6 Ввод градуировочных данных

7.6.1 Для счетчиков модификаций с ЖКИ отключают разъем RS-232 от платы модуля ЖКИ и подключают к интерфейсному разъему RS-232 на плате модуля ультразвукового канала.

7.6.2 Производят запись параметров D_{\parallel} , D_{\perp} , $\chi(\chi_1, \chi_2)$, α , L_0 , λ в память БЭП с помощью программного обеспечения “Камертон” в соответствии с документом “Инструкция по проведению косвенной градуировки счетчика жидкости ПРАМЕР-510”.

Примечание – При периодической поверке при изменении толщины стенки трубопровода в память БЭП записывают параметры D_{\parallel} , D_{\perp} , $\chi(\chi_1, \chi_2)$, при изменении контролируемой жидкости, диапазонов расхода и температуры контролируемой жидкости, состояния внутренней поверхности трубопровода – в память БЭП записывают параметр λ .

7.6.3 Для счетчиков модификаций с ЖКИ отключают разъем RS-232 от платы модуля ультразвукового канала и подключают к разъему на плате модуля ЖКИ.

7.7 Проверка отсутствия сигнала на частотном выходе при нулевом значении расхода

7.7.1 Подключают ИУ (ПП) и БЭП, производят калибровку нуля в соответствии с руководством по эксплуатации. С помощью счетчика импульсов контролируют количество импульсов на контактах F1P+, F1P- (для счетчиков исполнения 02 контролируют количество импульсов на контактах F1P+, F1P- для первого канала и F2P+, F2P- – для второго канала) за время 60 с.

7.7.2 Результат поверки считают положительным, если за время 60 с число зафиксированных импульсов не более 5.

При отрицательном результате проверяют уплотнения, и, устранив неисправность, повторяют процедуру калибровки нуля и операцию контроля количества импульсов. При отрицательном повторном результате счетчик признается не годным.

7.8 Опробование

7.8.1 Опробование проводят следующим образом:

- обеспечивают движение потока контролируемой среды через ИУ (трубопровод с установленными ПП) в диапазоне расходов, указанных в паспорте счетчика;
- подают питание, если оно не подано.
- убеждаются в индикации показаний расхода, изменении объема нарастающим итогом и времени бесперебойной работы через 1 мин на ЖКИ БЭП (для счетчиков модификаций с ЖКИ);
- с помощью счетчика импульсов проверяют наличие сигнала на частотном выходе (выходах – для счетчиков исполнения 02);

- индикация светодиодных индикаторов контроля состояния счетчика “РАБОТА”, “СИГНАЛ”, “РЕВЕРС” на лицевой стороне крышки корпуса БЭП должна соответствовать описанию, указанному в руководстве по эксплуатации счетчика.

7.8.2 Счетчик, не удовлетворяющий указанным требованиям, признается не годным.

8 Оформление результатов поверки

8.1 При положительных результатах поверки поверитель в протоколе поверки (приложение А) ставит свою подпись, удостоверенную клеймом по ПР 50.2.007-94 с указанием даты, а также делает отметку в паспорте преобразователя и (или) выдается “Свидетельство о поверке” в соответствии с ПР 50.2.006-94.

8.2 При отрицательных результатах поверки счетчик подлежит передаче изготовителю или его сервисному центру в ремонт, для повторной градуировки и настройки.

8.3 При отрицательных результатах повторной поверки счетчик к применению не допускают. Выписывается “Извещение о непригодности к применению” в соответствии с ПР 50.2.006-94.

Приложение А (рекомендуемое)

Протокол поверки

Счетчик жидкости ультразвуковой ПРАМЕР-510, исполнение ____, модификация ____, наличие возможности измерений реверсного потока ____ (есть, нет).

Состав счетчика: БЭП, заводской № _____;

ИУ1, заводской № _____, Ду _____ мм;

ИУ2 заводской № _____, Ду _____ мм;

соединительные кабели длиной: между ИУ1 и БЭП _____ м; ИУ2 и БЭП _____ м.

ПП1, заводской № _____; ПП2, заводской № _____; ПП3, заводской № _____;

ПП4, заводской № _____ (заводские номера ПП указывают для счетчика, ИУ которого изготовлен на трубопроводе).

соединительные кабели длиной: между ПП и БЭП _____ м.

ИУ №	Значения измеряемых расходов, м ³ /ч:	
	Q_{min}	Q_{max}
1		
2		

Коэффициент преобразования: - на частотном выходе k_f _____ имп/дм³;

- на частотном взвешенном выходе K_p _____ дм³/имп.

Коэффициент деления формирователя рабочих импульсов K _____.

Условия проведения поверки БЭП:

Наименование	Единица измерения	Значение
Температура	°С	
Относительная влажность	%	
Атмосферное давление	кПа	
Температура воды	°С	

Результаты поверки БЭП:

Наименование метрологической характеристики	Фактическое значение	Пределы допускаемых значений
Основная относительная погрешность при преобразовании объема в выходной электрический сигнал на частотном выходе, на частотном взвешенном выходе, %		±1,5 - для счетчиков исполнений 01, 02; ±1,0 - для счетчиков исполнения 03
Основная относительная погрешность при преобразовании импульсного выходного сигнала в объем при представлении на индикаторе, измерении времени бесперебойной работы (для модификации с ЖКИ), %		± 0,01
Основная относительная погрешность при преобразовании частотного выходного сигнала в сигнал постоянного тока (для модификации с токовым выходом), %		± 0,2

Исходные данные ИУ канал № ____

Длина прямолинейного участка трубопровода до ИУ в Ду.
 Длина прямолинейного участка трубопровода после ИУ в Ду.
 Вид местного сопротивления до ИУ
 Способ установки ПП на ИУ
 Длина окружности трубопровода:
 L_{H1} мм;
 L_{H2} мм.
 Наружный диаметр трубопровода:
 D_{H1} мм;
 D_{H2} мм.
 Толщина стенки трубопровода:
 H_{n1} мм;
 H_{n2} мм.
 Внутренний диаметр трубопровода D мм.
 - в плоскости ПП $D_{//}$ мм.
 - в плоскости \perp ПП D_{\perp} мм.
 Погрешность измерений диаметра D мм.
 Угол наклона оси акустического канала α ° '
 Погрешность измерения угла $\Delta\alpha$ ° '
 Расстояние между штангами:
 A мм;
 B мм.
 Диаметр штанги $d_{ш}$ мм.
 Смещение оси акустического канала χ мм.
 Смещение оси акустического канала χ_1 мм.
 Смещение оси акустического канала χ_2 мм.
 Погрешность измерения смещения $\Delta\chi$ мм.
 Расстояние между ПП L_0 мм.
 Погрешность измерения расстояния L_0 мм.
 Кинематическая вязкость $\nu(t_{min})$ м²/с.
 Кинематическая вязкость $\nu(t_{max})$ м²/с.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Длина активной части акустического канала мм.
 Число Рейнольдса Re_{min}
 Число Рейнольдса Re_{max}
 Коэффициент гидравлического трения λ
 Максимальное значение гидродинамического коэффициента m_{max}
 Минимальное значение гидродинамического коэффициента m_{min}
 Погрешность измерения линейно-угловых размеров ИУ δ_L %.
 Погрешность определения гидродинамического коэффициента δ_m %.
 Погрешность определения коэффициента преобразования δ_{kf} %.

Расчет произвел _____
 / подпись / _____ Ф.И.О.

Дата _____.

Результаты поверки счетчика

Наименование операции	Технические требования	Заключение о соответствии
Внешний осмотр	соответствует или не соответствует	
Проверка правильности установки коэффициента преобразования по частотному выходу	$1/k_f$ (для модификации с ЖКИ)	
Проверка отсутствия сигнала на частотном выходе при нулевом значении расхода	При нулевом значении расхода на частотном выходе не более 5 импульсов за 60 с	
Опробование	Счетчик должен быть работоспособен	

Дата проведения поверки _____

Заключение о пригодности _____(годен, не годен)

Подпись, фамилия поверителя _____