



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ – РОСТЕСТ»
(ФБУ «НИЦ ПМ – РОСТЕСТ»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора



С.А. Денисенко

2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Комплексы измерительные ЭЛМЕТРО-ЛУЧ

Методика поверки

РТ-МП-864-208-2025

г. Москва
2025 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки применяется для поверки комплексов измерительных ЭЛМЕТРО-ЛУЧ (далее – комплексы), используемых в качестве рабочих средств измерений, и устанавливает требования к методам и средствам их первичной и периодических поверок.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические требования

Наименование характеристики	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений ¹⁾ , %				
	Б	В0	В	Г	Д
Исполнение комплекса					
Термодинамическая температура газа	±0,22	±0,3	±0,6	±0,6	±0,6
Абсолютное давление газа	±0,3	±0,4	±0,6	±1,0	±1,0
Отношение коэффициента сжимаемости при рабочих условиях к коэффициенту сжимаемости при стандартных условиях	±0,4	±0,45	±0,45	±0,75	±0,75
Погрешность вычислений, обусловленная алгоритмом вычислений и его программной реализацией	±0,005 ²⁾ ; ±0,01 ³⁾ ; ±0,02 ⁴⁾				
Приведение расхода и объема газа к стандартным условиям с использованием вычислителя	±0,55	±0,7	±1,0	±2,0	±2,5
Объемный расход и объем в рабочих условиях	±0,5	±0,7	±1,0	±1,5	±3,0
Объемный расход и объем газа, приведенные к стандартным условиям	±0,75	±1,0	±1,5	±2,5	±5,0
¹⁾ При рабочих условиях в условиях эксплуатации. ²⁾ Преобразователь расчетно-измерительный ТЭКОН-19. ³⁾ Вычислитель УВП -280, устройство обработки сигналов расходомера-счетчика газа ультразвукового ЭЛМЕТРО-Флоус (ДРУ) (далее – встроенный вычислитель). ⁴⁾ Вычислитель УВП -280 при применении ГСССД МР 113-2003.					

1.3 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача следующих единиц физических величин:

- единицы объема и объемного расхода газа в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 11.05.2022 № 1133 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений объемного и массового расхода газа, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц объемного и массового расходов газа ГЭТ 118-2017 методом непосредственного сличения или методом косвенных измерений;

- единицы абсолютного давления в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 06.12.2019 № 2900 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений абсолютного давления диапазоне $1 \cdot 10^{-1}$ - $1 \cdot 10^7$ Па, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы давления для области абсолютного давления в диапазоне $1 \cdot 10^{-1}$ - $7 \cdot 10^5$ Па ГЭТ 101-2011 методом непосредственного сличения;

- единицы избыточного давления в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 20.10.2022 № 2653 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц давления – паскаля ГЭТ 23-2010 методом непосредственного сличения;

- единицы температуры в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 19.11.2024 № 2712. Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С ГЭТ 34-2020 и Государственному первичному эталону единицы температуры в диапазоне от 0,3 до 273,16 К ГЭТ 35-2021 методом непосредственного сличения.

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении поверки выполняют следующие операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Проведение операций при		Номер раздела (пункта) методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			10
Определение относительной погрешности измерений контролируемых параметров при рабочих условиях в условиях эксплуатации	Да	Да	10.1
Определение относительной погрешности измерений термодинамической температуры газа	Да	Да	10.2
Определение относительной погрешности измерений абсолютного давления газа	Да	Да	10.3
Определение относительной погрешности вычислений отношения коэффициента сжимаемости при рабочих условиях к коэффициенту сжимаемости при стандартных условиях	Да	Да	10.4
Определение относительной погрешности вычислений, обусловленной алгоритмом вычислений и его программной реализацией	Да	Да	10.5
Определение относительной погрешности приведения объемного расхода (объема) газа к стандартным условиям с использованием вычислителя	Да	Да	10.6
Определение относительной погрешности измерений объемного расхода (объема) газа в рабочих условиях	Да	Да	10.7

Продолжение таблицы 2

Определение относительной погрешности измерений объемного расхода (объема) газа, приведенного к стандартным условиям	Да	Да	10.8
--	----	----	------

2.2 Поверку комплексов проводят поэлементно путем проверки наличия оформленных в установленном порядке положительных результатов поверки средств измерений утвержденного типа, входящих в состав комплекса, и определения расчетным методом метрологических характеристик (относительной погрешности измерений) для подтверждения соответствия средства измерений метрологическим требованиям.

2.3 Для определения расчетным методом метрологических характеристик (относительной погрешности измерений) допускается применение программно-технических комплексов, реализующих алгоритмы определения относительной погрешности измерений, приведенные в разделе 10. Данные алгоритмы, соответствуют алгоритмам оценки доверительных границ относительной погрешности, приведенным в ГОСТ 8.611-2024 «ГСИ. Расход и объем газа. Методика (метод) измерений с применением ультразвуковых преобразователей расхода».

2.4 Комплекс должен быть представлен на периодическую поверку с расчетом метрологических характеристик (относительной погрешности измерений), являющимся приложением к паспорту на комплекс.

3 Требования к условиям проведения поверки

- | | |
|---|---|
| - поверочная среда | воздух или газ известного состава |
| - температура окружающего воздуха, °C | от -10 до +30 |
| - температура поверочной среды, °C | в соответствии с эксплуатационной документацией в зависимости от исполнения комплекса |
| - абсолютное давление измеряемой среды при поверке на месте эксплуатации, МПа | |
| - относительная влажность воздуха, % | от 30 до 95 |
| - атмосферное давление, кПа | от 84,0 до 106,7 |

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 Проведение поверки должен выполнять персонал, отвечающий требованиям, предъявляемым к поверителям средств измерений, знающий принцип действия используемых при проведении поверки средств измерений, изучивший настоящую методику поверки, эксплуатационную документацию на комплексы и прошедший инструктаж по технике безопасности.

4.2 Допускается проводить поверку с привлечением обученного персонала, под непосредственным руководством поверителя.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства измерений, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Рекомендуемые средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки (номер пункта настоящей методики)	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимым для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
3	Прибор комбинированный, диапазон измерений: температура от -10 до +60 °С; влажность от 10 до 95 %; давление: от 700 до 1100 гПа. Погрешность измерений абсолютная: температуры $\pm 0,3$ °С; влажности $\pm 3,0$ %; давления: $\pm 2,5$ гПа.	Термогигрометр ИВА-6Н-Д, регистрационный номер 46434-11
Примечание – Допускается использовать при поверке другие средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки соблюдают требования безопасности, определяемые:

- правилами безопасности труда, действующими в поверочной лаборатории;
- правилами безопасности, действующими на предприятии;
- правилами безопасности при эксплуатации используемых средств поверки, приведенными в их эксплуатационной документации.

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

7 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре устанавливают соответствие комплекса следующим требованиям:

7.1 Внешний вид комплекса должен соответствовать описанию и изображению, приведенному в описании типа средства измерений.

7.2 Надписи и обозначения на комплексе должны быть четкими и соответствовать требованиям эксплуатационной документации.

7.3 Видимые повреждения и механические дефекты, препятствующие применению комплекса должны отсутствовать.

7.4 Результаты поверки считают положительными, если комплекс удовлетворяет всем вышеперечисленным требованиям.

7.5 При получении отрицательных результатов, комплекс считают не прошедшим поверку и дальнейшие операции поверки не проводят.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением поверки поверяемый комплекс и средства поверки приводят в рабочее состояние в соответствии с эксплуатационной документацией.

8.2 При поверке комплексов в лабораторных условиях убеждаются в наличии показаний комплекса, установленного на устройство для воспроизведения объемного расхода воздуха любого принципа действия, в нормируемом диапазоне измерений объемного расхода газа при рабочих условиях и температуры измеряемой среды, указанных в эксплуатационной документации на комплекс.

8.3 При поверке комплексов на месте эксплуатации убеждаются в наличии показаний комплекса, установленного на измерительный трубопровод, после подачи измеряемой среды в нормируемом диапазоне измерений объемного расхода газа при рабочих условиях, абсолютного давления и температуры измеряемой среды, указанных в эксплуатационной документации на комплекс.

8.4 Результаты опробования считают положительными, если значения расхода газа по показаниям комплекса отличны от нуля, значения параметров температуры и давления окружающей среды, а также абсолютного давления и (или) температуры измеряемой среды находятся в пределах диапазонов, указанных в разделе 3.

8.5 При получении отрицательных результатов, комплекс считают не прошедшим поверку и дальнейшие операции поверки не проводят.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Проверку идентификационных данных программного обеспечения (далее – ПО) проводят в зависимости от комплектации комплекса. В качестве ПО в комплексах используется ПО расходомера-счетчика газа ультразвукового ЭЛМЕТРО-Флоус (ДРУ) или преобразователя расчетно-измерительного ТЭКОН-19 или вычислителя УВП-280 (далее – вычислители).

9.1.1 При использовании в качестве вычислителя комплекса устройства обработки сигналов расходомера-счетчика газа ультразвукового ЭЛМЕТРО-Флоус (ДРУ) (регистрационный номер 73894-19) после подачи питания в меню расходомера-счетчика выбирают пункты «Информация» и «Модуль сенсора».

Результаты поверки считают положительными, если идентификационные данные программного обеспечения соответствуют идентификационным данным программного обеспечения, указанным в таблице 4.

Таблица 4

Идентификационные данные (признаки)	Значения
Номер версии (идентификационный номер)	1.B.C
Цифровой идентификатор ПО	0xDC90
Примечание – Номер версии программного обеспечения имеет структуру A.B.C (A – номер версии метрологически значимой части ПО; B – номер версии метрологически незначимой части программного обеспечения, определяющей интерфейс взаимодействия с пользователем; C – вспомогательный идентификационный номер, для устранения ошибок и неточностей метрологически незначимой части программного обеспечения). B и C могут быть любые переменные значения.	

9.1.2 При использовании в качестве вычислителя комплекса преобразователя расчетно-измерительного ТЭКОН-19 (регистрационный номер 61953-15) после подачи питания считывают идентификационные данные с дисплея преобразователя расчетно-измерительного ТЭКОН-19.

Результаты поверки считают положительными, если идентификационные данные программного обеспечения соответствуют идентификационным данным программного обеспечения, указанным в таблице 5.

Таблица 5

Идентификационные данные (признаки)	Значения				
Идентификационное наименование ПО	ТЭКОН19- М1 T10.06.292-06	ТЭКОН19- М2 T10.06.362- 06	ТЭКОН19- 11 T10.06.170	ТЭКОН19-15 T10.06.319-05	ТЭКОН19-15 T10.06.319-06
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	06.xx	06.xx	xx.03	05.xx	06.xx
xx — версия внутренней программы (метрологически незначимая часть)					

9.1.3 При использовании в качестве вычислителя комплекса вычислителя УВП-280 (регистрационный номер 53503-13) после подачи питания считывают идентификационные данные с показывающего устройства вычислителя УВП-280.

Результаты поверки считают положительными, если идентификационные данные программного обеспечения соответствуют идентификационным данным программного обеспечения, указанным в таблице 6.

Таблица 6

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Номер версии (идентификационный номер) ПО	3.14
Цифровой идентификатор ПО	95B15E67

9.2 При получении отрицательных результатов, комплекс считают не прошедшим поверку и дальнейшие операции поверки не проводят.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение относительной погрешности измерений контролируемых параметров при рабочих условиях в условиях эксплуатации

10.1.1 Относительную погрешность результата измерений величины y , вызываемой основной погрешностью средств измерений, δ_{oy} вычисляют по формулам:

- при известных пределах допускаемой основной абсолютной погрешности Δ_{oy} или допускаемой основной относительной погрешности Θ_{oy} средств измерений, входящих в состав комплекса (далее – СИ),

$$\delta_{oy} = \frac{\Delta_{oy}}{y} 100 = \Theta_{oy}; \quad (1)$$

- при известных пределах допускаемой основной приведенной погрешности γ_{oy} СИ:

если нормирующим значением является диапазон измерений ($y_v - y_n$)

$$\delta_{oy} = \gamma_{oy} \frac{y_v - y_n}{y}; \quad (2)$$

если нормирующим значением является верхний предел измерений y_v

$$\delta_{oy} = \gamma_{oy} \frac{y_v}{y}. \quad (3)$$

10.1.2 Относительную погрешность результата измерений величины y , вызываемой дополнительной погрешностью СИ, обусловленной внешней влияющей величиной, $\delta_{\text{дв}}$, вычисляют по формулам:

- при нормировании пределов допускаемых значений погрешности при наибольших отклонениях внешней влияющей величины от нормального значения

$$\delta_{\text{дв}} = \frac{\Delta_{\text{дв}}}{y} 100 = \gamma_{\text{дв}} \frac{y_{\text{в}} - y_{\text{н}}}{y} = \Theta_{\text{дв}}, \quad (4)$$

где $\Delta_{\text{дв}}$ - пределы допускаемой абсолютной дополнительной погрешности;
 $\gamma_{\text{дв}}$ - пределы допускаемой приведенной дополнительной погрешности;
 $\Theta_{\text{дв}}$ - пределы допускаемой относительной дополнительной погрешности.

- при нормировании пределов допускаемых значений коэффициентов влияния

$$\delta_{\text{дв}} = \frac{\Delta_{\text{дв}}}{y} \frac{\Delta x}{\Delta x_{\text{н}}} 100 = \gamma_{\text{д}} \frac{y_{\text{в}} - y_{\text{н}}}{y} \frac{\Delta x}{\Delta x_{\text{н}}} = \Theta_{\text{дв}} \frac{\Delta x}{\Delta x_{\text{н}}}, \quad (5)$$

где $\Delta_{\text{дв}}$ - пределы допускаемой абсолютной дополнительной погрешности при отклонении внешней влияющей величины на $\Delta x_{\text{н}}$;
 $\gamma_{\text{дв}}$ - пределы допускаемой приведенной дополнительной погрешности при отклонении внешней влияющей величины на $\Delta x_{\text{н}}$;
 $\Theta_{\text{дв}}$ - пределы допускаемой относительной дополнительной погрешности при отклонении внешней влияющей величины на $\Delta x_{\text{н}}$;
 Δx - отклонение внешней влияющей величины от нормального значения.

10.1.3 Относительную погрешность δ_y результатов измерений величины y вычисляют по формулам:

- при использовании измерительной цепи последовательно соединенных СИ

$$\delta_y = \left[\sum_{i=1}^l \left(\delta_{\text{оу}_i}^2 + \sum_{j=1}^{m_i} \delta_{\text{дв}_{ij}}^2 \right) \right]^{0,5}, \quad (6)$$

где l - число последовательно соединенных компонентов измерительной цепи, используемых для измерения величины y ;
 $\delta_{\text{оу}_i}$ - составляющая относительной погрешности результата измерений величины y , вызванная основной погрешностью i -го компонента измерительной цепи;
 m_i - число влияющих величин на составляющую относительной погрешности результата измерений величины y , вносимую i -м компонентом измерительной цепи;
 $\delta_{\text{дв}_{ij}}$ - составляющая относительной погрешности результата измерений величины y , вызванная дополнительной погрешностью i -го компонента измерительной цепи от j -й влияющей величины.

10.1.4 Относительную погрешность δ_y результатов измерений величины y , которая связана функциональной зависимостью с измеряемыми величинами y_i вычисляют по формуле

$$\delta_y = \left[\left(\delta_{y_f} \right)^2 + \sum_{i=1}^m g_{y_i}^2 \delta_{y_i}^2 \right]^{0,5}, \quad (7)$$

где δ_{y_f} - составляющая относительной погрешности, приписываемая функциональной зависимости;

ϑ_{y_i} - относительный коэффициент чувствительности величины y к изменению значения i -й измеряемой величины;

δ_{y_i} - доверительные границы относительной погрешности результатов измерений величины y_i .

При известных границах абсолютной погрешности Δy_f или относительной расширенной неопределенности U'_{y_f} , приписываемых функциональной зависимости, значение δ_{y_f} вычисляют по формуле

$$\delta_{y_f} = \frac{\Delta y_f}{y} 100 = U'_{y_f}. \quad (8)$$

Относительный коэффициент чувствительности ϑ_{y_i} вычисляют по формуле

$$\vartheta_{y_i} = f'_{y_i} \frac{y_i}{y}, \quad (9)$$

где f'_{y_i} - частная производная функции f по y_i .

10.1.5 Относительную погрешность результатов измерений величины y , которая принята условно-постоянной, вычисляют по формуле

$$\delta_y = \left(\frac{y_{\max} - y_{\min}}{y_{\max} + y_{\min}} \right) 100, \quad (10)$$

где $y_{\max}$ - максимальное значение величины y за период времени, в котором величина y принята в качестве постоянной;

$y_{\min}$ - минимальное значение величины y за период времени, в котором величина y принята в качестве постоянной;

10.2 Определение относительной погрешности измерений термодинамической температуры газа

10.2.1 Проверяют наличие оформленных в установленном порядке положительных результатов поверки средств измерений температуры и вычислителя, входящих в состав комплекса.

10.2.2 Относительную погрешность измерений термодинамической температуры газа вычисляют по формуле

$$\delta_T = \left[\sum_{i=1}^l \delta_{T_i}^2 \right]^{0,5}, \quad (11)$$

где l - число последовательно соединенных компонентов измерительной цепи, используемых для измерения температуры;

δ_{T_i} - пределы относительной погрешности результатов измерений термодинамической температуры газа i -го компонента, входящего в состав измерительной цепи с учетом дополнительных составляющих погрешности, вызванных внешними влияющими величинами.

10.2.3 Результаты поверки считают положительными, если средства измерений температуры и вычислитель, входящие в состав комплекса, поверены в установленном порядке, а значения относительной погрешности измерений термодинамической температуры газа находятся в пределах, указанных в таблице 1 в соответствии с

исполнением комплекса, указанным в эксплуатационной документации на конкретный комплекс.

10.2.4 При получении отрицательных результатов, комплекс считают не прошедшим поверку и дальнейшие операции поверки не проводят.

10.3 Определение относительной погрешности измерений абсолютного давления газа

10.3.1 Проверяют наличие оформленных в установленном порядке положительных результатов поверки средств измерений абсолютного давления и вычислителя, входящих в состав комплекса.

10.3.2 Относительную погрешность измерений абсолютного давления газа δ_p вычисляют по формуле

$$\delta_p = \left[\sum_{i=1}^l \delta_{p_i}^2 \right]^{0,5}, \quad (12)$$

где l - число последовательно соединенных компонентов измерительной цепи, используемых для измерения абсолютного давления;

δ_{p_i} - пределы относительной погрешности результатов измерений абсолютного давления газа i -го компонента, входящего в состав измерительной цепи с учетом дополнительных составляющих погрешности, вызванных внешними влияющими величинами.

10.3.3 Результаты поверки считают положительными, если средства измерений абсолютного давления и вычислитель, входящие в состав комплекса, поверены в установленном порядке, а значения относительной погрешности измерений абсолютного давления газа находятся в пределах, указанных в таблице 1 в соответствии с исполнением комплекса, указанным в эксплуатационной документации на конкретный комплекс.

10.3.4 При получении отрицательных результатов, комплекс считают не прошедшим поверку и дальнейшие операции поверки не проводят.

10.4 Определение относительной погрешности вычислений отношения коэффициента сжимаемости при рабочих условиях к коэффициенту сжимаемости при стандартных условиях

10.4.1 Относительную погрешность вычислений отношения коэффициента сжимаемости при рабочих условиях к коэффициенту сжимаемости при стандартных условиях δ_{Z/Z_c} вычисляют по формулам

- для однокомпонентного газа

$$\delta_{Z/Z_c} = \left[\delta_{Z_f}^2 + \delta_{Z_{c_f}}^2 + \vartheta_{Z_p}^2 \delta_p^2 + \vartheta_{Z_T}^2 \delta_T^2 \right]^{0,5}; \quad (13)$$

- для многокомпонентного газа при расчете коэффициента сжимаемости по давлению, температуре и компонентному составу газа

$$\delta_{Z/Z_c} = \left[\delta_{Z_f}^2 + \delta_{Z_{c_f}}^2 + \vartheta_{Z_p}^2 \delta_p^2 + \vartheta_{Z_T}^2 \delta_T^2 + \sum_{i=1}^N \left(\vartheta_{(Z/Z_c)_i} \delta_{x_i} \right)^2 \right]^{0,5}; \quad (14)$$

- для многокомпонентного газа при расчете коэффициента сжимаемости по давлению, температуре, плотности газа при стандартных условиях, содержанию азота и диоксида углерода

$$\delta_{Z/Z_c} = \left[\delta_{Z_f}^2 + \delta_{Z_{cf}}^2 + \vartheta_{Z_p}^2 \delta_p^2 + \vartheta_{Z_T}^2 \delta_T^2 + \vartheta_{(Z/Z_c)_{\rho_c}}^2 \delta_{\rho_c}^2 + \vartheta_{(Z/Z_c)_{x_a}}^2 \delta_{x_a}^2 + \vartheta_{(Z/Z_c)_{x_y}}^2 \delta_{x_y}^2 \right]^{0.5}, \quad (15)$$

где δ_{Z_f} , $\delta_{Z_{cf}}$ - пределы относительных погрешностей, приписанные уравнениям, применяемым для расчета коэффициента сжимаемости при рабочих и стандартных условиях соответственно;

ϑ_{Z_p} , ϑ_{Z_T} - относительные коэффициенты чувствительности коэффициента сжимаемости газа при рабочих условиях, к изменению давления и температуры газа соответственно;

$\vartheta_{(Z/Z_c)_{\rho_c}}$, $\vartheta_{(Z/Z_c)_{x_i}}$, $\vartheta_{(Z/Z_c)_{x_a}}$, $\vartheta_{(Z/Z_c)_{x_y}}$ - относительные коэффициенты чувствительности отношения коэффициента сжимаемости газа при рабочих условиях к коэффициенту сжимаемости газа при стандартных условиях к изменению плотности газа при стандартных условиях, содержания i -го компонента газа, азота и диоксида углерода соответственно;

δ_{ρ_c} - пределы относительной погрешности результатов определения плотности газа при стандартных условиях;

δ_{x_i} , δ_{x_a} , δ_{x_y} - пределы относительных погрешностей результатов измерений содержания i -го компонента газа, азота и диоксида углерода, соответственно.

При вычислении составляющей, обусловленной погрешностью определения отношения коэффициента сжимаемости газа при рабочих условиях к коэффициенту сжимаемости газа при стандартных условиях без учета погрешности измерений давления и температуры $\tilde{\delta}_{Z/Z_c}$ значения составляющих $\vartheta_{Z_p}^2 \delta_p^2$ и $\vartheta_{Z_T}^2 \delta_T^2$ принимают равными нулю.

Относительный коэффициент чувствительности $\vartheta_{(Z/Z_c)_{x_i}}$ вычисляют по формуле

$$\vartheta_{(Z/Z_c)_{x_i}} = \frac{Z^*/Z_c^* - Z/Z_c}{x_i^* - x_i} \cdot \frac{x_i Z_c}{Z}, \quad (16)$$

где Z , Z_c - коэффициенты сжимаемости газа при рабочих и стандартных условиях, соответственно рассчитанные при заданном компонентном составе газа;
 Z^* , Z_c^* - коэффициенты сжимаемости газа при рабочих и стандартных условиях, соответственно вычисленные при заданном компонентном составе газа с приращением доли i -го компонента газа и нормализованном по формуле

$$x_i^* = \begin{cases} \frac{x_i}{1 + \Delta x_j} & \text{при } j \neq i \\ \frac{x_i + \Delta x_j}{1 + \Delta x_j} & \text{при } j = i \end{cases}, \quad (17)$$

где Δx_j - приращение доли j -го компонента газа.

Пределы относительной погрешности результатов определения содержания i -го компонента газа δ_{xi} устанавливают на основе показателей точности применяемой методики измерений.

Если содержание i -го компонента газа принято условно-постоянной величиной, то значение δ_{xi} рассчитывают по формуле (10).

10.4.2 Результаты поверки считают положительными, если значения относительной погрешности вычислений отношения коэффициента сжимаемости при рабочих условиях к коэффициенту сжимаемости при стандартных условиях находятся в пределах, указанных в таблице 1 в соответствии с исполнением комплекса, указанным в эксплуатационной документации на конкретный комплекс.

10.4.3 При получении отрицательных результатов, комплекс считают не прошедшим поверку и дальнейшие операции поверки не проводят.

10.5 Определение относительной погрешности вычислений, обусловленной алгоритмом вычислений и его программной реализацией

10.5.1 Проверяют наличие оформленных в установленном порядке положительных результатов поверки вычислителя, входящего в состав комплекса.

10.5.2 Результаты поверки считают положительными, если вычислитель, входящий в состав комплекса, поверен в установленном порядке, а значения относительной погрешности вычислений, обусловленной алгоритмом вычислений и его программной реализацией, находятся в пределах, указанных в таблице 1 в соответствии с исполнением комплекса, указанным в эксплуатационной документации на конкретный комплекс.

10.5.3 При получении отрицательных результатов, комплекс считают не прошедшим поверку и дальнейшие операции поверки не проводят.

10.6 Определение относительной погрешности приведения объемного расхода (объема) газа к стандартным условиям с использованием вычислителя

10.6.1 Относительную погрешность приведения объемного расхода (объема) газа к стандартным условиям δ_{qc} с использованием вычислителя вычисляют по формуле

$$\delta_{qc} = \sqrt{\delta_s^2 + (1 - \vartheta_{zp})^2 \delta_p^2 + (1 + \vartheta_{zt})^2 \delta_T^2 + \widetilde{\delta_{z/z_c}}^2}, \quad (18)$$

где δ_s - составляющая, обусловленная алгоритмом вычислений объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям, и его программной реализацией;

δ_T - составляющая, обусловленная погрешностью измерений температуры газа;

ϑ_{zp} - относительный коэффициент чувствительности коэффициента сжимаемости при рабочих условиях к изменению давления;

δ_p - составляющая, обусловленная погрешностью измерений абсолютного давления газа;

ϑ_{zt} - относительный коэффициент чувствительности коэффициента сжимаемости при рабочих условиях к изменению температуры;

$\widetilde{\delta_{z/z_c}}$ - составляющая, обусловленная погрешностью определения отношения коэффициента сжимаемости газа при рабочих условиях к коэффициенту сжимаемости при стандартных условиях без учета погрешности измерений давления и температуры.

10.6.2 Результаты поверки считают положительными, если значения относительной погрешности приведения расхода и объема газа к стандартным условиям с использованием

вычислителя находятся в пределах, указанных в таблице 1 в соответствии с исполнением комплекса, указанным в эксплуатационной документации на конкретный комплекс.

10.6.3 При получении отрицательных результатов, комплекс считают не прошедшим поверку и дальнейшие операции поверки не проводят.

10.7 Определение относительной погрешности измерений объемного расхода (объема) газа в рабочих условиях

10.7.1 Проверяют наличие оформленных в установленном порядке положительных результатов поверки расходомер-счетчик газа ультразвуковой ЭЛМЕТРО-Флоус (ДРУ) и внешнего вычислителя (при наличии), входящих в состав комплекса.

10.7.2 Относительную погрешность измерений объемного расхода (объема) газа при рабочих условиях, вычисляют по формуле

$$\delta_{qv} = \sqrt{\delta_{узпр}^2 + \delta_{пр}^2}, \quad (19)$$

где $\delta_{узпр}$ - пределы допускаемой относительной погрешности результатов измерений объемного расхода (объема) газа при рабочих условиях с применением расходомера-счетчика газа ультразвукового ЭЛМЕТРО-Флоус (ДРУ);

$\delta_{пр}$ - пределы допускаемой относительной погрешности преобразования выходного сигнала расходомера-счетчика газа ультразвукового ЭЛМЕТРО-Флоус (ДРУ).

10.7.3 Результаты поверки считают положительными, если расходомер-счетчик газа ультразвуковой ЭЛМЕТРО-Флоус (ДРУ) и вычислитель (при наличии) поверены в установленном порядке, а значения относительной погрешности измерений объемного расхода (объема) газа в рабочих условиях находятся в пределах, указанных в таблице 1 в соответствии с исполнением комплекса, указанным в эксплуатационной документации на конкретный комплекс.

10.7.4 При получении отрицательных результатов, комплекс считают не прошедшим поверку и дальнейшие операции поверки не проводят.

10.8 Определение относительной погрешности измерений объемного расхода (объема) газа, приведенного к стандартным условиям

10.8.1 Относительную погрешность измерений объемного расхода (объема) газа, приведенного к стандартным условиям, вычисляют по формуле

$$\delta_{qc} = \left[\delta_{qv}^2 + \delta_v^2 + (1 - \vartheta_{Z_p})^2 \delta_p^2 + (1 + \vartheta_{Z_T})^2 \delta_T^2 + \tilde{\delta}_{Z/Z_c}^2 \right]^{0,5}, \quad (20)$$

где δ_{qv} - составляющая, обусловленная погрешностью измерений объемного расхода (объема) газа при рабочих условиях;

δ_v - составляющая, обусловленная алгоритмом вычислений объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям, и его программной реализацией;

δ_T - составляющая, обусловленная погрешностью измерений температуры газа;

ϑ_{Z_p} - относительный коэффициент чувствительности коэффициента сжимаемости при рабочих условиях к изменению давления;

δ_p - составляющая, обусловленная погрешностью измерений абсолютного давления газа;

ϑ_{Z_T} - относительный коэффициент чувствительности коэффициента сжимаемости при рабочих условиях к изменению температуры;

$\tilde{\delta}_{Z/Z_c}$ - составляющая, обусловленная погрешностью определения отношения

коэффициента сжимаемости газа при рабочих условиях к коэффициенту сжимаемости при стандартных условиях без учета погрешности измерений давления и температуры.

10.8.2 Результаты поверки считают положительными, если значения относительной погрешности измерений объемного расхода (объема) газа, приведенного к стандартным условиям, находятся в пределах, указанных в таблице 1 в соответствии с исполнением комплекса, указанным в эксплуатационной документации на конкретный комплекс.

10.8.3 При получении отрицательных результатов, комплекс считают не прошедшим поверку.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляют протоколом в произвольной форме.

11.2 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.3 Положительные результаты первичной поверки оформляют записью в паспорте, удостоверенной подписью поверителя.

11.4 По заявлению владельца средств измерений или лица, представившего их на поверку, положительные результаты поверки выдают свидетельство о поверке, оформленное в соответствии с приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

11.5 При отрицательных результатах поверки, комплекс считают непригодным и к эксплуатации не допускают. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений на поверку, выдается извещение о непригодности, оформленное в соответствии с приказом Минпромторга России от 31.07.2020 г. № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

Начальник отдела 208
ФБУ «НИЦ ПМ-Ростест»

Инженер 2-й категории
ФБУ «НИЦ ПМ-Ростест»

Б.А. Иполитов

Д.В. Чекулаев