



УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГУП «ВНИИМС»

В.Н.Яншин

17 июня 2010 г

Государственная система обеспечения единства измерений

**Расходомеры вихревые OPTISWIRL 4070
ООО «Кроне-Автоматика»**

Методика поверки

н.р. 44750-10

Москва
2010 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

- 1 Операции поверки
- 2 Средства поверки
- 3 Требования безопасности
- 4 Условия проведения поверки
- 5 Подготовка к поверке
- 6 Проведение поверки
- 7 Оформление результатов поверки

Приложение 1

Приложение 2

Приложение 3

Приложение 4

Настоящая методика поверки распространяется на расходомеры жидкости, газа и пара вихревые OPTISWIRL 4070 (далее – расходомеры) производства ООО «Кроне-Автоматика» всех модификаций с диаметром условного прохода первичного преобразователя от 15 до 300 мм, и устанавливает методы и объем их первичной и периодических поверок.

Расходомеры состоят из первичного преобразователя расхода (далее – ППР) VFM 4000 и измерительного преобразователя (конвертора сигналов) VFC 070 (далее – ИП).

Межповерочный интервал – 4 года.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении первичной и периодических поверок должны быть выполнены следующие операции:

- 1 Внешний осмотр (п.6.1).
- 2 Опробование расходомера (п.6.2).
- 3 Определение метрологических характеристик (6.3).

Допускается поверка расходомера не в полном диапазоне паспортных значений измеряемых параметров, а в эксплуатационном диапазоне.

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки расходомеров применяют следующие средства поверки и вспомогательное оборудование:

- 2.1.1 Установка поверочная расходомерная Flow Master. Диапазон воспроизводимых расходов 0,5–500 м³/ч. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений объема $\pm 0,015$ %. Пределы допускаемой относительной погрешности установки при измерении объемного расхода и объема жидкости $\pm 0,15$ %.
- 2.1.2 Установки поверочные типа УПСЖ 50/ВМ (УПСЖ 50/ВМГ) Диапазон воспроизводимых расходов, 0,02 – 50 м³/ч. Предел допускаемой основной относительной погрешности при измерении объемного расхода, объема эталонными расходомерами-счетчиками, $\pm 0,25$ %.
- 2.1.3 Установки поверочные автоматизированные УПСЖ 600 ВП1. Минимальный расход 0,03 м³/ч. Максимальный расход 600 м³/ч. Пределы основной относительной погрешности эталонными расходомерами и использовании импульсных (аналоговых) измерительных каналов: при измерении объема $\pm 0,15$ (0,16) %; при измерении массы $\pm 0,10$ (0,11) %.
- 2.1.4 Установка поверочная счетчиков жидкости УПСЖ 400/1500. Пределы относительных погрешностей измерений объема при использовании ТПУ $\pm 0,05$ %; при использовании ТПР $\pm 0,15$ %. Пределы абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,2$ °С; Пределы приведенной погрешности измерений избыточного давления $\pm 0,4$ %.
- 2.1.5 Генератор импульсов Г5-54, Частота (период) повторения 0,01 Гц - 100 кГц. Длительность импульсов 0,1-1000 мкс, Пределы погрешности установки $\pm(0,1\tau+0,03)$ мкс.
- 2.1.6 Мультиметр-калибратор токовой петли FLUKE 787, Диапазон до 30мА, Пределы погрешности $\pm(0,05\%+2 \text{ е.м.р.})$.
- 2.1.7 Частотомер ЧЗ-64, диапазон измеряемых частот 0,005 Гц - 1500 МГц, пределы относительной погрешности кварцевого генератора по частоте $\pm 1 \cdot 10^{-8}$.
- 2.1.8 Электронный счетчик импульсов амплитудой до 50 В и частотой 0...10 кГц.
- 2.1.9 Вольтметр универсальный Щ31, Предел измерений 10В, класс точности 0,005/0,001.

- 2.1.10 Источник питания постоянного тока Б5- 78/7, 0–50 В, 0–2,5 А, абсолютная погрешность измерений выходного напряжения в рабочих условиях $\pm 0,45$ В, абсолютная погрешность измерений выходной силы тока в рабочих условиях $\pm 0,075$ А.
- 2.1.11 Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7.
Диапазон измерения влажности от 0 до 98% с пределами абсолютной погрешности $\pm 2,0\%$. Диапазон измерения температуры 0–100 °С с пределами абсолютной погрешности $\pm 0,2$ °С.
- 2.1.12 Манометры деформационные образцовые с условными шкалами МО, к.т. 0,15 Секундомер СОСпр-26-2-010 ТУ 25-1894.003-90 диапазон измерения 0–60 с, цена деления 0,2 с, класс точности 2.
- 2.1.13 Контроль условий поверки осуществляется с помощью следующих СИ: термометр ртутный лабораторный ТЛ-4, диапазон измерений от 0 до плюс 50 °С, пределы основной абсолютной погрешности 2 °С; барометр специальный БАММ-1, диапазон измерений от 80 до 108 кПа; психрометр аспирационный М-34 (диапазон измерений относительной влажности от 10 до 100% при температуре от минус 30 до плюс 100 °С

2.2 Допускается применение другого оборудования, приборов и устройств, характеристики которых не уступают характеристикам оборудования и приборов, приведенных в п. 2.1.

2.3 Все средства измерений и контроля должны быть поверены и иметь действующие свидетельства или отметки о поверке.

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие требования безопасности:

3.1 К проведению измерений при поверке и обработке результатов измерений допускаются лица, аттестованные в качестве поверителя, изучившие эксплуатационную документацию на расходомеры и средства их поверки, имеющие опыт поверки средств измерений расхода, объема жидкости, а также прошедшие инструктаж по техники безопасности в установленном порядке.

3.2 При проведении поверки должны быть соблюдены правила безопасности в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителями» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителями».

3.3 При работе с измерительными приборами и вспомогательным оборудованием должны быть соблюдены требования безопасности, оговоренные в соответствующих технических описаниях и инструкциях по эксплуатации применяемых приборов.

3.4 Проверить исправность заземления, разъемных соединений, кабелей связи и питания.

4 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

Окружающая среда – воздух с параметрами:

- температура от плюс 15 до плюс 35 °С
- относительная влажность воздуха от 30 до 80%
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа

Поверочная жидкость – вода водопроводная очищенная со следующими параметрами:

- температура от плюс 10 до плюс 30 °С
- давление в трубопроводе не ниже 0,3 МПа

Изменение температуры поверочной жидкости в процессе поверки не более ± 2 °С.

Конструкция поверочной установки и условия поверки расходомера должны исключать возможность попадания воздуха в трубопровод измерительного участка.

Расходомер должен быть установлен на прямом участке трубопровода. Перед ППР расходомера длина прямого участка должна быть соответствующей указаниям п.3.5

«Руководства по монтажу, эксплуатации и техническому обслуживанию».

Режим движения потока поверочной среды должен быть стационарным. Изменение среднего значения расхода в процессе поверки не должен превышать $\pm 2,5\%$ от установившегося значения.

Диапазон скорости потока поверочной жидкости должен соответствовать п. 8.4 «Руководства по монтажу, эксплуатации и техническому обслуживанию» и должно выполняться условие: число Рейнольдса (R_3) при минимальной скорости не должно быть меньше $2 \cdot 10^4$.

Расходомеры должны иметь настройку микропрограмм в зависимости от их условий эксплуатации:

- жидкости – V1 «Basic»;
- пара – V6 «Steam»;
- газа – V7 «Gas».

5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

5.1 Поверка проливным методом.

Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные работы:

- Проверку наличия действующих свидетельств (отметок) о поверке используемых средств поверки.
- Проверку наличия эксплуатационной документации на поверяемый расходомер «Руководство по монтажу, эксплуатации и техническому обслуживанию».
- Проверку соблюдения условий разделов 3 и 4.
- Проверку наличия поверочного оборудования и вспомогательных устройств, перечисленных в разделе 2.
- Подготовку к работе поверочного оборудования и средств измерений в соответствии с их эксплуатационной документацией.
- Монтаж расходомера. Расходомер устанавливается в измерительную линию согласно «Руководству по монтажу, эксплуатации и техническому обслуживанию» (раздел 3 «Механический монтаж»). При этом необходимо соблюдать следующие требования:
 - Расходомер должен быть правильно сориентирован по направлению потока жидкости.
 - Фланцы и уплотнения при установке должны быть точно выверены, чтобы не создавать помехи потоку.
 - Проверить герметичность фланцевых соединений и узлов системы рабочим давлением. Систему считают герметичной, если при рабочем давлении в течение 5 минут не наблюдается течи и появления капель поверяемой жидкости, а также отсутствует падение давления по контрольному манометру.
- Подключение к источнику питания. Подключение производить в соответствии с указаниями «Руководства по монтажу, эксплуатации и техническому обслуживанию», раздел 4 «Электрический монтаж».
- Сравнение базисных параметров, введенных в ИП расходомера и указанных на шильдике ППР с таблицей настроек расходомера:
 - * Тип программного обеспечения расходомера для измерений расхода (газ, пар и жидкость);
 - * Номинальный внутренний диаметр ППР;
 - * Параметры измеряемой среды;
 - * Модель прибора;
 - * Постоянная ППР;

- * Диапазоны расхода измеряемой среды и соответствующего ему выходного аналогового сигнала;

- * Единиц измерений.

- Проведение тестирования аналогового и частотного выходов ИП согласно п.6.3 «Руководства по монтажу, эксплуатации и техническому обслуживанию».

5.2 Поверка имитационным методом.

При проведении первичной поверки имитационным методом (или перед вводом в эксплуатацию) выполняют следующие дополнительные подготовительные работы:

- Измеряют размер внутреннего диаметра ППР и характерного размера тела обтекания (ТО). Измерения проводят по методике изложенной в Приложении 3

Размеры, полученные при измерениях, сравнивают с данными, приведенными в документах на расходомер.

При периодической поверке проверяют чистоту внутренней поверхности ППР и его тела обтекания. При необходимости проводят их очистку.

Проводят измерения параметров ППР и ТО как при первичной поверке.

- Отделяют согласно указаниям РЭ СК от ППР.

- Подключают измерительные приборы к СК согласно указаниям РЭ (п.4.2; 4.3;

4.6) и рис.1.

У расходомеров с СК без дисплея допускается подключать к аналоговому выходу HART протокол, согласно указаниям РЭ (п.4.3).

- Вычисляют значения частоты вихрей в зависимости от диапазона расхода рабочей среды и постоянной ППР.

Методика расчета частоты вихрей представлена в Приложении 4.

6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1 Внешний осмотр.

На функциональных блоках составных частях расходомера не должно быть механических повреждений и дефектов покрытия, ухудшающих технические характеристики и влияющие на работоспособность.

Комплектность и маркировка должна соответствовать технической документации.

6.2 Опробование.

6.2.1 При поверке проливным методом.

При опробовании определяют работоспособность расходомера по следующей методике.

Установить наибольший расход воды через ППР и перевести СК в режим измерения расходов. Дисплей СК должен индицировать значения измеренного расхода, а частотомер – частоту выходного сигнала.

6.2.2 При поверке имитационным методом.

При опробовании определяют работоспособность расходомера по следующей методике.

На генераторе установить частоту импульсов, соответствующую наибольшему расходу рабочей среды. Дисплей СК должен индицировать значение расхода, а вольтметр - напряжения.

При уменьшении частоту импульсов генератора показания дисплея и вольтметра тоже должны уменьшаться.

6.3 Определение метрологических характеристик.

6.3.1 При поверке проливным методом.

6.3.1.1 Определение относительной погрешности расходомера при измерении объема и объемного расхода воды с использованием аналогового выхода (частотного выхода).

Определение относительной погрешности проводится не менее чем в трех значениях расхода в диапазоне от $Q_{\text{наим}}$ до $Q_{\text{наиб}}$ ($Q_{\text{наиб}}$ соответствует значению расхода в условиях эксплуатации расходомера).

Расход устанавливается с погрешностью $\pm 3,0\%$ от номинального значения. В каждой точке расхода выполняют не менее трех измерений. Минимальный объем воды, пропускаемый через ППР при одном измерении, должен обеспечивать работу не менее 100 с.

При каждом измерении регистрируют следующие параметры:

При работе с весами:

- масса воды (показания весов) (М);
- время набора воды в весовую емкость (t);
- выходной ток (мА);
- давление и температура воды ($P_{ж}$; $T_{ж}$) у поверяемого расходомера;
- давление и температура окружающего воздуха ($P_{в}$; $T_{в}$).

При работе с мерниками:

- объем воды ($V_{м}$);
- время набора воды в мерник (t);
- температура воды в мернике ($T_{в}$);
- давление и температура воды ($P_{ж}$; $T_{ж}$) у поверяемого расходомера;
- выходной ток (мА).

При работе с эталонными счетчиками - расходомерами:

- объем и расход воды по эталонному счетчику ($Q_{э}$; $V_{э}$);
- время измерения (t);
- выходной ток (мА);
- давление и температура воды ($P_{ж}$; $T_{ж}$) у поверяемого расходомера и эталонного счетчика ($P_{э}$; $T_{э}$).

Примечание: В процессе поверки расходомеров использование и обслуживание весов, мерников и эталонных счетчиков-расходомеров осуществляется в соответствии с их эксплуатационной документацией.

6.3.1.2 Результаты измерений при работе с весами обрабатываются следующим образом.

Для каждого измерения вычисляют:

- объем жидкости, измеренный ПУ по формуле

$$V_{эij} = \frac{M_{ij}}{(\rho_{ж} - \rho_{в})_{ij}} (м^3) \quad (1)$$

- объемный расход по ПУ

$$Q_{эij} = \frac{3600 \cdot V_{эij}}{t_{ij}} (м^3 / ч), \quad (2)$$

где М - показания весов (кг);

$\rho_{ж}$, $\rho_{в}$ - плотности жидкости и воздуха ($кг/м^3$);

t - время наполнения весовой емкости (с);

j - индексы измерений и точки расхода.

Значение плотности жидкости ($\rho_{ж}$) определяют по таблицам ГСССД 98-2000 по измеренным значениям температуры и давления жидкости ($T_{ж}$, $P_{ж}$) или по данным измерений в лаборатории эталонными плотномером или ареометром.

Значения плотности воздуха ($\rho_{в}$) определяют по данным ГСССД 8-79 с учетом измеренных значений его температуры и давления.

6.3.1.3 Результаты измерений при работе с мерниками обрабатываются по следующей методике:

- объем воды, измеренный мерниками, приводят к условиям поверки расходомера по формуле:

$$V_{эij} = V_{20} [1 + 3\alpha(t_{ij} - 20)], \quad (3)$$

где V_{20} - показания мерника, л;

t - температура воды в мернике, °С;

α - коэффициент линейного расширения материала стенок мерника, 1/°С;

i, j - индекс измерения и точки расхода.

- значение объемного расхода по ПУ, измеренное поверяемым прибором, определяют по формуле (2)

6.3.1.4 При работе с эталонными расходомерами их показания принимаются за измеренные значения объема ($V_{эij}$) и расхода ($Q_{эi}$) воды ПУ.

6.3.1.5 Проверка погрешности расходомера.

К аналоговому выходу расходомера подключают эталонное сопротивление ($R_э$) в 250 Ом, на котором вольтметрами измеряют напряжение постоянного тока.

К токовому выходу подключают источник постоянного тока (напряжение 14-30 В для взрывозащищенной версии и 14-36 В для не взрывозащищенной версии).

В зависимости от используемых эталонных средств, проводят измерения, согласно п. 6.3.1.1

В процессе набора воды измеряют и регистрируют не менее 10 значений напряжения (показаний вольтметра) и вычисляют их среднеарифметическое значение (\bar{U}_{ij}).

Значение расхода определяют по методикам п.6.3.1.2, п.6.3.1.3 и п.6.3.1.4.

Расчетное значение тока для расхода воды Q_{ij} вычисляют по формуле:

$$I_{Pij} = \frac{(I_{наиб} - I_{наим})}{(Q_{наиб} - Q_{наим})} (Q_{ijэ} - Q_{наим}) + I_{наим}, \quad (4)$$

где $Q_{ijэ}$ - расход по показаниям ПУ, м³/ч;

$Q_{наим}$, $Q_{наиб}$ - верхний и нижний пределы измерения расхода, м³/ч;

$I_{наиб}$, $I_{наим}$ - верхний (20) и нижний (4) пределы измерения тока, мА;

i, j - индексы измерения и точки расхода.

Относительную погрешность расходомера вычисляют по формуле:

$$\delta_{ij} = \left(\frac{I_{иij} - I_{Pij}}{I_{Pij}} \right)_{ij} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где $I_{и}$ - среднеарифметическое значение измеренного тока (мА);

I_{Pij} - расчетное значение тока для расхода воды Q_{ij}

$$I_{иij} = \frac{10^{-3} \cdot \bar{U}_{ij}}{R_э}, \quad (6)$$

где U_{ij} - среднеарифметическое значение напряжения, В;

$R_э$ - эталонное сопротивление, Ом;
 i, j - индексы измерений и точки расхода.

6.3.1.6 Значения погрешностей для каждого измерения не должны превышать значения $\pm 2,0 \%$ в диапазоне изменений числа R_e от 10^4 до $2 \cdot 10^4$ и $\pm 0,75 \%$ при числе R_e больше $2 \cdot 10^4$.

Методика вычисления числа R_e приведена в Приложении 1.

6.3.1.7 Проверка работоспособности внутреннего счетчика ИП.

Эта операция проводится для расходомеров с ИП, оснащенных дисплеем.

ИП настраивают согласно меню п.3.8 программы V1 «Basic».

ПУ переводят в режим функционирования с остановкой потока воды.

По показаниям ПУ устанавливают наибольший расход и регистрируют время работы (t_n), которое должно быть не менее 180 с. Останавливают поток и регистрируют показания дисплея (значение объема воды V_p , набранного расходомером).

Вычисляют объем воды, измеренный ПУ (V_3) по формулам п.6.3.1.2, п.6.3.1.3 и п.6.3.1.4.

Значения V_p и V_3 должны отличаться не более, чем $\pm 2,0\%$.

6.3.1.8 Проверка погрешности расходомера при измерении массового расхода.

В ИП согласно меню п. 3.5.6 вводят значение плотности, соответствующее температуре и давлению рабочей жидкости (воды) по показаниям ПУ.

Значение плотности воды определяют по таблицам ГСССД 98-2000 или по данным измерений в лаборатории (см. п. 6.3.1.2).

Погрешность расходомера определяют при наибольшем расходе по методикам п.6.3.1.1-6.3.1.5.

Измеренное ПУ значение объемного расхода умножают на плотность.

Погрешность расходомера определяют по формуле (5), заменив объемный расход на массовый.

Критерий годности соответствует пп. 6.3.1.5 и 6.3.1.6.

6.3.1.9 Проверка погрешности расходомера при измерении расхода, приведенного к стандартным условиям.

ИП программируют в режиме измерения расхода, приведенного к стандартным условиям согласно меню версии микропрограммы V7.

Измерения проводят на наибольшем расходе по методикам п.6.3.1.1-6.3.1.6.

Расход, измеренный ПУ, приводят к стандартным условиям по формуле.

$$Q_x = Q \cdot \frac{293,15 \cdot P_{пу}}{0,1033(273,15 + T_{пу})} \cdot \frac{z_c}{z_p} \quad (7)$$

где $P_{пу}$, $T_{пу}$ – давление и температура воды в ПУ (МПа, °C);

z_c , z_p – фактор сжимаемости воды в стандартных условиях (Приложение 1)

Погрешность расходомера определяют по формуле (5), заменив объемный расход расходом в стандартных условиях.

Значения погрешностей не должны превышать значения $\pm 2,5 \%$ в диапазоне изменений числа R_e от 10^4 до $2 \cdot 10^4$ и $\pm 1,5 \%$ при числе R_e больше $2 \cdot 10^4$.

6.3.2 При поверке имитационный методом.

6.3.2.1 Проверка относительной погрешности СК при измерении объемного расхода рабочей среды с использованием токового выхода (частотного выхода).

Проверка относительной погрешности проводится не менее чем в трех значениях расхода в диапазоне от $Q_{\text{наим}}$ до $Q_{\text{наиб}}$ ($Q_{\text{наиб}}$ соответствует значению расхода в условиях эксплуатации расходомера).

На генераторе по показаниям частотомера устанавливают частоты импульсов с погрешностью $\pm 1,0\%$, соответствующие расходам.

Операцию повторяют не менее трех раз.

При каждом измерении регистрируют показания дисплея (Q_{ij}), вольтметра (U_{ij}), HART системы.

6.3.2.2 Проверка метрологических характеристик.

Обработка результатов измерений.

Расчетное значение тока для расхода Q_{rij} вычисляют по формуле:

$$I_{rij} = \frac{(I_{\text{наиб}} - I_{\text{наим}})}{(Q_{\text{наиб}} - Q_{\text{наим}})} \cdot (Q_{rij} - Q_{\text{наим}}) + I_{\text{наим}} \quad (8)$$

где Q_{rij} – расход соответствующий поверяемым точкам, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{\text{наиб}}$, $Q_{\text{наим}}$ – верхний и нижний пределы измерения расхода, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$I_{\text{наиб}}$, $I_{\text{наим}}$ – верхний (20) и нижний (4) пределы измерения тока, мА;

i, j – индексы измерения и точки расхода.

Относительную погрешность расходомера вычисляют по формуле:

$$\delta_{ij} = \left(\frac{\bar{I}_{ij} - I_{rij}}{I_{rij}} \right) \cdot 100 \% ; \delta_{ij} = \left(\frac{\bar{Q}_u - Q_p}{Q_p} \right)_{ij} \cdot 100 \% \quad (9)$$

где \bar{I}_{ij} – среднеарифметическое значение измеренного тока (мА);

\bar{Q}_u – среднеарифметическое значение расхода (показание дисплея, HART системы), $\text{м}^3/\text{ч}$

$$\bar{I}_{ij} = \frac{10^{-3} \cdot \bar{U}_{ij}}{R_3} \quad (10)$$

где \bar{U}_{ij} – среднеарифметическое значение напряжения, (В);

R_3 – эталонное сопротивление, (Ом);

i, j – индексы измерения и точки расхода.

Значения погрешностей для каждого измерения не должны превышать значения: $\pm 0,2\%$.

6.3.2.3 Проверка работоспособности внутреннего счетчика ИП.

Эта операция проводится для расходомеров с СК, оснащенных дисплеем. СК настраивают согласно меню п. 3.8 программы соответствующей измеряемой среды. На генераторе согласно методике п.6.3.1 устанавливают частоту, соответствующую расходу $Q_{\text{наиб}}$ измеряемой среды. Сбрасывают показания внутреннего счетчика на ноль. Выключатель переводят в положение «Включено», одновременно включают секундомер. В течение периода времени, не менее 180 с, проводят измерения выходного тока и объема жидкости внутренним счетчиком. Время работы измеряют секундомером. После данного времени выключатель переводят в режим «Отключено»

и одновременно выключают секундомер. Значение объема жидкости, измеренный его внутренним счетчиком индицируют на дисплее (V_v).

Вычисляют значение объема жидкости, имитируемого расходом за время измерения, по формуле:

$$V_u = 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot Q_u \cdot t, \quad \text{м}^3 \quad (11)$$

где Q_u - имитируемое значение расхода жидкости, $\text{м}^3/\text{ч}$

t - время измерения, с

Значение объемов V_v и V_u не должны отличаться не более чем $\pm 1,0\%$.

6.3.2.4 Проверка погрешности ИП при вычислении массового расхода.

Этот пункт выполняется для расходомеров применяемых для измерения массового расхода жидкости.

В СК согласно меню п.3.5.6 вводят значение плотности воды при 20°C и атмосферном давлении, равного $998,2 \text{ кг/м}^3$

Операции выполняются по методикам, изложенным в п.6.3.2.1; 6.3.2.2. Критерии годности соответствует данным п.6.3.2.2.

6.3.2.5 Проверка погрешности СК при измерении температуры и давления рабочей среды.

6.3.2.5.1 Проверку проводят в следующей последовательности:

ППР заглушают с одного конца глухой заглушкой, а с другой стороны ставят заглушку с открытым штуцером.

Для поверки встроенного преобразователя температуры (ПТ) ППР заливают горячей водой (более 25°C), выдерживают не менее 10 минут. Термометром измеряют температуру воды в ППР (T_z) и снимают показания температуры воды по дисплею или по HART протоколу (показания ПК).

Абсолютную погрешность ПТ вычисляют по формуле:

$$\Delta T_i = |T_u - T_z|_i \quad (12)$$

где T_u – показания дисплея или ПК, $^\circ\text{C}$

T_z – показания термометра, $^\circ\text{C}$

i – индекс измерения.

После выдержки не менее 10 минут операция повторяют и по формуле 12 вычисляют погрешность.

Значение погрешности не должно превышать $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

6.3.2.5.2 Для поверки встроенного преобразователя давления (ПД) ППР заглушают с одной стороны с помощью глухой заглушки, а с другой стороны ставят заглушку с открытым штуцером. Соединяют штуцер заглушки со штуцером гидравлического пресса и создают давление воды (возможного использование сжатого воздуха с редуктором), равное давлению в условиях эксплуатации.

Если в комплектацию прибора входит «отсечной» клапан, то возможна поверка ПД без использования комплекта заглушек. Для этого необходимо соединить свободный штуцер клапана со штуцером гидравлического пресса. Поставить ручку клапана в положение, при котором будет открыта линия между ПД и гидравлическим прессом и закрыта линия, соединенная с внутренним пространством ППР. Регистрируют показания контрольного манометра (P_z) и дисплея СК или по HART протоколу.

После выдержки 10 минут снижают давление два раза и повторяют измерения.

Приведенную погрешность ПД вычисляют по формуле:

$$\delta_{pi} = \frac{(P_u - P_z)_i}{P_{наиб}} \cdot 100\% \quad (13)$$

где P_u , P_z – показания дисплея, ПК и манометра, МПа;
 $P_{наиб}$ – верхний предел диапазона измерений ПД, МПа
 i – индекс измерений.

Значения погрешности не должны превышать $\pm 0,5\%$.

6.3.2.6 Определение погрешности СК расходомера при измерении объемного расхода воздуха, приведенного к стандартным условиям.

Операцию проводят при трех значениях расхода газа (в диапазоне расходов от $Q_{наиб}$ до $Q_{наим}$), соответствующие условиям эксплуатации в режиме измерения расхода воздуха устанавливая необходимое значение частоты генератора.

Согласно меню вводят наибольшее значение давления и температуры газа (воздуха) в рабочих условиях. Измеренные значения расхода воздуха регистрируют по показаниям дисплея, ПК и вольтметра.

Расчетное значение объемного расхода воздуха приведенного к стандартным условиям, вычисляют по формуле:

$$Q_{CTi} = Q_{измi} \frac{P_y \cdot T_c \cdot Z_c}{P_c \cdot T_y \cdot Z_y} \quad (14)$$

где $Q_{изм}$ – измеренное значение расхода, м³/ч

P_y , T_y – давление и температура воздуха в рабочих условиях, (введенные по меню), МПа, К.

T_c – стандартное значение температуры, К

P_c – стандартное значение давления, МПа

Z_y , Z_c – фактор сжимаемости воздуха в рабочих и стандартных условиях.

i – индекс точки расхода.

Стандартные значения $T_c = 293,15$ К; (20°C) $P_c = 0,1033$ МПа

Коэффициент сжимаемости воздуха (К), представлен в таблице 1:

$$K = \frac{Z_c}{Z_y} \quad (15)$$

Относительную погрешность вычисляют по формуле:

$$\delta_{pi} = \left(\frac{Q_{изм} - Q_{CT}}{Q_{CT}} \right)_i \cdot 100\% \quad (16)$$

Значения погрешности не должны превышать $\pm 1,5\%$.

Значение фактора сжимаемости воздуха представлены в таблице

Т (°C)	Коэффициент сжимаемости при статическом давлении, МПа			
	0,1	0,15	0,2	0,25
-20	0,999541	0,999089	0,998642	0,998197
-10	0,999704	0,999333	0,998968	0,998604
-5	0,999777	0,999443	0,999113	0,998786
0	0,999845	0,999544	0,999249	0,998954
5	0,999908	0,999639	0,999374	0,999111
10	0,999967	0,999727	0,999491	0,999256
20	1,000072	0,999885	0,999702	0,999520
30	1,000164	1,000022	0,999885	0,999749
40	1,000245	1,000142	1,000045	0,999949
50	1,000315	1,000248	1,000185	1,000123
t, °C	Коэффициент сжимаемости при статическом давлении, МПа			
	0,35	0,5	0,75	1,0
-20	0,997310	0,996001	0,993859	0,991773
-10	0,997879	0,996811	0,995068	0,993376
-5	0,998132	0,997172	0,995606	0,994090
0	0,998368	0,997508	0,993107	0,994754
5	0,998587	0,997819	0,996572	0,995369
10	0,998791	0,998110	0,997004	0,995942
20	0,999158	0,998632	0,997781	0,996972
30	0,999477	0,999086	0,998457	0,997867
40	0,999756	0,999482	0,999047	0,998647
50	1,000000	0,999828	0,999562	0,999329

6.3.2.7 При выполнении условий п.6.3.2.2, п.6.3.2.6 расходомер считается прошедшим поверку и допускается к применению с нормированными значениями погрешностей:

- $\pm 0,75\%$ для жидкостей при $Re \geq 20000$.
- $\pm 1,0\%$ для газов и пара при $Re \geq 20000$.
- $\pm 2,0\%$ для всех измеряемых сред в диапазоне Re от 10000 до 20000.

7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1. Результаты поверки оформляются протоколом, который является неотъемлемой частью свидетельства.

7.2. При положительных результатах поверки оформляют свидетельство о поверки в соответствии с установленным порядком.

7.3. На лицевой стороне свидетельства о поверке записывают, что расходомер на основании поверки признан годным и допущен к применению с предельным значением относительной погрешности.

7.4. При отрицательных результатах поверки расходомер к эксплуатации не допускают, клеймо гасят, свидетельство о поверке аннулируют и выдают извещение о непригодности в соответствии с установленном порядке

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Вычисление числа R_e .

- 1 Применяется следующая формула

$$R_e = \frac{4Q_{\text{наим}}}{\pi \cdot D_{\text{вн}} \cdot \nu_{\text{наиб}}} \quad (1)$$

где $Q_{\text{наим}}$ – нижний предел диапазона измерений расхода, $\text{м}^3/\text{с}$;

$D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр ППР, м;

ν – кинематическая вязкость воды, $\text{м}^2/\text{с}$.

- 2 Из выражения (1) вычисляется значение $Q_{\text{наим}}$ при $R_e = 10^4$, ($\text{м}^3/\text{с}$)

$$\left. \begin{aligned} Q_{\text{наим}} &= \frac{R_e}{4} \cdot \pi \cdot D_{\text{вн}} \cdot \nu_{\text{наиб}} \\ Q_{\text{наим}} &= 7,85 \cdot 10^3 \cdot D_{\text{вн}} \cdot \nu_{\text{наиб}} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Вычисляют значение $Q_{\text{наим}}$ в $\text{м}^3/\text{ч}$

$$Q_{\text{наим}} = 7,85 \cdot 10^3 \cdot 3600 \cdot D_{\text{вн}} \cdot \nu_{\text{наиб}} = 28,1 \cdot 10^6 \cdot D_{\text{вн}} \cdot \nu_{\text{наиб}}, (\text{м}^3/\text{ч})$$

- 3 Значение кинематической вязкости воды при давлении $P = 1$ атм. (0,1 МПа) в диапазоне температуры от 5 до 30 °С.

T(°C)	5	10	15	20	25	30
$\nu(\text{м}^2/\text{с}) \cdot 10^{-6}$	1,514	1,304	1,137	1,002	0,891	0,798

- 4 Фактор сжимаемости воды при диапазоне давления от 0,1 до 2,5 МПа

T(°C)	0	10	20	30
$z(1/0,1\text{МПа}) \cdot 10^{-6}$	52,5	50,5	49,1	46,0

Стандартные условия:

$P = 0,1$ МПа, $T = 20$ °С.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Плотность воды (кг/м³) по ГСССД 98-2000

T, °C ρ, кг/см ²	10	15	17	20	22	25	27	30	35
1,0	999,7	999,1	998,77	998,2	997,77	997,04	996,51	995,64	994,03
2,0	999,75	999,15	998,82	998,25	997,81	997,09	996,56	995,69	994,07
3,0	999,79	999,19	998,87	998,29	997,86	997,13	996,60	995,73	994,12
4,0	999,84	999,24	998,91	998,34	997,90	997,18	996,64	995,78	994,16
6,0	999,93	999,33	999,0	998,43	997,99	997,26	996,73	995,86	994,25
8,0	1000,03	999,42	999,09	998,52	998,08	997,35	996,82	995,95	994,33
10,0	1000,12	999,51	999,18	998,61	998,17	997,44	996,91	996,04	994,42

Плотность атмосферного воздуха (кг/м³) при относительной влажности 50 %

Воздушное давление		Температура воздуха (°C)						
мм.рт.ст.	мБар	6	10	14	18	22	26	30
675,2	900	1,122	1,105	1,089	1,073	1,057	1,041	1,025
697,7	930	1,159	1,142	1,125	1,109	1,092	1,076	1,060
720,2	960	1,197	1,179	1,162	1,145	1,128	1,111	1,094
742,7	990	1,234	1,216	1,198	1,180	1,163	1,146	1,129
765,3	1020	1,271	1,253	1,234	1,216	1,199	1,181	1,163

Приложение 3

Методика определения геометрических параметров ППР.

1. При измерениях применяются следующие средства измерений.

- Штангенциркуль ШЦ по ГОСТ 166-89 с основной погрешностью $\pm 0,1$ мм с диапазоном измерений до 630 мм.

- Нутромеры микрометрические НМ по ГОСТ 10-88 с диапазоном измерений до 450 мм и основной погрешностью $\pm 0,018$ мм.

- микрометры рычажные ТУ2-034-83

2. Измерение внутреннего диаметра ППР

Внутренний диаметр ППР должен быть измерен с двух концов корпуса в трех диаметральных плоскостях при помощи нутромера и штангенциркуля. После чего вычисляют среднеарифметическое значение внутреннего диаметра ППР.

Отклонение измеренного значения диаметра ($\overline{D_u}$), не должно отличаться от указанного в паспорте (D_n) на прибор и быть не больше приведенных в таблице 1 данных.

3. Измерение размера тела обтекания вихреобразователя (характерный размер) проводят с большой стороны трапеции. Измерения проводят в трех местах (по краям тела и его середине) и вычисляют его среднее арифметическое значение (T_u).

Отклонение измеренного значения тела (cT_u) от паспортных данных не должно быть более от данных нижеприведенной таблицы.

Номинальный диаметр (мм)	Размер проходной части (мм) (D_n)	Допуск на размер проходной части (мм)	Размер вихреобразователя (мм) (T_n)	Допуск размера вихреобразователя (мм)
DN15	16	+0,1	4,48	$\pm 0,05$
DN25	24	+0,1	6,72	-0,05
DN40	38	+0,05÷0,5	10,64	-0,05
DN50	50	+0,05÷0,5	14	-0,05
DN80	74	+0,05÷0,5	20,72	-0,05
DN100	97	+0,05÷0,5	25,56	-0,05
DN150	146	+0,2	33,52	$\pm 0,1$
DN200	200	+0,2	200	-0,1;-0,2
DN250	253	+0,2	63,25	$\pm 0,1$
DN300	304,8	+0,2	76,2	$\pm 0,1$

4. В случае не выполнения условий п.2 и п.3 расходомер должен быть переградуирован на поверочной установке.

Приложение 4

Расчет значения частоты вихрей.

1. Значение частоты вихрей вычисляют в зависимости от расхода рабочей среды по формуле, без учета влияния числа Рейнольдса:

$$F_j = K_{nn} \cdot Q_{jp} \cdot (Гц) \quad (1)$$

где K_{nn} – постоянная расходомера, полученная при градуировке в нормальных условиях, имп/м^3
Значение K_{nn} представлено на шильдике ППР расходомера.

Для упрощения вычислений принимаем значение

$$1 \frac{\text{ИМП}}{\text{л}} = 0,27778 \frac{\text{Гц} \cdot \text{час}}{\text{м}^3}$$

Тогда частоту вихрей вычисляют по формуле:

$$F_i = 2,778 \cdot K_{nn} \cdot Q_{jp} \quad (2)$$

Значения расхода Q_{jp} должны соответствовать скоростям потока рабочей среды в диапазонах:

- от 0,3 до 9,0 м/с для жидкостей;
- от 3,0 до 80 м/с для газов и пара;