

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



СОГЛАСОВАНО
Заместитель директора
по производственной метрологии
А.Е. Коломин

« 26 » 01 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Расходомеры-счетчики вихревые OPTISWIRL 4200

**Методика поверки
МП 208-004-2024**

г. Москва
2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	3
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	4
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	4
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ.....	4
6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	6
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	8
11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	16
ПРИЛОЖЕНИЕ А	17
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	18
ПРИЛОЖЕНИЕ В	19
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	22

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на Расходомеры-счетчики вихревые OPTISWIRL 4200 (далее – расходомеры), предназначены для измерений объемного расхода и объема газа, пара и жидкости, в напорных трубопроводах, а также приведения измеренных величин к нормальным условиям и вычисления массового расхода, 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;

- Государственному первичному эталону единиц объемного и массового расходов газа ГЭТ 118-2017, в соответствии с ГПС для средств измерений объемного и массового расходов газа, согласно Приказу Росстандарта №1133 от 11.05.2022;

- Государственному первичному эталону единицы температуры в диапазоне от 0 до 2500 °С ГЭТ ГЭТ 34-2020, в соответствии с ГПС для средств измерений температуры, согласно Приказу Росстандарта от 23.12.2022 № 3253.

- Государственному первичному эталону единицы давления - паскаля ГЭТ 23-2010, в соответствии с ГПС для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа, согласно Приказу Росстандарта от 20.10.2022 № 2653.

1.3 Методика описывает два метода поверки: проливной и беспроливной. Для первичной поверки может использоваться 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 пункта/раздела методики поверки	Проведение операции при	
		Первичной поверке	Периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	Раздел 7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Раздел 8	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	Раздел 9	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Раздел 10	Да	Да
Определение основной допускаемой относительной погрешности измерений объемного	п.10.1	Да	Да

расхода и объема методом сличения			
Определение допускаемой абсолютной погрешности канала измерений температуры	10.2	Да	Да
Определение допускаемой приведенной погрешности канала измерения давления.	10.3	Да	Да
Определение метрологических характеристик имитационным методом	10.4	Нет	Да

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки расходомеров должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха: $+(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- температура окружающего воздуха при поверке на месте эксплуатации: $+(20 \pm 10) ^\circ\text{C}$
- относительная влажность: от 10 до 80 %;
- атмосферное давление: от 84 до 106 кПа;
- поверочная среда для расходомеров: сухой воздух, вода по СанПиН 2.1.4.1074-01 или иная жидкость (продукт);
- дрейф температуры испытательной среды не должен превышать $2 ^\circ\text{C}/\text{ч}$;

3.2 Длина прямолинейного участка трубопровода при поверке методом сличения на поверочной установке:

- на входе первичного преобразователя, не менее $10 \cdot \text{DN}$
- на выходе первичного преобразователя, не менее $5 \cdot \text{DN}$.

3.3 Допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средства измерений для меньшего числа измеряемых величин.

3.4 Допускается проводить поверку на воде или на другой жидкости, в случае если прибор предназначен для работы на газе (или воздухе) и наоборот.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

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 – Средства измерений и вспомогательное оборудование, применяемое при поверке

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Раздел 10	Рабочий эталон единиц объемного расхода (объема) жидкости 2 разряда согласно Государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356 с диапазоном воспроизведения объемного расхода, соответствующим диапазону измерений поверяемого расходомера. С доверительными границами суммарной погрешности, не превышающими 1/3 пределов допускаемой относительной погрешности поверяемого расходомера.	Установка поверочная расходомерная «Flow Master», рег. № 40125-08, Установки поверочные расходомерные ULTRA-S рег. № 90182-23,
Раздел 10	Рабочий эталон единиц объемного расхода (объема) газа 1 разряда согласно Государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 11.05.2022 № 1113 с диапазоном воспроизведения объемного расхода, соответствующим диапазону измерений поверяемого расходомера. С доверительными границами суммарной погрешности, не превышающими 1/3 пределов допускаемой относительной погрешности поверяемого расходомера.	Установка поверочная расходомеров-счетчиков газа «УПРСГ» рег. № 54253-13
Раздел 10	Рабочий эталон единиц избыточного давления 4 разряда согласно Государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 20.10.2022 № 2653 с диапазоном измерений избыточного давления, соответствующим диапазону измерений датчика давления, встроенного в поверяемый расходомер. Соотношение пределов допускаемой абсолютной погрешности при одном и том же значении давления не должно превышать 1:4.	Калибратор давления Crystal, рег. № 31517-10
Раздел 10	Средство измерений температуры. Диапазон измерений от 5 до 50 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,1$ °С	Термометр лабораторный эталонный LTA, рег. № 69551-17
Раздел 10	Генератор электрических сигналов. Диапазон воспроизведения: $\Pi Г = \pm(2 \cdot 10^{-5} \cdot F + 0,0001 \text{ Гц})$	Калибраторы многофункциональные и коммуникаторы BEAMEX MC6 (-R) рег. № 52489-13

Раздел 10	Средство измерений частоты. Диапазон измерения частоты от 1 до 100 кГц, $\Delta f_0 = 0,03\%$	Частотомер электронно-счетный ЧЗ-85/5. рег. № 75631-19
Раздел 10	Нутромер. Диапазон измерений от 15 до 300 мм, 0,015 мм	Нутромеры индикаторные рег. № 85174-22 Нутромеры микрометрические типа НМ рег. № 55059-13
Раздел 10	Штангенциркуль. Диапазон измерений от 0 мм до 300 мм. ПГ = $\pm 0,05$ мм	Штангенциркули HOLEX с электронно-цифровым отсчетным устройством Рег. № 48945-12
Раздел 10	Милиамперметр с диапазоном измерений силы тока от 4 до 20 мА, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\Delta = \pm (0,00015I + 2 \text{ е.м.р.})$;	Калибратор токовой петли Fluke 715. рег. № 29194-05
Раздел 10	Магазин сопротивлений. Диапазон сопротивлений: от 0,01 до 99999,99 Ом, ПГ = 0,02 %.	Магазин сопротивлений MCP-60M Рег. № 2751-71
Раздел 8 Раздел 9 Раздел 10	Измеритель влажности, температуры окружающего воздуха и атмосферного давления, диапазон измерений температуры от +10 до +40 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности: $\pm 0,5$ °С; диапазон измерений влажности от 30 до 80 % с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности ± 3 %, диапазон измерений давления от 84 до 106 кПа с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ кПа	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13
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 подключении расходомера к средствам поверки необходимо соблюдать общие требования безопасности, установленные в документах ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.3.019-80, «Правила эксплуатации электроустановок потребителей», «Правила охраны труда при эксплуатации электроустановок потребителей».

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

6.3 Поверитель должен соблюдать правила пожарной безопасности, действующие на предприятии.

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

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре проверяют соответствие расходомера следующим требованиям:

- внешний вид, комплектность и маркировка должны соответствовать описанию типа и эксплуатационной документации на поверяемое средство измерений;
- на расходомере не должно быть внешних механических повреждений и дефектов, влияющих на его работоспособность.

Результат внешнего осмотра считается положительным, если установлено, что:

- внешний вид, комплектность и маркировка соответствуют описанию типа и эксплуатационной документации на поверяемый расходомер;
- на расходомере не обнаружено внешних механических повреждений и дефектов, влияющих на его работоспособность и препятствующих чтению надписей и маркировки.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ

8.1 При подготовке к поверке выполняют следующие работы:

- подготавливают поверяемый расходомер и средства поверки в соответствии с эксплуатационной документацией;
- проверяют правильность монтажа электрических цепей, согласно эксплуатационным документам.
- настраивают расходомер для измерения расхода соответствующей среды в соответствии с эксплуатационной документацией.

Примечание – Здесь и далее: если расходомер имеет исполнение без индикатора, то считывать данные и настраивать его можно при помощи HART-модема или HART-коммуникатора.

8.2 При опробовании расходомера на поверочной установке производят следующие операции:

8.2.1 Устанавливают расходомер на поверочную установку в соответствии с эксплуатационной документацией и требованиям к прямым участкам.

8.2.2 Проверяют наличие индикации расхода на расходомере путем увеличения или уменьшения расхода на поверочной установке.

Результат поверки по данному разделу считается положительным, если:

- при увеличении или уменьшении расхода средствами поверочной установки соответствующим образом изменяются показания на дисплее электронного блока расходомера или на другом считывающем устройстве.

8.3 Опробовании при поверке имитационным методом или на месте эксплуатации расходомера производится в следующем порядке:

8.3.1 Перед демонтажем прибора с измерительной линии проверяется наличие индикации расхода на дисплее прибора или при помощи HART-модема или HART-коммуникатора.

8.3.2 Результат поверки по данному разделу считается положительным, если показания расхода изменяются показания на дисплее электронного блока расходомера или на другом считывающем устройстве.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Проверяют соответствие идентификационных данных программного обеспечения (ПО). Для этого, согласно РЭ, необходимо войти в меню С6.1.8 расходомера и считать номер версии.

Результаты поверки считают положительными, если номер версии ПО соответствует данным, указанным в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Номер версии (идентификационный номер) ПО	2.X.X_
Примечание – Где «х» может принимать значение от 0 до 9 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 допускаемой относительной погрешности измерений объемного расхода и объема методом сличения.

Если поверочная среда отличается от измеряемой среды, на которую настроен расходомер, то необходимо внести изменения в его настройки. Для изменения параметра «ИЗМЕРЯЕМАЯ СРЕДА» необходимо в пункте меню А3 «АВТОРИЗАЦИЯ» ввести пользовательский пароль «0058». В пункте меню А11 «МАСТЕР НАСТРОЙКИ» выбрать необходимую измеряемую среду и, в соответствии с руководством по эксплуатации, изменить настройки шкалы прибора и параметры измеряемой среды.

Допускается проводить поверку только по объемному расходу или объему.

Определение основной допускаемой относительной погрешности измерений объемного расхода и объема методом сличения проводят на жидкостной (водяной) или газовой (воздушной) поверочных установках.

Определение основной допускаемой относительной погрешности проводят на расходах $Q_{\min}$, $(0,2-0,3) \cdot Q_{\max}$ и $0,9 \cdot Q_{\max}$. ($Q_{\min}$ и $Q_{\max}$ – минимальное и максимальное значения расхода для данного расходомера, соответственно (Приложение Б)).

Для расходомеров с $DN \geq 100$ мм, допускается проводить измерения на расходах $(0,1-0,2) \cdot Q_{\max}$, $(0,25-0,5) \cdot Q_{\max}$, $Q_{\text{наиб}}$

где

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

Величины расходов $(0,1-0,9) \cdot Q_{\max}$ устанавливают с допуском ± 5 %, а расход $Q_{\min}$ с допуском $+10$ %.

В каждой точке проводят не менее трех измерений. Среднеарифметическое значение результатов измерений заносят в протокол произвольной формы (Приложение В).

а) В случае, если при поверке используется аналоговый выход расходомера, то измеренный объемный расход Q_i , м³/ч, вычисляется по формуле

$$Q_i = \left[\left(\frac{I_i - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \right) \cdot (Q_{\max} - Q_{\min}) \right] + Q_{\min}, \quad (1)$$

где I_i – ток, измеренный контроллером поверочной установки 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, м³/ч;

$Q_{\min}$ – минимальное значение расхода поверяемого расходомера соответствующий

значению тока 4 мА, м³/ч.

б) В случае, если при поверке используется частотный выход расходомера, то измеренный объемный расход Q_i , м³/ч, или объем V_i , м³, вычисляется по формуле (2) или по формуле (3) соответственно:

$$Q_i = \frac{F_i \cdot Q_{\max}}{F_{\max}}, \quad (2)$$

$$V_i = \frac{N_i \cdot Q_{\max}}{F_{\max} \cdot 3600}, \quad (3)$$

где F_i – частота на выходе расходомера, за время проведения i -го измерения, Гц;
 $F_{\max}$ – максимальная частота поверяемого расходомера, Гц;
 $Q_{\max}$ – максимальный расход поверяемого расходомера, соответствующий $F_{\max}$, м³/ч;
 N_i – количество импульсов, накопленное поверочной установкой за время проведения i -го измерения, имп.

Вычислить погрешность измерений объемного расхода δ_{Q_i} , % или объема δ_{V_i} , %, при i -ом измерении по формулам:

$$\delta_{Q_i} = \frac{Q_i - Q_{\text{эт}}}{Q_{\text{эт}}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

$$\delta_{V_i} = \frac{V_i - V_{\text{эт}}}{V_{\text{эт}}} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где Q_i – расход по расходомеру, м³/ч;
 $Q_{\text{эт}}$ – расход по поверочной установке, м³/ч;
 V_i – объем по расходомеру, л;
 $V_{\text{эт}}$ – объем по поверочной установке, л.

За результат принимают наихудшее из полученных значений.

Результаты поверки считают положительными, если значение допускаемой относительной погрешности измерений объемного расхода и/или объема методом сличения не превышает значений:

- для воды (при $R_e \geq 20000$) $\pm 0,75$;
- для воздуха (при $R_e \geq 20000$) $\pm 1,0$;
- для воды и воздуха (при $10000 \leq R_e < 20000$) $\pm 2,0$.

где R_e – число Рейнольдса, вычисляется по формуле

$$R_e = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_{\text{внутр}} \cdot \nu}, \quad (6)$$

где Q – расход, м³/с;
 π – число Пи (3,14159265);
 $D_{\text{внутр}}$ – внутренний диаметр первичного преобразователя (из паспорта), м;
 ν – кинематическая вязкость воды (воздуха) при температуре поверки, м²/с
 (Приложение Б).

Примечание.

При положительном результате поверки по п. 10.1, расходомер признается пригодным для измерений:

- объема и объемного расхода жидкости, газа и пара;
- массы и массового расхода жидкости, газа и пара;
- объема и объемного расхода газа, приведенного к нормальным условиям.

10.2 Определение допускаемой абсолютной погрешности канала измерений температуры (при наличии)

Определение допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры проводится только для тех расходомеров, которые во время эксплуатации используются в режиме измерения газа или пара.

Примечание – режим измерения и среда указаны в паспорте прибора.

10.2.1 Определение допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры осуществляется при помощи эталонного термометра и магазина сопротивлений.

Проточную часть расходомера герметично закрывают, с одной стороны, заглушкой и заполняют проточную часть водой (или иной жидкостью). Затем помещают в проточную часть эталонный термометр. Выдерживают заполненный расходомер до стабилизации температуры не менее 15 минут. Разница температуры воды (или иной жидкости) и окружающего воздуха не должна превышать $\pm 1^\circ\text{C}$.

Измерение проводится в одной точке. Количество повторов – не менее трех.

Температуру воды (или иной жидкости), измеренную расходомером, фиксируют при помощи информации на дисплее или HART-коммуникатора.

Далее подключить магазин сопротивлений и провести поверку по п.10.4.2, в двух заданных значениях температуры: минус 10°C и плюс 60°C .

Для заданных значений температур на мерах электрического сопротивления устанавливают значение сопротивлений, соответствующих статистической характеристике преобразователя температуры Pt1000, входящего в комплект поверяемого расходомера (Таблица 5).

Для каждого значения температуры фиксируют по три показания температуры, измеренных расходомером.

Результаты измерений заносят в протокол произвольной формы (Приложение В).

Значение абсолютной погрешности ΔT_K , $^\circ\text{C}$, измерений температуры вычисляют по формуле

$$\Delta T_K = T_i - T_{\text{эт}}, \quad (7)$$

где T_i – значение температуры по расходомеру, $^\circ\text{C}$;

$T_{\text{эт}}$ – значение температуры по эталонному датчику температуры, $^\circ\text{C}$.

За результат принимают наибольшее из полученных значений.

Результаты поверки считают положительными, если наибольшее значение допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры не превышает $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

10.3 Определение допускаемой приведенной погрешности канала измерения давления. (при наличии)

Определение допускаемой приведенной погрешности канала измерения давления проводится только для расходомеров со встроенным датчиком давления и для установленного диапазона датчика давления.

Перед проведением поверки проточную часть расходомера герметично закрывают с двух сторон заглушками и заполняют проточную часть водой. С одной стороны, заглушка должна иметь резьбовое отверстие со штуцером. К этому штуцеру подключают воздушный компрессор (ручной пресс) или ручной водяной опрессовочный насос и создают давление в трех точках, равномерно распределенных по установленному диапазону измерения давления расходомером, но не превышая максимальное рабочее давление расходомера. Например: P_{max} , $0,5 \cdot P_{\text{max}}$ и $0,1 \cdot P_{\text{max}}$ (где P_{max} – максимальное значение шкалы давления, указывается в паспорте на расходомер, МПа).

В каждой точке проводят по одному измерению. Результаты измерений заносят в протокол произвольной формы (Приложение В).

Приведенную погрешность измерения давления γ_p , %, вычисляют по формуле

$$\gamma_p = \frac{P_{изм} - P_{эт}}{P_{max} - P_{min}} \cdot 100\%, \quad (8)$$

где: $P_{изм}$ – измеренное давление, по показаниям расходомера, МПа;
 $P_{эт}$ – измеренное давление, по показаниям эталонного манометра, МПа;
 P_{max} – максимальное значение установленного диапазона датчика давления, МПа;
 P_{min} – минимальное значение установленного диапазона датчика давления, МПа.

За результат принимают наихудшее из полученных значений.

Результаты поверки считают положительными, если значение допускаемой приведенной погрешности измерения давления γ_p не превышает $\pm 0,5\%$.

10.4 Определение метрологических характеристик имитационным методом.

Определение метрологических характеристик имитационным методом проводится для расходомеров следующих исполнений:

- фланцевого исполнения с DN от 80 до 300 мм;
- бесфланцевого исполнения («сэндвич») с DN от 15 до 300 мм.

Схема отсоединения первичного преобразователя от преобразователя сигналов и расположение электрических разъемов приведено в Приложении Г.

10.4.1. Определение геометрических размеров.

Определение геометрических размеров проводится для внутреннего диаметра проточной части и тела обтекания расходомера.

10.4.1.1. Определение внутреннего диаметра проточной части расходомера осуществляют при помощи нутромера индикаторного, с ценой деления 0,01 мм (НИ).

Внутренний диаметр (D) определяют как среднее арифметическое значение результатов измерений, не менее чем в трех поперечных сечениях проточной части. В каждом из сечений проводят измерения не менее чем в трех диаметральных направлениях, расположенных приблизительно под одинаковым углом друг к другу (рисунок 1).

За действительное значение внутреннего диаметра следует принять среднее арифметическое значение результатов измерений. Расчет диаметра D , мм, провести по формуле

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}, \quad (12)$$

где D_i – значение диаметра при i -ом измерении, мм;
 n – общее число измерений.

Результаты расчетов заносят в протокол произвольной формы (Приложение В).

Отклонение измеренного значения диаметра расходомера не должно отличаться на величину допуска, от указанного в Таблице 4. В случае, если отклонения при измерении превышают допуски, указанные в Таблице 4, то расходомер должен быть поверен в соответствии с п.10.1.

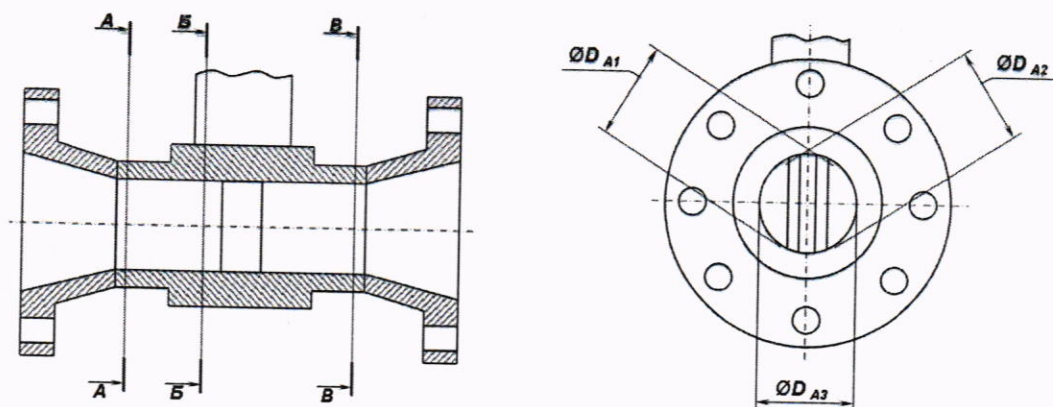


Рисунок 1 – Измерение проточной части.

Таблица 4 – Допуски характерных размеров

Ном. диаметр DN	Внутренний диаметр проточной части D , мм	Внутренний диаметр проточной части D^* , мм	Допускаемое отклонение размера проточной части, мм	Характерный размер тела обтекания T , мм	Характерный размер тела обтекания T^* , мм	Допускаемое отклонение характерного размера тела обтекания, мм
DN15	16	16	$\pm 0,1$	4,21	4,21	$\pm 0,05$
DN25	24	24	$\pm 0,1$	6,72	6,72	$\pm 0,05$
DN 40	38	38	$\pm 0,1$	10,00	10,00	$\pm 0,1$
DN 50	50	45	$\pm 0,1$	14,0	12,6	$\pm 0,1$
DN 80	74	74	$\pm 0,1$	20,72	20,72	$\pm 0,1$
DN 100	97	92	$\pm 0,1$	25,56	23,92	$\pm 0,1$
DN 150	146	136	$\pm 0,2$	33,52	31,28	$\pm 0,1$
DN 200	200	190	$\pm 0,2$	50,0	47,5	$\pm 0,2$
DN 250	250	236	$\pm 0,2$	62,5	59,0	$\pm 0,2$
DN 300	295	284	$\pm 0,2$	73,75	71,0	$\pm 0,2$

* – Для фланцевой версии с присоединениями PN63-PN160, выполненными по ГОСТ 33259-2015

10.4.1.2 Определение характерного размера тела обтекания проводят при помощи штангенциркуля с удлиненными губками. Измерения проводят в трех сечениях тела обтекания, равноудаленных друг от друга. В каждом из сечений проводят не менее трех измерений. За результат принимается среднее арифметическое по всем сечениям. Схема измерения характерного размера тела обтекания показана на рисунке 2.

Результаты расчетов заносят в протокол произвольной формы (Приложение В).

Отклонение измеренного характерного размера тела обтекания расходомера не должно отличаться от приведенного в Таблице 4. В случае, если отклонения при измерении превышают допуски, указанные в Таблице 4, то расходомер должен быть поверен в соответствии с п.10.1.

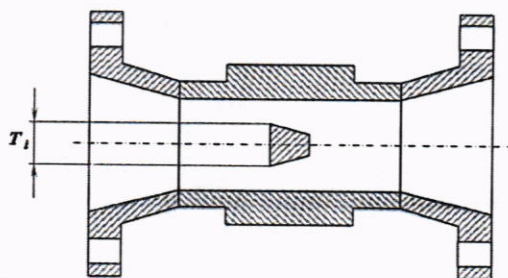


Рисунок 2 – Измерение характерного размера тела обтекания.

10.4.2. Определение допускаемой абсолютной погрешности канала измерения температуры.

Определение абсолютной погрешности канала измерения температуры (при периодической поверке имитационным методом) обязательно для расходомеров, применяемых для измерений массового расхода (массы) или расхода (объема), приведенного к стандартным условиям.

Определение допускаемой абсолютной погрешности канала измерения температуры имитационным методом осуществляется при помощи магазина сопротивлений.

К входным клеммам канала измерения температуры (рисунок 3) подключают магазин сопротивлений.

Определение допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры проводят для трех значений температуры: минус 10 °С, плюс 20 °С и плюс 60 °С. Имитирующие их сопротивления указаны в таблице 5.

Таблица 5 – Имитирующие сопротивления (для термопреобразователей Pt1000)

Задаваемая температура, °С	Значение имитирующего сопротивления, Ом
-10	960,9
+20	1077,9
+60	1232,4

Для заданных значений температур на мерах электрического сопротивления устанавливают значение сопротивлений, соответствующих статистической характеристике преобразователя температуры Pt1000, входящего в комплект поверяемого расходомера.

Проводят измерения не менее чем по трем точкам и для каждого измерения определяют абсолютную погрешность каналов измерения температуры, в соответствии с формулой (7).

Результаты измерений заносят в протокол произвольной формы (Приложение В).

Для каждой задаваемой температуры рассчитывают среднее арифметическое значение температуры.

За результат принимают наихудшее из среднеарифметических значений.

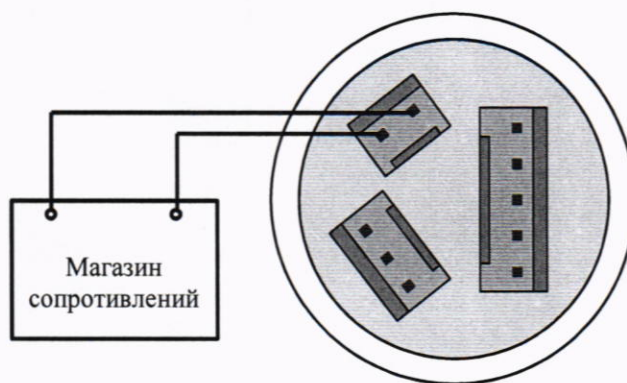


Рисунок 3 – Подключение магазина сопротивлений.

Результаты поверки считают положительными, если значение допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры не превышает $\pm 0,5$ °С.

10.4.3. Определение приведенной погрешности канала измерения давления.

Определение допускаемой приведенной погрешности канала измерения давления (при периодической поверке имитационным методом) обязательно только для расходомеров, оснащенных встроенным датчиком давления.

Поверку канала измерений давления проводят по п. 10.3 настоящей методики.

10.4.4. Определение допускаемой приведенной погрешности токового выхода.

Для определения допускаемой приведенной погрешности токового выхода, используется специальная функция расходомера «Тестирование» («Test»), которая находится в разделе меню В.

Примечание – При имитационной поверке токового выхода на месте эксплуатации, следует полностью отключить данный выход расходомера от технологического оборудования. В некоторых случаях необходимо принимать дополнительные меры безопасности (при работе на действующей системе управления технологическим процессом).

Определение приведенной погрешности токового выхода осуществляют при помощи миллиамперметра или любого другого измерителя тока, подключенного к соответствующему выходу расходомера, согласно руководству по эксплуатации.

В разделе меню расходомера В1.2 (тестирование токового выхода), последовательно устанавливают (согласно РЭ) значения имитируемого токового сигнала: 4 мА, 12 мА и 20 мА. При этом фиксируют показания миллиамперметра. Затем вычисляют значение приведенной погрешности токового выхода, по формуле

$$\gamma_i = \frac{i_{изм} - i_{зад}}{i_{max} - i_{min}} \cdot 100, \quad (13)$$

где $i_{изм}$ – величина тока, по показаниям мультиметра, мА;
 $i_{зад}$ – заданная величина тока, мА;
 i_{max} – максимальное значение тока, мА ($i_{max} = 20$ мА);
 i_{min} – минимальное значение тока, мА ($i_{min} = 4$ мА).

Результаты измерений заносят в протокол произвольной формы (Приложение В).

Результаты поверки считают положительными, если значение приведенной погрешности токового выхода γ_i не превышает $\pm 0,1$ %.

10.4.5 Определение относительной погрешности частотного выхода.

Определение относительной погрешности частотного выхода осуществляют при помощи частотомера подключенного к соответствующему выходу расходомера (согласно руководства по эксплуатации).

Согласно руководству по эксплуатации в разделе меню расходомера В1.3 (тестирование частотного выхода), последовательно устанавливают значения имитируемой частоты: 100 Гц, 500 Гц и 1000 Гц. При этом фиксируют показания частотомера. Затем вычисляют значение относительной погрешности импульсного выхода δ_F , %, по формуле:

$$\delta_F = \frac{F_{изм} - F_{зад}}{F_{зад}} \cdot 100, \quad (14)$$

где $F_{изм}$ – измеренная частота по показаниям частотомера, Гц;
 $F_{зад}$ – заданная частота, Гц.

Результаты измерений заносят в протокол произвольной формы (Приложение В).

Результаты поверки считают положительными, если значение относительной погрешности импульсного выхода δ_F не превышает $\pm 0,1$ %.

10.4.6. Определение относительной погрешности преобразователя сигналов при измерении частоты вихреобразования.

Погрешность измерения частоты вихреобразования преобразователем сигналов является составной частью общей погрешности измерения расходомера.

Для определения погрешности измерения частоты вихреобразования преобразователем сигналов необходимо собрать электрическую схему, приведенную на рисунке 4.

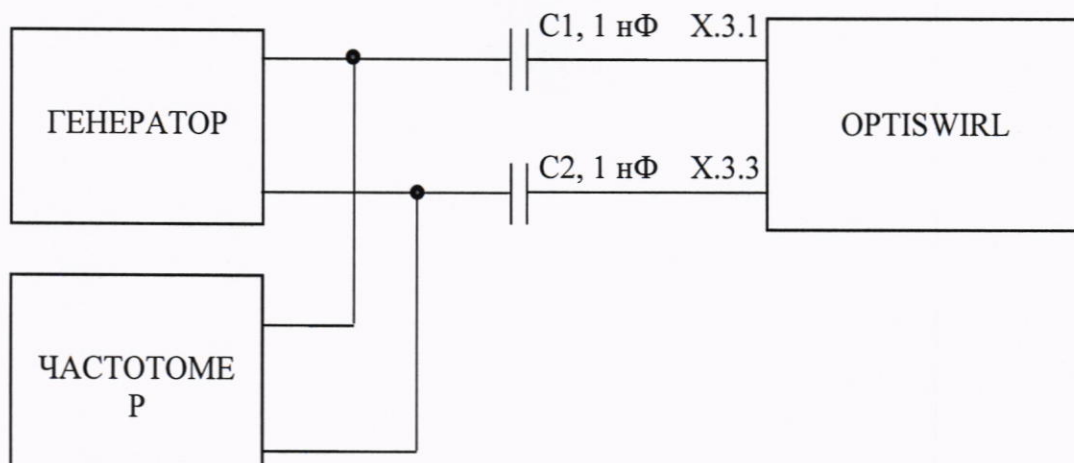


Рисунок 4 – Схема определения погрешности измерения частоты вихреобразования.

На рисунке обозначено:

X.3.1 и X.3.3 – клеммы, согласно приложению Г, рисунок Г.2.

Войти в меню конвертора в раздел В2.17 (Тестирование\Текущие значения\Частота вихреобразования). На дисплее, в нижней строке, будет отображен диапазон частот, соответствующий конфигурации настроек данного расходомера.

Для проверки погрешности измерения частоты последовательно подать с генератора синусоидальный сигнал на вход преобразователя сигнала частотой $0,3 \cdot F_{\max}$, $0,6 \cdot F_{\max}$ и $0,9 \cdot F_{\max}$ с амплитудой 1 В действующего значения, где $F_{\max}$ – максимальная частота, указанная в разделе меню В2.17.

Частоту сигнала контролировать частотомером.

Для обеспечения требуемой точности измерения частотомером, допускается измерение периода подаваемого сигнала, с последующим вычислением частоты.

Зафиксировать измеренные значения частот на дисплее конвертора.

По полученным значениям измерения частот, определить относительную погрешность измерения частоты вихреобразования δ_{FK} , %, по формуле:

$$\delta_{FK} = \frac{F_K - F_{эт}}{F_{эт}} * 100\%, \quad (15)$$

где F_K – значение частоты, по показаниям преобразователя сигналов, Гц;

$F_{эт}$ – значение частоты, по показаниям частотомера, Гц.

Результаты поверки считают положительными, если значение относительной погрешности при измерении частоты δ_{FK} не превышает $\pm 0,1$ %.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки оформляют протоколом по форме приложения В.

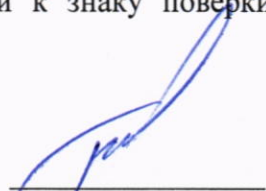
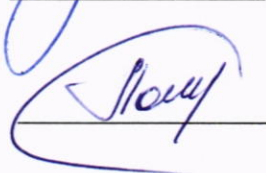
11.2 Сведения о результатах поверки расходомера передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с приказом Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства 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. При передаче сведений о результатах поверки в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, проведенной по пунктам 10.2.1, 10.2.2, в комментариях необходимо указать с какой погрешностью измерений расходомер признается годным к применению.

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 (обязательное)

СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ РАСХОДОМЕРА ПРИ ПОВЕРКЕ

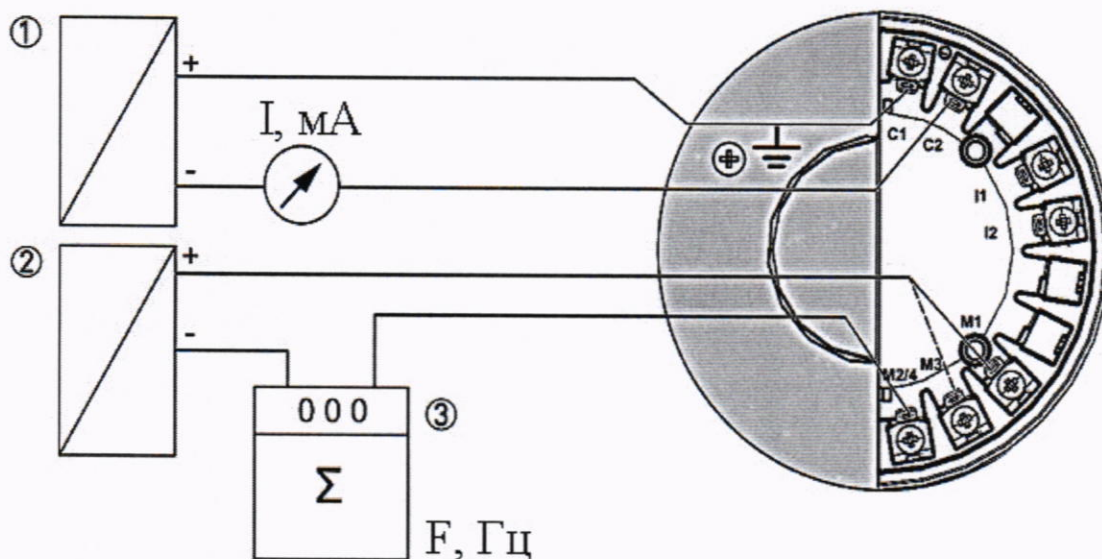


Рисунок А.1 – Схема подключения частотно-импульсного выхода

На рисунке А.1 обозначено:

- 1 – источник питания постоянного тока (для расходомера);
- 2 – источник питания постоянного тока (для частотного/импульсного выхода);
- 3 – Частотомер/счетчик импульсов (или поверочная установка). $F_{\max} = 1000$ Гц.

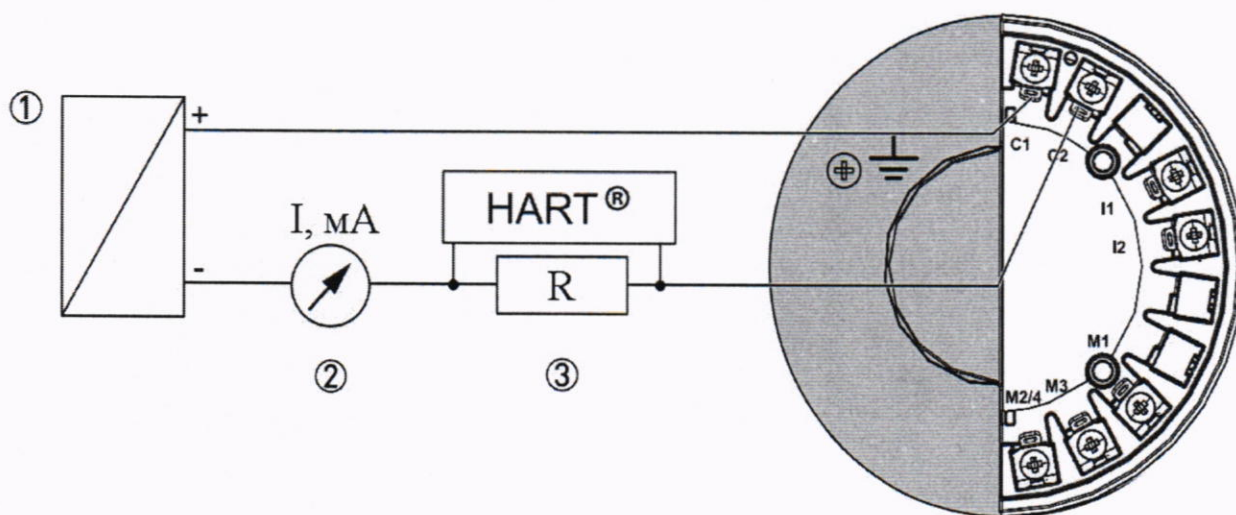


Рисунок А.2 – Схема подключения токового выхода

На рисунке А.2 обозначено:

- 1 – источник питания постоянного тока (для расходомера);
- 2 – средство измерений постоянного тока (или поверочная установка);
- 3 – HART-коммуникатор. Нагрузка $R \geq 250$ Ом.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ ВЯЗКОСТЬ*

Таблица Б.1 – Кинематическая вязкость

Температура	Кинематическая вязкость воды	Кинематическая вязкость воздуха
°С	$(\text{м}^2/\text{с}) \cdot 10^{-6}$	$(\text{м}^2/\text{с}) \cdot 10^{-5}$
0	1,787	1,32
5	1,519	1,36
10	1,307	1,41
15	1,137	1,47
20	1,004	1,51
25	0,891	1,56
30	0,801	1,60
40	0,658	1,66
50	0,658	1,76
60	0,475	1,86
70	0,413	1,97
80	0,365	2,07
90	0,326	2,20
100	0,294	2,29

* – При абсолютном давлении $P_{\text{абс}} = 101325 \text{ Па}$.

ЗНАЧЕНИЯ РАСХОДОВ**

Таблица Б.2 – Значения расходов

Номинальный диаметр, DN	Вода		Воздух	
	$Q_{\text{min}}, \text{м}^3/\text{ч}$	$Q_{\text{max}}, \text{м}^3/\text{ч}$	$Q_{\text{min}}, \text{м}^3/\text{ч}$	$Q_{\text{max}}, \text{м}^3/\text{ч}$
15	0,36	5,07	6,8	32,57
25	0,81	11,4	9,77	114
40	2,04	28,58	24,5	326,6
50	3,53	49,48	42,41	565,5
80	7,74	108,3	92,9	1239
100	13,3	186,2	159,6	2128
150	30,13	421,89	361,6	4822
200	56,61	792,5	679,3	9057
250	90,49	1267	1086	14478
300	131,4	1840	1577	21028

** – Значения приведены для температуры $+20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, абсолютного давления 101325 Па , плотности воздуха $1,204 \text{ кг/м}^3$ и плотности воды $998,2 \text{ кг/м}^3$.

ПРИЛОЖЕНИЕ В (справочное)

Пример протокола поверки

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

№ _____ от «__» _____ 20__ г.

Вид поверки:	Первичная / Периодическая
Место проведения поверки:	
Наименование, тип (модификация) средства измерений, рег. №:	
Серийный номер:	
Методика поверки:	
Применяемые эталоны:	

Условия проведения поверки:

Температура окружающего воздуха, °С	
Относительная влажность воздуха, %	
Атмосферное давление, кПа	
Поверочная среда	

Результаты поверки:

Внешний осмотр: Соответствует / Не соответствует.

Опробование: Соответствует / Не соответствует.

Проверка программного обеспечения: Соответствует / Не соответствует.

Таблица 1 – Определение относительной погрешности измерений объема

Расход, Q		$V_{\text{прибора}}$	$V_{\text{эталона}}$	Относительная погрешность, δ_V	Допуск, $\delta_{V\text{доп}}$
№	м³/ч	м³	м³	%	%
1					
2					
3					

Таблица 2 – Определение абсолютной погрешности измерений температуры

Температура	Температура по эталону	Температура по расходомеру	Абсолютная погрешность, ΔT	Допуск, $\Delta T_{\text{доп}}$
°С	°С	°С	°С	°С
-10				
+20				±0,5
+60				

Таблица 3 – Определение приведенной погрешности измерений давления

Давление		Давление по эталону	Давление по расходомеру	Приведенная погрешность, γ_P	Допуск, $\gamma_{P\text{доп}}$
%	МПа	МПа	МПа	%	%
P_{max}					±0,5
$0,5 \cdot P_{\text{max}}$					
$0,1 \cdot P_{\text{max}}$					

Заключение: Средство измерений пригодно / непригодно к применению.

Поверитель: _____

Пример протокола имитационной поверки

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

№ _____ от «___» _____ 20__ г.

Вид поверки:	Первичная / Периодическая
Наименование, тип (модификация) средства измерений, рег. №:	
Серийный номер:	
Методика поверки:	
Применяемые эталоны:	

Условия проведения поверки:

Температура окружающего воздуха, °C	
Относительная влажность воздуха, %	
Атмосферное давление, кПа	
Поверочная среда	

Результаты поверки:

Внешний осмотр: Соответствует / Не соответствует.Опробование: Соответствует / Не соответствует.Проверка программного обеспечения: Соответствует / Не соответствует.

Таблица 1 – Определение внутреннего диаметра проточной части расходомера

Диаметр проточной части D			Среднее значение диаметра проточной части	Эталонное значение диаметра проточной части	Допуск, $\Delta_{\text{доп}}$
Сечение А	Сечение Б	Сечение В			
мм	мм	мм	мм	мм	мм

Таблица 2 – Определение характерного размера тела обтекания

Размер тела обтекания T			Среднее значение размера тела обтекания	Эталонное значение размера тела обтекания	Допуск, $\Delta_{\text{доп}}$
Сечение 1	Сечение 2	Сечение 3			
мм	мм	мм	мм	мм	мм

Таблица 3 – Определение абсолютной погрешности измерений температуры

Температура	Температура по эталону	Температура по расходомеру	Абсолютная погрешность, ΔT	Допуск, $\Delta T_{\text{доп}}$
°C	°C	°C	°C	°C
-10				
+20				±0,5
+60				

Таблица 4 – Определение приведенной погрешности измерений давления

Давление	Давление по эталону	Давление по расходомеру	Приведенная погрешность, γ_p	Допуск, $\gamma_{p \text{ доп}}$
----------	---------------------	-------------------------	-------------------------------------	----------------------------------

%	МПа	МПа	МПа	%	%
$P_{\max}$					$\pm 0,5$
$0,5 \cdot P_{\max}$					
$0,1 \cdot P_{\max}$					

Таблица 5 – Определение приведенной погрешности токового выхода

Ток по эталону	Ток по расходомеру	Приведенная погрешность, γ_I	Допуск, $\gamma_{I\text{доп}}$
мА	мА	%	%
4			$\pm 0,1$
12			
20			

Таблица 6 – Определение относительной погрешности частотного выхода

Частота по эталону	Частота по расходомеру	Приведенная погрешность, δ_F	Допуск, $\delta_{F\text{доп}}$
Гц	Гц	%	%
100			$\pm 0,1$
500			
1000			

Таблица 7 – Определение относительной погрешности преобразователя сигналов при измерении частоты вихреобразования

Заданная частота, F	Частота по расходомеру	Частота по эталону	Относительная погрешность, δ_{FK}	Допуск, $\delta_{FK\text{доп}}$
%	Гц	Гц	%	%
$0,9 \cdot F_{\max}$				
$0,6 \cdot F_{\max}$				
$0,3 \cdot F_{\max}$				

Заключение: Средство измерений пригодно / непригодно к применению.

Поверитель: _____

СХЕМА ОТСОЕДИНЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СИГНАЛОВ

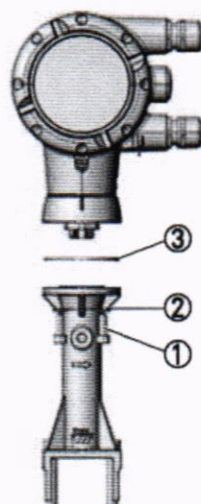


Рисунок Г.1 – Схема отсоединения преобразователя сигналов

На рисунке Г.1 обозначено:

- 1 – Цилиндрические винты (4 шт.);
- 2 – Шайбы (4 шт.);
- 3 – Прокладка.

СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ РАЗЪЕМОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СИГНАЛОВ

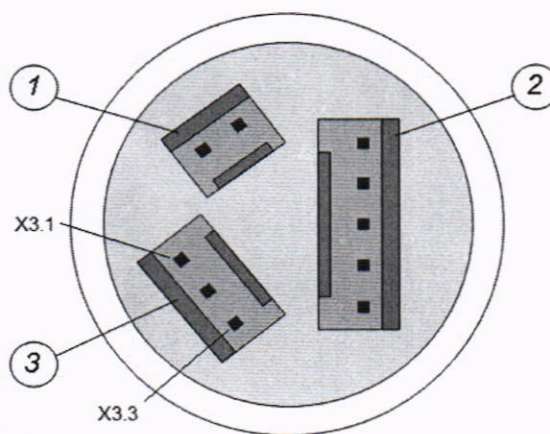


Рисунок Г.2 – Разъемы преобразователя сигналов

На рисунке Г.2 обозначено:

- 1 – Разъем преобразователя температуры;
- 2 – Разъем преобразователей давления;
- 3 – Разъем пьезодатчика.