

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

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора по
производственной метрологии

ФГУП «ВНИИМС»

Н.В. Иванникова

2021 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Расходомеры Turbo Flow GFG

Методика поверки

МП 208-046-2021

г. Москва
2021 г.

1 Общие положения

Настоящая методика распространяется на расходомеры Turbo Flow GFG (далее - расходомеры) и устанавливает методы и средства первичной поверки при выпуске из производства и после ремонта, а также периодической поверки и в условиях эксплуатации.

Первичная поверка проводится на предприятии – изготовителе при выпуске из производства и после ремонта.

Расходомеры Turbo Flow GFG модификации F, ΔP и Z при выпуске из производства поверяются проливным методом или методом поэлементной поверки.

Расходомеры Turbo Flow GFG модификации H при выпуске из производства и при периодической поверке поверяются только проливным методом.

Реализация данной методики обеспечивает метрологическую прослеживаемость расходомеров к 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 от 29.12.2018 г. № 2825.

Метрологические характеристики расходомеров подтверждаются непосредственным сличением с основными средствами поверки.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерения	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	10
Определение относительной погрешности при измерении расхода газа:			
- проливным методом	да	да	10.1.1
- методом поэлементной поверки	да	да	10.1.2
- имитационным методом на месте эксплуатации	нет	да	10.1.3
Определение погрешности при преобразовании значения расхода газа в частотный и токовый сигнал	да	да	10.2
Определение погрешности при измерении постоянного тока (от 4 до 20 мА)*	да	да	10.3
Определение абсолютной погрешности при измерении температуры**	да	да	10.4
Определение относительной погрешности при измерении давления***	да	да	10.5

Продолжение таблицы 1

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение относительной погрешности вычислителя ВП при вычислении массового расхода и массы газа, объемного расхода и объема газа, приведенного к стандартным условиям ****	да	нет	10.6
* при наличии в расходомере (по эксплуатационной документации) ** для расходомеров исполнений С1Т, С1ТР, С1ТРП, С2ТР, С2ТРП; *** для расходомеров исполнений С1ТР, С1ТРП, С2ТР, С2ТРП; **** для расходомеров исполнений С1Т, С1ТР, С1ТРП, С2ТР, С2ТРП;			

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- поверочная среда	воздух или газ известного состава
- температура окружающего воздуха и поверочной среды, °С	от 15 до 25
- относительная влажность воздуха, %	от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа	от 84,0 до 106,7
- разность температур окружающего воздуха и поверочной среды, не более, °С	1
- скорость изменения температуры окружающего воздуха и поверочной среды, не более, °С/ч	1

Примечание – При поверке расходомеров имитационным методом на месте эксплуатации или применении поверочных установок с измеряемой средой - газ известного состава (в том числе природный) допускается проведение поверки при температуре окружающего воздуха от минус 22 до плюс 55 °С и относительной влажности от 20 до 90 %.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению измерений при поверке и обработке результатов измерений допускаются лица, аттестованные в качестве поверителей, изучившие техническую документацию на расходомер, эксплуатационную документацию на используемые при проведении поверки средства измерений и прошедшие инструктаж по технике безопасности в установленном порядке.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10.1 Определение относительной погрешности при измерении расхода газа в рабочих условиях	- Эталоны единицы расхода и средства измерений, соответствующие требованиям: диапазон задаваемого объемного расхода от 0,01 до 2600 м ³ /ч, с доверительными границами относительной погрешности от 0,2 до 0,5 % при доверительной вероятности 0,95;	- Рабочий эталон 1-го разряда по приказу Росстандарта от 29.12.2018г. № 2825;

Продолжение таблицы 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	- Средства измерений перепада давления, диапазон измерений до 3600 Па, предел абсолютной погрешности ± 40 Па; - Средства измерений частоты, диапазон измерений от 0,1 Гц до 50 МГц, абсолютная погрешность измерения частоты $F \pm (1 \cdot 10^{-6} \cdot F)$; - Средства измерений температуры и влажности окружающей среды, диапазон измерений относительной влажности от 0 до 99 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 2 %; диапазон измерений температуры от минус 20 до плюс 60 °С, пределы абсолютной погрешности $\pm 0,2$ °С; - Средства измерений давления, диапазон от 80 до 115 кПа, пределы приведенной погрешности $\pm 0,1$ % - Средства измерений длины (диаметра), диапазон измерений от 0 до 250 мм, пределы абсолютной погрешности $\pm 0,05$ мм; - Средства измерений длины, диапазон от 0 до 500 мм, пределы абсолютной погрешности $\pm 0,15$ мм - Средства измерений длины, диапазон от 50 до 600 мм, пределы абсолютной погрешности $\pm 0,015$ мм	- Мановакуумметры двухтрубные, рег. № 71162-18 - Частотомер электронно-счетный ЧЗ-85, рег. № 75631-19; - Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7; рег. № 71394-18 - Прибор цифровой для измерения давления DPI 740 «Druck», рег. № 66482-17; - Штангенциркуль Шц II – 250, рег. № 81768-21 - Линейки измерительные металлические, рег. № 66266-16 - Нутромер микрометрический НМ, рег. № 78748-20
п. 10.2 Определение погрешности при преобразовании значения расхода газа в частотный и токовый сигнал	- Средства измерений частоты, диапазон измерений от 0,1 Гц до 50 МГц, относительная погрешность измерения $1 \cdot 10^{-6}$ %; - Средства измерения силы постоянного тока, диапазон от 0 до 25 мА, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения тока I $(65 \cdot 10^{-6} \cdot X + 0,25)$ мкА - Средства задачи постоянного тока и напряжения, диапазон выходного напряжения от 0 до 30 В, пределы абсолютной погрешности ± 200 мВ	- Частотомер электронно-счетный ЧЗ-85, рег. № 75631-19; - Мультиметр многоканальный прецизионный Метран-514-ММП, рег. № 47848-11 - Источник постоянного тока Б5-71, рег. № 11999-12

Продолжение таблицы 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10.3 Определение относительной погрешности при измерении сигналов постоянного тока (от 4 до 20 мА)	- Средства измерения силы постоянного тока, диапазон от 0 до 25 мА, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения тока I ($65 \cdot 10^{-6} \cdot X + 0,25$) мкА	- Мультиметр многоканальный прецизионный Метран-514-ММП, рег. № 47848-11
п. 10.4 Определение абсолютной погрешности при измерении температуры	- Средства поддержания заданной температуры, диапазон от минус 50 до плюс 100 °С, нестабильность $\pm 0,01$ °С, неоднородность $\pm 0,01$ °С - Средства измерения температуры, диапазон от минус 196 до 0 °С, рабочий эталон 3 разряда - Средства измерения температуры, диапазон от 0 до 660 °С, рабочий эталон 3 разряда - Средства измерения силы постоянного тока, диапазон от 0 до 25 мА, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения тока I ($65 \cdot 10^{-6} \cdot X + 0,25$) мкА	- Термостат жидкостный Термотест-100, 39300-08 - Термостат жидкостный Термотест-05-02, 39300-08 - Эталонный термометр ЭТС-100, рег. № 19916-10 - Эталонный термометр ЭТС-100, № 19916-10 - Мультиметр многоканальный прецизионный Метран-514-ММП, рег. № 47848-11
п. 10.5 Определение относительной погрешности при измерении давления	- Средства измерения давления, диапазон от 0 до 60 МПа, пределы основной приведенной погрешности $\pm 0,04$ %	- Калибратор давления портативный Метран-517, рег. № 39151-12
Примечания: - Допускается применение других средств измерений, обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых расходомеров с требуемой точностью и поверенных (аттестованных) в установленном порядке. Испытательное оборудование должно быть аттестовано. - Точное значение расхода в поверочных установках с критическими соплами определяется применяемыми критическими соплами и указывается в сертификате (свидетельстве) о калибровке (поверке) на них.		

Примечания:

- Допускается применение других средств измерений, обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых расходомеров с требуемой точностью и поверенных (аттестованных) в установленном порядке. Испытательное оборудование должно быть аттестовано.

- Точное значение расхода в поверочных установках с критическими соплами определяется применяемыми критическими соплами и указывается в сертификате (свидетельстве) о калибровке (поверке) на них.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При поверке расходомеров необходимо соблюдать требования техники безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на расходомеры и средства поверки.

6.2 Электрооборудование, предусматривающее заземление, должно быть заземлено в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81.

6.3 Монтаж и демонтаж расходомера должны производиться при отсутствии давления в измерительной линии.

7 Внешний осмотр средства измерения

При внешнем осмотре устанавливают соответствие расходомера следующим требованиям:

- соответствие комплектности, маркировки, пломбирования расходомера требованиям, указанным в эксплуатационной документации;
- отсутствие видимых повреждений и механических дефектов, препятствующих применению расходомера.

По результатам внешнего осмотра делают отметку в протоколе поверки.

Результаты поверки считают положительными, если расходомер удовлетворяет всем вышеперечисленным требованиям.

Расходомер, не удовлетворяющий перечисленным требованиям, дальнейшей поверке не подлежит.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Расходомеры и средства поверки подготавливают к работе в соответствии с эксплуатационной и технической документацией на них.

8.1.2 Поверяемые расходомеры и средства поверки должны быть выдержаны в помещении, где проводится поверка, не менее 1 часа.

8.1.3 Расходомеры должны быть представлены на поверку с паспортом и руководством по эксплуатации.

8.2 Опробование

8.2.1 Проверка функционирования заключается в проверке работоспособности поверяемого расходомера и его отдельных компонентов. Проверка может осуществляться при помощи персонального компьютера (далее ПК) и установленного программного обеспечения (далее ПО) – АРМ «GFG View», либо непосредственно при помощи встроенного интерфейса показывающего устройства расходомера.

При поверке расходомеров проливным или методом поэлементной поверки убеждаются в изменении показаний расходомера при изменении расхода газа на поверочной установке.

При поверке имитационным методом на месте эксплуатации убеждаются в показаниях расходомера по измерительным каналам расхода, давления и температуры до выполнения процедуры определения метрологических характеристик.

По результатам опробования делают отметку в протоколе поверки.

Результаты опробования считают положительными, если значение расхода газа по показаниям расходомера отличны от нуля, а значения параметров температуры и давления соответствуют значениям, перечисленным в п. 3.

Расходомер, не удовлетворяющий перечисленным требованиям, дальнейшей поверке не подлежит.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Подтверждение соответствия программного обеспечения расходомеров.

Операция «Подтверждение соответствия программного обеспечения» включает:

- определение идентификационного наименования программного обеспечения;
- определение номера версии (идентификационного номера) программного обеспечения;
- определение цифрового идентификатора (контрольной суммы исполняемого кода) программного обеспечения.

Включить расходомер. После подачи питания встроенное ПО расходомера выполняет ряд само диагностических проверок, в том числе проверку целостности конфигурационных данных и неизменности исполняемого кода путем расчета и публикации контрольной суммы.

При этом на показывающем устройстве расходомера должны отражаться следующие данные:

- идентификационное наименование ПО;
- номер версии (идентификационный номер) ПО;
- цифровой идентификатор (контрольная сумма) ПО.

Результат подтверждения соответствия программного обеспечения считается положительным, если полученные идентификационные данные ПО расходомера (идентификационное наименование, номер версии (идентификационный номер) и цифровой идентификатор) соответствуют идентификационным данным, указанным в подразделе «Программное обеспечение» раздела «Описание средства измерений» описания типа расходомера:

Идентификационное наименование программного обеспечения	Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения, не ниже	Цифровой идентификатор программного обеспечения (контрольная сумма исполняемого кода)
GFG	4.51	0x0BF7815D

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение относительной погрешности при измерении расхода газа

10.1.1 Определение относительной погрешности при измерении расхода газа в рабочих условиях проливным методом на поверочной установке

Определение относительной погрешности при измерении объемного расхода газа в рабочих условиях проводятся при следующих значениях объемного расхода газа Q_j : $Q_{\max}$, $0,5 Q_{\max}$, $0,25 Q_{\max}$, $0,1 Q_{\max}$, $0,05 Q_{\max}$, $0,01 Q_{\max}$ и $Q_{\min}$. Допускается производить измерения в произвольном числе равно распределенных значений расхода (не менее 7 точек). Для удобства допускается округление дробной доли расхода в большую или меньшую сторону.

Отклонение расходов, задаваемых эталонной установкой от вышеприведенных значений:

- 5 % - для $Q_{\max}$;
- + 10 % - для $Q_{\min}$;
- ± 10 % - для остальных расходов.

Рабочая среда – природный газ или воздух.

С помощью средств измерений, входящих в состав установки, необходимо измерить абсолютное давление и температуру в месте установки поверяемого расходомера, потерю давления на поверяемом расходомере, а также температуру газа перед эталонными критическими соплами или эталонными расходомерами.

Действительное значение расхода газа в рабочих условиях (Q_{dp}) в поверяемом расходомере вычислить по формуле 1 при использовании эталонных критических сопел или определить в соответствии с эксплуатационной документацией на поверочную установку другого типа.

$$Q_{dp} = \left[1 - \frac{\Delta P}{P_s} \right] \cdot \sqrt{\frac{273,15 + t_s}{293,15}} \cdot Q_{20} \cdot \frac{1}{\kappa_\phi}; \quad (1)$$

где:

- ΔP - потери давления на расходомере, кПа;
- P_s - абсолютное давление в расходомере, кПа;
- t_s - температура воздуха, °C;

- κ_ϕ - поправочный коэффициент на влажность воздуха при применении воздуха в качестве измеряемой среды (Таблица А.1 Приложения А);

- Q_{20} - объемный расход через эталонное критическое сопло при 20 °C, м³/ч (находится из сертификата о калибровке или свидетельства о поверке сопел).

Считать не менее 50 значений показаний объемного расхода по поверяемому расходомеру с периодичностью, равной или большей времени одного независимого измерения, вычислить среднее арифметическое значение Q_p . С целью автоматизации процесса поверки используется ПО АРМ «GFG View» - раздел «Тест канала Q».

Вычислить относительную погрешность при измерении расхода газа поверяемым расходомером по формуле 2:

$$\delta = \frac{Q_p - Q_{\partial p}}{Q_{\partial p}} \cdot 100\% \quad (2)$$

где:

Q_p – значение объемного расхода, измеренного расходомером, м³/ч;

$Q_{\partial p}$ – действительное значение объемного расхода, измеренного установкой, м³/ч.

Данные и результаты измерений вносят в протокол поверки.

Результаты поверки считают положительными, если относительная погрешность при измерении объемного расхода газа в рабочих условиях не превышает:

в диапазоне расходов:

$Q_{\min} \leq Q < 0,01 Q_{\max}$ $\pm 1,5 \%$;

$0,01 Q_{\max} \leq Q \leq Q_{\max}$ $\pm 1,0 \%$.

В случае невозможности обеспечить необходимые диапазоны расходов при помощи поверочной установки поверка расходомеров исполнений GFG-F и GFG-Z, а также всех расходомеров исполнения GFG-ΔP проводится в соответствии с п. 10.1.2 или п.10.1.3.

10.1.2 Определение относительной погрешности при измерении расхода газа методом поэлементной поверки.

10.1.2.1 Поверка преобразователя расхода (далее ПР)

Проводят демонтаж преобразователя расхода с устройства формирования расхода (далее УФР). Устанавливают ПР через входящий в комплект установочный блок (УПБ) на поверочную установку (Приложение Б).

Определение относительной погрешности при измерении преобразователем расхода (ПР) объемного расхода газа в рабочих условиях проводятся при следующих значениях объемного расхода газа $Q_{прj}$: $Q_{пр\max}$, $0,5 Q_{пр\max}$, $0,25 Q_{пр\max}$, $0,1 Q_{пр\max}$, $0,05 Q_{пр\max}$, $0,01 Q_{пр\max}$ и $Q_{пр\min}$, где значения $Q_{пр\max}$ ($Q_{пр\min}$), – паспортные значения максимального (минимального) расхода, измеряемого преобразователем расхода ПР.

Допускается производить измерения в произвольном числе равно распределенных значений расхода (не менее 7 точек). Для удобства допускается округление дробной доли расхода в большую или меньшую сторону.

Отклонение расходов, задаваемых эталонной установкой от вышеприведенных значений:

- 5 % - для $Q_{\max}$;

+ 10 % - для $Q_{\min}$;

$\pm 10 \%$ - для остальных расходов.

С помощью средств измерений, входящих в состав установки, необходимо измерить абсолютное давление и температуру в месте установки поверяемого преобразователя расхода, потерю давления на преобразователе расхода, а также температуру газа перед эталонными критическими соплами или эталонными расходомерами.

Действительное значение расхода ($Q_{\partial p}$) газа в рабочих условиях в поверяемом ПР вычислить по формуле 3 при использовании эталонных критических сопел или определить в соответствии с эксплуатационной документацией на поверочную установку другого типа:

$$Q_{\partial p} = \left[1 - \frac{\Delta P}{P_g} \right] \cdot \sqrt{\frac{273,15 + t_g}{293,15}} \cdot Q_{20} \cdot \frac{1}{\kappa_{\phi}}; \quad (3)$$

где:

- ΔP - потери давления на расходомере, кПа;

- P_g - абсолютное давление в расходомере, кПа;

- t_g - температура воздуха, °C;

- κ_{ϕ} - поправочный коэффициент на влажность воздуха при применении воздуха в качестве измеряемой среды (Таблица А.1 Приложения А);

- Q_{20} - объемный расход через эталонное критическое сопло при 20 °C, м³/ч (находится из сертификата о калибровке или свидетельства о поверке сопел).

Перевести ПР в режим «ПОВЕРКА» с помощью ПО АРМ«GFG View» - раздел «Тест канала Q».

Считать не менее 50 значений показаний объемного расхода по ПР с периодичностью, равной или большей времени одного независимого измерения, вычислить среднее арифметическое значение Q_p . С целью автоматизации процесса поверки используется ПО АРМ«GFG View» - раздел «Тест канала Q».

Вычислить относительную погрешность при измерении расхода газа (δQ_δ) поверяемым расходомером по формуле 4:

$$\delta = \frac{Q_p - Q_{др}}{Q_{др}} * 100\% \quad (4)$$

где:

Q_p – значение объемного расхода, измеренного ПР, м³/ч;

$Q_{др}$ – действительное значение объемного расхода, измеренного установкой, м³/ч.

Данные и результаты измерений вносят в протокол поверки.

Результаты поверки считают положительными, если относительная погрешность ПР при измерении объемного расхода газа в рабочих условиях не превышает:

в диапазоне расходов:

$Q_{\min} \leq Q < 0,01 Q_{\max}$ ± 1,5 %;

$0,01 Q_{\max} \leq Q \leq Q_{\max}$ ± 1,0 %.

10.1.2.2 Проверка геометрических параметров УФР

Условия поверки

Температура окружающего воздуха: (20 ± 5) °С. Изменение температуры окружающего воздуха за время поверки: не более 3°С.

Диафрагмы и средства поверки выдерживают в помещении, в котором проводят поверку, не менее 3 часов.

Относительная влажность, температура воздуха и атмосферное давление должны соответствовать требованиям технической документации на применяемые средства поверки.

Поверка геометрических параметров УФР расходомеров Turbo Flow GFG модификации F выполняется путем определения геометрических параметров установленной диафрагмы с коническим входом специального износостойчивого исполнения по ТУ 4213-014-70670506-2013 Расходомер Turbo Flow GFG. Технические условия.

При проведении поверки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр;
- определение внутреннего диаметра диафрагмы - d_{20} ;
- определение толщины диафрагмы - E_d ;
- определение внутреннего диаметра УФР - D ;

Внешний осмотр

При внешнем осмотре визуально устанавливают отсутствие заусенцев и рисок на цилиндрической части отверстия d_{20} , проверяют соответствие маркировки, указанной в паспорте на расходомер диафрагму расходомера.

Определение внутреннего диаметра диафрагмы

Измерение внутреннего диаметра диафрагмы производят по схеме, приведенной в приложении В, в четырех сечениях, расположенных под приблизительно равными углами 45° друг к другу.

За действительное значение d_{20} принимают среднее арифметическое значение результатов измерений.

Результаты измерений не должны отличаться от среднего арифметического значения более чем на 0,05 мм.

Отклонение среднего значения внутреннего диаметра от номинального значения (указанного в паспорте на расходомер) не должно отличаться более чем на 0,05 мм.

Определение толщины диафрагмы

За толщину диафрагмы считают ширину цилиндрической части сквозного отверстия. Измерение толщины диафрагмы производят по схеме, приведенной в приложении В, в четырех сечениях, расположенных под приблизительно равными углами 45° друг к другу.

За действительное значение E_d принимают среднее арифметическое значение результатов измерений.

Результаты измерений не должны отличаться от среднего арифметического значения более чем на 0,1 мм.

Отклонение среднего значения толщины диафрагмы от номинального значения (указанного в паспорте на расходомер) не должно отличаться более чем на 0,1 мм.

Определение внутреннего диаметра УФР

Измерение внутреннего диаметра УФР производят по схеме, приведенной в приложении В, в четырех сечениях, расположенных под приблизительно равными углами 45° друг к другу в месте, максимально приближенном к установленной диафрагме.

За действительное значение D принимают среднее арифметическое значение результатов измерений.

Результаты измерений не должны отличаться от среднего арифметического значения более чем на 0,1 мм.

Отклонение среднего значения внутреннего диаметра от номинального значения (указанного в паспорте на расходомер) не должно отличаться более чем на 0,1 мм.

Проверка геометрических параметров УФР расходомеров Turbo Flow GFG модификации ΔР проводятся в соответствии с МИ 2585-2000, ГОСТ 8.586-2005.

10.1.3 Определение относительной погрешности при измерении расхода газа на месте эксплуатации

Метод применяется при проведении периодической поверки в условиях эксплуатации для расходомеров Turbo Flow GFG модификации ΔР, Z и F.

Проверка проводится в эксплуатационных (рабочих) условиях при установившемся режиме газопотребления.

10.1.3.1 Определение относительной погрешности при измерении расхода газа расходомеров Turbo Flow GFG модификации ΔР.

При установившемся режиме газопотребления считывают показания по параметрам расхода газа, температуры и давления визуальным по показывающему устройству вычислителя параметров либо с помощью ПО АРМ «GFG View». Определяют среднее арифметическое значение расхода по формуле 5:

$$Q_{сч} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} Q_i \quad (5)$$

В места для подключения средств измерений перепада давления (приложение Г – место для подключения СИ перепада давления) подключают эталонный датчик разности давлений, при этом значение относительной погрешности результата измерений перепада давления должно составлять не более $\pm 0,25$ %. Допускается использование датчика перепада давления, поставляемого в составе расходомера, устанавливаемого на первичный преобразователь.

Выполняют перекрытие потока измеряемой среды, поступающей в первичный преобразователь расходомера (приложение Г – вентильный блок).

Выполняют измерения перепада давления, давления и температуры газа. Вводят данные о составе газа, геометрические параметры УФР и местного сужающего устройства (диафрагмы), указанные в паспорте на расходомер, в программное обеспечение «Расходомер ИСО». Допускается применение любого сертифицированного программного обеспечения, предназначенного для выполнения расчета расхода методом переменного измерения переменного перепада давления на сужающих устройствах.

Выполняют расчет значений расхода с помощью программы «Расходомер ИСО» и определяют среднее арифметические значения по формуле 6:

$$Q_{uco} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} Q_i \quad (6)$$

Определяют относительную разность результатов измерений по формуле 7:

$$\delta = \frac{Q_{сч} - Q_{uco}}{Q_{сч}} \cdot 100 \% \quad (7)$$

Данные и результаты измерений вносят в протокол поверки.

Результаты поверки считают положительными, если относительная погрешность расходомера при измерении объемного расхода газа в рабочих условиях не превышает:

в диапазоне расходов:

$$Q_{\min} \leq Q < 0,01 Q_{\max} \quad \pm 1,5 \%;$$

$$0,01 Q_{\max} \leq Q \leq Q_{\max} \quad \pm 1,0 \%.$$

10.1.3.2 Определение относительной погрешности при измерении расхода газа расходомеров Turbo Flow GFG модификации F и Z.

Определение относительной погрешности расходомера в рабочих условиях (на месте эксплуатации) выполняется путем сличения измеренных значений перепада давления $\Delta P_{\text{изм}}$ ($Q_{\text{изм}}$) и частоты $f_{\text{изм}}$ с паспортными значениями перепада давления ΔP_n (Q_n), соответствующего определенному значению частоты f_n .

В места для подключения средств измерений перепада давления (приложение Г – место для подключения СИ перепада давления) подключают эталонный датчик разности давлений, при этом значение относительной погрешности результата измерений перепада давления должно составлять не более $\pm 0,25 \%$.

Допускается использование датчика перепада давления, поставляемого в составе расходомера, устанавливаемого на первичный преобразователь.

Поочередно, в семи точках, равномерно расположенных по всему диапазону измерений (или эксплуатационному диапазону), с обязательным включением $Q_{\min}$ и $Q_{\max}$, установить значения перепада ΔP_i , (Q_i) и измерять частоту f_i .

В каждой поверочной точке зафиксировать не менее десяти значений перепада ΔP_i (Q_i) и частоты f_i и определить их среднее арифметические значения:

$$\Delta P_i = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \Delta P_i \quad \text{и} \quad f_i = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} f_i \quad (8)$$

По полученным значениям ΔP_i , (Q_i) и f_i находится уточненное значение f_i [Гц], соответствующее паспортному значению ΔP_n , в соответствии с формулой 9:

$$f_{\text{расч}} = f_i \sqrt{\frac{\Delta P_i}{\Delta P_n}} \quad (9)$$

где: ΔP_i – среднее значение перепада давления по формуле 8;

f_i – среднее значение частоты по формуле 8;

ΔP_n – паспортные значения перепада давления.

Относительная погрешность δ_i определяется по формуле 10:

$$\delta_i = \frac{f_{\text{расч}} - f_n}{f_n} \cdot 100\% \quad (10)$$

Где: $f_{\text{расч}}$ – значение частоты при заданном перепаде давления ΔP_i ;

f_n – паспортное значение частоты соответствующее перепаду ΔP_n

Результаты поверки считают положительными, если относительная погрешность не превышает $\pm 1 \%$.

10.2 Определение погрешности при преобразовании значения расхода газа в частотный и токовый сигнал

Погрешность определяют при трех значениях расхода в рабочих условиях в трех точках Q_{max} , 0,1 Q_{max} и Q_{min} .

К частотному выходу электронного блока подключить частотомер, к токовому выходу – вольтметр универсальный и источник питания постоянного тока (от 12 до 24 В). Допускается применять универсальный калибратор унифицированных сигналов.

С помощью ПО АРМ «GFG View» войти в режиме «Тест выходного сигнал F» и «Тест выходного сигнала I». В тестовом режиме эмуляции значения расхода в расходомере считать значения следующих параметров:

- значение расхода в рабочих условиях $Q_{изм}$ с показывающего устройства расходомера или с дисплея компьютера, м³/ч;
- значение частоты $F_{изм}$ – с частотомера, Гц;
- значение тока $I_{изм}$ – с токовой шкалы вольтметра, мА.

Определить расчетные значения частоты и тока по формулам 11 и 12:

$$F_{расч} = F_{max} \cdot Q_{изм} / Q_{max} \quad (11)$$

$$I_{расч} = ((I_{max} - I_o) \cdot Q_{изм} / Q_{max}) + I_o \quad (12)$$

где: F_{max} , I_{max} и Q_{max} – максимальные значения частоты (Гц), тока (мА) и расхода (м³/ч), заданные для шкалы выходного сигнала;

I_o – значение тока, соответствующее нулевому значению расхода, мА, для шкалы выходного сигнала.

Указанные величины F_{max} , I_{max} и Q_{max} приведены в паспорте поверяемого расходомера и должны быть внесены в настройчную базу расходомера.

Вычислить относительную погрешность расходомера по частотному выходу в каждой точке расхода по формуле 13:

$$\delta_F = ((F_{изм} - F_{расч}) / F_{расч}) \cdot 100\% \quad (13)$$

где $F_{изм}$ - значение частоты с частотомера, Гц.

Расходомер считают прошедшим поверку, если значения относительной погрешности по частотному выходу δ_F расходомера находятся в пределах $\pm 0,1$ %. Вычислить приведенную погрешность по токовому выходу в каждой точке расхода по формуле 14:

$$\gamma_I = ((I_{изм} - I_{расч}) / (I_{max} - I_o)) \cdot 100\% \quad (14)$$

где $I_{изм}$ - значение тока с токовой шкалы вольтметра, мА.

Результаты поверки считают положительными, если значения приведенной погрешности токового выхода γ_I расходомера находятся в пределах $\pm 0,1$ %.

10.3 Определение приведенной погрешности при измерении постоянного тока (от 4 до 20 мА)

Приведенную погрешность при измерении постоянного тока определяют путем сравнения заданного значения постоянного тока калибратором тока и измеренного значения тока расходомером.

К токовому входу расходомера блока интерфейсов подключить калибратор тока согласно схеме указанной в РЭ, последовательно задать калибратором значения 4, 10 и 20 мА.

Считать измеренные значения постоянного тока с показывающего устройства расходомера или с помощью ПО АРМ «GFG View».

Вычислить приведенную погрешность при измерении постоянного тока в каждой точке по формуле 15:

$$\gamma_I = ((I_{изм} - I_{эт}) / (I_{max} - I_o)) \cdot 100\% , \quad (15)$$

где $I_{изм}$ – измеренное значение постоянного тока, мА;

$I_{эт}$ – заданное калибратором значение постоянного тока, мА;

$(I_{max} - I_o)$ – диапазон измерений значений постоянного тока, мА.

Расходомер считают прошедшим поверку, если значения приведенной погрешности при измерении постоянного тока находятся в пределах $\pm 0,1$ %.

10.4 Определение абсолютной погрешности при измерении температуры газа

10.4.1 Определение абсолютной погрешности при измерении температуры газа осуществляется методом сличения температуры, измеренной эталонным термометром сопротивления и преобразователем температуры расходомера.

Расходомер модификации Н вместе с эталонным термометром поместить в камеру тепла и холода с погрешностью поддержания температуры не более $\pm 3^\circ\text{C}$. Задать температуру в камере 0°C .

После установления стабильных значений температуры снять показания температуры с показывающего устройства расходомера (или монитора ПК) и эталонного термометра сопротивления (не менее 10 значений).

Первичный преобразователь температуры расходомеров модификаций F, Z и ΔP помещают в колодец термостата так, чтобы рабочая часть преобразователя была полностью погружена.

Установить режим «Поверка канала Т» с помощью программы АРМ «GFG View» раздел «Поверка канала Т».

Установить на термостате температуру 0°C и контролировать выход на режим термостата в соответствии с его эксплуатационной документацией. После установления стабильных значений температуры по индикации готовности термостата зафиксировать показания температуры с цифрового табло расходомера (или монитора ПК) и эталонного термометра сопротивления (не менее 10 значений).

10.4.2 Определить среднее значение температуры за время измерения, а также среднее значение показаний температуры с поверяемого расходомера по формуле 16:

$$t_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N}, \quad (16)$$

где t_{cp} - среднее значение температуры за время измерения;
N – количество измерений.

10.4.3 Значение абсолютной погрешности расходомера при измерении температуры определить по формуле 17:

$$\Delta t_i = (t_{cp.изм.} - t_{cp.эт.}) \quad (17)$$

10.4.4 Повторить пункты 10.4.1 – 10.4.3 для минимального и максимального значения измеряемой температуры.

10.4.5 Результаты измерений занести в протокол поверки.

Результаты определения абсолютной погрешности расходомеров при измерении температуры считают положительными, если абсолютная погрешность при измерении температуры находится в пределах $\pm (0,15 + 0,002 \cdot |t|)$, $^\circ\text{C}$.

Расходомер, не удовлетворяющий вышеуказанным требованиям, дальнейшей поверке не подлежит.

10.5 Определение относительной погрешности при измерении давления

Определение относительной погрешности при измерении давления проводят с помощью калибратора давления, обеспечивающего создание абсолютного (избыточного) давления в рабочем диапазоне измерения давления расходомером и программного обеспечения АРМ «GFG View».

Подключить первичный преобразователь давления к калибратору давления. Определить погрешность расходомера при измерении давления в трех контрольных точках:

$$P_1 = 0,33 P_{\max};$$

$$P_2 = (P_1 + P_3) / 2;$$

$$P_3 = P_{\max}, \text{ где } P_{\max} - \text{ВПИ.}$$

10.5.1 При избыточном давлении более 0,1 МПа допускается применение датчика избыточного давления. При этом значение эталонного давления определяется по формуле 18:

$$P_{\text{эт}} = P_{\text{эт.изб}} + P_{\text{бар}}, \quad (18)$$

где $P_{\text{бар}}$ – измеренное барометрическое давление, МПа;

$P_{\text{эт.изб}}$ – значение избыточного давления, заданное эталонным средством, МПа.

10.5.2 В каждой точке выполнить по одному измерению при прямом и обратном ходе и вычислить значение погрешности по формуле 19:

$$\delta_{p_i} = \left(\frac{P_{\text{изм}}}{P_{\text{эт}}} - 1 \right) \cdot 100\%, \quad (19)$$

где $P_{\text{изм}}$ — показание расходомера, МПа – считывается с показывающего устройства расходомера или с монитора компьютера;

$P_{\text{эт}}$ — давление, заданное калибратором или рассчитанное по формуле 8, МПа.

10.5.3 Результаты занести в протокол поверки.

Результаты поверки считают положительными, если значение относительной погрешности при измерении давления находится в пределах $\pm 0,25\%$.

10.6 Определение относительной погрешности вычислителя ВП

При помощи ПО «АРМ «GFG View» переводят расходомер в режим «Поверка - Тест рTZ». Выбирают алгоритм расчета плотности и коэффициента сжимаемости.

Вводят значения следующих параметров в соответствии с данными в Д.1-Д.13 Приложения Д:

Значения параметров газовой смеси:

-молярные доли компонентов (%);

- температуры ($^{\circ}\text{C}$);

- абсолютного давления (МПа);

- вводят значение расхода в рабочих условиях, ($\text{м}^3/\text{ч}$);

Вводят время измерения объема и массы. Устанавливают флаг «Проверка вычисления объема и массы» и

Запускают накопление нажатием кнопки Пуск.

Считывают из расходомера с помощью ПО «АРМ «GFG View» значения объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям $Q_{\text{си}}$ ($\text{м}^3/\text{ч}$).

Вычисляют относительную погрешность вычислителя ВР при вычислении объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям, по формуле 20:

$$\delta_{Q_c} = \frac{Q_{\text{си}} - Q_{\text{ср}}}{Q_{\text{ср}}} \cdot 100\% \quad (20)$$

$Q_{\text{си}}$ – значение объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям, вычисленное расходомером;

$Q_{\text{ср}}$ – значение объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям, теоретически расчетное по формуле 21:

$$Q_{\text{ср}} = Q_p \cdot \frac{T_c}{Z \cdot P_c} \cdot \frac{P_p}{T_p} \quad (21)$$

P_c – давление при стандартных условиях (101,325 кПа);

T_c – термодинамическая температура при стандартных условиях (293,15 К);

Q_p , T_p , P_p – объемный расход, температура и давление при рабочих условиях ($\text{м}^3/\text{ч}$, К, кПа);

Z – коэффициент сжимаемости газа, вычисляется в соответствии с нормативными документами, устанавливающими метод расчета физических свойств (ГОСТ 30319.2-2015 «Газ природный. Методы расчета физических свойств. Вычисление физических свойств на основе данных о плотности при стандартных условиях и содержании азота и диоксида углерода»,

ГОСТ 30319.3-2015 «Газ природный. Методы расчета физических свойств. Вычисление физических свойств на основе данных о компонентном составе», ГСССД МР 273-2018 «Методика расчетного определения плотности, фактора сжимаемости, скорости звука, показателя адиабаты, коэффициента динамической вязкости влажных газовых смесей в диапазоне температур от 263 К до 500 К при давлениях до 30 МПа», ГСССД МР 118-2005 «Расчет плотности, фактора сжимаемости, показателя адиабаты и коэффициента динамической вязкости умеренно-сжатых газовых смесей»; ГСССД МР 229-2014 «Методика расчетного определения термодинамических свойств и коэффициента динамической вязкости природного газа при температурах 250...350 К и давлениях до 30 МПа на основе ГОСТ Р 8.662-2009, ГСССД МР 134-2005 «Расчет плотности, фактора сжимаемости, показателя адиабаты и коэффициента динамической вязкости умеренно-сжатых газовых смесей»).

Значение Q_p , выбирается в диапазоне измерений объемного расхода газа в рабочих условиях расходомера.

Считывают из расходомера с помощью ПО «АРМ «GFG View» значение объема газа при стандартных условиях, вычисленное расходомером V_{cu} (м³).

Вычисляют значение объема газа при стандартных условиях V_{cp} (м³) по формуле 22:

$$V_{cp} = Q_p \cdot \frac{t}{3600}, \quad (22)$$

где t – длительность накопления данных, с

Вычисляют относительную погрешность вычислителя ВР при вычислении объема газа, приведенного к стандартным условиям, по формуле 23:

$$\delta_{V_c} = \frac{V_{cu} - V_{cp}}{V_{cp}} \cdot 100\% \quad (23)$$

V_{cu} – значение объема газа при стандартных условиях, вычисленное расходомером;

V_{cp} – значение объема газа, теоретически расчетное в соответствии с установленными параметрами расчета с учетом требований нормативных документов, устанавливающих методы расчета физических свойств (по ф.24).

Считывают из расходомера с помощью ПО «АРМ «GFG View» значение массового расхода газа, вычисленное расходомером Q_{mi} (кг/ч).

Вычисляют значение массового расхода газа Q_{mp} (кг/ч) по формуле 24.

$$Q_{mp} = Q_p \cdot \rho, \quad (24)$$

где: ρ – плотность газа в рабочих условиях (вычисляется в соответствии с установленными параметрами расчета с учетом требований нормативных документов, устанавливающих методы расчета физических свойств, кг/м³).

Вычисляют относительную погрешность вычислителя ВР при вычислении массового расхода газа по формуле 25:

$$\delta_{Q_m} = \frac{Q_{mi} - Q_{mp}}{Q_{mp}} \cdot 100\% \quad (25)$$

Считывают из расходомера с помощью ПО «АРМ «GFG View» значение массы газа, вычисленное расходомером M_u (кг). Вычисляют значение массы газа M_p (кг) по формуле 26:

$$M_p = Q_{mp} \cdot \frac{t}{3600}, \quad (26)$$

где t – длительность накопления данных, с

Вычисляют относительную погрешность вычислителя ВР при вычислении массы газа по формуле 27:

$$\delta_M = \frac{M_u - M_p}{M_p} \cdot 100\% \quad (27)$$

Поверка - Тест рТЗ

Расчёт Ксж
Метод расчёта: ГСССД МР 118-05

Сумма, %
100,0000

☒ Записать

Состав газа

Компонент	Значение	Ед. изм.
Метан	73,5000	мол. %
Этан	3,3000	мол. %
Пропан	0,7400	мол. %
н-Бутан	0,0800	мол. %
и-Бутан	0,0800	мол. %
н-Пентан	0,0400	мол. %
и-Пентан	0,0400	мол. %
н-Гексан	0,0600	мол. %
Водород	9,5000	мол. %
Кислород	0,0100	мол. %
Аргон	0,0100	мол. %
Моноксид углерода	1,0000	мол. %
Этилен	0,0000	мол. %
Аммиак	0,0000	мол. %
Гелий	0,0200	мол. %
Сероводород	0,0200	мол. %

Режим эмуляции Qраб, Т, Р

Отладочное значение рабочего расхода, м³/ч: 30

Отладочное значение температуры, °C: 16.85

Отладочное значение давления, МПа: 5

Управление замерами

Время изм., минут: 5

☒ Проверка вычисления объёма и массы

Длительность, сек: 300,015

Расход, м³/ч

Qси: 1611,782 Qср: 1611,783 $\delta Q_c, \%$: -0,001

Объём, м³

Vси: 134,32192 Vср: 134,32197 $\delta V_c, \%$: -0,001

Массовый расход, кг/ч

Qми: 1161,213 Qмр: 1161,214 $\delta Q_m, \%$: -0,001

Масса, кг

Ми: 96,77261 Мр: 96,77265 $\delta M, \%$: -0,001

Накопление данных и усреднение. Прошло 300 сек. Измерений: 151

Определение относительной погрешности вычислителя ВР проводится для комбинаций значений параметров, приведенных в таблицах Д.1, Д.2, Д.3, Д.4, Д.5, Д.6, Д.7, Д.8, Д.9, Д.10, Д.11, Д.12, Д.13. Приложения Д.

Результат поверки считают положительным, если рассчитанные погрешности находятся в пределах $\pm 0,02 \%$.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Расходомер соответствует метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, и результаты поверки считают положительными, если результаты поверки по разделам 7 - 10 положительные.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки оформляют протоколом произвольной формы.

12.2 При положительном результате поверки знак поверки наносится в паспорт расходомера и (или) на свидетельство о поверке (при заявлении) в соответствии с Приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», а также на расходомер в соответствии с описанием типа.

12.3 При отрицательных результатах выполнения операций поверки оформляют извещение о непригодности к применению, оформленным в соответствии с действующими нормативными документами, с указанием причин.

Заместитель начальника
отдела 208 ФГУП «ВНИИМС»



А.М. Шаронов

Инженер
отдела 208 ФГУП «ВНИИМС»



Д.В. Чекулаев

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1

t, °C	Относительная влажность воздуха, φ, %					
	30	40	50	60	70	80
14	1,00157	1,00130	1,00102	1,00075	1,00047	1,00019
16	1,00146	1,00114	1,00072	1,00052	1,00021	0,9999
18	1,00133	1,00097	1,00051	1,00026	0,9999	0,9995
20	1,00120	1,00080	1,00040	1,00000	0,9996	0,9992
22	1,00103	1,00057	1,00012	0,9996	0,9992	0,9988
24	1,00085	1,00034	0,9998	0,9993	0,9988	0,9983
26	1,00066	1,00008	0,9995	0,9989	0,9983	0,9978

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Поз.	Наименование
1	ПР GFG
2	УПБ

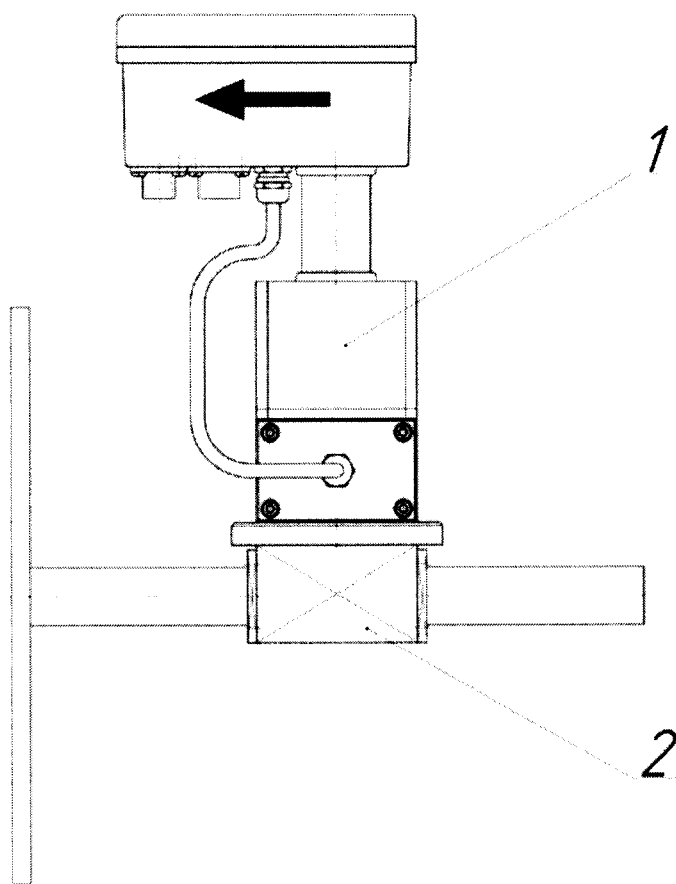


Рисунок Б.1 – Схема установки ПР через установочный блок на поворочную установку

ПРИЛОЖЕНИЕ В

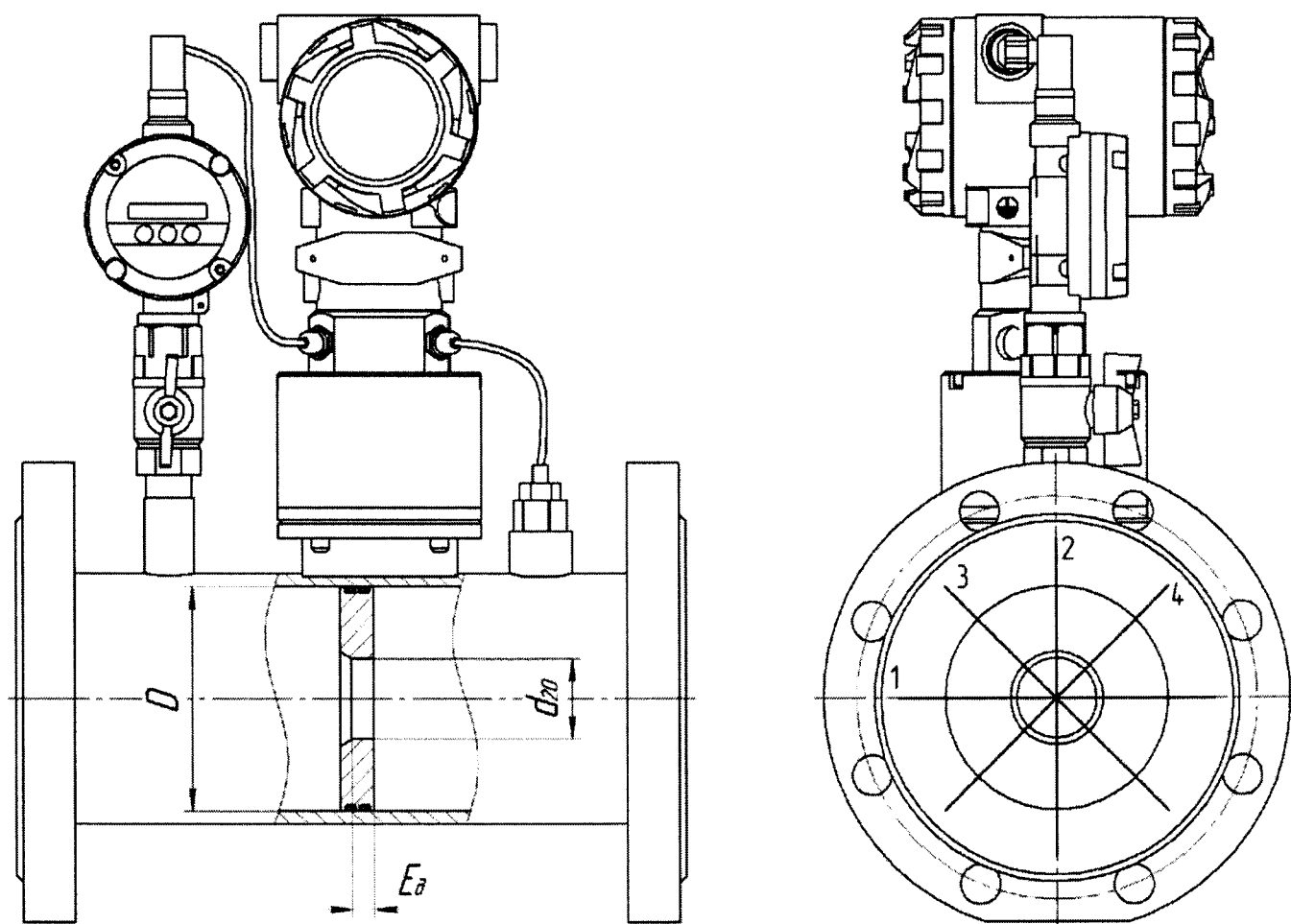
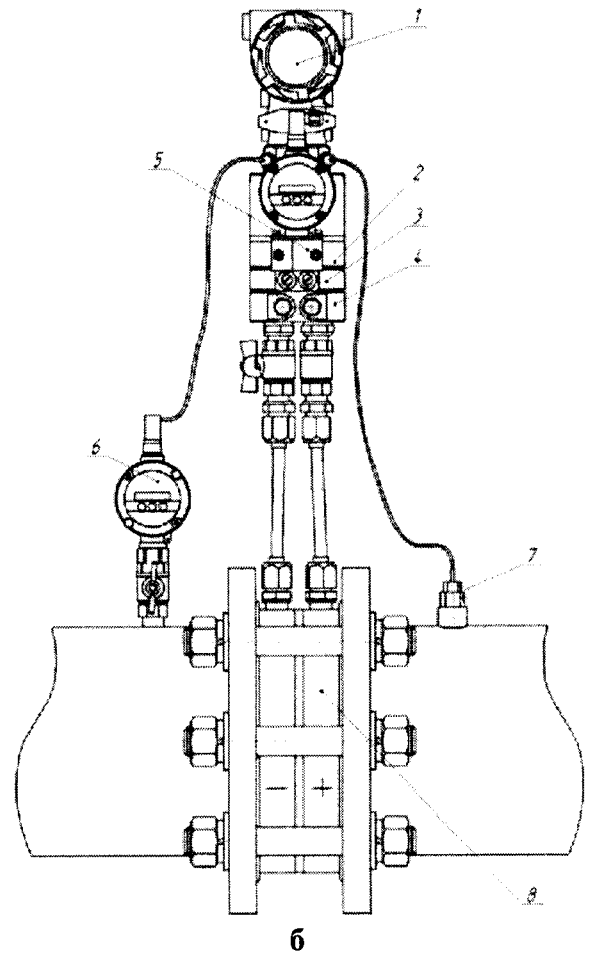
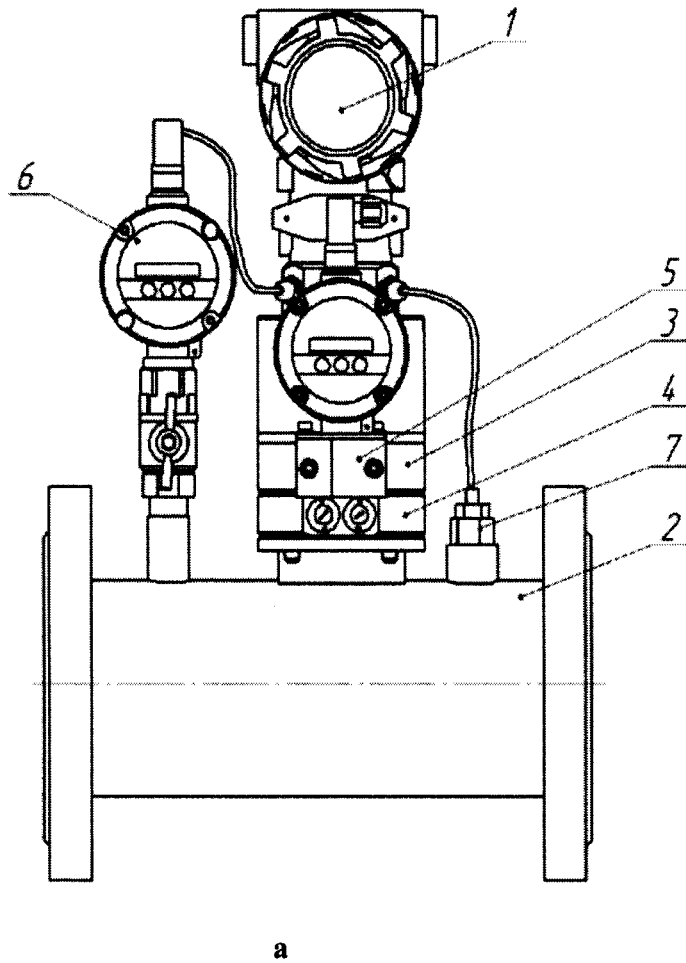


Рисунок В.1 – Схема проведения измерений при проверке геометрических параметров УФР

ПРИЛОЖЕНИЕ Г



Поз.	Наименование
1	Вычислительный блок
2	УФР
3	Фильтр
4	Вентильный блок
5	Преобразователь перепада давления
6	Преобразователь давления
7	Преобразователь температуры

Рисунок
Г.1 –
Схема
а
установка

Поз.	Наименование
1	Вычислительный блок
2	Фильтр
3	Вентильный блок
4	Подключение СИ перепада давления
5	Преобразователь перепада давления
6	Преобразователь давления
7	Преобразователь температуры
8	Стандартное сужающее устройство

и расходомера в трубопровод:

а – расходомер Turbo Flow GFG модификации F
б – расходомер Turbo Flow GFG модификации ΔP

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(обязательное)

Тестовые комбинации параметров при определении относительной погрешности
вычислителя ВП

Комбинация Д.1 По ГОСТ 30319.2-2015, смесь №2.

Вводимые значения		z по ГОСТ	ρ , кг/м ³	Время измерения, с, не менее
t, °C	P _{абс} , (МПа)			
-23,15	0,1	0,9964	0,9576	300
76,85	7,5	0,9284	55,056	300

Состав газа:

азот

5,7 мол. %

диоксида углерода

7,6 мол. %

Плотность при 0,101325 МПа и 293,15 К:

0,8263 кг/м³

Комбинация Д.2 по ГОСТ 30319.3-2015, смесь №3

Вводимые значения		z по ГОСТ	ρ , кг/м ³	Время измерения, с, не менее
t, °C	P _{абс} , (МПа)			
-23,15	0,1	0,9972	0,7454	300
76,85	30	1,003	158,8	300

Состав газа:

Метан	86,41	мол. %
Этан	1,8	мол. %
Пропан	0,45	мол. %
и-Бутан	0,1	мол. %
н-Бутан	0,1	мол. %
и-Пентан	0,03	мол. %
н-Пентан	0,05	мол. %
н-Гексан	0,12	мол. %
Азот	0,34	мол. %
Диоксид	0,6	мол. %
Гелий	0,5	мол. %
Водород	9,5	мол. %

Комбинация Д.3 По ГСССД МР118-05. Природный газ с повышенным содержанием водорода .

Вводимые значения		z по ГСССД	ρ , кг/м ³	Время измерения, с, не менее
T, °C	P _{абс} , (МПа)			
16,85	5	0,92706	38,707	300
76,85	10	0,95302	62,396	300

Состав газа:

Метан	73,50	мол. %
Этан	3,30	мол. %
Пропан	0,74	мол. %
и-Бутан	0,08	мол. %
н-Бутан	0,08	мол. %
и-Пентан	0,04	мол. %
н-Пентан	0,04	мол. %
н-Гексан	0,06	мол. %
Азот	10,0	мол. %
Диоксид углерода	1,6	мол. %
Гелий	0,02	мол. %
Водород	9,5	мол. %
Кислород	0,01	мол. %
Оксид углерода	1,00	мол. %
Сероводород	0,02	мол. %
Аргон	0,01	мол. %

Комбинация Д.4 По ГСССД МР 118-05, смесь с аммиаком .

Вводимые значения		z по ГСССД	ρ , кг/м ³	Время измерения, с, не менее
t, °C	P _{абс} , (МПа)			
100,00	10,133	1,0299	40,112	300

Состав газа:

Метан	5,2	мол. %
Азот	18,9	мол. %
Водород	56,7	мол. %
Аргон	9,2	мол. %
Аммиак	10,0	мол. %

Комбинация Д.5 По ГСССД МР 118-05, гелиевый концентрат.

Вводимые значения		z по ГСССД	ρ , кг/м ³	Время измерения, с, не менее
t, °C	P _{абс} , (МПа)			
-73,15	0,1	1,00063	0,49796	300
126,85	10	1,0423	23,902	300

Состав газа:

Метан	2,0	мол. %
Азот	16,0	мол. %
Водород	6,0	мол. %
Кислород	0,5	мол. %
Аргон	0,5	мол. %
Гелий	75	мол. %

Комбинация Д.6 По ГСССД МР 273-2018. Сухой газ.

Вводимые значения		z по ГСССД	ρ , кг/м ³	Время измерения, с, не менее
t, °C	P _{абс} , (МПа)			
6,85	0,1	0,99495	1,2162	300
226,85	30	1,0184	199,62	300

Состав газа:

Метан	51,981	мол. %
Этан	11,9785	мол. %
Пропан	10,0038	мол. %
н-Бутан	3,3027	мол. %
н-Пентан	0,4948	мол. %
н-Гексан	0,1971	мол. %
Азот	2,0562	мол. %
Диоксид углерода	19,9859	мол. %

Комбинация Д.7 По ГСССД МР 134-2007. Азот.

Вводимые значения		z по ГСССД	ρ , кг/м ³	Время измерения, с, не менее
t, °C	P _{абс} , (МПа)			
-73,15	0,1	0,99773	1,6885	300
151,85	10	1,041	76,153	300

Состав газа:

Азот	100	мол. %
------	-----	--------

Комбинация Д.8 По ГСССД МР 134-2007. Кислород.

Вводимые значения		z по ГСССД	ρ , кг/м ³	Время измерения, с, не менее
t, °C	P _{абс} , (МПа)			
-73,15	0,1	0,99701	1,9301	300
151,85	10	1,01230	89,455	300

Состав газа:

Кислород 100 мол. %

Комбинация Д.9 По ГСССД МР 134-2007. Водород.

Вводимые значения		z по ГСССД	ρ , кг/м ³	Время измерения, с, не менее
t, °C	P _{абс} , (МПа)			
-73,15	0,1	1,00070	0,12115	300
151,85	10	1,04560	5,456	300

Состав газа:

Водород 100 мол. %

Комбинация Д.10 По ГСССД МР 229-2014 Газ.1

Вводимые значения		z по ГСССД	ρ , кг/м ³	Время измерения, с, не менее
T, °C	P _{абс} , (МПа)			
-23,15	0,1	0,99658	0,81117	300
76,85	30	0,97032	178,527	300

Состав газа:

Метан	96,5	мол. %
Этан	1,8	мол. %
Пропан	0,45	мол. %
и-Бутан	0,1	мол. %
н-Бутан	0,1	мол. %
и-Пентан	0,05	мол. %
н-Пентан	0,03	мол. %
н-Гексан	0,07	мол. %
Азот	0,3	мол. %
Диоксид углерода	0,6	мол. %

Комбинация Д.11 По ГСССД МР 229-2014 Газ.2

Вводимые значения		z по ГСССД	ρ , кг/м ³	Время измерения, с, не менее
T, °C	P _{абс} , (МПа)			
-23,15	0,1	0,99658	0,81117	300
76,85	30	0,97032	178,527	300

Состав газа:

Метан	90,7	мол. %
Этан	4,5	мол. %
Пропан	0,84	мол. %
и-Бутан	0,1	мол. %
н-Бутан	0,15	мол. %
и-Пентан	0,03	мол. %
н-Пентан	0,04	мол. %
Азот	3,1	мол. %
Диоксид углерода	0,5	мол. %
Кислород	0,01	мол. %
Сероводород	0,01	мол. %
Аргон	0,01	мол. %
Вода	0,01	мол. %

Комбинация Д.12 По ГСССД МР 229-2014 Газ.4

Вводимые значения		z по ГСССД	ρ , кг/м ³	Время измерения, с, не менее
T, °C	P _{абс} , (МПа)			
-23,15	0,1	0,99735	0,83531	300
76,85	30	1,01893	175,204	300

Состав газа:

Метан	73,5	мол. %
Этан	3,3	мол. %
Пропан	0,74	мол. %
и-Бутан	0,08	мол. %
н-Бутан	0,08	мол. %
и-Пентан	0,04	мол. %
н-Пентан	0,04	мол. %
н-Гексан	0,02	мол. %
Азот	0,02	мол. %
Диоксид углерода	10	мол. %
Кислород	1,6	мол. %
Сероводород	0,02	мол. %
Аргон	9,5	мол. %
Монооксид углерода	0,01	мол. %
Сероводород	0,01	мол. %
Аммиак	1	мол. %
н-Гептан	0,01	мол. %
н-Нонан	0,01	мол. %
н-Декан	0,01	мол. %
Вода	0,01	мол. %

Комбинация Д.13 По ГСССД МР 229-2014 Газ.6

Вводимые значения		z по ГСССД	ρ , кг/м ³	Время измерения, с, не менее
T, °C	P _{абс} , (МПа)			
-23,15	0,1	0,99678	0,89901	300
76,85	30	0,99197	193,58	300

Состав газа:

Метан	82,5198	мол. %
Этан	3,4611	мол. %
Пропан	0,7645	мол. %
н-Бутан	0,2539	мол. %
н-Пентан	0,0746	мол. %
н-Гексан	0,0225	мол. %
Азот	11,7266	мол. %
Диоксид углерода	1,1093	мол. %
Кислород	0,0538	мол. %
н-Нонан	0,011	мол. %
н-Декан	0,0029	мол. %