

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
им.Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАСХОДОМЕТРИИ –
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
им.Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»
ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

СОГЛАСОВАНО



Заместитель директора филиала

А. С. Тайбинский

Государственная система обеспечения единства измерений

УСТАНОВКА ПОВЕРОЧНАЯ У-659

Методика поверки
МП 1508-13-2023

И.о. начальника
научно-исследовательского отдела
Горчев А.И. Горчев
Тел. отдела: (843)272-11-24

г. Казань
2023 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика применяется для поверки установки поверочной У-659 (далее – установка), предназначенной для измерений, воспроизведения, хранения и передачи единиц объема и объемного расхода газа, применяемой в качестве рабочего эталона 1-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемы для средств измерений объемного и массового расхода газа.

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

Таблица 1

Диапазон измерений (воспроизведения) объемного расхода газа, м ³ /ч	Доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерения (воспроизведения) объемного расхода и объема газа при применении в качестве рабочего эталона 1-го разряда, %
От 0,015 до 65,000	±0,3

Установка применяется для поверки средств измерений расхода и количества газа.

1.2 В ходе реализации данной методики поверки обеспечивается передача единицы объемного и массового 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.

1.3 Настоящая методика устанавливает методику первичной и периодической поверок.

1.4 Первичную поверку установки проводят до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта или замены средств измерений.

2 Перечень операций поверки средства измерений

Для поверки установки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2

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	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование	Да	Да	8
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	9

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1. При опробовании и определении метрологических характеристик соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха от плюс 10 до плюс 30 °С;

- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

3.2. Измеряемая среда – воздух.

Условия поверки контролируются при помощи термогигрометра входящего в состав установки.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

При проведении поверки специалисты должны соответствовать следующим требованиям:

- обладать навыками работы на применяемых средствах поверки;
- знать требования данного документа;
- обладать навыками работы по данному документу

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

Метрологические и технические требования к средствам поверки приведены в таблице 2.

Таблица 3

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
П.8 Подготовка к поверке и опробование	Средство измерений давления Диапазон измерений давления от 75 до 115 кПа, пределы допускаемой приведенной к диапазону погрешности $\pm 0,02\%$.	Прибор цифровой для измерения давления DPI, регистрационный № 16348-03.
п.9 Определение метрологических характеристик средства измерений	Государственный первичный эталон единиц объемного и массового расходов газа ГЭТ 118-2017 в соответствии с Приказом Росстандарта от 11 мая 2022 г. № 1133. Диапазон воспроизведения единиц объемного (массового) расхода газа от 0,0003 до 16000 м ³ /ч (от 0,00036 до 19200 кг/ч), СКО от 0,01 до 0,03 %, НСП от 0,05 до 0,12 %, расширенная неопределенность при коэффициенте охвата k=2 от 0,06 до 0,11%.	Государственный первичный эталон единиц объемного и массового расходов газа ГЭТ 118-2017

Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице кроме ГЭТ 118-2017

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, установленные ГОСТ 12.2.007.0-75 «Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок», инструкций по охране труда, действующих на объекте, а также требования по безопасности на средства поверки и поверяемые установки, изложенные в их эксплуатационных документах.

6.2 Источником опасности при проведении поверки является – электрический ток, применяемый для работы поверочного оборудования.

6.3 К средствам поверки и используемому при поверке оборудованию обеспечивают свободный доступ.

6.4 Освещенность должна обеспечивать отчетливую видимость применяемых средств поверки, снятие показаний с приборов.

6.5 Подключение средств поверки к установке и её составным частям проводится в соответствии с эксплуатационными документами средств поверки и установки.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При проведении внешнего осмотра установить соответствие установки следующим требованиям:

- комплектность установки должна соответствовать описанию типа средства измерений;
- надписи и обозначения на установке и марковочной табличке должны быть четкими и соответствовать требованиям технической документации изготовителя;
- на установке должны отсутствовать механические повреждения, препятствующие ее применению;
- сведения, указанные на марковочной табличке, должны соответствовать паспорту на установку;

7.2 Проверяют наличие действующих свидетельств о поверке всех средств измерений, входящих в состав установки и/или запись в информационном фонде по обеспечению единства измерений.

7.3 Результаты внешнего осмотра считают положительными, если выполняются требования, приведенные в п. 7.1 – п. 7.2 или отрицательным, если указанные требования не выполняются. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

При подготовке к поверке выполняют следующие работы:

- проверку выполнения условий по п. 3 и п. 6 настоящей методики поверки;
- подготовку установки и средств поверки к работе согласно эксплуатационной документации;
- проверку герметичности измерительной магистрали установки в соответствии с п. 8.2.

8.2 Проверка герметичности измерительной магистрали установки

Проверке герметичности подвергается участок от входа в измерительную магистраль до выходного сечения СК. Все СК должны быть закрыты, неиспользуемые штуцеры и входное сечение измерительной магистрали должны быть заглушены.

При проверке герметичности включают вакуумный насос, открывают СК с наименьшим значением расхода и задают разряжение 2,5 кПа в испытуемой части установки, после чего закрывают СК. Производят выдержку в течение 5 минут для выравнивания температуры в испытуемой части установки.

После выдержки проводят однократное измерение атмосферного давления P_a Па, и начального значения разряжения в измерительной магистрали установки dP_h , Па, которое должно составлять не менее 2500 Па. По истечении не менее 10 минут измеряют конечное значение разряжения dP_k , Па.

Результаты проверки герметичности установки считают положительными, если выполняется условие

$$|dP_h - dP_k| \leq P_a \cdot t \cdot \frac{Q_{min}}{V_{y4} \cdot 60} \cdot \frac{1}{8} \cdot \frac{\delta_{уст}}{100\%}, \quad (1)$$

где t – время измерений, мин;

Q_{min} – наименьший объемный расход, воспроизводимый установкой, м³/ч;

$V_{уч}$ – внутренний объем измерительной магистрали, подвергаемый проверке на герметичность ($V_{уч}$ принимается равным 0,0074 м³), м³;

$\delta_{уст}$ – доверительные границы относительной погрешности установки при воспроизведении объемного расхода и объема газа, %.

Результаты проверки герметичности установки считают отрицательными, если условие герметичности (1) не выполняется. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

8.3 Опробование

8.3.1 Проверка выполнения функциональных возможностей установки

В соответствии с руководством по эксплуатации включают установку в режиме воспроизведения объемного расхода воздуха и проверяют:

– работоспособность установки путем увеличения или уменьшения объемного расхода воздуха посредством открытия соответствующих клапанов СК в пределах рабочего диапазона измерений;

– наличие на дисплеях и индикаторах СИ показаний давления, температуры на экране персонального компьютера и относительной влажности воздуха на экране термогигрометра, отсчета времени поверки на секундомере;

– измерение установкой контрольного объема воздуха и его индикация на персональном компьютере;

Результаты считают положительными, если:

– установки обеспечивают воспроизведение объемного расхода воздуха в диапазоне от наименьшего до наибольшего значений расхода;

– наличие на дисплеях и индикаторах СИ показаний давления, температуры на экране персонального компьютера и относительной влажности воздуха на экране термогигрометра, отсчета времени поверки на секундомере;

– измеренный установками контрольный объем воздуха индицируется на персональном компьютере.

При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

8.3.2 Проверка выполнения критического режима истечения потока воздуха на СК и диапазона воспроизводимых расходов.

Проверку выполнения критического режима истечения потока воздуха на СК и диапазона воспроизводимых расходов выполняют на минимальном и максимальном воспроизводимых установкой расходах без установки поверяемого средства измерений.

Согласно руководству по эксплуатации на установках устанавливают поочередно минимальный и максимальный расход с последующей регистрацией значений расхода, отображаемых на периферийном устройстве – смартфоне или ПК.

В соответствии с руководством по эксплуатации включают установки в режиме воспроизведения объемного расхода воздуха и проверяют наличие критического режима истечения потока воздуха через СК на наименьшем и наибольшем объемных расходах установки путем измерения давления (разрежения) в коллекторе на входе СК $P_{вх}$ и в коллекторе на выходе СК $P_{вых}$ средствами измерений, входящими в состав установки.

Результаты считают положительными, если:

- наименьший и наибольший объемный расход составляют соответственно не более наименьшего и не менее наибольшего объемных расходов указанных в паспорте;

- при расходе 0,016 м³/ч выполняется условие: $|P_{вх}| / |P_{вых}| \geq 2,85$;

- при расходе 65 м³/ч выполняется условие: $|P_{вх}| / |P_{вых}| \geq 1,25$.

При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение расходной характеристики СК.

Процедура заключается в определении действительной расходной характеристики СК.

При выполнении должны контролироваться условия окружающей среды (температура газа t , влажность газа ϕ и атмосферное давление P_{atm}).

Изменение температуры измеряемой среды в процессе проверки СК не более $0,1^{\circ}\text{C}$.

В зависимости от расходной характеристики (объемных расходов) СК определение расходной характеристики осуществляется на эталонных установках (далее ЭУ) из состава ГЭТ 118-2017, в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4

Расходная характеристика СК, $\text{м}^3/\text{ч}$ ($\text{кг}/\text{ч}$)	Тип ЭУ
от 20 до 2000 (от 24 до 2400)	ЭУ-2
от 1 до 20 (от 1,2 до 24)	ЭУ-3
от $3 \cdot 10^{-4}$ до 1 (от $3,6 \cdot 10^{-4}$ до 1,2)	ЭУ-5

9.1.1 Проведение определения расходной характеристики СК на эталонных установках ЭУ-2 и ЭУ-3.

Осуществляется методом сличения с эталонным СК с использованием компараторов расхода газа.

Для этого: выбирают компаратор для проведения процедуры в соответствии с таблицей 6. На ЭУ-2 используются только показания компаратора №4. Для расширения диапазона расхода компаратора №4 выбирают дополнительные компараторы в соответствии с таблицей 5.

Таблица 5

Расходная характеристика СК, $\text{м}^3/\text{ч}$ ($\text{кг}/\text{ч}$)	№ компаратора/ов
ЭУ-2	
от 20 до 60 (от 24 до 72)	№4
от 60 до 200 (от 72 до 240)	№4 ^{+№5}
от 200 до 400 (от 240 до 480)	№4 ^{+№№5,6}
от 400 до 600 (от 480 до 720)	№4 ^{+№№5,6,7}
от 600 до 800 (от 720 до 960)	№4 ^{+№№5,6,7,8}
от 800 до 2000 (от 960 до 2400)	№4 ^{+№№5,6,7,8,9}
ЭУ-3	
от 0,4 до 6 (от 0,5 до 7)	№1
от 6 до 20 (от 7 до 24)	№2

Выбирают два эталонных СК или два комплекта эталонных СК из состава установки с действительными значениями расхода ниже и выше номинала расхода проверяемого СК, т.е. $Q_{эт1} < Q_k < Q_{эт2}$. Отклонение номиналов расхода эталонных СК от номинала расхода проверяемого СК не должно превышать 10%.

Открывают клапан компаратора. Открывают поочередно клапаны эталонных и проверяемого СК в течении 5 минут для выравнивания и стабилизации температуры в измерительном тракте установки.

Этап 1: закрывают клапана эталонных СК, оставляя открытыми клапана компаратора и проверяемого СК. Ожидают не менее 1 минуты для стабилизации показаний компаратора, фиксируют значение температуры измеряемой среды и запускают установку в режим измерения. Проводят не менее 11 измерений перепада давлений на компараторе в течении 100 секунд с последующим усреднением полученных результатов.

Этап 2: закрывают клапан проверяемого СК и открывают клапан (клапаны) эталонного/ых СК $Q_{эт1}$. Ожидают не менее 1 минуты для стабилизации показаний компаратора

и запускают установку в режим измерения. Проводят не менее 11 измерений перепада давлений на компараторе в течении 100 секунд с последующим усреднением полученных результатов.

Этап 3: закрывают клапан (клапаны) эталонного/ых СК $Q_{эт1}$ и открывают клапан (клапаны) эталонного/ых СК $Q_{эт2}$. Ожидают не менее 1 минуты для стабилизации показаний компаратора и запускают установку в режим измерения. Проводят не менее 11 измерений перепада давлений на компараторе в течении 100 секунд с последующим усреднением полученных результатов. *Повторно фиксируют значение температуры измеряемой среды.*

Температура измеряемой среды в процессе выполнения измерений не должна изменяться более чем на 0,1 °C. В противном случае результаты измерения аннулируют и измерения повторяют.

Определяют значение расхода проверяемого СК, приведенного к стандартным условиям по формуле

$$Q_k = \Delta P \left[\frac{Q_{эт1}}{\Delta P_1} + \frac{\Delta P - \Delta P_1}{\Delta P_2 - \Delta P_1} \left(\frac{Q_{эт2}}{\Delta P_2} - \frac{Q_{эт1}}{\Delta P_1} \right) \right], \quad (2)$$

где Q_k – расходная характеристика проверяемого СК, м³/ч (кг/ч);

$Q_{эт1}$ – значение расхода эталонного СК с расходом ниже, чем у проверяемого СК, м³/ч (кг/ч);

$Q_{эт2}$ – значение расхода эталонного СК с расходом выше, чем у проверяемого СК, м³/ч (кг/ч);

ΔP – перепад давления на компараторе на этапе 1, Па;

ΔP_1 – перепад давления на компараторе на этапе 2, Па;

ΔP_2 – перепад давления на компараторе на этапе 3, Па;

9.1.2 Проведение определения расходной характеристики СК на эталонной установке ЭУ-5.

Проверка СК на ЭУ-5 осуществляется методом непосредственного сличения.

Собирают схему подключений, указанную на рисунке 1.

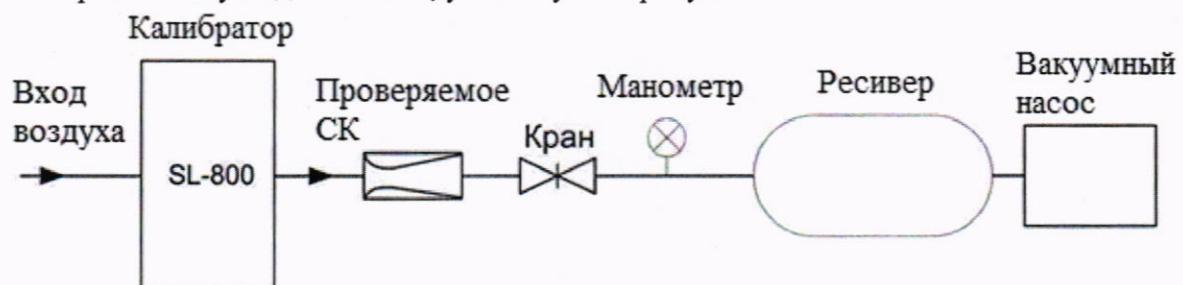


Рисунок 1. Схема подключений СК к ЭУ-5

Выбирают измерительную ячейку для проведения проверки в соответствии с таблицей 6.

Таблица 6

Расходная характеристика СК, м ³ /ч (кг/ч)	Измерительная ячейка ЭУ-5
от 3·10 ⁻⁴ до 3·10 ⁻² (от 3,6·10 ⁻⁴ до 3,6·10 ⁻²)	SL-800-10
от 3·10 ⁻² до 1 (от 3,6·10 ⁻² до 1,2)	SL-800-44

Кран после СК устанавливают в положение «Закрыто», включают вакуумный насос и создают в системе вакуумметрическое давление(разрежение) не менее 50 кПа, которое контролируют по показаниям манометра.

Калибратор SL-800 настраивают в непрерывный режим измерений. Кран после СК устанавливают в положение «Открыто» и производят включение установки в режим измерения. Производят непрерывные измерения до момента стабилизации показаний калибратора SL-800 по расходу, температуре и давлению, при этом результаты измерений в протокол не заносят.

Калибратор SL-800 настраивают в режим многократных измерений (не менее 11 измерений) и определяют значение расхода СК, приведенного к стандартным условиям, по формулам:

$$Q_{v20,60} = Q_v \cdot \sqrt{\frac{293,15}{273,15+t_B}} \cdot \frac{P_1}{P_{\Delta P}} \cdot K_{t,\phi}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (3)$$

где $Q_{v20,60}$ – значение объёмного расхода СК, приведенного к температуре 20 °С и относительной влажности 60 %, м³/ч;

Q_v – значение объёмного расхода в рабочих условиях по показаниям калибратора SL-800, м³/ч;

t_B – температура воздуха по показаниям калибратора SL-800, °С;

P_1 – абсолютное давление по показаниям калибратора SL-800, кПа;

$P_{\Delta P}$ – абсолютное давление по показаниям калибратора SL-800 с учетом перепада давлений между калибратором и СК, кПа;

$K_{t,\phi}$ – коэффициент, учитывающий влажность воздуха;

ρ_B – плотность воздуха, кг/м³.

Определение плотности воздуха ρ_B осуществляется автоматически программным комплексом эталона в соответствии с ГОССД МР 220 – 2014.

9.1.2.1 Дополнительно для проверяемого СК определяют градуировочный коэффициент K , определяемый зависимостью

$$K = \frac{Q_{v20,60}}{\sqrt{T_c}} = \frac{Q_{v20,60}}{\sqrt{293,15}} \cdot \frac{\text{м}^3}{\sqrt{K \cdot \text{ч}}} \left(\frac{\text{л}}{\sqrt{K \cdot \text{ч}}} \right) \quad (4)$$

9.1.2.2 Обработка результатов измерения и вычисление расширенной неопределенности измерений определения расходной характеристики СК.

9.1.2.2.1 Расчет неопределенности измерений при определении расходной характеристики СК на эталонных установках ЭУ-2 и ЭУ-3.

Стандартную неопределенность по типу А, обусловленную источниками неопределенности, имеющими случайный характер при измерении перепада давления на компараторе, определяют по формулам:

$$u_A(\Delta P) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta P_i - \bar{\Delta P})^2}{n(n-1)}}, \text{ Па} \quad (5)$$

$$u_A(\Delta P_1) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta P_{1i} - \bar{\Delta P}_1)^2}{n(n-1)}}, \text{ Па} \quad (6)$$

$$u_A(\Delta P_2) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta P_{2i} - \bar{\Delta P}_2)^2}{n(n-1)}}, \text{ Па} \quad (7)$$

где:

$$\bar{\Delta P} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta P_i, \text{ Па} \quad (8)$$

$$\bar{\Delta P}_1 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta P_{1i}, \text{ Па} \quad (9)$$

$$\bar{\Delta P}_2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta P_{2i}, \text{ Па} \quad (10)$$

где ΔP_i – i-ый результат измерений перепада давления на этапе 1, Па; ΔP_{1i} – i-ый результат измерений перепада давления на компараторе на этапе 2, Па; ΔP_{2i} – i-ый результат измерений перепада давления на компараторе на этапе 3, Па; n – число измерений.

Стандартные неопределенности, выраженные в %, вычисляют по формулам:

$$\tilde{u}_A(\Delta P) = \frac{u_A(\Delta P)}{\Delta P} \cdot 100, \% \quad (11)$$

$$\tilde{u}_A(\Delta P_1) = \frac{u_A(\Delta P_1)}{\Delta P_1} \cdot 100, \% \quad (12)$$

$$\tilde{u}_A(\Delta P_2) = \frac{u_A(\Delta P_2)}{\Delta P_2} \cdot 100, \% \quad (13)$$

Стандартную неопределенность по типу А расходной характеристики СК определяют по формуле

$$\tilde{u}_A(Q_K) = (\partial Q_{\text{эт1}}) \cdot \tilde{u}_A(Q_{\text{эт1}}) + (\partial Q_{\text{эт2}}) \cdot \tilde{u}_A(Q_{\text{эт2}}) + \sqrt{(\partial \Delta P)^2 \cdot \tilde{u}_A(\Delta P)^2 + (\partial \Delta P_1)^2 \cdot \tilde{u}_A(\Delta P_1)^2 + (\partial \Delta P_2)^2 \cdot \tilde{u}_A(\Delta P_2)^2}, \quad (14)$$

где $\tilde{u}_A(Q_{\text{эт1}})$ и $\tilde{u}_A(Q_{\text{эт2}})$ – стандартные неопределенности по типу А воспроизведения расхода ЭУ-2 и ЭУ-3, %;

$\partial Q_{\text{эт1}}, \partial Q_{\text{эт2}}, \partial \Delta P, \partial \Delta P_1, \partial \Delta P_2$ – коэффициенты влияния, значения которых составляют: $\partial Q_{\text{эт1}} = \partial Q_{\text{эт2}} = \partial \Delta P = \partial \Delta P_1 = \partial \Delta P_2 = 0,5$.

Стандартную неопределенность по типу В определения расходной характеристики СК, обусловленную источниками неопределенности имеющими систематический характер, определяют по формуле

$$\tilde{u}_B(Q_K) = (\partial Q_{\text{эт1}}) \cdot \tilde{u}_B(Q_{\text{эт1}}) + (\partial Q_{\text{эт2}}) \cdot \tilde{u}_B(Q_{\text{эт2}}) \quad (15)$$

где $\tilde{u}_B(Q_{\text{эт1}})$ и $\tilde{u}_B(Q_{\text{эт2}})$ – стандартные неопределенности по типу В воспроизведения расхода ЭУ-2 и ЭУ-3, %;

$\partial Q_{\text{эт1}}, \partial Q_{\text{эт2}}$ – коэффициенты влияния, значения которых составляют:

$\partial Q_{\text{эт1}} = \partial Q_{\text{эт2}} = 0,5$

Суммарную стандартную неопределенность проверки СК определяют по формуле

$$\tilde{u}_c = \sqrt{\tilde{u}_A(Q_K)^2 + \tilde{u}_B(Q_K)^2} \quad (16)$$

Расширенную неопределенность определения расходной характеристики СК определяют по формуле

$$U_p = k \cdot \tilde{u}_c \quad (17)$$

где k – коэффициент охвата, принимают значение $k = 2$ для доверительной вероятности $P=0,95$.

9.1.2.2.2 Расчет неопределенности измерений определения расходной характеристики СК на эталонной установке ЭУ-5.

Стандартную неопределенность по типу А, обусловленную источниками неопределенности, имеющими случайный характер при измерении температуры измеряемой среды t_B , абсолютного давления P_1 и P_2 , относительной влажности воздуха φ_B определяют по формулам:

$$u_A(t_B) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_{Bi} - \bar{t}_B)^2}{n(n-1)}}, {}^\circ C \quad (18)$$

$$u_A(P_1) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{1i} - \bar{P}_1)^2}{n(n-1)}}, kPa \quad (19)$$

$$u_A(P_{\Delta P}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{\Delta Pi} - \bar{P}_{\Delta P})^2}{n(n-1)}}, kPa \quad (20)$$

$$u_A(\varphi_B) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\varphi_{Bi} - \bar{\varphi}_B)^2}{n(n-1)}}, \% \quad (21)$$

где:

$$\bar{t}_B = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n t_{Bi}, {}^\circ C \quad (22)$$

$$\bar{P}_1 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n P_{1i}, kPa \quad (23)$$

$$\bar{P}_{\Delta P} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n P_{\Delta Pi}, kPa \quad (24)$$

$$\overline{\varphi_B} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \varphi_{B_i}, \% \quad (25)$$

где t_{B_i} - i -ый результат измерений температуры, $^{\circ}\text{C}$;

P_{1_i} и $P_{\Delta P_i}$ - i -ый результат измерений давления, кПа;

φ_{B_i} - i -ый результат измерений относительной влажности воздуха, %;

n - число измерений.

Стандартные неопределенности, выраженные в %, вычисляют по формулам:

$$\tilde{u}_A(t_B) = \frac{u_A(t_B)}{t_B} 100, \% \quad (26)$$

$$\tilde{u}_A(P_1) = \frac{u_A(P_1)}{P_1} 100, \% \quad (27)$$

$$\tilde{u}_A(P_{\Delta P}) = \frac{u_A(P_{\Delta P})}{P_{\Delta P}} 100, \% \quad (28)$$

$$\tilde{u}_A(\varphi_B) = \frac{u_A(\varphi_B)}{\varphi_B} 100, \% \quad (29)$$

Стандартную неопределенность по типу А определения коэффициента, учитывающего влажность воздуха $K_{t,\phi}$, вычисляют по формуле

$$\tilde{u}_A(K_{t,\phi}) = \sqrt{(\psi\varphi_B)^2 \cdot \tilde{u}_A(\varphi_B)^2 + (\psi t_B)^2 \cdot \tilde{u}_A(t_B)^2 + (\psi P_1)^2 \cdot \tilde{u}_A(P_1)^2}, \% \quad (30)$$

где $\psi\varphi_B$, ψt_B , ψP_1 – коэффициенты влияния, значения которых составляют: $\psi\varphi_B = 0,002$; $\psi t_B = 0,002$; $\psi P_1 = 0,004$.

Стандартную неопределенность по типу А определения плотности воздуха ρ_B вычисляют по формуле

Стандартную неопределенность по типу А определения расходной характеристики СК по объемному расходу газа определяют по формуле

$$\tilde{u}_A(Q_K) = \sqrt{\tilde{u}_A(Q_v)^2 + (\partial t_B)^2 \cdot \tilde{u}_A(t_B)^2 + \left(\frac{P_1}{P_{\Delta P}}\right)^2 \cdot \tilde{u}_A(P_1)^2 + \left(\frac{P_1}{P_{\Delta P}}\right)^2 \cdot \tilde{u}_A(P_{\Delta P})^2 + \tilde{u}_A(K_{t,\phi})^2} \quad (31)$$

где $\tilde{u}_A(Q_v)$ – стандартная неопределенность по типу А воспроизведения расхода ЭУ-5, %;

∂t_B – коэффициент влияния температуры ($\partial t_B = 0,5$).

Стандартную неопределенность по типу В, обусловленную источниками неопределенности, имеющими систематический характер (закон распределения величин внутри границ считают равномерным) при измерении температуры измеряемой среды t_B , абсолютного давления P_1 и P_2 , относительной влажности воздуха φ_B , коэффициента, учитывающего влажность воздуха $K_{t,\phi}$ определяют по формулам:

$$\tilde{u}_B(t_B) = \frac{\theta_{t_B}}{2}, \quad (32)$$

$$\tilde{u}_B(P_1) = \frac{\theta_{P_1}}{2}, \quad (33)$$

$$\tilde{u}_B(P_{\Delta P}) = \frac{\theta_{P_{\Delta P}}}{2}, \quad (34)$$

$$\tilde{u}_B(\varphi_B) = \frac{\theta_{\varphi_B}}{2}, \quad (35)$$

$$\tilde{u}_B(K_{t,\phi}) = \frac{\theta_{K_{t,\phi}}}{\sqrt{3}}, \quad (36)$$

где θ_y – границы систематического смещения при измерении соответствующего параметра, %.

Стандартную неопределенность по типу В определения расходной характеристики СК по объемному расходу газа определяют по формуле

$$\tilde{u}_B(Q_K) = \sqrt{\tilde{u}_B(Q_v)^2 + (\partial t_B)^2 \cdot \tilde{u}_B(t_B)^2 + \left(\frac{P_1}{P_{\Delta P}}\right)^2 \cdot \tilde{u}_B(P_1)^2 + \left(\frac{P_1}{P_{\Delta P}}\right)^2 \cdot \tilde{u}_B(P_{\Delta P})^2 + \tilde{u}_B(K_{t,\phi})^2}, \quad (37)$$

где $\tilde{u}_B(Q_v)$ – стандартная неопределенность по типу В воспроизведения расхода ЭУ-5, %.

Суммарную стандартную неопределенность определения расходной характеристики СК определяют по формуле

$$\tilde{u}_c = \sqrt{\tilde{u}_A(Q_K)^2 + \tilde{u}_B(Q_K)^2} \quad (38)$$

Расширенную неопределенность определения расходной характеристики СК определяют по формуле

$$U_p = k \cdot \tilde{u}_c \quad (39)$$

где k – коэффициент охвата, принимают значение $k = 2$ для доверительной вероятности $P=0,95$.

9.2 Определение относительной погрешности воспроизведения объемного расхода СК.

Относительную погрешность (при доверительной вероятности 0,95) воспроизведения объемного расхода СК δ_{ck} , %, принимают равной расширенной неопределенности U_p (по ф.17 и ф.39) с коэффициентом охвата $k=2$ (в соответствии с п. 6.1.3 Рекомендации COOMET R/GM/32:2017);

9.3 Определение доверительных границ относительной погрешности измерения (воспроизведения) объемного расхода и объема газа.

Доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерения (воспроизведения) объемного расхода и объема газа δ_{ϑ_y} , %, определяют по формуле

$$\delta_{\vartheta_y} = \pm 1,1 \sqrt{\delta_{ck}^2 + 0,25 \delta_T^2 + \left(\frac{P_{ck}}{Pa}\right)^2 \delta_{Pa}^2 + \left(\frac{P_{ck}}{Pa}\right)^2 \delta_{P_{ck}}^2 + \delta_\tau^2 + \delta_{f\varphi}^2}, \quad (40)$$

где δ_{ck} – относительная погрешность (при доверительной вероятности 0,95) воспроизведения объемного расхода СК (полученная по ф. (17) и/или ф.(39)), %;

δ_T – относительная погрешность измерения температуры на входе СК, %;

P_{ck} – разрежение на входе СК (принимается равным 0,1 кПа), кПа;

Pa – атмосферное (барометрическое) давление воздуха (принимается равному минимальному атмосферному давлению воздуха при эксплуатации установки и составляет 84 кПа), кПа;

δ_{Pa} – относительная погрешность измерения атмосферного (барометрического) давления, %;

$\delta_{P_{ck}}$ – относительная погрешность измерения вакуумметрического давления (разрежения) на входе СК, %;

δ_τ – относительная погрешность измерения времени, %;

$\delta_{f\varphi}$ – относительная погрешность определения поправочного коэффициента на влажность воздуха, %.

9.3.1 Относительную погрешность измерения температуры на входе СК δ_T , %, определяют по формуле

$$\delta_T = \frac{\Delta t}{T} \cdot 100\%, \quad (41)$$

где Δt – абсолютная погрешность СИ температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

T – термодинамическая температура воздуха на входе в СК (принимается равной минимальной температуре воздуха при эксплуатации установки и составляет 283,15 K) K.

9.3.2 Относительную погрешность измерения атмосферного (барометрического) давления δ_{Pa} , %, определяют по формуле

$$\delta_{Pa} = \frac{\Delta Pa}{Pa} \cdot 100\%, \quad (42)$$

где ΔPa – абсолютная погрешность СИ атмосферного (барометрического) давления, %;

P_a – атмосферное (барометрическое) давление воздуха (принимается равному минимальному атмосферному давлению воздуха при эксплуатации установки и составляет 84 кПа), кПа.

9.3.3 Относительную погрешность измерения разрежения на входе СК $\delta_{P_{СК}}$, %, определяют по формуле

$$\delta_{P_{СК}} = \frac{ДИ}{P_{СК}} \cdot \sqrt{\gamma_{P_{Д}}^2 + \delta_{P_a}^2}, \quad (43)$$

где ДИ – диапазон измерений СИ давления, кПа;

$P_{СК}$ – разрежение на входе СК (принимается равным 0,1 кПа), кПа;

$\gamma_{P_{Д}}$ – приведенная погрешность СИ давления, %;

9.3.4 Относительную погрешность определения поправочного коэффициента $\delta_{f\varphi}$, %, определяют по формуле

$$\delta_{f\varphi} = \sqrt{(0,002)^2 \delta_T^2 + (0,004)^2 \delta_{P_a}^2 + (0,002)^2 \delta_\varphi^2}, \quad (44)$$

$$\delta_\varphi = \frac{\Delta_\varphi}{\varphi} \cdot 100 \%, \quad (45)$$

где δ_φ – относительная погрешность при измерении относительной влажности, %;

Δ_φ – абсолютная погрешность СИ относительной влажности, %;

φ – относительная влажность воздуха (принимается равной минимальной относительной влажности воздуха при эксплуатации установки и составляет 30 %), %.

Результат считают положительным, если Доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерения (воспроизведения) объемного расхода и объема газа не превышают $\pm 0,3 \%$.

При отрицательном результате выполнение дальнейших испытаний прекращают.

9.4 Производится проверка соответствия метрологических характеристик, определенных выше с метрологическими характеристиками, приведенными в описании типа.

Результаты поверки считаются положительными если метрологические характеристики соответствуют приведенным в описании типа.

При проведении поверки производится проверка соответствия установки требованиям, предъявляемым к эталонам 1 разряда в соответствии с Приказом Росстандарта от 11.05.2022 №1133 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений объемного и массового расхода газа.

Результаты поверки считаются положительными если установка соответствует требованиям, предъявляемым к эталону 1 разряда в соответствии с Приказом Росстандарта от 11.05.2022 №1133.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Результаты поверки оформляются протоколами произвольной формы.

10.2 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке (при его наличии).

10.3 При положительных результатах поверки установку признают годной к применению, оформляют 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» и передают сведения в информационный фонд по обеспечению единства измерений. При оформлении свидетельства о поверке и передаче сведений в информационный фонд по обеспечению единства измерений указывают, что установка соответствует эталону 1 разряда в соответствии с Приказом Росстандарта от 11.05.2022 №1133.

10.4 При отрицательных результатах поверки установку к применению не допускают, по заявлению заказчика выдают извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации.