

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И  
МЕТРОЛОГИИ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
РАСХОДОМЕТРИИ (ГНМЦ ВНИИР)

УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель ГЦИ СИ –  
Главный метролог ФГУП ВНИИР  
Г.И. Реут  
2010 г.



« 5 »

## ИНСТРУКЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

**Счетчики газа ультразвуковые FLOWSIC 600**

Методика поверки

РАЗРАБОТАНА

ФГУП ВНИИР г. Казань

ИСПОНИТЕЛИ

Горчев А.И., к.т.н.  
Исаев И.А.

УТВЕРЖДЕНА

ФГУП ВНИИР

Настоящая инструкция распространяется на счетчики газа ультразвуковые FLOWSIC 600 (далее – счетчики), и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Основная область применения счетчиков – коммерческий и технологический учет сухих, влажных, коррозионных и абразивных газов при производстве, хранении, транспортировке и распределении газа.

Межповерочный интервал – 4 года.

## 1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки выполняют следующие операции:

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4
Внешний осмотр	6.1	+	+
Опробование	6.2	+	+
Определение метрологических характеристик счетчика (далее – МХ):	6.3		
- относительной погрешности измерения объемного расхода газа	6.3.1	+	+
-- имитационным методом <sup>*)</sup>	6.3.1.1		
-- с помощью поверочной установки	6.3.1.2		
- относительной погрешности измерения времени	6.3.2	+	+
- относительной погрешности вычисления массового расхода, объемного расхода и объема газа, приведенных к стандартным условиям	6.3.3	+	+

**Примечание** – <sup>\*)</sup> Имитационный метод может применяться для поверки счетчиков с пределом относительной погрешности определения расхода газа 0,5% и более.

## 2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При проведении поверки применяют следующие средства поверки:

- частотомер ЧЗ-6З, диапазон измеряемых частот от 0,01 Гц до 20 МГц, по ДЛИ 2.721.007 ТУ;
- термометр сопротивления типа ТСП, пределы измерений от минус 20 °С до 70 °С, предел допускаемой погрешности 0,1%;
- образцовый манометр МО с верхним пределом измерений 25 МПа, класс точности 0,16 по ГОСТ 6521;
- поверочная расходоизмерительная установка, диапазон задаваемого объемного расхода должен соответствовать рабочему диапазону поверяемого счетчика, с пределом основной относительной погрешности  $\pm 0,23\%$  (или средним квадратическим отклонением результатов измерений не более 0,05% при 11 независимых измерениях, и неисключенной систематической погрешности не превышающей 0,1%).

2.2 Программное обеспечение, устанавливаемое на персональный компьютер, МЕРAFLOW 600 СВМ, предназначенное для конфигурирования, параметризации и диагностики счетчика. Содержащее процедурные модули, предназначенные для проведения проверки технического состояния счетчика и его поверки, такие как модуль автоматического сбора и обработки диагностических данных счетчика, калькулятор скорости звука в среде и другие модули.

2.3. Допускается использование других средств измерений, если они по своим характеристикам не хуже указанных в п. 2.1.

2.4. Все средства измерений должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке.

### 3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1. При проведении поверки соблюдают требования, определяемые:

- эксплуатационной документацией на поверяемые счетчики и средства поверки;
- правилами безопасности труда, действующими на предприятии;
- ПБ 08-624-2003 Правилами безопасности в нефтяной и газовой промышленности.

3.2. К проведению поверки допускаются лица, имеющие квалификационную группу по технике безопасности не ниже II, прошедшие инструктаж по технике безопасности, и изучившие руководства по эксплуатации счетчика и средств поверки.

3.3. Монтаж и демонтаж счетчика должны производиться при отсутствии давления в измерительной линии.

3.4. Заземление средств поверки должно осуществляться согласно требованиям ГОСТ 12.2.007.10-87.

### 4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки соблюдают следующие условия:

Температура окружающей среды, °С <sup>*)</sup>	20±5
Относительная влажность воздуха, %, не более	95
Атмосферное давление, кПа	от 84 до 106,7
Изменение температуры окружающей среды за время поверки, °С, не более	2

**Примечание** – <sup>\*)</sup> При поверке счетчика имитационным методом без снятия счетчика с измерительной линии допускается проведение поверки при температуре окружающей среды от минус 20 °С до плюс 40 °С.

### 5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные работы:

- проверяют выполнение условий, изложенных в разделах 2, 3, 4;
- подготавливают к работе поверяемый счетчик и средства поверки в соответствии с эксплуатационной документацией.

### 6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1 Внешний осмотр.

При внешнем осмотре проверяют:

- соответствие комплектности поверяемого счетчика его технической документации;
- отсутствие механических повреждений счетчика и других дефектов, препятствующих его применению;

- соответствие маркировки требованиям эксплуатационной документации;
- отсутствие нарушений пломбировки (при наличии требования по пломбированию).

## 6.2 Опробование.

6.2.1 Опробование заключается в проверке работоспособности поверяемого счетчика и его отдельных компонентов. Проверка может осуществляться при помощи персонального компьютера (далее – ПК) и установленной на ПК программой управления и диагностики MEPAFLOW 600 CBM либо непосредственно при помощи встроенного интерфейса жидкокристаллического дисплея счетчика.

6.2.1.1 Проводят контроль измерения скорости звука в среде. Расчет теоретической скорости звука производится во встроенном калькуляторе скорости звука в программе MEPAFLOW 600 CBM. В течение проведения проверки (не менее 3 минут) температура газа не должна изменяться более чем на 0,5 °С, давление газа более чем на 50 кПа и компонентный состав газа во время проверки должен быть постоянен (не должно наблюдаться изменение содержания каждого компонента более чем на  $\pm 1\%$ , или его изменение не окажет влияния на результат расчета теоретической скорости звука более чем на  $\pm 0,2\%$ ).

Счетчик считается выдержавшим проверку, если отклонение измеренной счетчиком скорости звука от теоретической не превышает 0,5%.

**Примечание** – Данная процедура может применяться, по необходимости в качестве периодической проверки работоспособности счетчика, а так же, как средство контроля метрологических характеристик счетчика в процессе эксплуатации.

6.2.1.2 При поверке счетчиков имитационным методом убеждаются в формировании актуальных отчетов о состоянии счетчика.

Счетчик считают выдержавшим проверку, если отчеты MEPAFLOW 600 CBM или сервисные сообщения о работоспособности счетчика соответствуют документации фирмы.

6.2.1.3 При поверке счетчиков проливным методом убеждаются в изменении показаний счетчика при изменении расхода газа в поверочной установке.

Счетчик считают выдержавшим проверку, если при увеличении (уменьшении) расхода наблюдается увеличение (уменьшение) показаний счетчика.

## 6.3 Определение метрологических характеристик.

### 6.3.1. Определение относительной погрешности измерения расхода газа.

#### 6.3.1.1 Определение метрологических характеристик имитационным методом.

**Примечание** – Имитационный метод может применяться для поверки счетчиков с пределом относительной погрешности определения расхода газа 0,5% и более.

6.3.1.1.1 Определение метрологических характеристик имитационным методом после демонтажа счетчика с измерительной линии.

Счетчик помещается в контрольное помещение, закрывается со стороны фланцев (стандартных фланцевых заглушек не требуется) и находится не менее 24 часов при стабильной температуре окружающей среды.

Счетчик не должен подвергаться воздействию солнечных лучей, так как это может вызвать внутри него конвекционные потоки.

Поверяемым счетчиком, проводят измерения скорости звука и скорости газа. Измерения проводятся в течение 15 мин. с осреднением полученных результатов.

Измеренные значения скорости звука в среде контролируют при помощи встроенного в МЕРAFLOW 600 СВМ встроенного калькулятора скорости звука.

Счетчик считается прошедшим поверку, если для каждой пары приемопередатчиков полученное значение скорости газа не превышает 0,03 м/с, а значение скорости звука отличается от расчетной величины не более чем на 0,3%. Взаимные отклонения скоростей звука измерительных лучей должны составлять максимум  $\pm 0,3$  м/с.

6.3.1.1.2 Определение метрологических характеристик счетчика без снятия с измерительной линии.

**Примечание** – Данный метод может быть применен только в том случае, если отрезок трубопровода с вмонтированным счетчиком газа, может быть полностью перекрыт, в измерительном корпусе полностью отсутствует течение газа.

Работы проводятся при рабочем давлении и стабильной температуре окружающей среды. Счетчик и трубная обвязка не должны подвергаться воздействию осадков, солнечных лучей, так как это может вызвать образование конвекционных потоков внутри счетчика.

Проверяется стабилизация температуры в пределах 2 °С в течение 15 минут. Поверка начинается, если изменение получаемых значений скорости звука в газе в течение 15 минут не будет превышать 0,2 м/с.

Перед началом поверки изолируют участок трубопровода с счетчиком.

Контролируют давление в изолированной части трубопровода. Изменение давления в изолированной части трубопровода означает наличие протечек через запорную арматуру. В этом случае поверку счетчика проводят любым другим методом, указанным в данном документе.

Поверяемым счетчиком проводят измерения скорости звука и скорости газа. Измерения проводятся в течение 15 минут с осреднением полученных результатов. Измеренные значения скорости звука в среде контролируют при помощи встроенного в МЕРAFLOW 600 СВМ встроенного калькулятора скорости звука.

Находят разность между значением скорости звука, полученным в результате измерений, и значением скорости звука, полученным расчетным методом.

Счетчик считается прошедшим поверку, если для каждой пары приемников-передатчиков полученное значение скорости газа не превышает 0,03 м/с, а значение скорости звука отличается от расчетной величины не более чем на 0,3%. Взаимные отклонения скоростей звука измерительных лучей должны составлять не более  $\pm 0,3\%$ .

6.3.1.2 Определение метрологических характеристик счетчика проливным методом с помощью поверочной установки.

Перед проведением поверки, применяемые корректировочные коэффициенты счетчика необходимо выставить равными «значениям по умолчанию».

**Примечание** – «Значения по умолчанию» корректировочных коэффициентов определяются в соответствии с руководством по эксплуатации на счетчик.

Измерения проводятся при следующих значениях объемного расхода  $Q_j$ :  $Q_{\max}$ ,  $0,7Q_{\max}$ ,  $0,5Q_{\max}$ ,  $0,3Q_{\max}$  и  $0,1Q_{\max}$ . Допускается производить измерения в произвольном числе равно распределенных значений расхода, (не менее 5 точек). Для удобства допускается округление дробной доли расхода в большую или меньшую сторону. Точность задания поверяемого расхода  $\pm 0,025Q_{\max}$ , в течение всего процесса измерений отклонение расхода по показаниям эталонного преобразователя расхода от заданного значения расхода не должно превышать  $\pm 0,01Q_{\max}$ .

На каждом значении расхода проводят не менее пяти измерений. Значения объема, полученные по показаниям счетчика  $V_{icn}$ , приводят к условиям измерений эталонными преобразователями  $V_{ic}$  по формуле:

$$V_{ic} = V_{icn} \frac{P_e T_t z_t}{P_t T_e z_e}, \quad (1)$$

где  $V_{icn}$  – показания счетчика;  
 $P_e$  – давление газа на участке эталонных преобразователей;  
 $P_t$  – давление газа на участке поверяемых счетчиков;  
 $T_e$  – температура газа на участке эталонных преобразователей;  
 $T_t$  – температура газа на участке поверяемых счетчиков;  
 $z_t$  – фактор сжимаемости газа, рассчитанный при температуре и давлении на участке поверяемых счетчиков;  
 $z_e$  – фактор сжимаемости газа, рассчитанный при температуре и давлении на участке эталонных преобразователей.

Полученные значения и значения по показаниям установки фиксируют и оформляют в виде таблицы 2.

Таблица 2

Среднее значение расхода	Объем (эталонное значение)	Объем (показания счетчика)	Девияция	Среднеарифметическая девияция
м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	%	%
$\tilde{Q}_j$	$V_{1e}$	$V_{1c}$	$fp_1$	$fp_{Qj}$
	$V_{2e}$	$V_{2c}$	$fp_2$	
	...	...		
	$V_{ne}$	$V_{nc}$	$fp_n$	

Значения девияции  $fp_i$  рассчитывают в процентах по формуле

$$fp_i = \left( \frac{V_{ic}}{V_{ie}} - 1 \right) 100 \quad (2)$$

Значение среднеарифметической девияции рассчитывают по формуле

$$fp_{Qj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n fp_i, \quad (3)$$

где  $n$  – число экспериментов проведенных в данной точке по расходу ( $n \geq 5$ ),  
 $Q_j$  – нижний индекс обозначает текущую точку по расходу и принимает значения  $Q_{\max}$ ,  $0,7Q_{\max}$ ,  $0,5Q_{\max}$ ,  $0,3Q_{\max}$ ,  $0,1Q_{\max}$ .

Рассчитывают отклонение среднего результата измерений объема в процентах для всех точек по расходу по формуле

$$S_{V_j} = \frac{100}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{ic}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( V_{ic} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{ic} \right)^2}{n(n-1)}}. \quad (4)$$

Рассчитывают доверительные границы  $\varepsilon$  случайной составляющей погрешности результата измерений по формуле

$$\varepsilon = t_{n0,95} S_V, \quad (5)$$

где  $t_{n0,95}$  – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 95% и степенью свободы  $n$ , (определяют по приложению 2 ГОСТ 8.207-76);

$S_V$  – максимальное среднеквадратическое отклонение среднего результата измерений ( $S_V = \max_j S_{V_j}$ ).

После заполнения таблицы 2 для всех точек по расходу определяют средневзвешенную девиацию WME по формуле:

$$WME = \frac{\sum_{j=1}^m k_j f p_{Q_j}}{\sum_{j=1}^m k_j}, \quad (6)$$

где  $k_j = \begin{cases} \frac{\tilde{Q}_j}{Q_{\max}}, & \text{при } \tilde{Q}_j < 0,7Q_{\max} \\ 1,4 - \frac{\tilde{Q}_j}{Q_{\max}}, & \text{при } \tilde{Q}_j > 0,7Q_{\max} \end{cases}$

$j$  – индекс поверочного расхода ( $j = 1 \dots m$ );

$m$  – число точек по расходу ( $m = 5$ ).

Вычисляют корректировочный коэффициент AF<sup>\*)</sup> по формуле

$$AF = \frac{1}{1 + \frac{WME}{100}} \quad (7)$$

Корректируют показания счетчика по рассчитанному корректировочному коэффициенту AF (умножением на AF), результаты оформляют в виде таблицы 3.

**Примечание** – \*) В соответствии с документацией фирмы допускается использование полиномиальных корректировочных коэффициентов, определенных для каждого значения расхода.



Таблица 3

Среднее значение расхода	Объем, эталонное значение	Объем, скорректированные показания счетчика	Скорректированная девиация	Среднеарифметическая скорректированная девиация
м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	%	%
$\widetilde{Q}_j$	$V_{1e}$	$V_{1k}$	$fpk_1$	$fpk_{Q_j}$
	$V_{2e}$	$V_{2k}$	$fpk_2$	
	...	...	...	
	$V_{ne}$	$V_{nk}$	$fpk_n$	

Определяют границы неисключенной систематической погрешности по формуле

$$\Theta = \begin{cases} \pm \left( \sum_{l=1}^N |\Theta_l| + |\Theta_{cal}| \right), \text{ при } N < 3 \\ \pm 1,1 \sqrt{\sum_{l=1}^N \Theta_l^2 + \Theta_{cal}^2}, \text{ иначе} \end{cases}, \quad (8)$$

где  $\Theta_l$  – граница  $l$ -й составляющей неисключенной систематической погрешности установки;

$\Theta_{cal}$  – неисключенная систематическая погрешность калибровки, определяется как максимальное абсолютное значение среднеарифметической девиации с учетом калибровки ( $\Theta_{cal} = \max_{Q_j} |fpk_{Q_j}|$ ).

Определяют среднеквадратическое отклонение суммы неисключенных систематических погрешностей по формуле

$$S_{\Theta} = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^N \Theta_l^2 + \Theta_{cal}^2}{3}}. \quad (9)$$

Определяют суммарную среднеквадратическую погрешность по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_V^2 + S_{\Theta}^2}. \quad (10)$$

Определяют границу относительной погрешности результата измерений по формуле

$$\delta = S_{\Sigma} \frac{\Theta + \varepsilon}{S_{\Theta} + S_V}. \quad (11)$$

Счетчик считается прошедшим поверку, если граница погрешности  $\delta$  не превышает 0,3%.

После проведения поверки в память счетчика записываются новые значения калибровочных коэффициентов.

### 6.3.2 Определение относительной погрешности счетчика при измерении времени.

Определение погрешности счетчика при измерении времени проводят по сигналам точного времени. Продолжительность поверки 3 часа. В начале шестого сигнала снимают показания времени счетчика с дисплея MERAFLOW 600 СВМ или с ЖК- дисплея счетчика  $\tau_{нач}$ . Через 3 часа в начале шестого сигнала снимают показания времени  $\tau_{кон}$ .

Определяют относительную погрешность измерения времени по формуле

$$\delta_{\tau} = \frac{\tau_{\text{кон}} - \tau_{\text{нач}} - 3}{3} 100. \quad (12)$$

Счетчик при измерении времени считается прошедшим поверку, если относительная погрешность не превышает 0,01 %.

6.3.3 Определение относительной погрешности вычисления массового расхода, массы, объемного расхода и объема газа, приведенных к стандартным условиям.

6.3.3.1 С помощью программного обеспечения MERALFOW 600 CBM в счетчик вводят следующие данные: компонентный состав газа, рабочие значения давления и температуры.

6.3.3.2 Рассчитывают относительную погрешность вычисления коэффициента сжимаемости газа по формуле

$$\delta_K = \frac{K_{\text{выч}} - K_{\text{расч}}}{K_{\text{расч}}} 100, \quad (13)$$

где  $K_{\text{выч}}$  – вычисленное счетчиком значение коэффициента сжимаемости газа на дисплее MERAFLOW 600 CBM;

$K_{\text{расч}}$  – расчетное значение коэффициента сжимаемости газа, рассчитанное по соответствующим нормативным документам (контрольные значения теплофизических свойств влажного нефтяного газа рассчитанные по ГСССД МР 113-03 «Определение плотности, фактора сжимаемости, показателя адиабаты и коэффициента динамической вязкости влажного нефтяного газа в диапазоне температур 263...500 К при давлениях до 15 МПа» приведены в приложении А).

6.3.3.3 Относительную погрешность вычисления массового расхода, массы, объемного расхода и объема газа, приведенных к стандартным условиям, определяют как относительную погрешность вычисления коэффициента сжимаемости газа. Результаты поверки считаются положительными, если рассчитанная погрешность  $\delta_K$  не превышает 0,005 %.

## 7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1 Результаты поверки заносятся в протокол произвольной формы.

7.2 При положительных результатах поверки на счетчик наносят поверительное клеймо в соответствии с ПР 50.2.006 и делают соответствующую запись в паспорте.

7.3 При отрицательных результатах поверки счетчик к применению не допускается. Владелец счетчика имеет право пригласить квалифицированных специалистов для проведения полной диагностики и устранения причин неполадки. В случае их устранения, счетчик проходит повторную поверку в соответствии с разделом 6.

В случае невозможности устранения неполадок на месте, поверительные клейма гасят, делают соответствующую запись в паспорте и выдают извещение о непригодности счетчика с указанием причин в соответствии с ПР 50.2.006.

## Приложение А

(обязательное)

Контрольные примеры расчета теплофизических свойств влажного нефтяного газа.

Исходные данные:

№ п/п	Наименование показателей	Значения показателей
1	Концентрации компонентов газа в молярных процентах	
1.1	Метан	72,5
1.2	Этан	14,3
1.3	Пропан	7,53
1.4	И-бутан	0,85
1.5	Н-бутан	1,57
1.6	И-пентан	0,29
1.7	Н-пентан	0,25
1.8	Гексан	0,12
1.9	Гептан	0,03
1.10	Октан	0,01
1.11	Азот	0,93
1.12	Диоксид углерода	1,56
1.13	Сероводород	0,01
1.14	Кислород	0,07
2	Абсолютная влажность, г/м <sup>3</sup>	7,42
3	Температура газа, °С	10
4	Давление газа, атм	7

Расчетные данные:

№ п/п	Компонент газа	Концентрации компонентов с учетом присутствия водяных паров и нормировки (мол %)	Псевдокритические параметры и молярная масса смеси
1	Метан	72,389	$T_{cm} = 232,81 \text{ К}$ $\rho_{осм} = 186,00 \text{ кг/м}^3$ $M = 22,155 \text{ кг/кмоль}$
2	Этан	14,278	
3	Пропан	7,518	
4	И-бутан	0,849	
5	Н-бутан	1,568	
6	И-пентан	0,29	
7	Н-пентан	0,25	
8	Гексан	0,12	
9	Гептан	0,04	
10	Водяной пар	0,133	
11	Азот	0,929	
12	Диоксид углерода	1,558	
13	Сероводород	0,01	
14	Кислород	0,07	

$t$	$P$	$z$	$\rho$	$\kappa$	$\mu$
°С	атм	безразм.	кг/м <sup>3</sup>	безразм.	мкПа*с
10	1,0	0,995887	0,957490	1,24539	10,14
10	7,0	0,971154	6,873120	1,24018	10,26
20	1,0	0,996323	0,924423	1,24085	10,45
20	7,0	0,974271	6,617430	1,23650	10,57

Где  $t$  – температура газа;  
 $P$  – абсолютное давление газа;  
 $z$  – фактор сжимаемости газа;  
 $\rho$  – плотность газа;  
 $\kappa$  – показатель адиабаты газа;  
 $\mu$  – коэффициент динамической вязкости газа.